colloques et séminaires

TRANSFORMATION ALIMENTAIRE DU MANIOC

CASSAVA FOOD PROCESSING

Éditeurs scientifiques / *Scientific editors*
Tom AGBOR EGBE, Alain BRAUMAN, Dany GRIFFON, Serge TRECHE



CIRAD
ORSTOM éditions
CTA

TRANSFORMATION ALIMENTAIRE DU MANIOC

CASSAVA FOOD PROCESSING

Éditeurs scientifiques / *Scientific editors*
Tom AGBOR EGBE, Alain BRAUMAN,
Dany GRIFFON, Serge TRECHE

ORSTOM Éditions
INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION
Collection **COLLOQUES et SÉMINAIRES**
PARIS 1995

Cet ouvrage a pu être publié grâce au soutien financier des organismes suivants :



Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement



Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture



Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale ACP-UE



International Fondation for Science

Le Centre technique de coopération agricole et rurale a été fondé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé entre les États membres de l'Union européenne et les États du groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique).

Le CTA est à la disposition des États ACP pour leur permettre un meilleur accès à l'information, à la recherche, à la formation et aux innovations dans les domaines du développement agricole et rural et de la vulgarisation.

Pour atteindre cet objectif, le CTA commandite et publie des études ; organise et apporte son soutien à des conférences, ateliers et séminaires ; édite ou coédite une grande diversité d'ouvrages, comptes rendus, bibliographies et annuaires ; renforce les services de documentation dans les pays ACP ; et propose un important service de documentation.

De nombreuses communications de cet ouvrage ont été préparées pour le colloque TAM (Transformation Alimentaire du manioc), prévu à Brazzaville en novembre 1993, qui a dû être annulé.

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale, ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).
Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code pénal.

ISSN : 0767-2896
ISBN : 2-7099-1279-1

© ORSTOM Éditions 1995

Sommaire / Summary

Note des éditeurs 5

Foreword by Dr Poulter 9

"Manio-oca" le voyage des produits et des techniques 15
J. Muchnik

Chapitre 1 23
Utilisation du manioc dans différents contextes des pays tropicaux

Chapitre 2 257
Bioconversion du manioc: étude des mécanismes

Chapitre 3 383
Influence des opérations unitaires sur les caractéristiques physico-chimiques et sur la qualité des produits

Chapitre 4 507
Amélioration des procédés traditionnels et présentation de procédés nouveaux

Chapitre 5 689
Conclusion - Perspectives

Glossaire élementaire de la transformation du manioc 725
Agbor-Egbe T., Brauman A., Griffon D., Poulter N. et Trèche S.

Index des auteurs 739

Table des matières 743

Note des éditeurs

Éditer les actes d'un séminaire international qui n'a pas eu lieu peut apparaître comme une gageure! Pourtant l'ouvrage qui est aujourd'hui entre vos mains est l'aboutissement logique du projet, gravement perturbé par des événements extérieurs, d'organiser à Brazzaville (Congo) du 22 au 26 novembre 1993 un séminaire-atelier international sur la transformation alimentaire du manioc (TAM).

*Ce projet s'était progressivement imposé à partir de 1992 alors que s'achevait un programme de recherches financé par la Commission des Communautés Européennes de 1989 à 1992 dans le cadre du second programme "Science et technique au service du développement" (STD2). À ce programme intitulé "*Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc" *avaient participé des chercheurs du CIRAD (Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement), de l'ORSTOM (Institut français de recherche scientifique pour le Développement en Coopération) et de différentes institutions partenaires en Afrique (Congo et Togo) et en Amérique Latine (Colombie et Mexique).*

Les objectifs principaux du séminaire-atelier TAM, définis en commun par les chercheurs participants au programme, étaient les suivants:

- *faire le point sur les connaissances relatives à la transformation alimentaire du manioc ;*
- *confronter leurs résultats de recherche à ceux des autres institutions, notamment dans les pays anglophones, travaillant sur des sujets similaires ;*
- *sélectionner parmi les résultats obtenus ceux pouvant faire l'objet de transferts de technologies auprès des ateliers artisanaux et/ou des entreprises de transformation ;*
- *préciser les axes de recherches complémentaires à mener pour assurer une meilleure valorisation des produits dérivés du manioc.*

Malheureusement, dans les premiers jours de Novembre 1993 de graves troubles socio-politiques éclataient à Brazzaville et douze jours avant l'ouverture du séminaire la décision de le reporter, puis, en raison de l'aggravation continue de la situation dans les trois mois qui ont suivi, de l'annuler définitivement a été prise.

Aussi, pour que le temps consacré par les participants à la préparation de leur communication ne soit pas perdu et pour que les efforts déployés depuis plusieurs mois par les organisateurs ne soient pas vains, nous avons considéré que l'édition d'un ouvrage regroupant les contributions des participants prévus pouvait être entreprise.

Le présent ouvrage en est le résultat. Son édition a, elle aussi, rencontré quelques difficultés. La récupération des contributions a été longue et difficile et plusieurs d'entre elles ne nous sont pas parvenues. En revanche, cet ouvrage s'est enrichi d'articles envoyés par des scientifiques qui n'auraient pas pu participer au séminaire en Novembre 1993.

Les articles que nous avons retenus sont très diversifiés, tant par leur provenance que par leur objet de recherche. Ils illustrent des travaux effectués dans plus de 16 pays: 11 pays d'Afrique (5 anglophones et 6 francophones), 2 pays d'Amérique latine, 1 pays d'Asie et 2 pays européens. Certains décrivent des préparations culinaires traditionnelles, d'autres livrent les résultats d'enquêtes nationales sur l'utilisation du manioc, d'autres enfin présentent des travaux de recherche dans les domaines de la technologie et de la biotechnologie. Tous contribuent à une meilleure connaissance des modes de transformation et d'utilisation alimentaires du manioc.

L'ouvrage rassemble 56 contributions que nous avons regroupées en 5 chapitres après une préface du Dr Nigel Poulter et une réflexion de José Muchnik sur l'origine et les voyages, réels ou imaginaires, des produits et des techniques.

Le premier est consacré aux articles décrivant les utilisations du manioc dans les différents contextes des pays tropicaux et identifie les multiples contraintes (écologiques, socio-culturelles, nutritionnelles, économiques et institutionnelles) influant sur leur développement.

Le second est relatif aux bioconversions réalisées au cours des traitements des produits dérivés des racines de manioc et fait le point des connaissances sur les mécanismes biochimiques et microbiologiques mis en jeu.

Le troisième concerne les contributions relatives à l'influence des opérations unitaires de transformation sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des produits élaborés.

Le quatrième traite de l'amélioration des procédés traditionnels et présente les travaux relatifs aux procédés nouveaux de transformation.

Le cinquième chapitre, consacré à la prospective, présente quelques éléments de réflexion pour les recherches à poursuivre ou à entreprendre dans le futur.

Pour compléter cet ouvrage bilingue et faciliter la compréhension des expressions utilisées en langue française et anglaise par les chercheurs, nous avons jugé utile d'y adjoindre un glossaire précisant les définitions des principaux termes utilisés dans les travaux portant sur la transformation du manioc.

Tom Agbor Egbe
Alain Brauman
Dany Griffon
Serge Trèche

Les éditeurs tiennent à exprimer leurs remerciements :

- pour le concours qu'ils ont apporté au CIRAD et à l'ORSTOM pour l'édition de cet ouvrage :
  - . à l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO)
  - . au Centre Technique de Coopération Agricole et Rurale (CTA).
  - . à la Fondation Internationale pour la Science (FIS)
- pour le soutien financier qu'ils avaient accepté d'apporter pour l'organisation du séminaire à Brazzaville :
  - . à la Délégation de la Commission Européenne au Congo par le biais du Fond Européen de Développement et de l'Action Rurale (FEDAR/Congo);
  - . à la Mission française de coopération et d'action culturelle au Congo.
- au "Natural Resources Institute", en particulier au Dr Nigel Poulter, pour l'aide apportée à l'occasion des travaux éditoriaux.

Préface/Foreword

Dr Nigel POULTER
Crop Post-Harvest Programme Manager
Natural Resources Institute, Chatam,
Kent (United Kingdom).

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is a plant indigenous to South America but which over several centuries has become cultivated in most parts of the tropical world. World production estimates have risen to around 153.10^6 MT per annum indicating that the crop has come to play an important role in the livelihoods of many people in diverse agro-ecological farming systems. The reasons for this are various but it is clear that the plant, which is able to yield carbohydrate rich roots, protein and vitamin rich leaves and stems suitable for fuel, is particularly attractive to resource poor farmers and consumers. The plants is renown for its ability to tolerate low soil fertility and drought conditions and yet still yield acceptably. As a result of its perennial nature it has no pre-determined harvesting date and is propagated vegetatively. This contrasts with grain crops such as maize, millet and sorghum, whose seeds require immediate harvesting as they become mature. As a consequence the cultivation of cassava has become widespread.

The roots of cassava once harvested are highly perishable, storing only a few days before they become discoloured internally. This rapid physiological deterioration is not seen in other root and tuber crops, such as yam and sweet potato, which may be grown along side cassava due to their inherent dormancy capacity. As a consequence of this and the presence of potentially toxic cyanogens in variable concentrations in the fresh roots, cassava is often processed. This has the effect of stabilizing the fresh roots in a processed form, reducing to acceptable levels the naturally occuring cyanogens, modifying the flavour and texture and thereby improving consumer acceptability, and in many cases reducing moisture levels and hence bulk making them more easily transported.

Many different forms and scales of cassava processing and derived products are to be encountered. These include micro-scale household level processing where the products are often destined for home consumption ; medium scale perhaps village or community led processing which may in part

be mechanised and where a larger proportion of the output is marketed ; to larger scale often commercial or private processing for derived products such as starches and flours which may be used directly as food or for animal feeds or used as raw materials in the more sophisticated food or industrial sectors.

In Africa micro/medium scale processing dominates and can involve sun-assisted drying and often aerobic fermentation or anaerobic fermentation which results in the production of lactic and other acids and hence products which have modified flavour and textural properties. Many variations of processing and a large array of different products are produced, each with their own unique qualities. These proceedings tackle these important issues which have been under emphasized in the past and little understood despite the knowledge that cassava processing represents a daily activity in which many millions of people, particularly in Africa, are engaged. The papers presented all contribute to a better understanding of the potentials and constraints in cassava processing. They highlight the role that the crop can play in alleviating malnutrition, improving household food security and in providing an opportunity to the resource poor for generating much needed income to sustain themselves in a dignified manner.

The proceedings of this international seminar contain over fifty individual papers prepared by a wide range of research and developmental scientists in the fields of food science and nutrition. An emphasis has been given toward Africa due to the particular importance of the crop in this continent and the presence of various donor and national programme initiatives. However, a flavour is also provided of the issues in cassava processing and use from two very important Latin American countries, Brasil and Colombia.

The proceedings have been divided by the Editors into four Chapters and a final section in which the conclusions and ideas that emerge have been drawn together to provide a perspective for the future.

Chapter 1 provides an overview of the status of cassava processing and use from the country papers that are presented. Papers come from Brazil, Congo, Guinea, Kenya, Madagascar, Uganda, Zaire and Zimbabwe. It becomes clear from these papers that the processing of cassava in these countries is inextricably mixed with the whole social and economic fabric of the various communities. Numerous products are obtained from the fresh roots using a very wide spectrum of processing techniques. Different groups in the various locations may use slightly modified methods which may have been passed down to them from their forefathers and which may have evolved during the passage of time. Equally, the new techniques and new products may have been "imported" into new regions through travellers passing on information or by returning members of the community. Cassava processing is therefore seen to be multivariate and dynamic with continuous change over time. This evolution

is also perceived to have become more rapid in recent years as a result of a number of important factors. These have included rapid population growth in many countries, together with associated high rates of rural-urban in-migration and in sub-saharan Africa, increasing frequency and severity of droughts.

Chapter 2 provides a state of the art account of our understanding of the mechanisms involved in the bioconversion of cassava during microbial attack. Micro-organisms are found to be key factors during processing in the majority of the micro/medium scale processes described. The attack by a wide range of micro-organisms, some of which may be desirable and others which may potentially be pathogenic, can occur spontaneously. The current use and wider dissemination of improved and appropriate starter cultures designed to ensure consistency of final product quality and to speed the fermentation process may however reduce the risks from the growth of pathogenic micro-organisms. Anaerobic fermentation is a biotechnology commonly used in the processing of many cassava food products. The *Lactobacilli* group of bacteria come to predominate in these types of fermentation and their action on the starchy substrate results in the release of a range of hydrolytic enzymes, including amylases and pectinases, which assist in the process of cellular softening and breakdown (retting). Concomitantly, there is an increase in the concentration of lactic and other acids and fall in pH. This process results in the loss of water holding capacity of the root structure and the mixing of cellular contents, especially linamarin and linamarase, leading to the rapid loss of cyanogens. From the point of view of contaminating pathogens, which may come from cross contamination during handling or which may naturally be present on the fresh roots, the fall in pH is seen to contribute to product safety since this may inhibit their growth.

In contrast, aerobic fermentations which may be promoted through heap fermentation or which may naturally occur during extended sun-drying, are more susceptible to the growth of a range of potential pathogens, including fungi. The suitability of fresh and drying cassava roots to the growth of pathogenic fungi, including *Aspergillus spp.*, and their potential for the production of mycotoxins is discussed in several key papers. The implications of these findings and their relevance to the safety of use of these types of foods merit further investigation.

Fresh cassava roots, and other parts of the plant, contain various concentrations of cyanogenic glucosides. During processing the single most important factor influencing the rates of reduction and residual levels of cyanogens in the resultant products is the degree of cellular disruption. Once the cells of the tissue have been disrupted cellular mixing can proceed leading to dissolution and hydrolysis of the cyanogens. Cellular disruption can be achieved in a number of ways, most commonly through physical size reduction

by grating and milling. Micro-organisms also service this role by acting as "biological mills" where instead of using blades they effect the use of general hydrolytic enzymes. The combined use of these two means of cellular disruption, as is seen in the production of gari and *attiéké* in West Africa may in part be responsible for the efficiency of these processes, their safety and the widespread consumer acceptability of the products.

Chapter 3 deals further with the influences of unit operations in processing upon quality charateristics of the derived products. The principal component of cassava roots which provide the all important aspects of texture, flavour and colour to products are the complex carbohydrates, mainly starches. The unit operations involved in processing have different effects upon these qualities and influence the acceptability of the products to the consumer. Fermentation, drying and garification operations have marked effects on the physico-chemical, including particularly the rheological properties of the starches and hence the whole food product. In the case of sour starch produced through fermentation and sun-drying in Latin America the influence of the presence of acid and the method of the natural drying process used, results in a starch which has unique qualities of expansion when used to prepare a local food known as "cassava bread". Likewise the influence of the garification process in the production of *gari* results in a product which is able to rapidly absorb many times its own volume of liquid when soaked or cooked, and in the production of *baton de manioc* and *chikwangue* where the acidic fermented pastes are wrapped and boiled or steamed to produce a stiff gelatinous food. The papers presented provide an improved understanding of these key quality factors ; this includes how to physically measure them, the effects of the unit processes, the influences on these of different cassava cultivars used and the underlying biochemistry of the observed quality effects. Finally, the applications of this knowledge to future adaptations of the technologies, to improve efficiency and reduce costs whilst maintaining these important organoleptic qualities is considered.

Chapter 4 deals with the improvement of traditional and new processing technologies and in particular with advances in the mechanisation of cassava processing. Several papers cover aspects of the development and transfer of improved unit processes for retting in the production of fufu, the extraction of starch, garification, the development of novel products and the extended storage of fresh cassava. The opportunities for extending the use of cassava as a basic raw material for food, feed and industry in Africa, as it is in a greater way in Latin America and Asia, is also developed in this chapter. This outlines the potential uses for the crop and the unexploited markets that cassava might come to serve in a continent where demand for food exceeds supply and where food imports represent a serious drain on national reserves.

As a results of the complexity of cassava processing operations, the Editors have also compiled a basic glossary of cassava processing and product terminologies to assist the reader to understand the usage of key words and phrases. It is hoped that this glossary will serve as a basis into the future to facilitate the correct usage of these terms which might otherwise lead to considerable confusion in our understranding of the subject. I would at this point wish to express my appreciation to the Editors for their continued motivation and efforts in compiling these proceedings amid the crisis that affected Brazzaville, in the Congo during the organisation of this seminar. The production of scientific proceedings are fraught with difficulties at the best of times and this document is therefore testimony to their continued commitment to this work. Like the crop itself, those who work with cassava are resilient, subject to considerable stress and long lived and so undoubtedly, given time, we will together realise the true potential of what sadly continues to be an under-exploited food resource.

"MANI-OCA"
le voyage des produits et des techniques

José MUCHNIK
Laboratoire Systèmes Techniques et
Sciences de la Consommation,
CIRAD-SAR, Montpellier (France)

Qui aurait pu imaginer que Mani se trouvait cachée derrière *"Manihot esculenta Crantz"*. Mani, la jolie petite indienne à la peau claire, fille d'un chef Tupi, qui mourut à l'âge d'un an... A l'endroit où elle fut enterrée tous les membres de la communauté vinrent verser des pleurs...c'est là que le manioc a poussé... Ce manioc à la chaire blanche par lequel Mani est revenue parmi les Tupi... Ce manioc que les larmes versées ont marqué pour toujours d'un goût amer... (Les origines du manioc : Tradition orale des indiens Tupi).

"Mani-oca", "oca" est le suffixe qui signale, en langue tupi l'origine de quelqu'un, la "maison de" (construction qu'on retrouve dans d'autres langues). Comment Mani aurait-elle pu imaginer que, transformée en aliment, elle allait traverser des océans, retrouver des petites soeurs africaines, rentrer dans les cours et les cuisines d'autres peuples, d'autres langues, rentrer dans leurs mythes, dans leurs chants, dans leur poésie...

..."Ma mère, femme africaine, femme noire,
Sortait son grand mortier de la case,
Et pilait, pilait, inlassablement,
Mais le pilon était long, si long,
Que chaque fois qu'elle le soulevait,
Il cognait le front du ciel,
Je te demande pardon, Ciel,
Veux-tu te pousser un peu?
Je n'ai pas assez de place pour mon pilon..."

KIBWANKAY MOWEY-GANDI (1994)

Ces vers ne datent pas d'il y a deux ou trois siècles, l'auteur les a inclus dans un rapport qu'il m'a offert à Montpellier l'année dernière. Il se souvient de son enfance à Bilili, son village au Zaïre. Il se souvient de sa mère, du bruit du

pilon pour préparer le *foufou,* ce bruit qui le rassurait en rentrant de l'école car "dans la maison on allait manger".

Mani a de quoi être contente, elle est bien aimée des Africains qui ont su préparer avec "sa chaire blanche" de nombreux et savoureux plats, les enfants et les petits enfants de Mani sont déjà africains. La *chikwangue*, le *foufou*, le *gari* ou l'*attiéké* se fâcheraient si on leur disait le contraire. Certainement l'association de Mani avec le courage et le savoir-faire des femmes africaines a produit bien plus d'innovations que les experts et chercheurs contemporains. J'aimerais, plus comme "voyeur" que comme chercheur, souligner quelques aspects et quelques trajets du voyage de Mani.

1. Trajectoire de produits et trajectoire de techniques

Quand ils arrivèrent au "nouveau monde", le *casabe* fut le premier produit à base de manioc que trouvèrent les conquistadores dans l'île formée actuellement par Saint Domingue et Haiti. Ils se rendirent vite compte que ce n'était pas en Inde qu'ils se trouvaient, néanmoins les habitants originaires de cette région ont gardé pour toujours l'appelation générique de *indios*, le *casabe* fut baptisé *"pan de las Indias"*, et donna plus tard le mot *cassava*, diffusé dans les pays anglophones, malgré le mécontement de Mani de perdre l'appelation d'origine controlée. Signalons, pour complèter les remarques linguistiques, que c'est sous le nom de *yuca* que les habitants de cette région connaissaient le manioc, appelation qui est restée d'utilisation courante dans la plupart de pays d'Amérique Latine et des Caraïbes (sauf au Brésil et dans les pays du Cône Sud).

En revenant au *casabe*, nous constatons qu'on ne retrouve pas dans les pays africains cette galette à base de manioc de 20 à 50 cm de diamètre très consommée dans la région des Caraïbes. En revanche, nous trouvons en Afrique une large diffusion du *gari* produit qui peut être consideré comme similaire à la *farinha* brésilienne, ou au moins à un produit de la même "famille". De manière plus large, on peut constater souvent un décalage entre les trajectoires de diffusion des produits et les trajectoires de diffusion des techniques pour leur transformation. Dans notre cas, cela signifie que le manioc et les techniques destinées à transformer cette racine tubéreuse suivent des trajectoires diffèrentes. Même dans le cas du *gari*, si on prend l'exemple du Golfe du Bénin, où il est devenu produit alimentaire de base, ce n'est qu'au XIX^{ème} siècle que le *gari* devint un produit courant alors que le manioc était déjà connu dans cette région longtemps avant.

Ce décalage entre la trajectoire des produits et la trajectoire des techniques peut être constaté pour d'autres produits (Muchnik et Ferre, 1993). C'est le cas du maïs introduit en Afrique vers le XVI^{ème} siècle par les Portuguais. Les techniques de cuisson alcaline du grain de maïs, fort intéressantes d'un

point de vue nutritionnel, n'ont pas accompagné le grain dans sa traversée de l'océan. Plus récemment on pourrait citer le cas du soja, dont de nombreuses techniques de transformation, bien maîtrisées dans certains pays asiatiques, restent méconnues en Afrique et en Amérique Latine.

Les raisons du décalage entre les trajectoires des produits et celles des techniques alimentaires concernent essentiellement le "faire" et le "manger". Les savoir-faire nécessaires à la production agricole et les savoir-faire nécessaires pour la transformation des produits constituent deux ensembles liés mais avec des dynamiques propres. Ainsi le savoir-faire pour la culture du manioc peut être diffusé indépendamment du savoir-faire pour élaborer la *farinha* ou le *casabe*. En ce qui concerne la production agricole ces savoir-faire bénéficient des connaissances déjà maîtrisées pour la culture d'autres plantes (défrichage, travail du sol, bouturage, etc...) constituant ainsi leur propre itinéraire technique. Il est donc normal que la diffusion des plantes cultivables et la diffusion des produits dérivés suivent des dynamiques différentes. En ce qui concerne le "manger", l'existence de styles alimentaires structurés dans les diverses sociétés ne fait que conforter cette analyse, car la tendance naturelle est d'utiliser les nouvelles matières premières pour fabriquer des produits similaires à ceux que l'on consomme habituellement. Les pâtes épaisses et élastiques à base de manioc que l'on consomme dans les pays africains étaient déjà fabriquées avec du mil, du sorgho, de l'igname ou de la banane plantain bien avant l'arrivée du manioc. Une recherche récente sur l'importante diffusion du maïs au Nord Cameroun à partir des années soixante-dix montre que ce "nouveau produit" est utilisé essentiellement pour la préparation de la "boule" faite traditionnellement avec du sorgho (Silvestre, 1994)

Il n'est donc pas surprenant que le *casabe* et l'amidon aigre de manioc ne soient pas connus des Africains ou que l'*attiéké* et la chikwangue ne soient pas connues des Latino-américains. Mais en même temps nous pouvons affirmer qu'il n'y a pas de doute quant à l'intérêt representé par la diffusion de certains de ces produits, comme l'amidon aigre par exemple. Ceci, comme nous l'avons vu, ne se fera pas spontanément, nous reviendrons ultérieurement sur ce point.

2. Trajectoire des outils et trajectoires des techniques : les combinaisons techniques.

Les "conquistadores" ont appris beaucoup de choses des habitants du "nouveau monde", parmi d'autres les procédés de transformation alimentaire du manioc. Les *indios* ou "sauvages", comme on les appelait couramment, avaient développé des techniques complexes et adaptées dans ce domaine. Rappelons pour mémoire qu'il a fallu une bulle papale au XVIème siècle pour affirmer que les *indios* avaient une âme... je m'excuse ce n'est pas du "hors

sujet", la manière dont on regarde la culture technique d'autrui fait partie d'un regard plus large construit sur un système de valeurs hiérarchisées. Ce n'est pas par hasard si ce n'est que depuis très récemment que l'on s'intéresse à la richesse de ces cultures techniques, à la façon dont les *indios* géraient la forêt ou faisaient fermenter le manioc.

Les outils pour la fabrication du *casabe* dans le Caraïbe étaient : certains types de coquillages pour l'épluchage du manioc ; des pierres rugueuses (*coralinas*) pour le râpage, des presses construites avec des fibres végétales pour le pressage ; des fours en terre cuite et en céramique (appelés *burén* ou *budare* par les indiens Taínos de Saint Domingue) pour la cuisson. Pour des festivités particulières, ou le repas des chefs, on procédait à un râpage plus fin en recouvrant la pierre qui servait au râpage avec une peau de requin (Valdes et Porro, 1993). Des recherches archéologiques dans l'embouchure du fleuve Magdalena, au nord de la Colombie, prouvent l'existence de fours qui datent de 1200 A.C . Quant à la détoxication du produit (élimination de glucosides cyanogénétiques), les civilisations précolombiennes avaient également dévéloppé des procédés adaptés (Dufour, 1990), soit par rouissage des racines, soit en faisant fermenter la "pâte" qui résulte du râpage.

Les choses ont bien évolué, mais il est intéressant de signaler que, bien qu'outils et techniques soient étroitement liés, ils ont des trajectoires et des dynamiques distinctes. Ceci se manifeste par des combinaisons techniques différentes qui permettent d'accroître les alternatives disponibles. Par exemple, la râpe constituée par une pierre n'est plus utilisée, en revanche la presse en fibres végétales (le *tipiti* amazonien par exemple) a toujours une application, soit combinée avec un râpage manuel, soit avec un râpage mécanique. De manière analogue on peut constater que le râpage mécanique se diffuse de plus en plus en Afrique pour les productions destinées au marché, mais ceci n'a pas entraîné la disparition du pilon traditionnel qui garde toujours sa place pour les préparations aux niveaux familial et villageois. On constate également la diffusion d'outils entre des systèmes techniques appartenant à des filières différentes : le pilon africain était utilisé bien avant l'arrivé du manioc pour la transformation du mil, du sorgho, des cossettes d'igname ; la mécanisation de la fabrication de l'amidon aigre de manioc en Colombie utilise pour l'essorage le principe des machines à mélanger le béton dans l'industrie du bâtiment...

En conséquence le mouvement général d'innovation augmente la diversité d'outils disponibles et les combinaisons techniques possibles par l'intégration de ces outils dans les systèmes techniques existants. Le *quid* de ces innovations est que cette intégration doit être cohérente avec les caractéristiques économiques, sociales et culturelles des systèmes techniques en place. Ce n'est pas par hasard si on n'a pas encore pu mécaniser le malaxage de la pâte de manioc pour la fabrication de la *chikwangue* dans les petites entreprises familiales, malgré le nombre de malaxeurs disponibles sur le marché.

3. La diffusion des savoir-faire

La mise en perspective historique n'est pas un exercice intellectuel gratuit, elle permet une perception des évolutions possibles dans la moyenne et la longue période. Ceci est particulièrement intéressant si on tient compte des contraintes imposées par la dynamique "projet-budget-résultats à court terme" propre aux institutions de recherche et développement concernées par ces enjeux. Certes on peut évaluer des résultats dans le court terme, mais c'est sur la moyenne et la longue période qu'on pourra bien apprécier la diffusion des savoir-faire et ses conséquences.

Il faudrait d'abord rappeler que les savoir-faire constituent une connaissance acquise de manière empirique à travers une action répétée.

Nous venons de montrer que les produits, les outils et les techniques sont des éléments étroitement liés mais qu'ils peuvent avoir des trajectoires d'évolution différentes. Or, les savoir-faire constituent une connaissance intégratrice: ils allient les produits, les outils, les techniques, et d'autres éléments (relations sociales, valeurs culturelles,...) nécessaires à leur acquisition et à leur transmission. La diffusion des savoir-faire suppose, en général, une condition de base "quelqu'un qui apprend à quelqu'un". Pour le dire de manière simple cette diffusion demande un "porteur" et un "milieu favorable".

Les "porteurs" naturels de la diffusion des savoir-faire sont les courants migratoires. Ce sont les migrants du Nord-este du Brésil qui ont amené en Amazonie leur savoir-faire pour produire un certain type de *farinha* de manioc, qui ensuite s'est diffusé dans cette région. Ce sont les Adioukrou et les Ebrié qui ont amené leur savoir-faire pour préparer l'*attiéké* dans d'autres régions de la Côte d'Ivoire, ce sont ensuite des migrants ivoiriens qui ont emporté avec eux leur savoir-faire dans d'autres pays d'Afrique. Une superposition des cartes des courants migratoires et de la diffusion des savoir-faire confirmerait bien cette corrélation.

Le "milieu favorable" est la deuxième condition pour que les savoir-faire soient bien accueillis dans de nouvelles régions. Il s'agit d'un "milieu" composite constitué d'éléments divers: comportements alimentaires, réseaux sociaux, demande du marché (si nous nous situons dans un espace marchand) etc. La dynamique de diverses populations migrantes et l'adaptation aux milieux pourraient aider à expliquer pourquoi certains savoir-faire et les produits qui en découlent se diffusent et d'autres pas.

Conclusion

Avant de conclure cette contribution, je souhaiterais lancer une interrogation sur ce que les chercheurs, concernés par la valorisation des ressources locales et l'alimentation des populations, peuvent apporter à la diffusion des savoir-faire.

La transmission des savoir-faire demande un apprentissage direct, auprès de quelqu'un qui maîtrise déjà ce savoir-faire, et les chercheurs sont, dans ce sens, des "non pratiquants". En conséquence un des rôles qu'ils devraient jouer est de faciliter la mise en relation entre "porteurs" et "acquéreurs" de savoir-faire pour "catalyser" leur diffusion. Pour être plus concret, cela signifie un contact direct entre producteurs, ce qui se traduit par des moyens financiers nécessaires pour les réaliser et par des budgets qui tiennent compte de ces orientations de recherche. Ceci, comme tout le monde le sait, n'est pas le cas actuellement, où les actions de mise en relation concernent presque exclusivement les chercheurs (congrès, colloques, séminaires...). Pour donner un exemple assez pédagogique, je vous dirai que l'année dernière, au moment où un congrès international sur le manioc réunissait 200 experts et chercheurs de divers pays et continents, on ne pouvait pas trouver de financement pour que deux productrices ivoiriennes aillent faire un séjour d'un mois en Colombie pour mettre la main à la pâte de l'amidon aigre.

Il serait important également de disposer d'un inventaire comme outil d'aide à la réalisation d'analyses technologiques comparées et à l'identification d'actions d'échanges et de diffusion de savoir-faire. Cet inventaire devrait comporter:

- Une typologie par classe de produits (farines, amidons, semoules, couscous, pâtes, boissons, etc.)
- L'origine, les dénominations en langue locale, et la diffusion géographique de ces produits.
- Une description schématique des procédés de fabrication et des outils employés.
- Un sous-classement par famille de produits, c'est à dire ceux qui présentent des caractéristiques analogues et sont issus du même procédé de base (par exemple dans la famille de la *"chikwangue"*, nous aurions le *mungwélé*, ou le *ngudi-yaka* du Congo, le *miondo*, le *bobolo* ou le *mitoumba* du Cameroun, le *mubangui* (*chikwangue* séchée) du Zaïre, et ainsi de suite).

Ce type d'inventaire permettrait, par ailleurs, de clarifier le langage et de faciliter l'accès au monde des transformations alimentaires du manioc qui après tout ne sont pas aussi compliquées qu'il n'y parait.

...Mani sera bien contente d'avoir un répertoire de toutes ses petites soeurs et petits frères, d'aider aux échanges et à la diffusion des savoir-faire et de contribuer à la solidarité et à l'amitié entre les peuples.

Bibliographie

DUFOUR (D.), 1990 - " *Effectiveness or traditional amazonian processing techniques in reducing the cyanide content of cassava"*, University of Colorado Department of Anthropology, 14 p.

KIBWANKAY MOWEY (G.), 1994 - *Pratiques alimentaires du paysan de Bilili-Zaire.* Rapport ACIEAM-Maison de l'Afrique-Agropolis Muséum Montpellier, 67p.

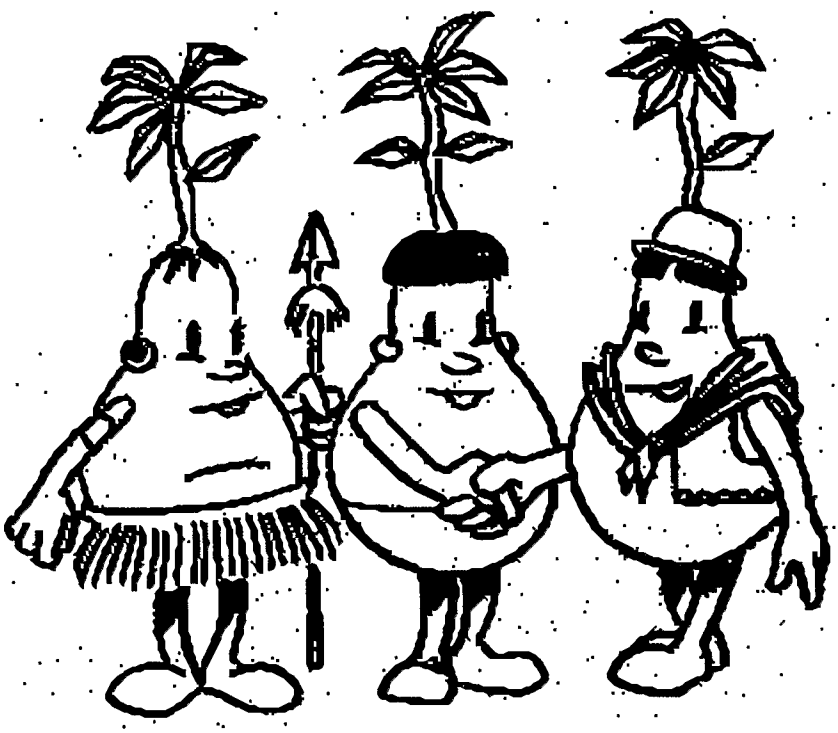
MUCHNIK (J.), FERRE (Th.), 1993 - «Technologie organique : idées et méthodes» *In Alimentation techniques et innovations dans les régions tropicales, L'Harmattan*, Paris, pp 231-262.

SILVESTRE (A.), 1994 - *La diffusion du maïs au Nord Cameroun: Dynamique de l'innovation et culture technique locale.* Thèse E.H.E.S.S, Paris, 448 p.

VALDES (F.), PORRO (F.), 1993 - *El casabe: agrindustria rural tradicional en la República Dominicana.* Redardom, Santo Domingo,14 p.

Chapitre 1

Utilisation du manioc dans différents contextes des pays tropicaux



Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde

The importance of cassava as human food in different regions of the world

***S. TRECHE** **

** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation, Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

- Résumé -

Si la production de manioc est largement répandue dans toute la zone tropicale, c'est principalement en Afrique qu'il est utilisé en alimentation humaine (65% du manioc consommé dans le monde). Au cours de la dernière décennie, la consommation humaine a augmenté de 39% en Afrique alors qu'elle est restée stable ou qu'elle a légèrement régressé en Amérique du sud et en Asie.

Dans 6 pays africains (Zaïre, Mozambique, Congo, Angola, Ghana et République centrafricaine), les racines de manioc fournissent plus de 25% de l'ingéré énergétique des populations et constituent donc la base de l'alimentation.

En dépit de l'importance alimentaire du manioc en Afrique, les recherches y sont restées relativement peu développées. Ce développement est rendu nécessaire non seulement en raison des modifications en cours des régimes alimentaires liées à l'urbanisation et à l'évolution des modes de vie mais également par les problèmes de santé publique que pose la consommation de manioc mal détoxiqué dans différentes régions d'Afrique.

- Abstract -

Cassava production is largely spread all over tropical regions but only in Africa it is mainly used for human consumption (65% of cassava consumed in the world). In the last decade, human consumption has increased in Africa by 39% while in south America and Asia it has rested stable or slightly reduced.

In 6 african countries (Zaïre, Mozambique, Congo, Angola, Ghana and Central African Republic), cassava roots provide more than 25% of energy intake and constitues therefore the staple food of the population.

In spite of its importance as food, cassava research in Africa is presently underdeveloped. Its development is thus necessary not only to accompagny modifications in diets linked to urbanisation and changes in lifestyle but equally to solve the health problems caused by the consumption of badly detoxificated cassava in different regions of Africa.

Introduction

Le manioc peut être considéré comme la quatrième production végétale pour sa contribution (92 842 000 tonnes en 1992) à l'alimentation de la population mondiale après le riz (365 961 000 t), le blé (338 361 000 t) et le maïs (112 953 000 t). Il est produit et utilisé en alimentation humaine sur les cinq continents, à l'exception de l'Europe, mais son importance tant économique qu'alimentaire est très variable d'une région à l'autre.

1. Importance de la production et de l'utilisation en alimentation humaine du manioc

1.1. La situation en 1992

La production mondiale de racines de manioc a été évaluée, pour 1992, à 151 246 000 tonnes (FAO, 1994). Ces racines de manioc sont essentiellement produites en Afrique (47,8%), en Asie (33,2%) et en Amérique du sud (18,2%); les autres régions du monde (Océanie, Amérique Centrale) ne contribuent que pour moins de 0,8% à la production mondiale.

Toujours pour 1992, la part de la production totale utilisée en alimentation humaine a été estimée à 92 842 000 tonnes (soit, 61,4% de la production totale). C'est en Afrique que le manioc est le plus consommé par l'homme: 60,1 millions de tonnes, soit 3 fois plus qu'en Asie et 6 fois plus qu'en Amérique latine d'où le manioc est pourtant originaire (figure 1).

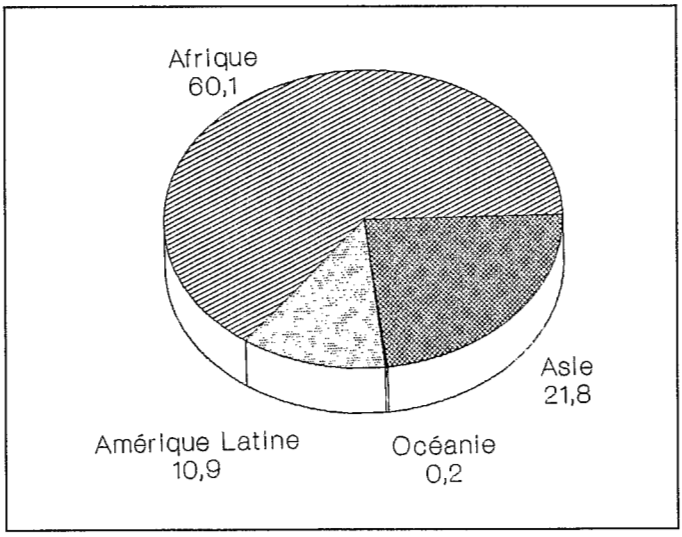


Figure 1

Utilisation du manioc en alimentation humaine en 1992 dans différentes régions du monde (en millions de tonnes). Source: FAO, 1994

Les habitants de deux pays africains, le Zaïre et le Nigéria, consomment à eux seuls le tiers du manioc utilisé en alimentation humaine dans le monde (figure 2).

Parmi les 10 principaux pays consommateurs dans le monde figurent 6 pays africains (Zaïre, Nigéria, Tanzanie, Mozambique, Ghana, Ouganda), 3 pays asiatiques (Indonésie, Inde, Vietnam) et un pays sud-américain (Brésil).

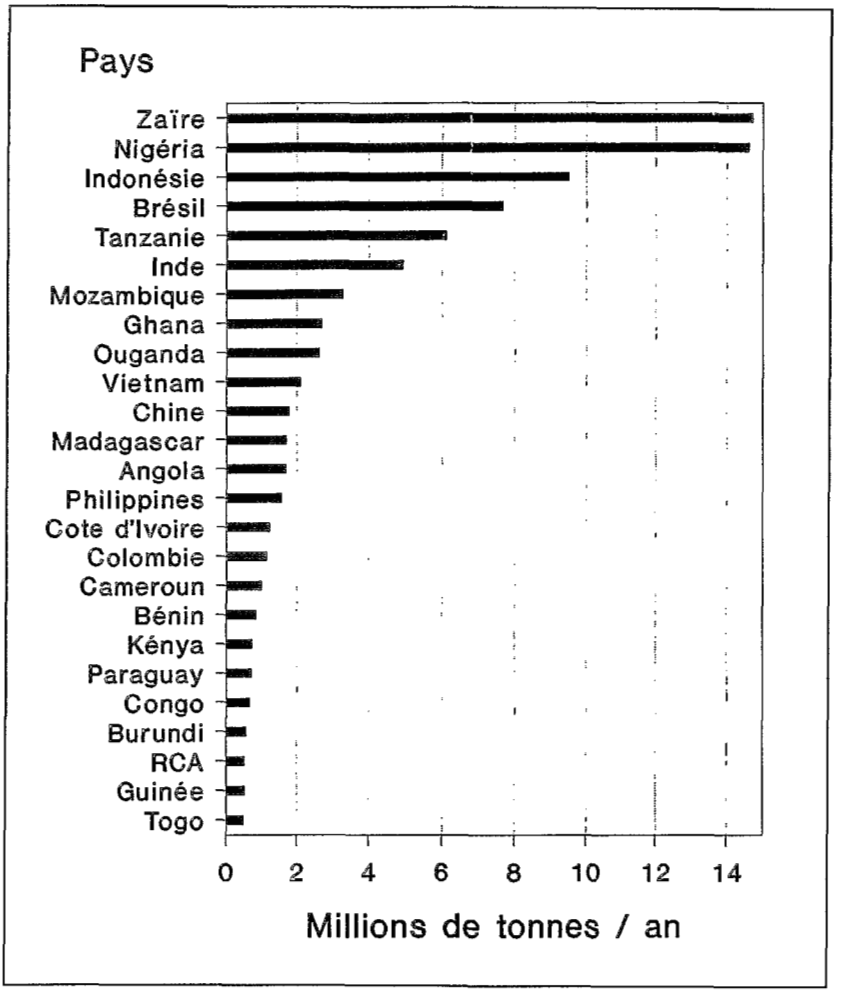


Figure 2
Quantité moyenne de manioc utilisée en alimentation humaine dans les 25 principaux pays consommateurs (Période 1988-1992)

1.2. Evolution dans différentes parties du monde au cours des 3 dernières décennies

Depuis 1961, la production mondiale de manioc a plus que doublé principalement en raison d'une augmentation importante en Afrique et en Asie (figure 3).

Dans le même temps, les quantités utilisées en alimentation humaine sont restées à peu près constantes en Amérique latine, ont augmenté de près de 60% en Asie et ont été multipliées par 2,3 en Afrique ce qui fait qu'en 1992 la quantité de manioc consommée dans le monde s'élève à près du double de celle consommée en 1961 (figure 4).

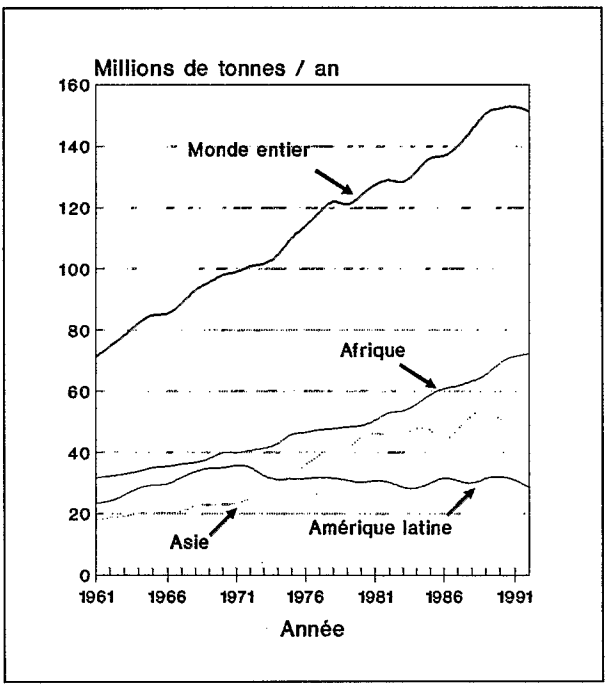


Figure 3
Evolution de la production de manioc dans différentes régions du monde depuis 1961. D'après FAO (1994)

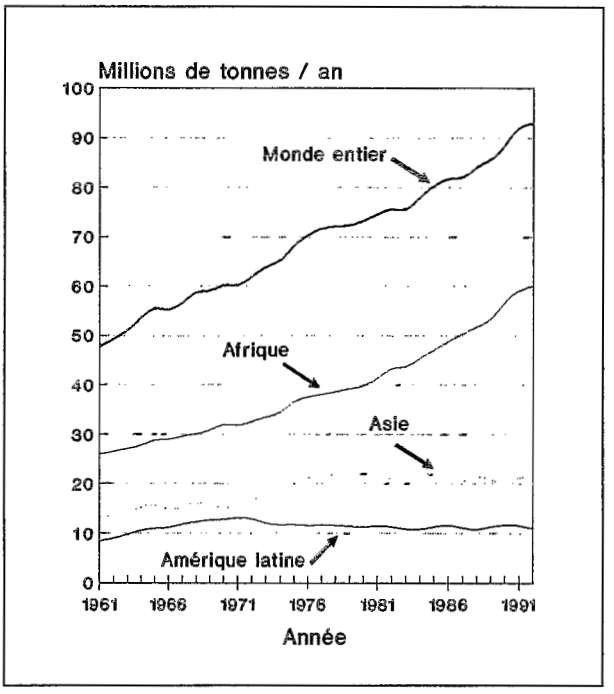


Figure 4

Evolution de la quantité de manioc utilisée en alimentation humaine dans différentes régions du monde depuis 1961. D'après FAO (1994)

1.3. Evolution récente

Si l'on considère l'évolution des quantités utilisées en alimentation humaine au cours de la dernière décennie, l'augmentation est de 20,6% à l'échelle mondiale (+38,9% en Afrique; +31,4% en Océanie; +7,2% en Amérique Centrale; -1,9% en Amérique du Sud; -2,4% en Asie).

Parmi les 52 pays utilisant annuellement plus de 100 000 tonnes de manioc en alimentation humaine (tableau 1), on constate une augmentation supérieure à 40% dans 14 pays (10 pays africains; 2 pays asiatiques; 2 pays latino-américains), une augmentation comprise entre 20 et 40% dans 10 pays (7 pays africains; 3 pays latino-américains), une augmentation inférieure à 20% dans 8 pays (5 pays africains; 2 pays asiatiques; 1 pays latino-américain) et une diminution dans 11 pays (3 pays africains; 5 pays asiatiques; 3 pays latino-américains).

Tableau 1

Variation de la quantité de manioc utilisée en alimentation humaine au cours des dix dernières années (1) dans les principaux pays consommateurs (2)

Augmentation > à 40 %		Augmentation de 20 à 40 %		Augmentation < à 20 %		Diminution	
Zambie	71,6	Angola	39,2	Guinée	16,8	Pérou	-3,3
Tchad	59,7	Paraguay	39,7	Cambodge	16,5	Brésil	-4,8
Nigéria	56,8	Gabon	38,8	Sierra Leone	11,6	Philippines	-6,6
Madagascar	55,6	Côte d'Ivoire	36,1	Congo	7,1	Colombie	-6,8
Bolivie	55,1	Venezuela	34,6	Niger	5,4	Inde	-8,8
Bénin	50,4	Kenya	32,9	Cuba	4,9	Rwanda	-15,4
Malaisie	50,4	Cameroun	32,5	Indonésie	0,8	Thaïlande	-19,5
Tanzanie	48,6	Togo	22,8	Mozambique	0,4	Vietnam	-21,8
Ouganda	44,6	Libéria	20,1			Sri Lanka	-25,8
Zaïre	43,8	Haïti	20,0			RCA	-38,8
Chine	42,5					Malawi	-48,2
Ghana	42,1						
R. Dominicaine	41,1						
Burundi	41,0						

(1) Variation relative de la moyenne annuelle entre la période 1978-1982 et la période 1988-1992.
(2) Pays ayant utilisé en 1992 plus de 100 000 tonnes de manioc pour l'alimentation humaine.
D'après FAO (1994)

2. Importance du manioc dans la couverture des besoins énergétiques des populations

2.1. La situation actuelle

Compte tenu des écarts importants de population entre les différents pays de la zone tropicale, les quantités totales consommées par pays ne donnent pas toujours une idée exacte de l'importance des racines de manioc dans les régimes alimentaires des populations.

En comparant les quantités moyennes de racines de manioc consommées par habitant et par an dans les différents pays (figure 5), on constate qu'il n'y a plus qu'un seul pays non africain (le Paraguay) dans la liste des 20 principaux pays consommateurs par tête d'habitant. C'est en Afrique Centrale (Zaïre, Congo) et en Afrique de l'Est (Tanzanie, Mozambique) que se situent les populations qui consomment le plus de manioc.

Les quantités d'énergie consommées en moyenne dans ces différents pays pouvant varier entre 1700 et 2600 Kcal par habitant et par jour, leur classement en fonction de la contribution des racines de manioc à l'ingéré énergétique moyen est

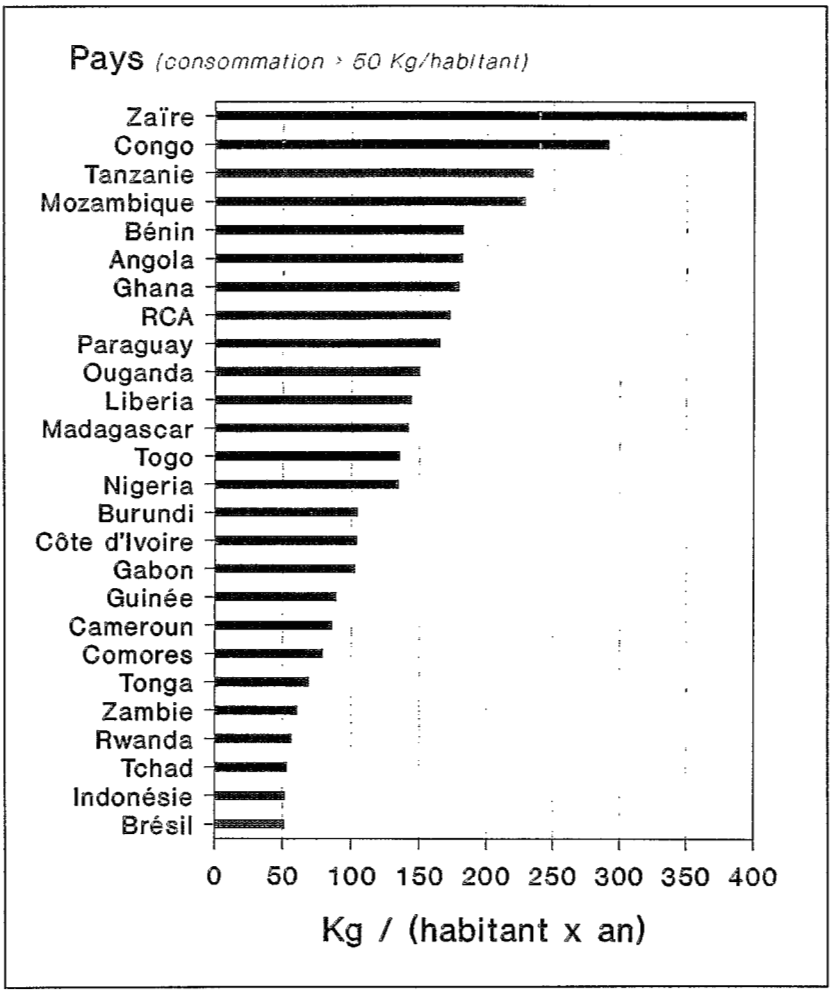


Figure 5
Quantité de racines de manioc consommée en moyenne par habitant et par an (Période 1990-1992). Source : FAO, 1994

sensiblement différent (tableau 2). Si le Zaïre reste en tête avec plus de 50% de l'énergie alimentaire consommée sous forme de manioc, le Mozambique en raison d'un niveau d'ingéré énergétique très bas (1745 Kcal par habitant et par jour) devance le Congo et la Tanzanie. En dehors des pays africains ou de l'Océan indien, seuls le Paraguay et l'île Tonga figurent dans la liste des pays ou le manioc contribue pour plus de 5% à l'ingéré énergétique moyen des populations.

Tableau 2

Contribution des racines de manioc à l'ingéré énergétique moyen des populations dans les principaux pays consommateurs (1) pendant la période 1990-1992

> 25 %		de 15 à 25 %		de 10 à 15 %		de 5 à 10 %	
Zaïre	54,0	Bénin	21,8	Paraguay	14,3	Burundi	9,5
Mozambique	38,5	Tanzanie	21,7	Comores	13,1	Zambie	9,3
Congo	35,2	Libéria	19,8	Cameroun	13,0	Tchad	8,7
Angola	27,3	Togo	19,0	Côte d'Ivoire	12,4	Rwanda	8,2
Ghana	26,0	Ouganda	17,1	Gabon	11,1	Tonga	6,9
RCA	25,9	Madagascar	16,3	Guinée	10,8		
		Nigéria	15,4				

(1) Pays dans lesquels les racines de manioc fournissent en moyenne plus de 5% de l'énergie alimentaire consommée. D'après FAO (1994)

2.2. Evolution

Au cours des trois dernières décennies, la contribution du manioc à l'ingéré énergétique moyen dans le monde a légèrement diminué; elle reste un peu en dessous de 2% (figure 6). La diminution est surtout sensible en Amérique du Sud alors qu'en Afrique cette contribution reste à peu près stable autour de 10% depuis 1970.

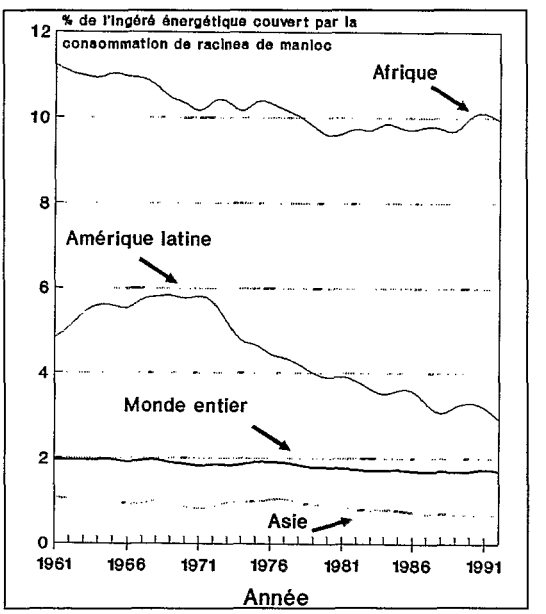


Figure 6

Evolution de la contribution des racines de manioc à l'ingéré énergétique dans différentes régions du monde depuis 1961. D'après FAO (1994)

Si on examine l'évolution au cours de la dernière décennie de l'importance du manioc dans le régime alimentaire des populations des 20 plus importants pays consommateurs par habitant (figure 7), on observe des augmentations importantes dans certains pays (Madagascar, Angola, Nigéria) et des diminutions sensibles dans d'autres (République Centrafricaine, Congo) sans que ces variations ne puissent s'expliquer d'une manière globale en fonction de critères géographiques ou économiques: en Afrique Centrale, la consommation du manioc recule en RCA et

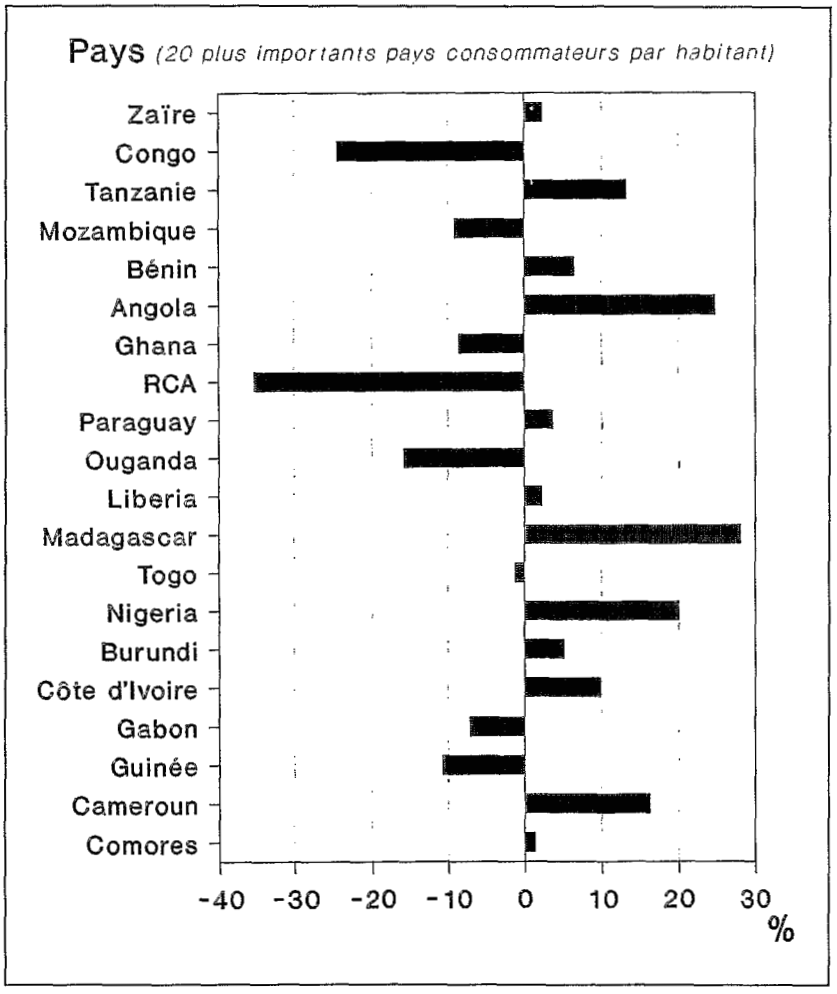


Figure 7

Variation relative de la contribution moyenne des racines de manioc à l'ingéré énergétique entre la période 1980-1982 et la période 1990-1992. D'après FAO (1994)

au Congo mais augmente légèrement au Zaïre; parmi les pays pauvres, certains voient l'importance du manioc augmenter (Madagascar, Angola) alors qu'elle diminue dans d'autres (Mozambique).

Conclusion

L'augmentation régulière de sa production et de son utilisation en alimentation humaine au cours des trois dernières décennies témoigne de l'importance économique grandissante du manioc dans le monde et plus particulièrement en Afrique et en Asie. Mais c'est seulement en Afrique et dans l'Océan Indien que le manioc tient une place importante dans les régimes alimentaires.

Les recherches relatives à la transformation du manioc ont été jusqu'à maintenant principalement réalisées sur le continent américain d'où la plante est originaire; il apparaît maintenant indispensable de développer les travaux sur la transformation et la consommation humaine du manioc en Afrique. Ce développement est rendu nécessaire non seulement en raison des modifications en cours des régimes alimentaires liées à l'urbanisation et à l'évolution des modes de vie mais également par les problèmes de santé publique que pose la consommation de manioc mal détoxiqué dans différentes régions d'Afrique (Rosling, 1987).

Bibliographie

FAO/Division de la Statistique - 1994. *AGROSTAT-PC, Bilans alimentaires*, Série informatique, FAO, Rome, Italie.

ROSLING, 1987 - Cassava toxicity and food security: a review of health effects of cyanide exposure from cassava and of ways to prevent these effects. Tryck Koutakt éd., Uppsala, Suède.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

La consommation du manioc au Congo

Cassava comsumption in the Congo

J. MASSAMBA *, S. TRECHE **

** Laboratoire d'Etudes et Recherches sur la Physiologie, l'Alimentation et la Nutrition, Université Marien NGOUABI, Brazzaville (Congo)*
*** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

Le Congo est, après le Zaïre, le pays où la consommation du manioc par habitant est la plus élevée au monde. Nous avons étudié les modalités de cette consommation afin de disposer des éléments permettant d'estimer son importance, sa structure et son évolution prévisible.

Les données présentées ont été recueillies au cours de différentes enquêtes par questionnaire réalisées de 1989 à 1992 en milieux rural et urbain sur échantillons représentatifs de différents groupes de population.

Ces enquêtes ont mis en évidence l'existence de trois principales formes de consommation : la chikwangue, pâte dense issue de la transformation par voie humide de racines rouies ; le foufou, pâte plus légère préparée à partir de farines de racines rouies séchées ; les racines simplement cuites après rouissage.

Les racines cuites ne sont consommées qu'en milieu rural. La chikwangue est trois plus consommée que le foufou ou les racines cuites en zones rurales, mais elle laisse au foufou la première place à Brazzaville. Les deux formes les plus élaborées, chikwangue et foufou, sont les aliments prépondérants du modèle de consommation alimentaire congolais et, d'après les intentions de consommation déclarées, elles semblent devoir le rester pendant longtemps encore. D'importantes variations au niveau des fréquences de consommation des trois principaux dérivés du manioc ont été constatées entre zones écologiques en milieu rural.

La consommation de produits dérivés du manioc s'accompagne dans environ 55 % des cas de celle de poisson, dans 40 % des cas de celle de feuilles et une fois sur cinq de celle de viande. Elle commence très tôt dans l'alimentation du jeune enfant.

Au cours des trente dernières années, on a assisté à une diminution progressive de l'importance des dérivés du manioc dans le modèle de consommation congolais. Toutefois, leur contribution à l'ingéré énergétique reste suffisamment importante pour que des recherches complémentaires à caractère nutritionnel soient menées pour préciser leur place actuelle et potentielle dans les régimes alimentaires.

– Abstract –

The Congo is, after Zaire, the country where cassava consumption per capita is the highest in the world. The methods of this consumption were studied in order to define the points which permit the estimation of its importance, structure and future evolution.

The data presented were collected during different surveys by questionnaires carried out between 1989 and 1992 in rural and urban areas on representative samples of different population groups.

These surveys have shown the existence of three main forms of consumption : *chikwangue*, a thick paste produced from wet processing of retted roots ; *fufu*, lighter paste prepared from flour of retted cassava ; roots simply boiled after retting.

Boiled roots are only eaten in rural areas. *Chikwangue* is three times more consumed than *fufu* or boiled roots in rural areas, but it has left the first place to *fufu* in Brazzaville. The two most processed products, *chikwangue* and *fufu* are preponderant foods in the Congolese model of food consumption and, following the declared intentions of consumption, they are likely to remain so for a long time. Important changes at the level of the consumption frequency for the three cassava products was noted between ecological zones in the rural area.

Cassava products were eaten in about 55 % of cases with fish, in 40 % with leaves and once in five times with meat. Consumption of cassava products started very early in the infant feeding.

During the last thirty years, there has been a progressive decline in the importance of cassava products in the Congolese consumption model. All the same, their contribution to the net energy intake is sufficient for complementary nutrition research be carried out in order to situate the actual and potential role in food diets of nutrition risk groups in the population.

Introduction

Le Congo est, après le Zaïre, le pays dont la consommation de manioc par habitant est la plus élevée au monde (Trèche, 1995).

Dans ce contexte, l'étude des modalités de cette consommation est nécessaire pour prévoir l'évolution de la demande sociale de cet aliment de base et évaluer la contribution du manioc à la couverture des besoins nutritionnels pour différentes populations congolaises.

Les données de base de cette étude, dont certaines ont déjà fait l'objet de publications (Massamba et Trèche, 1993 ; 1994 ; Trèche *et al.*, 1993 ; Trèche et Massamba, 1991 ; 1992 ; Trèche et Muchnik, 1993) ont été obtenues au cours de plusieurs enquêtes :

- une enquête nationale réalisée en 1989 sur un échantillon de 1 200 ménages représentatif des populations rurales ;
- Deux enquêtes menées en 1990 et 1992 sur des échantillons de 900 personnes représentatifs de la population brazzavilloise adulte ;
- une enquête budget consommation réalisée en 1992 sur un échantillon de 300 ménages représentatif des ménages brazzavillois.

Nous présenterons d'abord la structure de la consommation du manioc au Congo, avant d'en discuter les facteurs de variation et d'examiner ses tendances évolutives.

1. Structure de la consommation du manioc

1.1. Les différentes formes de consommation

Les différentes formes de consommation du manioc rencontrées au Congo comprennent des produits bruts ou semi-bruts et des produits nécessitant une longue période d'élaboration.

1.1.1. Les produits bruts et semi-bruts

1.1.1.1. Les racines crues

Les racines des variétés douces de manioc peuvent, après épluchage, être consommées crues.

1.1.1.2. Les racines cuites

Les racines des variétés douces cuites à l'eau sont directement consommables. Les racines des variétés amères peuvent, après épluchage, être

coupées en morceaux qui sont cuits à l'eau avant d'être mis à tremper trois à quatre jours dans de l'eau courante pour en supprimer l'amertume.

Cependant, dans la majorité des cas, les racines des variétés amères subissent un rouissage, opération qui consiste à immerger dans l'eau, pendant trois à sept jours, des racines épluchées ou non (Massamba et Trèche, 1993 ; Trèche et Massamba, 1995). Les racines rouies, cuites à l'eau ou à la braise, constituent au Congo une forme de consommation importante des racines de manioc.

1.1.2. Les produits élaborés

Les racines rouies servent de matière première pour l'élaboration de trois produits : la bouillie, la farine ou foufou et la chikwangue (Massamba et Trèche, 1989 ; 1994 ; Trèche *et al.*, 1993).

1.1.2.1. Les bouillies de manioc

Le produit dérivé du manioc utilisé pour la préparation de la bouillie peut être :

- des racines rouies fraîches ou séchées en cossettes, triturées dans l'eau ;
- une pâte prélevée à un stade intermédiaire de la transformation des racines rouies en chikwangue (Gami, 1992) ;
- de la farine de manioc.

Quel que soit le produit utilisé, il est tout d'abord mis en solution dans de l'eau froide. La suspension obtenue est portée progressivement à ébullition, directement ou après avoir été versée dans de l'eau déjà bouillante.

1.1.2.2. Le foufou

Les racines rouies, émottées ou découpées en cossettes, sont séchées au soleil. Les produits séchés subissent par la suite un pilonnage suivi d'un tamisage ou un broyage au moulin électrique qui les transforment en farine.

La préparation du foufou consiste à faire tomber en pluie la farine de manioc dans une marmite contenant de l'eau bouillante et à remuer très énergiquement le mélange jusqu'à la cuisson et à l'homogénéisation de la pâte. C'est cette pâte dense (35 g de matière sèche pour 100 g de produit) de texture élastique qui est appelée foufou.

1.1.2.3. La chikwangue

La chikwangue est une pâte vendue emballée dans des feuilles de plantes spontanées. Elle est de texture élastique et encore plus dense que le foufou (38 g à 42 g de matière sèche pour 100 g de produit). C'est le produit final d'une longue et fastidieuse transformation par voie humide des racines rouies qui comprend

plusieurs opérations : défibrage, laminage, précuisson, malaxage, modelage et cuisson terminale (Trèche *et al.*, 1993 ; Trèche et Massamba, 1995).

Au Congo, on rencontre plusieurs formes de chikwangues qui se conservent au plus pendant une semaine. Le *ngudi-yaka* est une grosse chikwangue de 5 à 9 kg produite dans les zones rurales du sud du pays principalement occupées par les populations Kongo. Les ateliers urbains de Brazzaville produisent une forme réduite du *ngudi-yaka* appelée *fabriqué* qui pèse autour de 600 g. Le *moungouélé*, chikwangue dont le poids est voisin de 1 kg, est élaboré dans les régions rurales du Nord du pays où habitent les populations Tékés et Mbochis. Les mêmes populations produisent aussi une chikwangue à une seule cuisson appelée *moussombo* ou encore bâton de manioc du fait de sa forme très allongée. Les ateliers urbains de Brazzaville produisent un *moungouélé* de taille plus réduite (650 g) que celui préparé en milieu rural et, très accessoirement, du *moussombo* de taille très réduite (Ikama et Trèche, 1995).

1.2. Fréquence de consommation des produits dérivés des racines de manioc

1.2.1. Chez les enfants à partir de 2 ans et les adultes

1.2.1.1. Milieu rural

En milieu rural, à partir de l'âge de 2 ans, la chikwangue domine largement la consommation des produits dérivés du manioc puisque 63 % des personnes interrogées lors de l'enquête nationale en avaient consommée la veille. Les racines cuites et le foufou ont des fréquences de consommation beaucoup plus faibles (environ 15%) et sensiblement voisines. En revanche, les bouillies et les racines crues sont peu consommées (figure 1).

L'examen de la structure des repas (figure 2) montre que la prédominance de la chikwangue sur le foufou et sur les racines cuites est plus marquée au repas du soir. Le foufou et les racines cuites sont consommées à des fréquences sensiblement équivalentes le soir, mais on constate que si les racines cuites sont plus consommées que le foufou le matin, c'est l'inverse qui se produit au repas du midi.

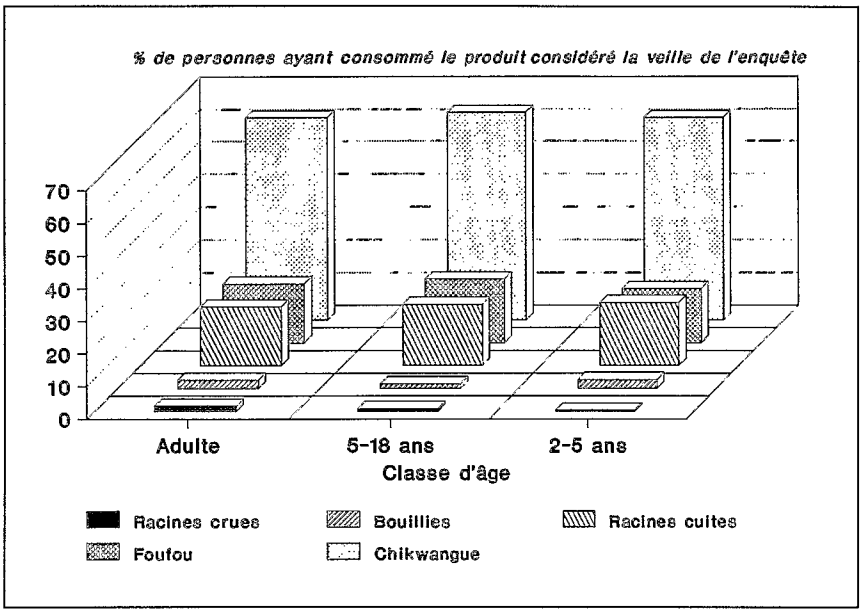


Figure 1

Fréquence de consommation des produits dérivés du manioc en fonction de l'âge en milieu rural

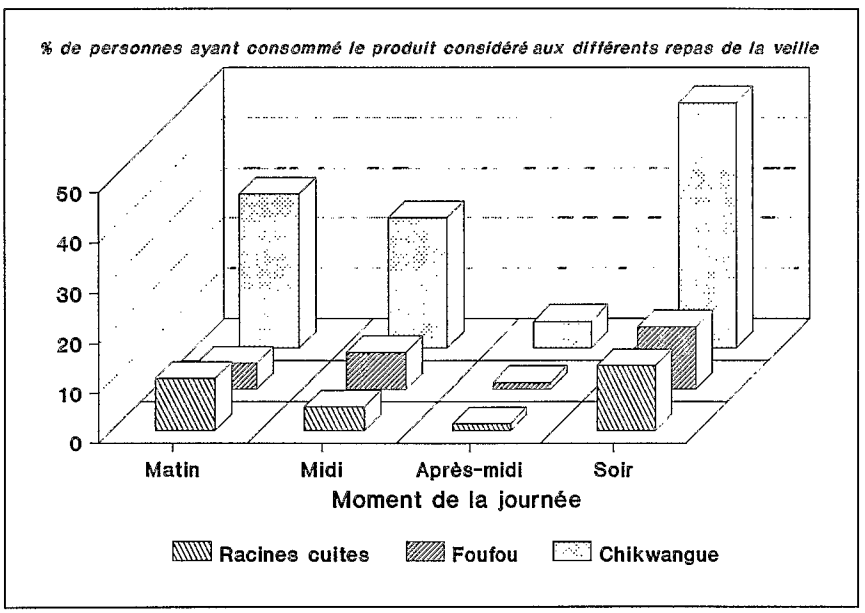


Figure 2

Fréquence de consommation des produits dérivés du manioc en fonction du repas en milieu rural

1.2.1.2. A Brazzaville

Dans les ménages brazzavillois, l'étude de la consommation des principaux aliments de base aux différents repas de la journée (figure 3) montre qu'il y a substitution du pain au foufou et à la chikwangue au petit déjeuner et prédominance de la consommation du foufou sur celle de la chikwangue aussi bien au repas du midi qu'à celui du soir. La consommation de pain est quasiment inexistante au repas de midi, elle réapparait cependant de façon non négligeable au repas du soir.

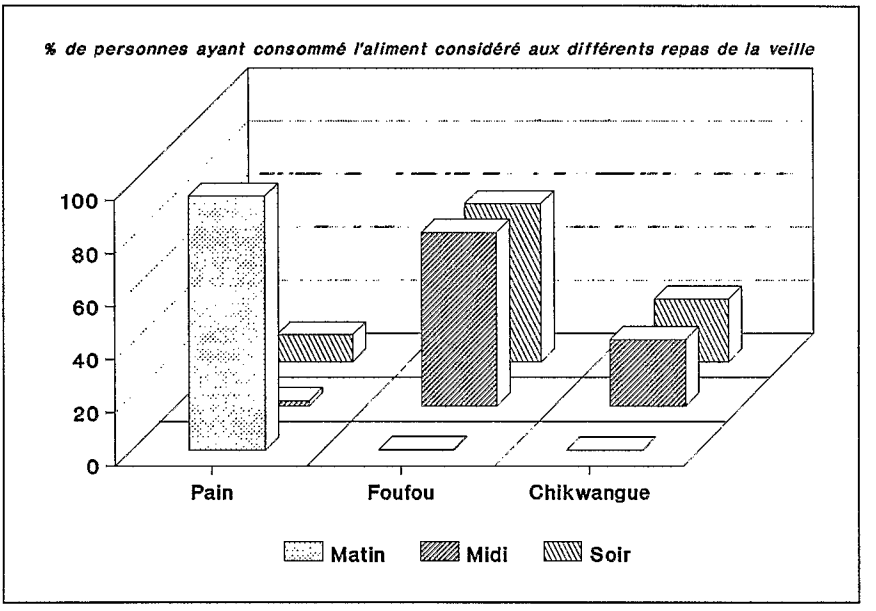


Figure 3

Fréquence de consommation des principaux aliments de base dans les ménages brazzavillois

La consommation de la chikwangue est un peu moins fréquente qu'en zones rurales puisque 54 % au lieu de 63 % des personnes interrogées en avaient consommé la veille. Les chikwangues d'origine rurale (*moungouélé* du nord et *ngudi-yaka*) sont davantage consommées que les chikwangues produites dans les ateliers urbains (*fabriqué* et *moungouélé* de Brazzaville). La consommation de *moussombo* reste négligeable (figure 4).

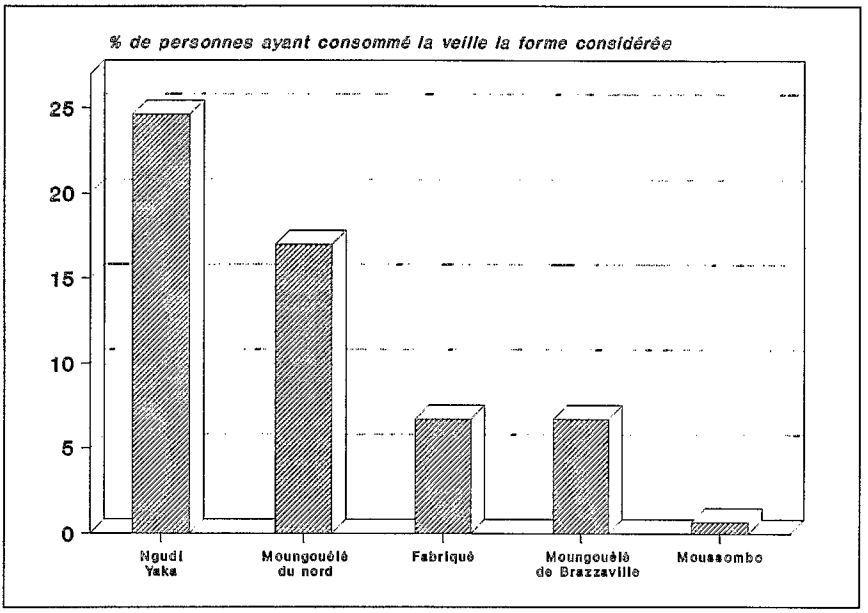


Figure 4
Fréquence de consommation des différentes formes de chikwangue à Brazzaville

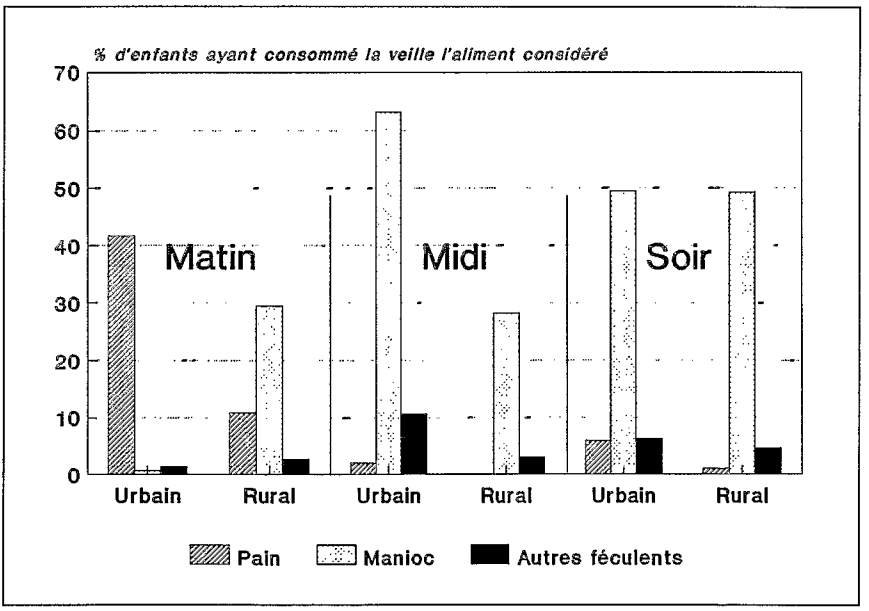


Figure 5
Fréquence de consommation des différents types de féculents par l'enfant de 6 à 24 mois

1.2.2. Chez les enfants de moins de 2 ans

L'étude de la consommation des féculents par l'enfant de 6 à 24 mois (figure 5) fait apparaître une analogie avec le modèle de consommation des féculents par les adultes dans lequel, à l'exception du matin, les dérivés du manioc dominent les repas du midi et du soir. En milieu rural, la consommation du manioc est quasiment généralisée sauf au repas du matin où le pain est consommé par près de 10 % des enfants.

Aussi bien en milieu rural qu'en milieu urbain, on observe une faible fréquence de consommation des autres féculents. Elle atteint toutefois les 10 % au repas de midi à Brazzaville, en raison de la disponibilité du riz.

La précocité de l'introduction des dérivés du manioc dans l'alimentation des jeunes enfants est à souligner.

1.3. Nature des aliments consommés en accompagnement des produits dérivés du manioc

En milieu rural, la consommation de chikwangue et de foufou s'accompagne de celle de poisson dans plus de 55 % des cas et de celle de légumes-feuilles dans près de 40 % des cas (figure 6) ; parmi ces derniers les feuilles de manioc pilées ou *saka-saka* occupent une place importante. La consommation de viande et de

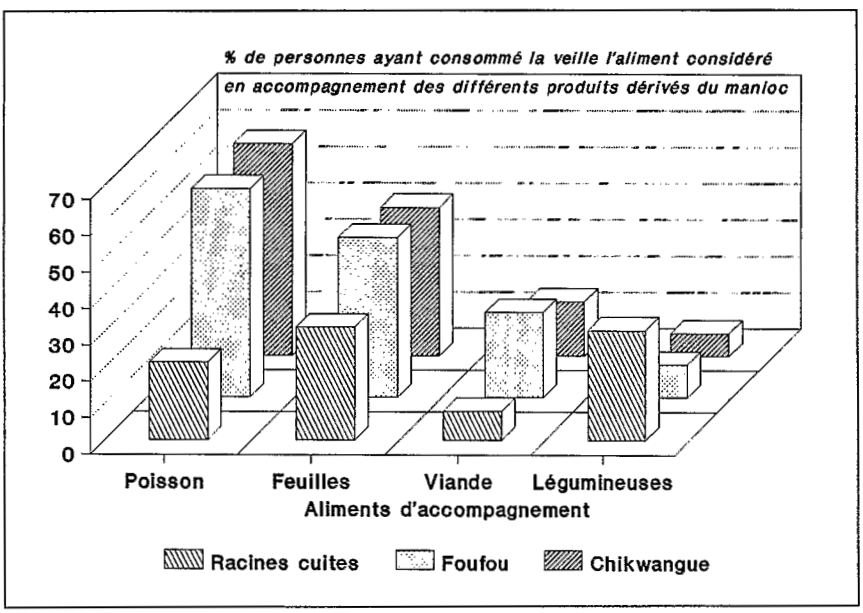


Figure 6

Fréquence de consommation de différents types d'aliments utilisés en accompagnement des produits dérivés du manioc en milieu rural

légumineuses en accompagnement de chikwangue et de foufou, respectivement 12 % et 6 % des cas, est moins fréquente.

La consommation des racines cuites bénéficie d'un accompagnement en légumineuses sensiblement plus fréquent que celle de la chikwangue et du foufou ; en revanche, elle s'accompagne moins souvent de produits animaux (poissons et viandes) et de légumes-feuilles.

2. Influence des zones écologiques sur les fréquences de consommation des produits dérivés du manioc

L'étude des fréquences de consommation des principaux dérivés du manioc en fonction des zones écologiques (figure 7) permet d'établir que la chikwangue est l'aliment de base pour plus de 60 % des personnes sur le plateau central, dans les zones de forêt exondée et inondée et sur les massifs montagneux alors qu'elle ne l'est que pour 40 % des habitants de la vallée du Niari.

On note par ailleurs que le foufou consommé dans 37 % des cas dans la zone de forêt inondée n'est consommée que par 1 % des personnes dans les massifs montagneux.

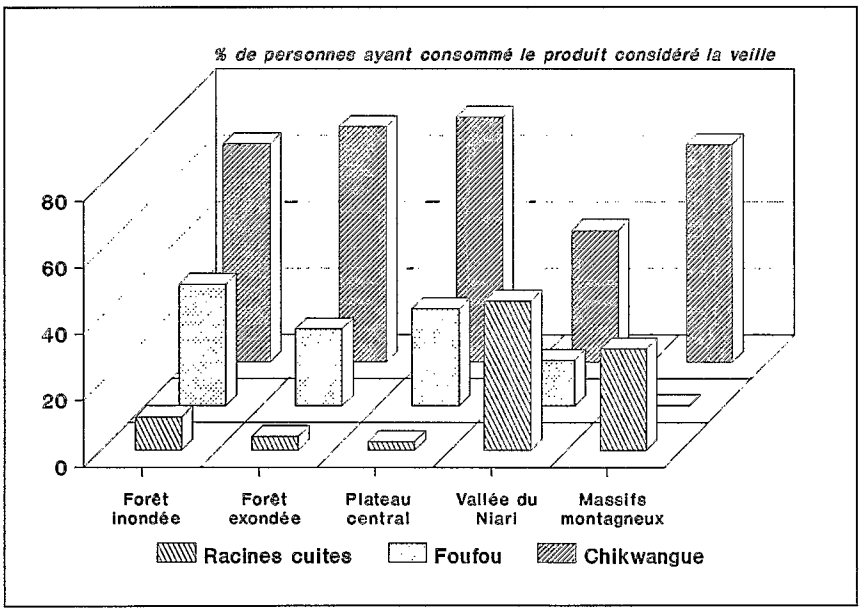


Figure 7
Variation des fréquences de consommation des principaux dérivés du manioc en fonction des zones écologiques

Enfin les racines cuites après rouissage, sont consommées respectivement par 45 % et 30 % des habitants de la Vallée du Niari et des massifs montagneux alors qu'elles ne sont consommées que dans moins de 10 % des cas dans les autres zones.

Trois facteurs principaux permettent d'expliquer les différences de modalités de consommation du manioc observées entre zones écologiques (Massamba et Trèche 1991 ; Trèche *et al.*, 1993) : des possibilités agricoles inégales, un peuplement par des ethnies dont les habitudes de consommation sont différentes et un enclavement plus ou moins marqué qui conditionne les possibilités d'échange et le niveau de l'influence du milieu urbain.

3. Evolution prévisible de la consommation du manioc

3.1. Préférences exprimées par les consommateurs de manioc

A Brazzaville comme en zones rurales, la grande majorité des personnes enquêtées déclarent préférer la chikwangue aux autres aliments de base locaux ou importés (figure 8). Toutefois, l'influence de l'urbanisation sur les préférences

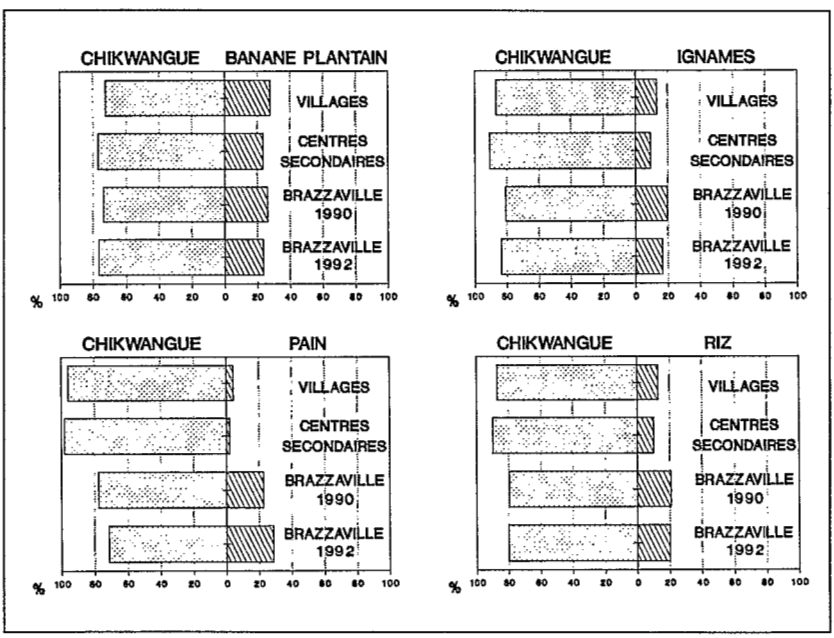


Figure 8
Préférences exprimées entre différents aliments de base
(en % de personnes ayant déclaré préférer l'un des deux aliments)

exprimées se manifeste par l'existence d'une proportion plus importante de personnes déclarant préférer d'autres aliments que la chikwangue en ville qu'en zones rurales. Quel que soit leur milieu de vie, environ un quart des congolais déclarent préférer la banane plantain, deuxième production agricole du pays. Les brazzavillois sont sensiblement plus nombreux que les ruraux à préférer le ignames, autre production locale. Le riz, qui est principalement importé, est préféré par environ deux fois plus de brazzavillois que de ruraux. Enfin, le pain qui reste encore très difficilement accessible en zones rurales en raison de l'absence de circuits de commercialisation, est préféré par un nombre beaucoup plus important de citadins (22 % en 1990 ; 28 % en 1992) que de ruraux (3,5 %).

Concernant les préférences exprimées entre les différentes formes de consommation du manioc (figure 9), on constate que si la chikwangue reste, quel que soit le milieu considéré, la forme de consommation la plus appréciée, les brazzavillois sont plus nombreux que les ruraux à préférer, d'une part, le foufou à la chikwangue et, d'autre part, la chikwangue aux racines cuites. La plus ou moins grande aptitude à la commercialisation des trois formes de consommation et les différences d'accessibilité en fonction des milieux expliquent en partie ces écarts.

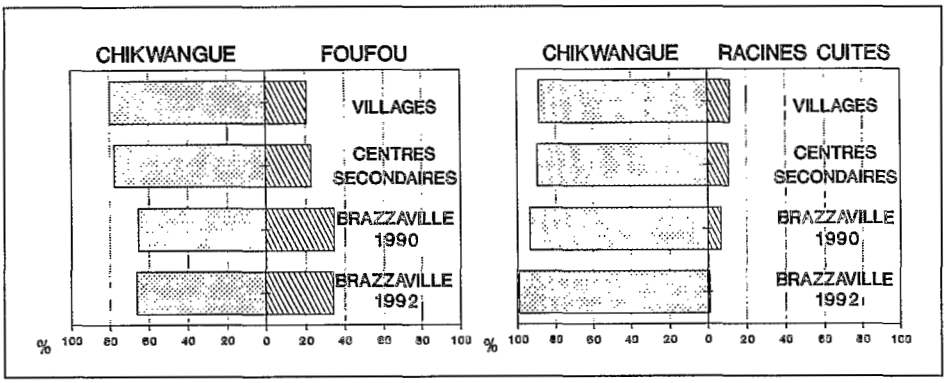


Figure 9
Préférences exprimées entre les différentes formes de consommation
(% de personnes ayant déclaré préférer l'une des deux formes de consommation)

3.2. Intentions de consommation

Lorsqu'on demande aux personnes enquêtées si elles souhaitent augmenter, maintenir ou diminuer dans leur ration, la part de la chikwangue par rapport aux autres aliments de base (figure 10), des proportions peu différentes de citadins et de ruraux (entre 10 % et 17 %) déclarent vouloir l'augmenter.

Par ailleurs, on constate que le pourcentage de brazzavillois désirant la diminuer, relativement élevé en 1990 (32%), est redevenu en 1992 voisin de celui

observé en zones rurales. Un désir plus fort de diversification de l'alimentation chez les citadins explique probablement ce souhait des citadins en 1990 de diminuer la part de la chikwangue dans leur alimentation ; la conjoncture économique difficile vécue en 1992 du fait des retards de salaire pourrait expliquer la variation observée entre 1990 et 1992.

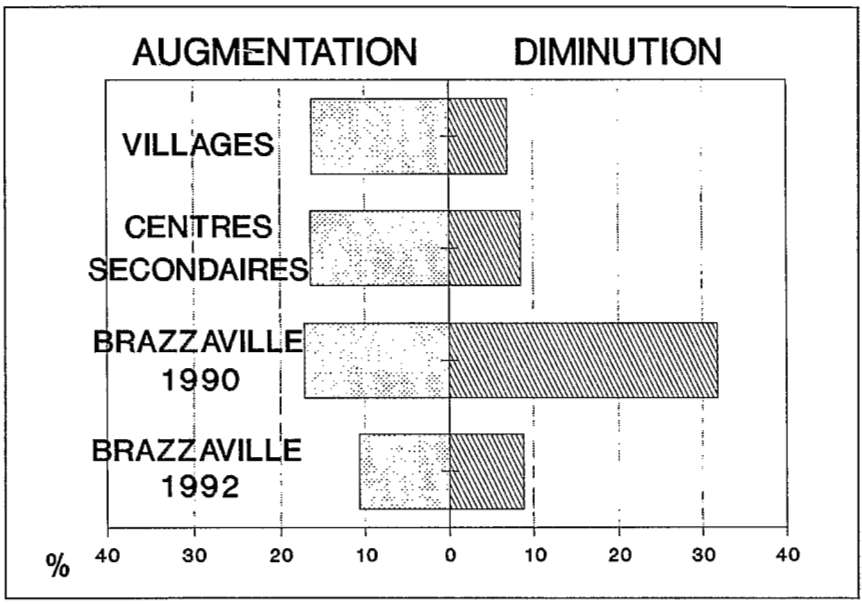


Figure 10
Evolution souhaitée pour la consommation de la chikwangue en fonction du lieu de résidence (en % de personnes ayant déclaré vouloir augmenter ou diminuer la part de la chikwangue dans leur alimentation)

3.3. Evolution de la consommation du manioc

Lorsque on étudie l'évolution de la contribution des produits dérivés des racines de manioc à l'ingéré énergétique des populations au cours des trente dernières années, on constate que cette contribution a diminué de moitié entre 1961 et 1992. Cette diminution s'est faite en plusieurs phases (figure 11) :

- une période de forte diminution de 1961 à 1969 au cours de laquelle l'ingéré énergétique journalier moyen à partir de produits dérivés du manioc est passé de 1 331 à 1 023 kcal par personne ;
- une période de relative stagnation entre 1970 et 1982 avec des ingérés journaliers variant entre 1 003 et 1 059 kcal par personne ;
- une période de diminution très nette depuis 1983 mais surtout au cours des deux dernières années pour lesquelles nous disposons de statistiques : l'ingéré

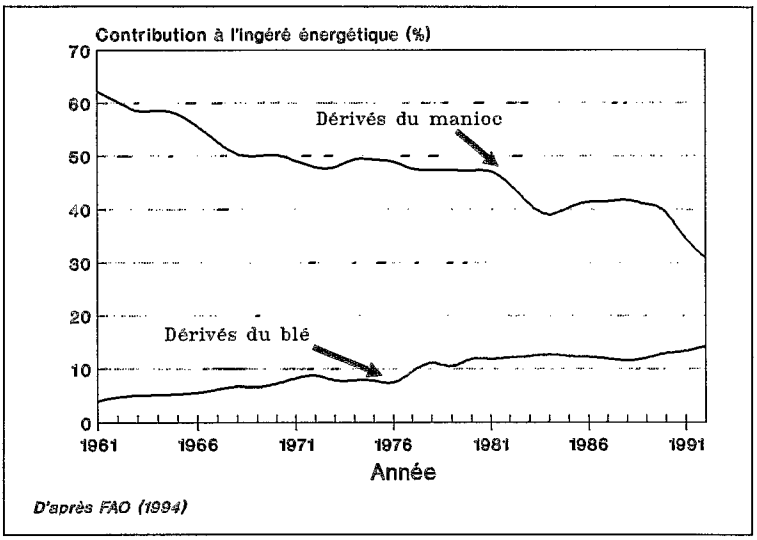


Figure 11
Evolution de la contribution des dérivés du manioc à l'ingéré énergétique des congolais au cours des 30 dernières années

énergétique à partir des racines de manioc est inférieur à 750 kcal par personne depuis 1990.

Ainsi, sur le plan quantitatif, on a assisté, au cours des 3 décennies qui ont suivi l'indépendance, à un recul de la consommation du manioc au Congo. Ce recul, qui n'est pas aussi sévère que celui qui avait été prévu au début des années 1980 (FAO, 1982), s'est fait au profit des aliments importés notamment du pain et il n'a pas épargné les autres aliments locaux de base (ignames, plantain et patates douces).

Sur le plan qualitatif, d'importantes mutations sont intervenues dans la structure de consommation du manioc (Massamba *et al.*, 1993). Elles se traduisent notamment sous l'influence de l'urbanisation, par une inversion de la place du foufou et de celle de la chikwangue et par la disparition quasi complète de formes brutes et même semi-brutes de consommation du manioc.

Les déterminants de ces évolutions sont à rechercher dans les facteurs socio-économiques, le changement de mode de vie et les facteurs socio-culturels accompagnant l'urbanisation au Congo. Dans ce contexte, la disponibilité, la commodité d'usage, l'accessibilité économique des différents aliments de base sont des critères qui prennent le dessus sur les autres. Les produits dérivés du manioc doivent donc répondre à l'attente des consommateurs pour rester prépondérants (Trèche et Massamba, 1991).

Conclusion

La chikwangue, le foufou et les racines cuites sont respectivement les dérivés du manioc les plus fréquemment consommés au Congo. La consommation de chikwangue, qui reste l'aliment préféré de tous les congolais, prédomine en milieu rural mais se trouve dépassée par celle du foufou à Brazzaville. La consommation des racines cuites n'est observée qu'en milieu rural.

Bien que l'hégémonie du manioc dans les régimes alimentaires ne soit pas encore remise en cause, on assiste à son recul notamment dans les zones urbaines où le pain se substitue aux dérivés du manioc au repas du matin et a tendance à occuper une place de plus en plus importante au repas du soir. Il semble que l'influence de l'urbanisation sur le comportement des populations vis-à-vis de leur aliment de base se manifeste principalement de deux manières différentes : d'une part, des facteurs économiques et technologiques qui contraignent les citadins à acheter, et non plus à élaborer eux-mêmes, les produits dérivés du manioc ; d'autre part, des facteurs socio-culturels qui les poussent vers des aliments d'usage plus commodes ou bénéficiant d'une image plus conforme aux modes de vie des pays développés.

Les produits dérivés du manioc ne sont pas toujours accompagnés d'aliments complémentaires susceptibles d'assurer l'équilibre protéique de la ration, comme l'ont déjà constaté Cresta *et al.* (1985). La prépondérance du manioc dans l'alimentation congolaise justifie donc la réalisation de recherches visant à diversifier les formes de consommation de cette denrée, et à améliorer les apports nutritionnels dans les régimes de certains groupes de population à risque en vue d'assurer un meilleur équilibre de ces régimes.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226).

Références

Cresta (M.), Massamba (J.), Ngatse (J.M.), Mpissukidi (L.B.), 1985 - Recherches biologiques, nutritionnelles et sanitaires sur les populations de la République populaire du Congo et problèmes liés au développement rural. III. L'économie paysanne et l'alimentation dans les villages de Oka-bamboo (Ewo) et de Inkala-Matiba (Kindamba). *Rivista di Antropologia*, LXIII : 33-60.

FAO, 1982 - *Etude de la problématique de l'autosuffisance alimentaire au Congo.* Rapport DD/DP/PRC/81/009. FAO, Rome, 265 p.

FAO/Division de la Statistique, 1994 - *AGROSTAT-PC, Bilans alimentaires*, Série informatique, FAO, Rome, Italie.

GAMI (N.), 1992 - *Transformations du système alimentaire des Batéké Kukuya du Congo liés à leur migration du milieu rural au milieu urbain.* Thèse de doctorat en sciences, université de droit, d'économie et des sciences d'Aix-Marseille.

IKAMA (R.), TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

MASSAMBA (J.), ADOUA-OYILA (G.M.), TRECHE (S.), 1993 - « Urbanisation et mutations alimentaires : étude du comportement et identification des exigences des consommateurs de manioc à Brazzaville ». Communication présentée au Séminaire sur *la situation alimentaire et nutritionnelle dans les zones urbaines en Afrique*, 14-18 juin 1993, Cotonou, Bénin.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1989 - Transformations traditionnelles, formes de consommation et formes de commercialisation du manioc en milieu rural congolais ». Communication présentée au *4th triennial symposium of the International society fo tropical root crops-Africa Branch*, 4-9 décembre 1989, Kinshasa, Zaïre.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1993 - « Facteurs influençant les modalités de rouissage du manioc au Congo ». Communication présentée au colloque *Anthropologie alimentaire et développement en Afrique intertropicale : du biologique au social*, 27-30 avril 1993, Yaoundé, Cameroun.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1994 - « Influence de l'urbanisation sur la consommation de la chikwangue au Congo. ». *In* Ofori (F.) and Hahn (S.K.), éd. : *Tropical Root Crops in a developing economy,* proceedings of the ninth symposium of the International society for tropical root crops, Accra, Ghana, 20-26 octobre 1991 : 297-303.

TRECHE (S.), 1995 - « Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *Fabrication de Chikwangue au Congo.* Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « Réseau TPA », 98 p.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1991 - Demain, le manioc sera-t-il encore l'aliment de base des congolais ? *Alimentation, Nutrition et Agriculture*, 1, n° 1 : 19-26.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1994 - « Report on the study and improvement of cassava utilization in Congo ». *In* Scott (G.), Ferguson (P.I.), Herrera (J.E.), éd : *Product development for root and tubers crops, Vol III (Africa)*, Proceedings of the Workshop on Processing, Marketing, and Utilization of Root and Tuber Crops in Africa, IITA, Ibadan, Nigéria, 26 octobre-2 novembre 1991 : 405-413.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995. « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

TRECHE (S.), MUCHNIK (J.), 1993. « Changement technique et alimentation urbaine : identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville ». *In Alimentation, Techniques et Innovations dans les régions tropicales*, coordonné par José Muchnik, Paris, l'Harmattan : 339-369.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Le manioc : une ressource alimentaire importante en Guinée

Cassava : An important source of food in Guinea

M. S. BOMBILY

Laboratoire des Composés Naturels (Lacona), DNRST, Conakry (Guinée)

– Résumé –

Le manioc est un aliment de base pour des millions d'hommes dans le monde. En Guinée, il entre dans l'alimentation des habitants de plusieurs régions, mais il est surtout cultivé et consommé sous plusieurs formes en Haute-Guinée et en Guinée forestière.

L'objectif de nos travaux est d'améliorer les techniques rurales de transformation et de conservation du manioc. Pour cela, nous avons procédé à un recensement de toutes les techniques de préparation et de conservation du manioc dans les différentes régions de la Guinée.

A l'issue de nos enquêtes, nous avons constaté qu'il y avait au moins une dizaine de formes distinctes de préparation du manioc en Guinée et que les recettes varient selon les régions.

– Abstract –

Cassava is a staple food for millions of people in the world. In Guinea, it is used as food in many areas, but it is extensively grown and consumed in many forms in Upper-Guinea and forest-Guinea.

The objective of this study was to improve the rural methods of cassava processing and storage. For that a survey of the different methods of cassava preparation and storage was carried out in different areas of Guinea. The results obtained showed that, there were at least 10 distinct forms of cassava preparation in Guinea and that the recipes differed according to areas.

Introduction

Originaire des Antilles et du Brésil, le manioc fut introduit en Afrique par des marchands portugais. En Guinée, il est cultivé dans toutes les régions et préfectures.

Il s'agit d'une plante ligneuse des tropiques d'une hauteur de 1 à 3 m, à feuilles digitilobées alternes et à latex blanc, appartenant à la famille des Euphorbiacées. Sa racine, au cours de son développement dans le sol, se gorge de principes actifs et devient charnue.

Le rendement optimal du manioc est obtenu sous 1 200 à 1 500 mm de pluie, à la température moyenne de 23 °C à 24 °C avec deux à trois mois de saison sèche. Le sol idéal est sablo-argileux, bien drainé avec un pH voisin de 6.

Il existe plusieurs espèces de manioc, en particulier *Manihot esculenta* Crantz (syn. *M. utilissima* Pohl) et *Manihot glaziovii*. En Guinée, *Manihot esculenta* appelé manioc comestible est le plus apprécié.

Les racines de manioc contiennent de 25 à 40 % de fécule et une quantité plus ou moins élevée selon les variétés d'un suc vénéneux, contenant de l'acide cyanhydrique. La fécule très abondante est quasiment dépourvue de protéines et de vitamines. Dans les variétés douces, on trouve moins de 0,012 % d'acide cyanhydrique ce qui permet de les différencier des variétés amères. Dans ces dernières, la racine est toxique car le suc vénéneux est abondant. Mais, il peut être détruit par fermentation, par cuisson ou par lavage.

1. La production de manioc en Guinée

Depuis la relance de la production par le gouvernement de la Deuxième République, la Guinée produit des quantités de plus en plus importantes de racines de manioc (tableau 1).

Tableau 1
Production de racines et tubercules en Guinée.

Produits	1986	1987	1988
Manioc	305,3	309,4	314,5
Igname	49,6	50,1	32,7
Taro	32,1	32,4	32,7

Cependant, les racines de manioc restent peu commercialisées dans la mesure où leur aptitude à la conservation en terre et la régularité de leur production en font l'aliment d'autoconsommation idéal. La proportion moyenne de racines commercialisées, qui est assez constante dans toutes les régions tropicales humides, est de l'ordre de 20 %. Mais cette proportion varie considérablement entre les zones constituant le bassin d'approvisionnement naturel des grands centres urbains et les zones enclavées du fait de la distance ou des difficultés d'accès : à proximité des capitales, les proportions de manioc produites en culture traditionnelle qui sont commercialisées peuvent atteindre 40 à 50 % ; A l'inverse, dans les zones éloignées de plus de 300 km d'un marché de consommation important, les proportions sont en général très faibles, les racines produites étant presque exclusivement auto-consommées. De même dans les régions où les conditions d'accès routier sont aléatoires notamment en saison des pluies, la commercialisation est très faible voir nulle ; c'est le cas de nombreux villages des régions forestières et de la Haute-Guinée.

En Guinée, les quantités de manioc vendues à l'état frais sont très faibles. Le manioc est presque toujours commercialisé après transformation des racines en produits intermédiaires (farine de manioc, pâte de manioc, cossettes séchées...) destinés à subir une transformation finale au moment de leur consommation dans les villes.

2. La consommation du manioc en Guinée

Sauf dans certaines régions comme la Haute-Guinée où il concurrence le riz, le manioc est un aliment de substitut sur toute l'étendue du territoire guinéen.

Selon des études récentes, la consommation du manioc est de 35 % en Haute-Guinée, 25 % en Moyenne-Guinée, 30 % en Guinée maritime et 10 % en Guinée forestière. Selon nos propres enquêtes menées dans les différentes régions du pays, le manioc est consommé sous les formes suivantes.

2.1. Le *too*

Le *too* est préparé à partir de farine de manioc. Cette farine provient de tranches de racines séchées, pilées au mortier puis tamisées ; elle est de couleur blanc-grisâtre et a fréquemment une saveur acide, légèrement âcre. Sa texture peut être fine ou grossière. La farine est mise dans un récipient en présence d'une certaine quantité d'eau et le tout est placé sur le feu. Elle ne tarde pas à prendre en masse au fur et à mesure que l'on verse lentement de l'eau bouillante en malaxant ; la cuisson se poursuit jusqu'à l'obtention d'une pâte glutineuse translucide, dont la

couleur va du crème au brun verdâtre. Finalement, cette pâte, appelée *too*, est consommée avec une sauce à base de gombo.

2.2. Le ragoût de manioc

C'est la forme de préparation du manioc la plus simple. On fait bouillir les racines pilées, entières ou en tranches et on les assaisonne avec un ragoût de poisson ou de viande.

2.3. Le *gelen*

On prépare ce mets en faisant cuire dans l'eau des racines de manioc, puis en les pilant dans un mortier en bois jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène consommée avec une sauce très gluante. Cette forme de consommation ne se rencontre qu'en Guinée forestière.

2.4. Le *kouti*

Le *kouti*, que l'on rencontre dans toutes les préfectures du pays, est obtenu à partir de manioc râpé : on élimine le jus contenant de l'amidon dissous ; on ajoute des ingrédients (sel, piment, oignon...) ; on forme des boulettes qui, après avoir été rôties, sont prêtes pour la consommation.

2.5. Le gâteau de manioc

Après avoir ajouté du sucre au *gelen*, on prépare des boulettes ayant la forme souhaitée et on les frit dans de l'huile de palme.

2.6. L'*attiecké*

Les racines épluchées sont laissées à tremper dans de l'eau, puis elles sont réduites en une pâte que l'on fait fermenter pendant deux jours dans un sac de jute recouvert de lourdes pierres. Cette pâte est ensuite retirée du sac, émiettée à la main et cuite à la vapeur. L'*attiecké* est consommé avec du lait ou en ragoût.

2.7. Le *gari*

Le manioc frais est d'abord épluché, lavé, rapé puis trempé dans l'eau pour diminuer sa teneur en amidon ; il est ensuite lavé et filtré plusieurs fois en utilisant de l'eau propre après chaque filtration. L'opération qui dure deux jours favorise la fermentation. La partie solide résultant de la dernière filtration est séchée d'abord au soleil pendant une heure, puis elle est chauffée modérément dans une marmite en vue de la formation de granulés. La partie liquide restée après la filtration sert à la préparation du tapioca. Enfin, les granulés sont séchés au soleil pendant 2 à 3 heures pour l'obtention du *gari*.

2.8. Le tapioca

Il provient de la partie liquide obtenue à l'occasion de la préparation du *gari*. Cette suspension d'amidon est mise à décanter. Le dépôt est ensuite relavé et filtré avant de subir une nouvelle décantation. Le résidu solide résultant des décantations successives est grillé dans une marmite pendant 15 à 30 minutes ce qui permet d'obtenir le tapioca.

3. Conservation

En raison de son altération rapide après la récolte qui se traduit par une coloration anormale des tissus vasculaires au bout de quelques jours, les racines de manioc deviennent rapidement impropres à la consommation et aux traitements ultérieurs. Le paysan guinéen préfère donc laisser les racines de manioc dans le sol jusqu'au moment de leur transformation en produits secs.

Une autre technique consiste à enterrer après récolte les racines dans des fosses ou tranchées. On peut aussi conserver des racines fraîchement récoltées pendant une courte période en les empilant et en les arrosant quotidiennement.

En Haute-Guinée, où le manioc séché est beaucoup consommé sous forme de *too*, il existe des méthodes de conservation très pratiques. Le manioc frais est épluché et trempé dans de l'eau pendant un jour s'il s'agit de manioc doux ou pendant trois jours dans le cas de manioc amer. Puis, il est lavé et séché au soleil pendant plusieurs jours. Grâce à ce trempage dans l'eau, le manioc peut se conserver pendant près d'un an sans être altéré.

En Guinée maritime et dans d'autres zones, le manioc fraîchement récolté est épluché, lavé avant d'être séché au soleil tel quel ou après trempage dans de l'eau chaude.

Conclusion

En Guinée, le manioc qui est de plus en plus apprécié voit son importance s'accroître. Sa production s'intensifie et sa consommation se généralise au point de concurrencer le riz dans certaines régions du pays. Cependant, sa conservation à l'état frais ainsi que sa commercialisation posent de nombreux problèmes aux agriculteurs.

Bibliographie

LANCASTER (P.A.), COURSEY (D.G.), 1988 - Techniques traditionnelles de traitement après récolte des principales denrées périssables tropicales. *Bulletin des Services Agricoles de la FAO* n° 59.

BANGOURA (M.), 1988 - Rapport technique 2e partie : Etapes Moyenne Guinée, Haute-Guinée et Guinée forestière. Technologie Endogène en Guinée ; 20-23.

MALO NIANGA, 1983 - Les aliments à base du manioc fermenté. *Lettre Lacona*, 1-2.

Direction Nationale de l'Agriculture, 1993 - *Données statistiques de la production des végétaux en Guinée.*

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Le manioc au Brésil
Importance socio-économique et diversité

Socio-Economical and Diversity of Cassava in Brazil

G. CHUZEL* * « **, O. VILPOUX * & **, M.P. CEREDA *

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
*** UNESP-FCA Botucatu, (Brésil)*

– Résumé –

La production annuelle de manioc au Brésil se situe ces dernières années entre 22 et 25 millions de tonnes. Réparti sur l'ensemble du territoire, le manioc constitue ici une culture de sécurité, là une culture de diversification en lien avec l'implantation de nouvelles féculeries.Différents systèmes de production sont présents avec les plantations de fonds de jardin pour l'autoconsommation, les cultures pour la transformation artisanale ou les petites entreprises et avec les grandes cultures pour le marché agro-industriel qui accompagnent l'adoption de nouvelles technologies.

En termes de transformation du manioc la *farinha de mandioca* reste la principale voie de valorisation. Néanmoins les différents produits dérivés du manioc au Brésil présentent aujourd'hui une certaine diversification, ils concernent :

- les produits frais avec des distributions dans les supermarchés de produits congelés (pâtes prêtes à l'emploi; frites) ;
- la *farinha de mandioca* avec des voies de valorisation variées dans les zones amazoniennes ;
- la *farinha de raspa* pour l'alimentation du bétail ;
- l'amidon aigre (*polvilho azedo*) dont le procédé (que l'on retrouve dans différents pays latino-américains) confère à l'amidon de manioc un pouvoir de panification, des caractéristiques organoleptiques et des propriétés fonctionnelles qui le rendent irremplaçable dans l'élaboration des pains traditionnels au fromage ;
- les amidons natifs ou modifiés pour des utilisations variées dans les industries alimentaires, l'industrie du papier-carton ou celle du textile.

Les productions d'amidons modifiés restent encore modestes mais constituent l'enjeu actuel du secteur des féculents.

Ce secteur de la production et de la transformation conscient des enjeux en termes de diversification, recherche à dynamiser les organisations professionnelles et à mobiliser des fonds pour appuyer les recherches et promouvoir le manioc et ses dérivés.

– Abstract –

The annual cassava yield in Brazil is about 22-25 millions of tonnes. Cassava is produced all over the country (45 % in the North East and 34 % in the South Central areas). Cassava can act as a safety crop for shortage periods. It can also serve for divesifying the end products, mainly starch and starch-based ones.

Cassava is produced at different levels, either for home consumption (in small lands) or for small-scale artisanal enterprises or for technically advanced agro industries.

In Brasil, «farinha de mandioca» is the main cassava processed foodstuff, although cassava-based products are too various. According to the evolution of food consumption styles, the industrial needs and marketing constraints, new cassava uses are presently emerging. These innovations are :

- fresh, ready-to-use and frozen cassava products (noodles, chips) widely distributed in the supermarkets ;
- *farinha de mandioca* largely used (into various ways) in Amazonian areas ;
- *farinha de raspa* for animal feed ;
- sour starch (*povilho azedo*) used in the preparation of typical cheesebreads. Processing (and mainly fermentation and solar drying) confers to sour stardh its breadmaking potential, organoleptic quality and functional properties ;
- native and modified starches used in food, paper, cardboard and textile industries.

Althrough the production of cassava modified starch is still low, it presently constitutes a promising way of adding value to starchy materials in Brazil.

The diversification of cassava uses in Brazil is a great challenge for its production and processing development. This leads the Brazilian professional organizations to pay more fundings for research an to promote a wide use of cassava and cassava-based products.

Introduction

Le Brésil a toujours constitué un important pays producteur de manioc avec une grande diversité de systèmes de production, entre les plantations de fonds de jardin, la production traditionnelle de petits agriculteurs des zones semi-arides du Nordeste ou des régions amazoniennes et les productions à grande échelle dans les régions Sud du pays avec une plantation et une récolte semi-mécanisée, où les cultures de manioc côtoient celles de soja, maïs et haricots. Quelque soit les zones agro-écologiques, le manioc constitue une culture de sécurité, garantissant une source de revenus pour les agriculteurs indépendamment des aléas climatiques.

Cette diversité au niveau des systèmes de production se retrouvent des systèmes de transformation et de commercialisation. L'éventail technologique est très vaste, depuis les *casas de farinha* du Nord du pays produisant quelques centaines de kilo de *farinha* par jour, jusqu'aux féculeries du Parana pouvant recevoir 500 tonnes de racines fraîches par jour. Les produits dérivés du manioc présentent une grande diversité régionale, mais la *farinha* reste pour 70 à 80 % de la production nationale le principal débouché pour le manioc.

1. Production agricole

La production brésilienne se situe entre 22 et 25 millions de tonnes ces dix dernières années (figure 1), pour une surface plantée de près de 1,9 millions

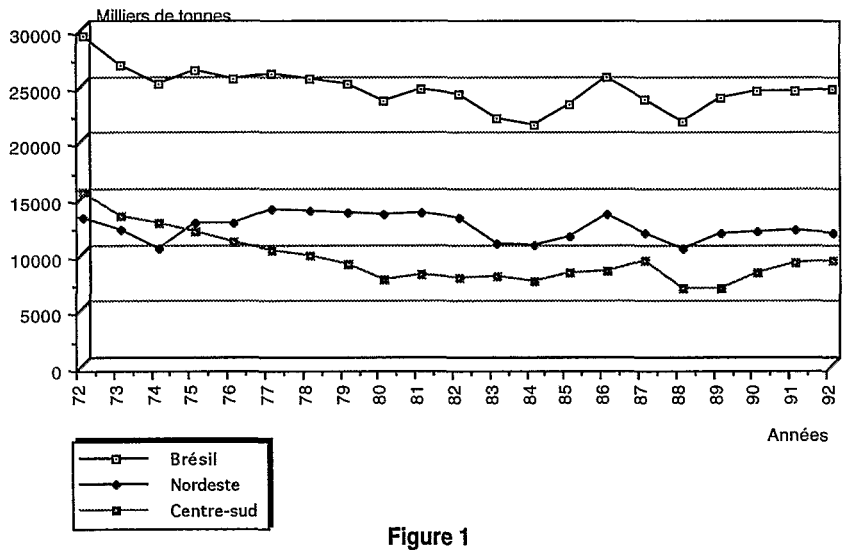


Figure 1

Production de manioc au Brésil et dans les régions Nordeste et Centre-Sud entre 1972 et 1992 (Source : FIBGE-LSPA)

d'hectares, mais après avoir atteint une production de l'ordre de 30 millions de tonnes dans les années 1970.

Différentes raisons expliquent cette différence entre les années 1970 et 1990 :

- l'augmentation des subventions aux farines de blé, à partir de 1972, qui a conduit à la perte d'un marché important pour la farine de manioc qu'était celui des farines panifiables et à une réduction importante des surfaces plantées en manioc. En effet, jusqu'à cette époque, les farines destinées à la panification était composées de farine de blé et de 15 à 20 % de farine de manioc, et ce réglementé par un décret pris dans les années 1960, où l'État Brésilien obligeait donc les meuneries à utiliser de la farine de manioc en substitution de la farine de blé importée. De nombreuses petites entreprises produisant de la farine de manioc virent donc leur marché de la panification disparaître et durent fermer.

De plus, le marché de l'alimentation animale n'a pu constituer une alternative à cette époque, du fait que d'autres cultures, bénéficiant de subventions de l'État, pouvaient offrir des produits à des coûts très bas, que la culture du manioc non subventionnée, ne pouvaient concurrencer :

- le blocage des prix de la farine de table (*farinha de mandioca*) et de la fécule de manioc durant les différents plans économiques (Plans Cruzado en 1986, Bresser en 1987, Verão en 1989, Brasil Novo en 1990 et 1991), conduisant à des prix fixés inférieurs aux coûts de production ;
- la vente des stocks du gouvernement de *farinha* à des prix que les producteurs ne pouvaient concurrencer.

La région Centre Sud (figure 2), qui produisait la *farinha* de raspas pour le marché de la panification et la *farinha de mandioca* pour la consommation de la région du Nordeste, a vu donc ses surfaces plantées diminuer de plus de la moitié entre les années 1970 et 1980, les États les plus affectés étant ceux de São Paulo (74,5 %), de Rio Grande do Sul (63,4 %) et de Santa Catarina (61,7 %). La production qui était de 15 et 16 millions de tonnes dans les années 70 pour 12 à 13 millions dans le Nordeste, est passée à quelques 8 millions de tonnes ces dernières années.

La répercussion au niveau national fut moins marquée, avec une diminution des surfaces plantées de 8 à 9 %, en notant toutefois que cette période s'est accompagnée d'une diminution de la productivité à l'hectare principalement dans le Nordeste.

Le Nordeste (figure 3), avec la diminution de surfaces plantées dans le Centre Sud, est aujourd'hui la principale zone de production avec 58 % des surfaces plantées et 45 % de la production nationale, pour respectivement 24 % et 34 % dans la région Centre-Sud.

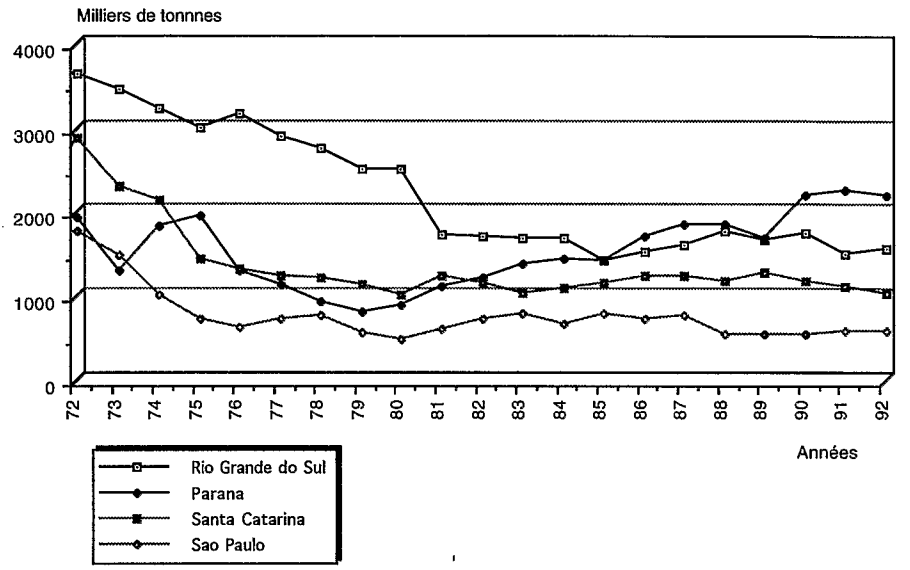


Figure 2

Evolution de la production de manioc entre les années 72 et 92 dans les Etats de la région Centre-sud (Source : FIBGE-LSPA)

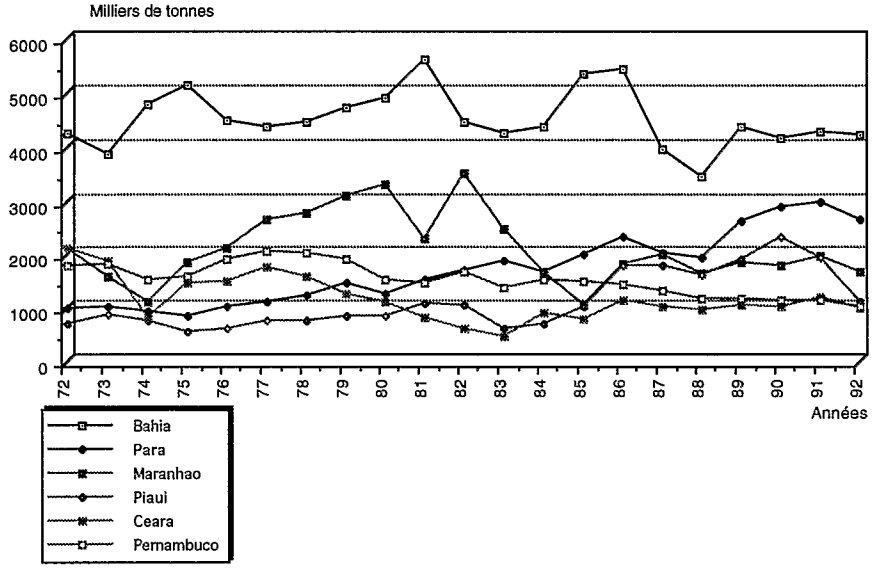


Figure3

Evolution de la production de manioc entre les années 1972 et 1992 dans les Etats de la région Nordeste (Source : FIBGE-LSPA)

La disparité entre ces deux régions reste très marquée en termes de systèmes de production, de niveau technologique et de productivité avec des rendements moyens respectivement de 9,5 et 17 tonnes/ha.

Nous noterons dans la région Centre-Sud, depuis 1992, un nouvel essor de la culture du manioc en lien avec l'implantation de nouvelles féculeries et *farinheras*, principalement dans les États du Parana et de Mato Grosso do Sul. Cet essor s'accompagne de l'adoption de nouvelles technologies par les agriculteurs (variétés, pratiques culturales), conduisant à une augmentation significative des rendements jusqu'à 40 tonnes/ha sur 10 mois. Le meilleur exemple en est l'État du Parana, qui a retrouvé son niveau de production des années 1970 (2,2 millions de tonnes, après avoir produit seulement 800 000 tonnes dans les années 1980).

Par contre, l'État de Santa Catarina qui dans les années 70 produisait plus de 3 millions de tonnes n'en produit qu'un million aujourd'hui, en raison des conditions climatiques (climat continental froid) où les variétés de cette zone sont de cycle long (16 à 18 mois).

Au niveau de la région Nordeste, si l'État de Bahia reste le premier producteur au niveau brésilien (4,2 millions de tonnes), il convient de noter un essor du manioc dans les états du Para (de 850 000 à 2,6 millions de tonnes) et du Piaui (540 000 à 1,1 million de tonnes), et un déclin dans les états du Ceara (1,9 à 1 millions de tonnes), en Amazonie (2 millions à 1,7 million de tonnes) et de Pernambuco (1,6 à 1 million de tonnes). Ces modifications au niveau de la production sont systématiquement liées à l'apparition/désapparition de marchés porteurs sur la région.

2. Produits dérivés du manioc

2.1. Produits frais

Le manioc est commercialisé sur les marchés locaux, pour sa consommation en frais. Différentes industrialisations visant avant tout les marchés urbains pour les couches sociales moyennes et hautes au travers d'une distribution dans les supermarchés : ce sont des produits congelés comme les frites de manioc et des pâtes prêtes à l'emploi.

2.2. *Farinha de mandioca*

Comme nous l'avons mentionné la *farinha* reste la principale transformation du manioc. Néanmoins, il est difficile de parler d'une seule *farinha*, d'une part au niveau des produits obtenus qui peuvent présenter de grandes différences de présentation (granulométrie, couleur) ou de goût (caractère croustillant, torréfaction, légère fermentation, degré de cuisson) et d'autre part au niveau

technologique entre les *casas de farinha* du Nordeste et les *farinheras* du Sud du Pays. Le procédé suit néanmoins les mêmes étapes : lavage, dépelliculage, épluchage dans les unités les plus rustiques, râpage, pressage, tamisage, cuisson-toastage, éventuellement broyage et tamisage. Dans les régions amazoniennes, les racines entières peuvent être rouies (*farinha de agua*) ou la pulpe fermentée. Le tableau 1 illustre cette diversité et des valorisations possibles des sous produits pour les régions de l'est du Para. Dans les régions Sud, outre la *farinha branca fina*, destinée au marché nordestin de São Paulo, on trouve la *farinha branca grossa*, le *beiju* (farine toastée sous formes de lambeaux de crêpes)...

Tableau 1

Valorisation du manioc dans les zones amazoniennes à base de farinha

Produit	**Marché cible**	**Variantes de transformation**
Farinha seca branca fina	Nordeste	Procédé traditionnel
Farinha seca grossa amarela	Para	Utilisation de safran pour la coloration de la *farinha* et dans certaines zones d'un colorant (tartazine)
Farinha de agua ou puba Amarela	Para	Rouissage des racines pendant 2 à 5 jours dans un ruisseau, marigot ou tanks d'eau, conduisant à une fermentation de la racine
Farinha mixta do Para	Para	Mélange de racines rouies et de racines fraîches lors du râpage
Goma (Amidon)	Marché local	Une partie de la pulpe râpée à partir de racines fraîches est lavée sous eau pour récupérer un lait d'amidon qui est laissé sédimenter de un à quatre jours dans des récipients. L'amidon ainsi obtenu est vendu localement le plus souvent à l'état humide et le tourteau d'extraction est mélangé à la pulpe pour faire de la *farinha*
Farinha de tapioca	Para	Amidon cuit et roulé type « tapioca »
Tucupi	Utilisation propre	La *manipueira* (jus de pressage) est parfois récupérée pour faire du *tucupi* (sauce aromatisée après plusieurs cuissons), principalement pour un usage familial

La production de *farinha* dans le Nord du Brésil se fait au niveau de *casas de farinha* qui sont estimées à quelques 400 000 unités sur le Pays. Ce sont généralement des *casas de farinha* familiales, ayant une capacité de production de 2 à 3 sacs de 60 kg de farine par jour pour les plus petites, jusqu'à 2 000 ou 3 000 kg de *farinha* pour les plus grandes. Le pressage est réalisé par des presses artisanales en bois. L'étape limitante du procédé pour les petites unités est le séchage-toastage de la *farinha* qui se fait avec agitation manuelle sur une plaque circulaire en acier et qui nécessite 3 à 3 heures 1/2 pour des fournées de l'ordre de 90 kg de *farinha.* Néanmoins, de nombreuses *casas de farinha* ont des fours où l'alimentation et l'agitation de la pulpe sont mécanisées.

Les familles qui ne disposent pas de casa de *farinha* vont transformer leur manioc dans les unités voisines, laissant une partie de production au propriétaire comme prestation de service.

Dans le sud du Pays, l'ensemble des opérations sont mécanisées avec des capacités de traitement pouvant atteindre des capacités de 50 tonnes de racines fraîches par jour. Les équipements sont de construction locale ou réalisés par les propres entrepreneurs avec un système de lavage en continu, une râpe, un système de presses hydrauliques, un broyeur-tamiseur et des fours planétaires. Ces équipements sont de conception ancienne et même les *farinheras* récentes utilisent toujours cette technologie.

Certaines entreprises se sont spécialisées dans le *beneficiamento* de la *farinha*, achetant la *farinha* à des producteurs isolés pour la conditionner (broyage, tamisage, classification) et la commercialiser.

Un problème important lié à la production de *farinha* est la contamination du milieu naturel par les eaux de pressage (manipueira) qui sont de l'ordre de 300 l par tonne de racines fraîches traitées et qui sont rejetés dans le milieu naturel directement ou dans une lagune. Cette manipueira est en effet hautement polluante avec une DCO pouvant varier de 6 000 à 50 000 mg/l, une DBO de 1 500 à 35 000 mg/l et une teneur en cyanures pouvant atteindre 500 ppm.

Différentes alternatives ont été recherchées pour trouver une solution à ce problème de la manipueira, soit au niveau traitement de ces effluents liquides par voie anaérobie, soit par utilisation comme substrat de fermentation pour l'obtention de métabolites (acide citrique) ou de biomasse protéique et oléagineuse, soit en épandage en ferti-irrigation ou comme défensif agricole.

Quelque soit le niveau technologique utilisé, les rendements sont similaires de l'ordre de 30 %. Nous noterons également que, contrairement à ce qui peut être rencontré dans les pays africains, les teneurs résiduelles en cyanures de la *farinha* sont inférieures à 20 ppm, même avec des variétés amères. Le fait de ne procéder qu'à un dépelliculage laissant donc l'écorce externe, plus riche en composés

cyanogénétiques, mais aussi en linamarase, doit influencer le processus de détoxication.

Le marché de la *farinha* est très fluctuant, en fonction de la production dans le Nordeste, avec des répercussions très importantes sur les prix de la *farinha* et, en contre coup, sur celui de la matière première.

2.3. *Farinha de raspa*

Cette activité, qui était importante jusqu'aux années 70 avec l'utilisation de farine de manioc en panification, est aujourd'hui quasi inexistante. Seules quelques unités artisanales produisent des cossettes de manioc pour l'alimentation animale dans le Nordeste.

2.4. Amidon aigre

L'amidon aigre est un produit typiquement latino-américain que l'on retrouve en Colombie, en Équateur, Bolivie, Paraguay, nord de l'Argentine (*almidon agrio*) et au Brésil (*povilho azedo*). C'est un amidon de manioc extrait par voie humide, fermenté naturellement dans des tanks durant 3 à 6 semaines et séché au soleil. Ce procédé confère à l'amidon de manioc un pouvoir de panification et des caractéristiques organoleptiques et fonctionnelles qui le rendent irremplaçable dans l'élaboration de pains traditionnels au fromage. La production est faite principalement dans l'État du Minas Gerais, dans le centre du Pays et dans les États du Parana et de Santa Catarina au Sud. La production est estimée entre 22 000 et 24 000 tonnes par an. La diversité technologique est également très grande, avec des unités traitant 2 à 5 tonnes de racines fraîches, jusqu'à celles pouvant recevoir 100 tonnes par jour.

Les racines de manioc une fois lavées sont broyées ou râpées et l'amidon est extrait par voie humide. Différents types d'extracteurs sont rencontrés en fonction du niveau technologique : en discontinu avec un tambour rotatif revêtu à sa périphérie d'un tamis de toile, de nylon ou de bronze, équipé de pâles internes de mélange de la pulpe avec l'eau d'extraction, en continu avec des extracteurs avec le tamis en forme d'auge de 6 à 8 m de long équipé d'un système de brosses fixées sur un axe tournant sur toute sa longueur ou des extracteurs centrifuges en batterie, complétés éventuellement par un lavage du lait d'amidon sur un tamis vibratoire. La séparation de l'amidon se fait par décantation, soit dans des tanks de sédimentation pour les petites unités, soit dans des canaux de décantation en zigzag d'une longueur de 100 à 150 m. Quelque soit le niveau technologique, les deux étapes clés du procédé que sont la fermentation et le séchage sont conduites de manière similaire : fermentation de l'amidon extrait en tanks de 1 à 5 m^3 de capacité durant 20 à 30 jours et séchage solaire, sur des aires de séchage ou des claies pouvant s'étendre sur une vingtaine de km.

Outre la commercialisation pour une consommation directe par les ménages, cet amidon aigre est une matière première pour des industries de seconde transformation et les boulangeries, pâtisseries, cafés. Dans les grands centres urbains, les pains au fromage (*pão de queijo, biscoito*) constituent un met recherché, accompagnant le café, pour une « petite faim » ou une gâterie durant la journée. A coté des échoppes traditionnelles, se sont développées de nombreuses boutiques de restauration rapide avec comme spécialité ces pains au fromage, souvent sous forme de réseau en « franchise », destinées aux classes moyennes et hautes.

Par ailleurs, de nouveaux produits à base d'amidon aigre (pâtes congelées, pre-mix...) sont mis en marché pour répondre aux exigences des consommateurs urbains en termes de disponibilité.

2.5. Amidon

La production d'amidon de manioc s'est développée dans le Sud du Pays, principalement dans l'état de Santa Catarina, dans les années 1970 pour chercher des alternatives aux marchés de la farine panifiable. Les entreprises produisant de la farine étant situées près de points d'eau. Utilisée comme source d'énergie, cette disponibilité en eau a permis à quelques-unes d'entre elles de se lancer dans l'extraction d'amidon. Cette production s'est ensuite déplacée vers les États du Parana et du Mato Grosso, qui offraient des conditions plus favorables à la culture du manioc (variétés de cycle court avec des rendements pouvant atteindre 40 ou plus tonnes à l'hectare). La production est estimée à quelques 250 000 tonnes, mais qui ne représente que 22 % de la consommation d'amidon au Brésil, qui est produit à partir du mais par quatre multinationales. Le tissu industriel des féculeries de manioc est beaucoup plus dispersé avec une soixantaine d'entreprises d'origine familiale ou de coopératives agricoles. Les capacités de traitement sont importantes entre 100 et 500 tonnes de racines fraîches par jour, avec une technologie avancée (extracteur en continu, centrifugeuses à plateaux, filtres sous vide, sécheurs flash-dryer...) de construction locale. Ce sont d'ailleurs certaines entreprises d'extraction d'amidon qui ont développé ces équipements et qui sont donc également aujourd'hui des constructeurs d'équipements pour féculeries de manioc, vendant également leur technologie dans les pays voisins.

Contrairement aux amidonneries de mais, les féculeries de manioc commercialisent principalement de l'amidon natif pour l'industrie alimentaire, l'industrie du papier carton et celle du textile. La production d'amidons de manioc modifiés reste modeste (40 000 tonnes environ) au niveau de seulement trois ou quatre entreprises (pré-gélatinisés, dextrines, amidons oxydés, cationiques...). Le développement de ces amidons modifiés pour mieux répondre aux spécificités des demandes des utilisateurs constitue l'enjeu actuel du secteur des féculeries. Les

industriels en sont conscients et cette seconde transformation devrait constituer la seconde étape de l'industrialisation de ce secteur dans les deux à trois prochaines années.

Conclusion

Si les contrastes restent marqués entre les régions nord et sud en termes de technologie de production et de transformation du manioc, les défis pour les années à venir sont identiques pour une meilleure valorisation de cette plante : une diversification des marchés traditionnels, l'ouverture de nouveaux marchés avec des produits de seconde transformation ou de nouveaux produits pour répondre aux nouvelles exigences des consommateurs et à l'évolution des modes d'alimentation des centres urbains et une pénétration plus forte d'un usage non alimentaire, en particulier pour l'amidon. Un autre défi tout aussi important est également de trouver des alternatives au problème des déchets solides et liquides que génèrent les industries de transformation du manioc, par un traitement adéquat et économiquement viable pour ces micro ou petites entreprises et une meilleure valorisation des sous-produits.

Le secteur de la production et de la transformation en est conscient, recherche à dynamiser les organisations professionnelles et tente de mobiliser des fonds pour appuyer la recherche, promouvoir le manioc et ses dérivés et développer une politique de marketing plus agressive. La recherche s'organise également avec la création d'un réseau d'appui à la filière manioc, le CERAT (Centro de Raizes Tropicais) au sein de l'Université de l'Etat de Saint Paul (UNESP) qui réunit une cinquantaine de chercheurs issus de différentes universités et centres de recherche, dans lequel participent également les institutions d'appui au développement et le secteur industriel.

Bibliographie

CEREDA (M.P.), 1991a - « Characterization of sour starch cassava production in Brazil ». *In* Taller, *Avances sobre almidón de yuca*, CIAT, Cali, Colombie, 17-20 juin 1991, 7 p.

CEREDA (M.P.), 1991b - « Technology and quality of sour starch ». *In* Taller, *Avances sobre almidón de yuca*, CIAT, Cali, Colombie, 17-20 juin 1991, 7 p.

CEREDA (M.P.), 1991c - « General viewpoint of cassava starch industries in Brazil ». *In* Taller, *Avances sobre almidón de yuca*, CIAT, Cali, Colombie, 17-20 juin 1991, 7 p.

CEREDA (M.P.) *et al* (1994) - *Residuos da Industrialização da mandioca no Brazil.* Ouvrage collectif sous la coordination de M.P. Cereda. CERAT, Editora Pailicéia, 174 p.

Sbm (1993) - *Plano nacional de desenvolvimento integrado da cultura da mandioca.* Sociedade Brasileira da Mandioca, Publicado na EMBRAPA-CNPMF, Cruz das Almas, Bahia, 25 p.

TAKITANE (I.C.), VILPOUX (O.), CEREDA (M.P.), CHUZEL (G.), (1994) - « Present uses of cassava starch in Brazil ». *International Meeting on Cassava Flour and Starch*, CIAT, Cali, Colombie, 11-15 janvier 1994.

VILPOUX (O.), CEREDA (M.P.), CHUZEL (G.), HENRY (G.), 1994 - *Caracterização das empresas de polvilho azedo em Minas Gerais.* Rapport, Centro Raizes Tropicais, 1994, 67 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Potential of cassava in Zimbabwe: a case study for the southern Africa region

Potentialités du manioc au Zimbabwe : une étude de cas pour les régions du sud de l'Afrique

U. KLEIH

Marketing Systems Economics Section, Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Kent (United Kingdom)

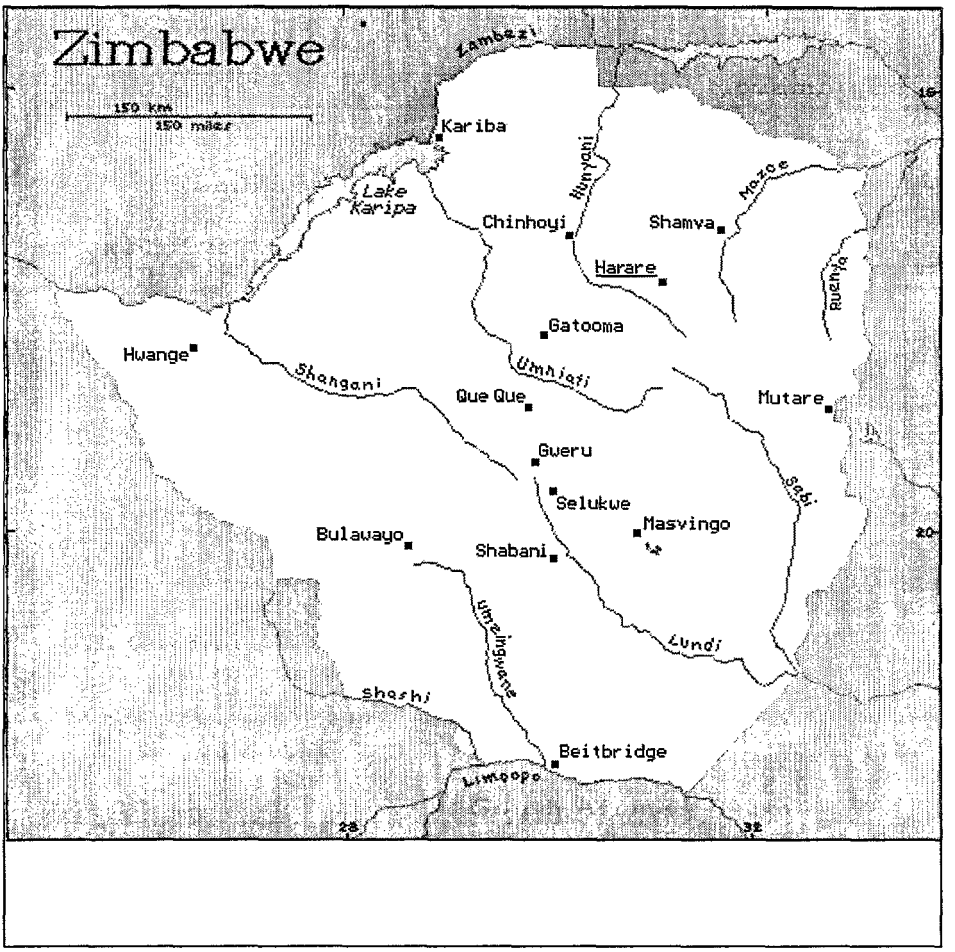
- Abstract -

This paper is based on a study which was initiated to identify the potential of cassava as a food security and cash crop in Zimbabwe. Data collection was based on a market survey and a Rapid Rural Appraisal exercise. The findings of the study show that there is immediate demand from the stockfeed sector for dried cassava as a raw material. Aside from the cash crop option, farmers are also interested in cassava as a food security crop. Partial crop budgets show that cassava can compete against other crops in marginal areas of Zimbabwe provided appropriate genotypes and recommended agricultural practices are used. It appears that during the first few years of a project, chips production should be based on manually driven machines and motorized chipping should only be considered once a larger scale Zimbabwean cassava production is established.

- Résumé -

Cet article a été réalisé à partir des résultats d'une étude initiée pour identifier les potentialités du manioc à contribuer à la sécurité alimentaire et à être une culture de rente au Zimbabwe.

Le recueil des données a été réalisé au cours d'une enquête sur les marchés et d'une évaluation selon une procédure d'Appréciation Rapide en milieu Rural (RRA). Les informations recueillies montrent qu'il y a une demande pressante de la part du secteur de l'alimentation pour le bétail pour du manioc séché considéré comme matière première. En plus de l'option culture de rente, les fermiers sont aussi intéressés par l'utilisation du manioc comme production permettant d'assurer la sécurité alimentaire. L'élaboration de comptes d'exploitation prévisionnels montre que le manioc peut concurrencer les autres productions dans les zones marginales du Zimbabwe à condition que des génotypes appropriés et des pratiques culturales recommandées soient utilisés. Il est apparu que pendant les premières années d'un projet, la production de cossettes devait être réalisée avec des équipements non motorisés et que leur motorisation ne pouvait être envisagée que si la production de manioc au Zimbabwe était réalisée à une plus large échelle.


Zimbabwe
150 km
150 miles
Zambezi
Kariba
Lake Kariba
Hunyani
Mazoe
Chinhoyi
Shamva
Harare
Ruenya
Gatooma
Hwange
Shangani
Umniati
Que Que
Mutare
Gweru
Sabi
Selukwe
Masvingo
Bulawayo
Shabani
Umzingwane
Lundi
Shashi
Beitbridge
Limpopo
16
20
28
32

Introduction

At present, cassava production in Zimbabwe only takes place on a very limited scale. The crop was identified as having potential for increasing diversification in Zimbabwean agriculture. Although, due to its drought resistance, cassava could be of interest for Zimbabwe as a food security crop, it was also felt that industrial demand would be a prerequisite for large scale expansion of the crop.

The study was initiated at the request of the Commonwealth Science Council (based in London), and the Biomass Users Network (based in Harare) during a workshop in Harare in May 1993 in which national and international cassava experts participated. Its primary objective was to identify potential markets for cassava products and assess the viability of producing the crop in marginal areas of Zimbabwe. The strategy to be developed was supposed to provide guide-lines for a national project for cassava.

The terms of reference for the study were to determine the market demands for dried cassava chips and other cassava products including the volume of demand, quality of product required and prices; determine the likely costs of production, processing and marketing of identified products; determine suitable areas for cassava production and likely costs of production; undertake sensitivity analyses of production, processing and marketing; make recommendations on the location of the identified small-scale pilot processing plants; determine the potential for savings in foreign exchange brought about by the project; and carry out a Rapid Rural Appraisal (RRA) to determine farmers' motivations to grow cassava and identify potential constraints to agricultural production.

Methodology

The field survey was carried out during three visits to Zimbabwe: 1-15 June, 20 July-24 August and 4-24 October 1993. During the first two visits emphasis was put on marketing aspects whereas the third visit concentrated on the Rapid Rural Appraisal.

1. Marketing Study

The marketing survey's main objective was to identify potential industrial users of dried cassava chips and other cassava products. The major stockfeed millers, starch producers and users, flour producers and users, brewers, and ethanol producers were identified as the principal possible markets for cassava as a raw material.

Two main methods were applied for data collection: the use of secondary information already available form previous workshops and studies, and informal techniques for the collection of primary data.

The primary data were obtained in the course of visits to the considered industries in Harare, Bulawayo, and Triangle. Interview check-lists, which could be adapted according to individual requirements, served as the principal tool to lead discussions. Due to the relatively small number of industries potentially using cassava as a raw material, there was no pressing need to embark on a formal sample survey. The discussions, in which usually the companies' marketing directors participated, allowed for the inclusion of additional points and information which were raised in the course of the meetings. This informal technique provided a better understanding of the different groups' main motivations for using cassava, compared with the potential quality of information that could have been obtained through sample surveys.

The interview check-lists included questions focusing on the potential volume of demand for dried cassava chips or other products, quality requirements, prices possibly paid by the industries, products to be replaced by cassava, rates of inclusion, potential distribution channels, medium- to long-term perspectives, etc. The check-lists were laid out in a way to allow for the inclusion of additional points where appropriate.

2. Rapid Rural Appraisal

The RRA was carried out in about three weeks during which 13 villages were visited in Mashonaland East (Mutoko and Mudzi Districts), Manicaland (Chipinge District) and Masvingo Province (Gutu and Chivi Districts). These locations were chosen because they had some exposure to cassava in the past and have some potential in the future. Certain Provinces, especially Matabeleland South and North, could not be visited due to time constraints. It is recommended that these Provinces are covered at a later stage.

Instead of concentrating the RRA on a few selected villages, it was agreed to visit more areas with a view to identifying sites where a cassava programme could start in communal areas. Although this meant that some of the typical RRA tools could not be fully applied due to time constraints, given the objectives of the study, this seemed the best way to proceed. It was appropriate to carry out a rather rapid informal survey in more villages instead of spending more (possibly too much) time in a few locations, because of the lack of information about cassava in Zimbabwe.

The RRA team was relatively large: 4-5 team members plus local extension staff, compared with an ideal team size of 2-3. Therefore, at times, the mobility of the team was somewhat limited. Obviously, it is easier to co-ordinate the roles and

interventions of fewer team members, and farmers also find it easier to accommodate a smaller group of researchers. The group discussions with farmers were carried out in the local language *Shona* and therefore the author relied on the translation services of the other team members. Evening sessions after the meetings served to summarize the main findings of the discussions.

The survey concentrated on the following points: farmers' motivations to produce cassava; crops produced at present in the areas considered; and major constraints to agricultural production in general and cassava production in particular. Semi-structured group interviews were the principal tool of information collection used in the RRA. Whereas at the beginning of the survey the contents of the interview check-lists were closely followed, after a few sessions the team had internalised the key questions and the check-lists became unnecessary.

Before being asked to rank reasons that might motivate them to grow cassava, farmers were given the following three options: cassava as food crop, cash crops or animal fodder. Different tools were used in the course of the ranking and scoring exercises: chalk and blackboard, stones, symbols (eg. money representing the cash option) and on several occasions voting. Verbal ranking proved to be easy due to its low time requirements but, on the other hand, it did not always reveal the relative importance given to a certain option. On a few occasions scoring with stones was successfully applied to obtain more detailed information on this matter. However, scoring exercises can become more difficult when group sizes become large (ie. exceeding about 15 members) or when the interviewees feel intimidated by the use of certain tools. In the course of this RRA exercise, the author participated in all the meetings with villagers and key informants, such as local extension staff.

Results

1. Potential Industrial Demand

The stockfeed industry was identified as the largest immediate market for cassava in Zimbabwe. About 20 to 25 years ago, cassava meal was imported from Malawi for inclusion in animal feed. However, supply from this country became erratic leading to imports being stopped. Seasonal demand for beef fattening rations is highest between June and October which is when climatic conditions for sun-drying of fresh roots are best in the country. The stockfeed industry offers about Z$ 500 per ton of dried cassava (US$ 1 = Z$ 6.5, Sept. 1993).

Demand from other industries such as starch manufacturing, flour processing, brewing and fuel production may only arise once a self-sustaining cassava economy producing considerable quantities of raw material is established.

Table 1
Demand for Cassava Products in Zimbabwe

Sector	Quantity and product required	Fresh roots equivalent	Comments
Stockfeed	20,000 tonnes of dried chips or meal in the short-term; 115,000 - 118,000 tonnes of dried chips or meal in the medium- and long-term.	54,000 tons 310,000 - 508,000 tons	There is an immediate demand for dried cassava from the stockfeed manufacturers in Harare, Bulawayo, Gweru and Triangle. Thus, this is the main market to get cassava production underway. Besides the large manufacturers, dried cassava can also be sold to commercial farmers and ranches, as well as to communal livestock schemes. Export potential to Botswana exists but demand levels are not known exactly.
Starch	7,700 tonnes of dried chips from peeled roots.	23,000 tons	Demand is not certain and may only occur medium to long-term. The major manufacturer indicated that they prefer to concentrate on maize based starch for at least the next five years. Dry matter input is preferred.
Flour	500 tonnes of high quality root meal.	2,000 tons	Demand is not certain and may only occur in the long-term. The fact that Zimbabwean food processors and bakers do not have any experience with cassava represents a major obstacle.
Brewing	10,000 tonnes of dried chips from peeled roots.	30,000 tons	Demand is not certain and may only occur in the medium- or long-term. Doubts about toxicity appear to be the main obstacle to the use of cassava in the brewing industry.
Ethanol	240,000 tonnes of fresh roots, or equivalent in dried chips from peeled roots.	240,000 tons	Demand is not certain and may only occur in the long-term once a large-scale Zimbabwean cassava economy is established. In addition, cheaper processing technologies would be required. 240,000 tonnes of cassava could produce about 40 million litres of ethanol corresponding to about 13% of the current petrol consumption.
Summary:	Potential short-term demand (< 5 yrs):		54,000 tons of fresh roots;
	Possible medium-term demand (5-8 yrs):		310,000 - 508,000 tons of fresh roots;
	Possible long-term demand (> 8 yrs):		605,000 - 803,000 tons of fresh roots.

Table summarizes the findings and gives details of size and particulars of each potential market.

The net foreign exchange savings due to the utilisation of 20,000 tons of dry cassava in stockfeed are of the order of US$ 1.5 million per annum.

2. Profitability of growing Cassava

In the course of the RRA exercise in communal areas of Masvingo, Mashonaland East and Manicaland Provinces, very little cassava was seen. Food security and cash were identified as the farmers' main motivations to engage in cassava production. Farmers would like to try out the crop on small plots before embarking on a larger scale production (ie. on more than one acre). Drought resistance and the possibility of growing the crop on marginal soils were considered the main advantages of producing cassava.

The main constraints to agricultural production are, besides low rainfall, lack of funds to purchase inputs and lack of draught power. Fencing is a particular necessity for cassava since the crop requires protection against domestic and wild animals during the dry season when it would be the only green vegetation present.

Lack of land is a constraint in-so-far as communal farmers on average only have about 3 to 4 hectares of arable land. This leaves farmers with little room to experiment and try out the new crop during the early stages of a project. Medium to long-term, the uptake of cassava will depend a lot on what the yields are and how constraints such as fencing can be solved. Labour may be less of a problem, in particular if the main cassava related activities such as harvesting and processing can be carried out during the dry season when the agricultural work-load is reduced.

Partial crop budget calculations show that cassava can compete against other cash crops in communal lands. Cotton, which is the main competing crop, is more profitable on a net income per season basis but less if income per labour day is used as an indicator. Other cash crops (mainly groundnuts and sunflowers) and the subsistence crops maize and small grains are less profitable using both indicators.

The cassava budget calculations outlined in Table 2 for Masvingo Province, Natural Region IV, are based on the following main assumptions:

- Due to low and unreliable rainfall patterns, rainfed cassava must be looked upon as a biennial crop in communal lands of Zimbabwe.
- Potential average yield: 15 tons of fresh roots per hectare after 18 months of growth (pers. comm. Marcio Porto, CIAT/IITA).
- Price: Z$ 500 per ton of dried cassava chips.

Results for Natural Regions III and V of Masvingo Province are similar, with cotton remaining the main competitor for cassava. Masvingo Province was chosen

Table 2
Masvingo Province, Natural Region IV Estimated Crop Budgets (for 1 hectare)

	Units	Crops					
		Cassava*	Maize	Small Grains	Cotton	Shelled*** Groundnuts	Sunflower
Income							
Yield	t / ha	15.00	0.50	0.50	0.65	0.50	0.50
Price	Z$ / t	185	900	600	2,900	1,800	1,400
Gross income	Z$	2,775	450	300	1,885	900	700
Production costs							
Fencing**	Z$	456					
Soil preparation (hired animal draught power)	Z$	75	75	75	75	75	75
Small tools	Z$	20	20	20	20	20	20
Seeds	Z$	0	82	30	58	90	43
Fertilizer	Z$	0	154	0	154	88	61
Chemicals	Z$	0	20	0	500	0	0
Transport of inputs ($3 / bag)	Z$	0	9	0	9	6	3
Transport of fresh roots ($10/ton	Z$	150					
Chipping and drying, fixed costs	Z$	124					
Chipping and drying, variable costs	Z$	125					
Packing of produce	Z$	30	4	4	10	6	4
Transport of output ($2-4/bag)	Z$	222	20	20	30	20	20
Seasonal interest on variable costs (10% real)	Z$	62	38	15	86	31	23
Contingency allowance (5%)	Z$	63	21	8	47	17	12
Total:	Z$	1,327	443	172	989	352	261
Net income****	Z$	1,448	7	128	896	548	439
Cropping seasons	Seasons	2	1	1	1	1	1
Net income/season	Z$/season	724	7	128	896	548	439
Labour requirements	Man-days	138	78	87	131	147	110
Net income/labour day	Z$/day	10,49	0,09	1,47	6,84	3,73	3,99

Explanations:
* The price of cassava corresponds to Z$500 per ton of dried chips converted into fresh root equivalent by using a conversion factor of 2.7 (2.7 tons of fresh roots 9 1 ton of dried chips).
** Fencing costs are annualised.
*** It is assumed that farmers will use their own groundnut seeds, for which an opportunity cost is put.
****The term "Gross Margin" was not used because part of the cassava production and processing costs are fixed costs.

for the comparative calculation of crop budgets because of the location of Triangle Ltd and the company's commitment as potential buyer of dried cassava chips. In addition, Triangle Ltd also offered to facilitate transport of dried cassava.

To obtain the yields indicated it is essential that good (drought resistant and, as far as possible, high yielding) varieties and the recommended agricultural practices are used. It is important to base the crop's expansion on low cyanogenic potential varieties since it might serve both as a food security and cash crop.

A sensitivity analysis shows that cassava may not be competitive as a cash crop if dried root prices were of the order of Z$ 400 or if average yields dropped below 12 tons per hectare. Nevertheless, aside from the cash crop option, farmers also showed interest in growing cassava as a food security crop. However, only on-farm trials will lead to a better understanding of whether or not surplus production in the form of dried chips will be sold to feed millers.

Production of cassava based animal fodder by communal farmers is another option to be considered. Small-scale dairy schemes administered by ARDA (Agricultural and Rural Development Authority) and cassava growers in Binga have been identified as possible producers and users of cassava based stockfeed.

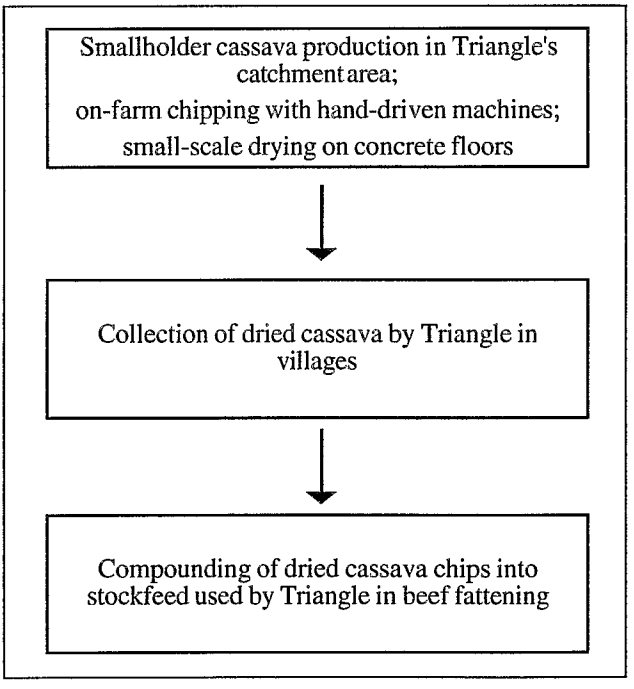


Figure 1
Short-term cassava marketing strategy

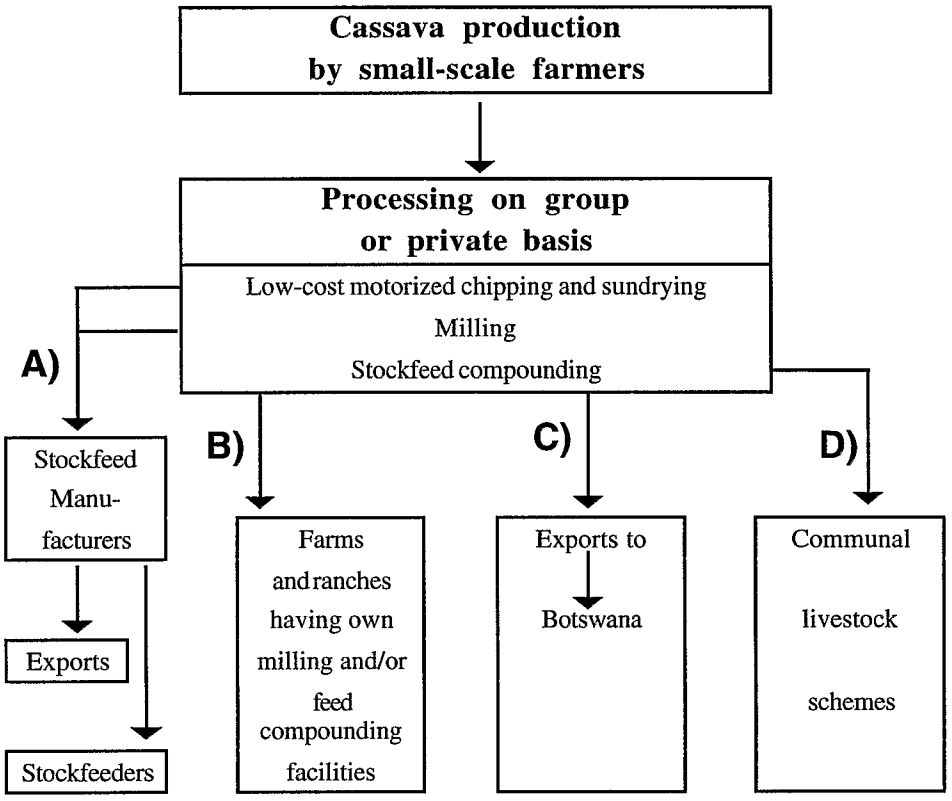


Figure 2
Possible medium- to long-term cassava marketing strategy

Note:
A): Demand is certain, however supply depends on factors such as yields and prices paid by feed millers.
B): Demand will only develop if ranchers and farmers see the benefit of cassava based feed-stuffs.
C): Export potential exists, but crop has to be well established before this option can be envisaged.
D): There is an immediate potential demand for cassava in communal dairy schemes, however only trials can show to what extent the crop can replace other feed-stuffs.

3. Processing technologies

The following two options for mechanised cassava processing have been identified:

- on-farm chipping with manually operated machines and sun-drying on small concrete drying floors;
- small-scale entrepreneurs running processing units at village level including motorized chippers, 500 m² drying floors, and, if required, feed mixing facilities.

The cost calculations show that processing by motorized chippers would only be more profitable than hand-driven machines if at least 250 tons of fresh cassava were available per processing unit per annum. It is unlikely that villages in communal areas will produce such an amount of roots within the next three years owing to, among other things, lack of planting material.

Over the next three to four years, manually-operated chippers which are shared by 5 to 10 farmers are the most appropriate technology where cassava is produced for cash. Chipping the roots with hand-knives appears to be suitable where farmers will only produce small quantities of cassava for on-farm consumption.

Conclusion

Cassava has the potential for increasing diversification in Zimbabwean agriculture. The crop has two major advantages. Firstly, it can be used as a food security crop due to its drought resistance and ability to grow on marginal soils. Secondly, there is industrial demand for dried cassava chips (principally from the stockfeed sector), which is a prerequisite for accelerated expansion of the crop on a larger scale.

Cassava can compete against other crops from the farmer's viewpoint provided the recommended cultural practices and drought resistant genotypes are used. Since cassava might serve a dual purpose in Zimbabwe (ie. food security and cash crop) - it is recommended that the crop's expansion be based on low cyanogenic potential varieties.

As far as processing is concerned, it appears more appropriate to use manually driven chippers during the first few years because of the low levels of production. Motorized chipping can only be of interest once a self sustaining larger scale Zimbabwean cassava production is established. Then, other options based on various outlets in the stockfeed sector, and perhaps other industries as well, could be envisaged.

The combination of a marketing study and a Rapid Rural Appraisal provides a valuable means of assessing the feasibility of introducing or expanding production and processing of crops. The approach used might well be applicable in other countries in Southern Africa.

Acknowledgements

The author wishes to thank all those on whom he called for advice and information. Special thanks are due to Dr Peter de Groot, Project Officer, Commonwealth Science Council, for making the study possible, and Mr Dzarira Kwenda, Cassava Project Manager, Biomass Users Network, for technical advice and arranging the survey programme. Further, the author is grateful to Ms Ann Gordon and Dr Andrew Westby, both Natural Resources Institute, for professional advice.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbé, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Modifications des procédés traditionnels de transformation du manioc et risque d'exposition au cyanure au Zaïre

Short-cuts in traditional cassava processing practices and risks of cyanide exposure in Zaïre.

M. BANEA *, N.H. POULTER **, H. ROSLING ***

** Centre National de Planification de Nutrition Humaine, Kinshasa (Zaïre)*
*** Natural Resources Institute, Chatham (Angleterre)*
**** International Child Health Unit, Uppsala University, Uppsala (Suède)*

– Résumé –

Le « konzo » est une nouvelle maladie nutritionnelle signalée dans plusieurs milieux ruraux en Afrique. Il a été attribué à une exposition au cyanure résultant d'une alimentation monotone à base de manioc amer insuffisamment traité.

Pour étudier les déterminants de l'exposition au cyanure liés à la consommation de produits dérivés du manioc, une étude des procédés de transformation des racines de manioc a été conduite dans deux régions rurales du Zaïre ayant des caractéristiques similaires : le Bandundu, région affectée par le « konzo » et le bas Zaïre, région indemne de cette maladie.

En utilisant une combinaison de méthodes épidémiologiques, anthropologiques et chimiques, cette étude confirme le rôle étiologique de l'exposition au cyanure dans l'apparition du « konzo ». Les interrogatoires structurés, les observations participatives et les entretiens focalisés de groupe ont mis en évidence une réduction de la durée de rouissage des racines de quatre nuits à une nuit par les paysannes du Bandundu pressées de vendre leur manioc aux commerçants venus de Kinshasa. En revanche, dans le bas Zaïre, une durée d'au moins quatre nuits s'est révélée être l'un des critères permettant d'apprécier que le rouissage de racines de manioc amer est suffisant. L'analyse des échantillons de différents types de farines prélevées au cours d'une étude expérimentale des techniques de rouissage écourtées dans le Bandundu a permis de constater dans ces farines la persistance de glucosides cyanogénétiques, de cyanhydrines et d'acide cyanhydrique. Les teneurs en ces composés cyanés varient en fonction de la durée de rouissage et des étapes ultérieures de la transformation comme le pilage et, surtout, le séchage.

Les résultats montrent que la diminution de la durée de rouissage est une pratique inhabituelle qui est à l'origine d'un risque d'exposition au cyanure pour la population consommant du manioc dans le Bandundu.

– Abstract –

Konzo is a new nutritional disease reported in several rural areas of Africa. It has been attributed to cyanide exposure resulting from monotonous feeding on insufficiently processed « bitter » cassava.

In order to study the factors associated with cyanide exposure, cassava processing was investigated in two rural areas with similar characteristics in Zaire (Bandundu, Konzo affected area and Bas-Zaire, Konzo free area). Using a combination of epidemiological, anthropological and chemical methods, this study corroborates the etiology of konzo being the exposure to cyanide. Structured interviews, observations and focal group discussions revealed that the duration of cassava fermentation was decreased from four to one night by village women in Bandundu who wanted to sell early their processed cassava to traders from Kinshasa. In Bas-Zaire, however, a duration of at least four nights was found to be one of the traditional criteria for assessing sufficiently fermented « bitter » cassava. Chemical analysis of different flour samples collected during an experimental study of short-cut fermentation methods in Bandundu showed that the flours had variable residual levels of cyanogenic glucosides, cyanohydrins and hydrogen cyanide. This depended on the duration of fermentation and the processing stages that followed (pounding and drying).

The results show that the decrease in the duration of fermentation in Bandundu is an inhabitual practice and constitutes a risk to cyanide exposure for the cassava consuming population. This risk can be reduced by promoting a fermentation period of at least three nights. However, even in the case of short-cut fermentation, sufficient drying can reduce the presence of dangerous cyanogenic substances in cassava.

Introduction

Le manioc est surtout cultivé pour ses racines riches en amidon qui sont l'aliment de base dans de nombreux pays au sud du Sahara et pour ses feuilles qui constituent un supplément important en nutriments pour les populations qui en consomment (FAO, 1989). Les variétés amères de manioc, cultivées pour leur haut rendement, peuvent contenir des quantités considérables du glucosides cyanogénétiques, linamarine et lotaustraline (Conn, 1969), qui doivent être éliminées avant consommation par des procédés technologiques efficaces. Lors du traitement, la structure cellulaire des tissus constitutifs des racines est détruite, facilitant l'hydrolyse enzymatique des glucosides en cyanhydrines qui se dissocient rapidement en acide cyanhydrique lorsque le pH est voisin de 6 (Cook et De La Cruz, 1982).

Dans le Bandundu au Zaïre, le manioc amer qui est l'aliment de base quasi exclusif subit un traitement de rouissage, reconnu comme un moyen efficace de détoxication (Bourdoux *et al.*, 1982). Un rouissage écourté qui se traduit par une exposition au cyanure des consommateurs fut impliqué dans l'apparition du « konzo », une maladie courante dans la partie centrale et sud du Bandundu (Tylleskär *et al.*, 1991). Le « konzo » est une maladie des neurones moteurs supérieurs qui se déclenche de manière brusque et cause une paralysie spastique permanente des deux jambes. La maladie a été observée sous forme épidémique en saison sèche parmi les enfants et les femmes au Mozambique (Ministry of Health Mozambique, 1984 ; Essers *et al.*, 1992) et en Tanzanie (Howlett *et al.*, 1990 ; Mlingi *et al.*, 1991). Le nom « konzo » est une désignation locale de la maladie par les premières populations affectées (Trolli, 1938). Une étude épidémiologique dans la partie centrale du Bandundu a révélé une association entre le « konzo » et l'usage fréquent de rouissages écourtés à partir de 1975, lorsque le manioc devint soudainement une culture de rente après la construction de la route asphaltée entre Bandundu et Kinshasa (Tylleskär *et al.*, 1991). A l'inverse, le raccourcissement du rouissage et des cas de « konzo » n'ont pas été mentionnés dans le bas Zaïre, une autre région approvisionnant depuis longtemps Kinshasa en manioc. Des informations détaillées sur la durée des traitements appliqués au manioc sont difficiles à obtenir par des méthodes conventionnelles d'enquêtes dans la mesure où cette pratique, conséquence de la pénurie alimentaire et de la pauvreté est considérée comme tabou. C'est pourquoi nous avons décidé d'employer des méthodes qualitatives.

Le but de cette étude était d'identifier les modifications des procédés technologiques utilisés pour la transformation du manioc survenues sur les sites affectés par le « konzo » dans le Bandundu et sur les sites non-affectés dans le bas Zaïre et de mesurer les teneurs en composés cyanés des différentes farines obtenues à partir de ces procédés.

Aire d'étude et méthodes

Les régions du Bandundu et du bas Zaïre sont les deux principales zones d'approvisionnement de Kinshasa en manioc et autres denrées alimentaires (Mwamba *et al.*, 1989 ; Fresco, 1986). Les études sur la transformation du manioc ont été conduites à la fin de la saison sèche en septembre 1989. Dans les deux régions, des femmes ont été prises au hasard pour des interrogatoires individuels, des discussions focalisées en groupe (Scrimshaw et Hurtado, 1987), des entretiens non structurés et des observations participatives sur la récolte, la transformation et la consommation du manioc.

De plus, pour le Bandundu, une expérimentation sur la transformation du manioc a été menée dans le village affecté de Lumbi en septembre 1990. Deux femmes furent choisies pour transformer les racines de manioc par trois procédés écourtés différents identifiés dans le village. Les 15 échantillons de farine obtenus ont été directement collectés dans des doubles sachets de polyéthylène, congelés à −10°C jusqu'au moment de la détermination des teneurs en glucosides cyanogénétiques, en cyanhydrines et en acide cyanhydrique selon la méthode enzymatique décrite par O'Brien *et al.* (1991).

Résultats

1. Procédés de transformation

Les principales étapes de la transformation du manioc en différents produits finis sont présentées sur la figure 1. Des différences entre les deux régions s'observent au niveau du nombre, des séquences et de la longueur des étapes qui sont plus longues au bas Zaïre qu'au Bandundu.

Tableau 1

Durées indiquées par les femmes interrogées pour le rouissage des racines de manioc selon qu'elles sont destinées à la vente ou à l'autoconsommation.

	Bandundu (n = 50)		**Bas-Zaïre (n = 20)**	
	Vente	Auto-consommation	Vente	Auto consommation
1 nuit	8	0	0	0
2 nuits	42	3	0	0
3 nuits	0	47	0	0
4 nuits	0	0	20	20

Tableau 2
Critères d'appréciation de la fin de rouissage selon les femmes interrogées (% de femmes déclarant prendre en compte le critère considéré)

Critères	Bandundu (n =50)	Bas-Zaïre (n =20)
1. Flottement des racines	90 %	65 %
2. Apparition de bulles	50 %	60 %
3. Ramollissement des racines	26 %	15 %
4. Durée du rouissage	0 %	96 %

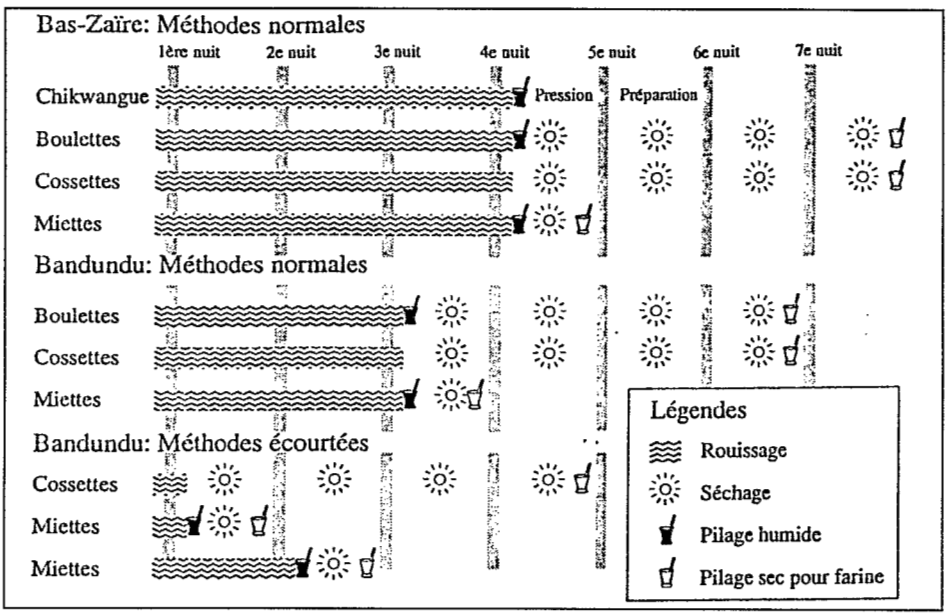


Figure 1
Séquence et durée des principales étapes de la transformation du manioc

Dans le Bandundu, les rouissages différaient en plus selon que les produits dérivés du manioc étaient destinés à la consommation domestique ou à la vente (tableau 1), ce qui n'était pas le cas au bas Zaïre où l'on considérait une durée d'au moins 4 nuits comme l'une des conditions de réalisation d'un rouissage suffisant (tableau 2).

2. Teneur des farines en composés cyanés

Le tableau 3 donne les teneurs en composés cyanés de farines obtenues en utilisant les 3 procédés écourtés différents dans le Bandundu. La teneur en

glucosides cyanogénétiques est plus basse dans les cossettes et les miettes ayant subi un rouissage de 24 h que dans les miettes ayant subi un rouissage de 2 jours ; c'est dans les farines obtenues a partir de cossettes ayant subi un rouissage de 24 h que l'on retrouve les plus fortes teneurs en cyanhydrines.

Tableau 3

pH, humidité et teneurs en différents composés cyanés résiduels dans les farines selon les durées de rouissage et de séchage et la forme de séchage (miettes ou cossettes).

	Cossettes	**Miettes**	
Durée de rouissage	24 h	24 h	45 h
Durée de séchage	60 h	5 h	8 h
Humidité (%)	16,6 ± 1,2	41,0 ± 0,15	44,1 ± 2,5
pH	4,54 ± 0,15	4,69 ± 0,11	4,96 ± 0,13
Composés cyanés (mg/kgMS)			
Glucosides	11 ± 15	1 ± 2	179 ± 43
Cyanhydrines	95 ± 33	19 ± 19	3 ± 1
Acide cyanhydrique	9 ± 3	5 ± 2	3 ± 1
Total	115 ± 40	25 ± 21	185 ± 43

Moyennes ± ET de 15 déterminations sur des échantillons pris au hasard.

Discussion

Cette étude confirme des observations antérieures montrant l'importance qu'il y a à mieux connaître les technologies post-récolte appliquées au manioc en Afrique. Chaque population utilise différents procédés de transformation dont le choix dépend de la variété de manioc et de l'utilisation du produit fini (Hahn, 1989). Les procédés de transformation peuvent rendre sans danger pour la consommation des produits dérivés de racines mêmes si celles-ci appartiennent à des variétés toxiques (Bourdoux *et al.*, 1982). Des méthodes différentes sont souvent utilisées dans des contrées voisines au sein d'un même pays (Lancaster *et al.*, 1982) et le raccourcissement de la durée de certaines étapes a plus d'influence sur les risques d'exposition aux cyanures que la nature elle-même des procédés lorsqu'ils sont appliqués de manière normale (Ministry of Health, Mozambique, 1984).

Nos résultats confirment en outre le rôle causal dans la manifestation du « konzo » des traitements écourtés du manioc, qui sont responsables de teneurs résiduelles en composés cyanés très élevées dans les farines et, par conséquence,

d'une exposition importante des consommateurs aux cyanures (Tylleskär *et al.*, 1991 ; Mlingi *et al.*, 1991). Obtenir de l'information sur ces procédés écourtés était difficile, car les femmes connaissaient les risques liées à ces méthodes et considèrent ces pratiques comme un tabou. C'est là une des raisons possibles pour lesquelles une étude antérieure dans le Bandundu n'avait pas permis d'identifier une quelconque relation entre le « konzo » et la consommation de manioc insuffisamment traité (Carton *et al.*, 1986). La raison du raccourcissement de la transformation du manioc dans les villages affectés par le « konzo » est la vente intensive de manioc, lequel est produit et traité exclusivement par les femmes des ménages très pauvres. Les racines sont immergées pendant une plus courte période dans la mesure où les femmes souhaitent gagner de l'argent en vendant le plus de manioc possible pendant la saison sèche, seule période où les commerçants peuvent facilement arriver dans les villages.

En dépit d'intenses investigations, ce raccourcissement de certaines étapes de la transformation n'a pas été retrouvé dans la région du bas Zaïre. Cette observation est à rapprocher de la qualité et du prix plus élevé des cossettes en provenance du bas Zaïre sur les marchés de Kinshasa (Goossens *et al.*, 1988). Une meilleure intégration dans le marché conséquence d'un accès à de meilleures infrastructures, une production agricole plus diversifiée et une pauvreté moins sévère pourraient expliquer que les durées traditionnelles de rouissage (4 nuits) continuent à être respectées dans cette région. Un autre facteur explicatif est que l'aliment de base dans cette région est la chikwangue, un produit pâteux cuit à l'étouffée qui ne peut être préparé qu'à partir de racines suffisamment ramollies.

Les observations participatives ont révélé que notre étude antérieure avait sous-estimé l'usage des miettes dans les villages du Bandundu affectés par le « konzo » (Tylleskär *et al.*, 1991). La raison probable en est que, même traditionnellement, les racines ne sont émiettées que lorsque les ménages ont un besoin urgent d'aliments. Les observations ont également révélé qu'en plus de la diminution de la durée de rouissage, le raccourcissement des procédés se manifestait également par le fait que le pilage des cossettes et des miettes était réalisé avant qu'elles ne soient complètement sèches. Cette étude fait en outre ressortir que la collecte d'informations valables sur les procédés de transformation du manioc dans des communautés ayant des problèmes de sécurité alimentaire nécessite l'emploi combiné de méthodes qualitatives et quantitatives.

L'hypothèse de notre expérimentation était que les durées de rouissage ou de séchage seraient inversement corrélées avec les teneurs résiduelles en différents composés cyanés dans les farines. Notre expérimentation a montré que le niveau de risque d'exposition au cyanure ne peut toutefois pas être évalué à partir de la nature du procédé utilisé pour traiter le manioc. Contre toute attente, il a été trouvé

dans les farines préparées à partir de miettes provenant de racines ayant roui qu'une seule nuit des teneurs en composés cyanés voisines de celles que la FAO et l'OMS considèrent correspondre au niveau de sécurité (10 mg d'équivalent HCN par kg de matière sèche) (*Codex alimentarius* commission, 1988), alors que des produits rouis et séchés pendant plus longtemps renfermaient des teneurs beaucoup plus élevées. Ces résultats peuvent s'expliquer par des différences entre les facteurs qui contrôlent la dégradation des glucosides et des cyanhydrines.

L'effet du pilage et de la vitesse de séchage était différent sur les racines élastiques obtenues après une nuit de rouissage et les racines davantage ramollies obtenues après deux nuits. La dégradation des glucosides dépend de la désintégration tissulaire induite par la fermentation et qui permet ma mise en contact des glucosides et des enzymes ; néanmoins, les teneurs en glucosides demeurent encore élevées pendant les deux premiers jours de rouissage. Le pilage des racines humides accélère considérablement la dégradation des glucosides, mais lorsque la pulpe pliée sèche, la dégradation paraît s'arrêter à partir d'un certain niveau critique d'humidité. Ce niveau a été rapidement atteint lors du séchage des fines miettes obtenues à partir des racines ramollies par deux nuits de rouissage. La farine qui en a résulté avait donc non seulement une faible humidité mais aussi une teneur élevée en glucosides cyanogénétiques.

A l'inverse, la farine produite à partir de miettes provenant de racines ayant roui une seule nuit avait une humidité presque trois fois plus élevée et une teneur en glucosides beaucoup plus faible. Ceci peut s'expliquer par l'effet combiné de la désintégration cellulaire lors du pilage du manioc encore humide et d'un durée suffisante de séchage permettant la dégradation des glucosides dans la mesure où ces miettes ont été séchées lentement et incomplètement. A la fin de la journée, les femmes éprouvaient des difficultés pour piler et tamiser ces miettes ; sans doute que la dégradation des glucosides se poursuivait pendant ces différentes étapes.

Les taux bas des glucosides dans la farine préparée à partir de cossettes peuvent s'expliquer par la poursuite de la désintégration cellulaire et de la dégradation des glucosides pendant les quatre jours de séchage, puisque l'humidité n'est jamais tombée très bas dans ces grosses racines.

La dégradation des cyanhydrines est spontanée et rapide à un pH au-delà de 7 alors qu'elle est très lente à bas pH (Fomunyam *et al.*, 1985). Néanmoins, malgré le bas pH qui résulte de la fermentation lactique, nos résultats montrent que les cyanhydrines semblent se dégrader lorsque l'humidité décroît jusqu'à un certain niveau critique à partir duquel il est probable que les ions H^+ ne peuvent plus exercer leur effet stabilisateur sur la molécule.

Les teneurs en cyanhydrines les plus faibles ont donc été mesurées dans la farine à bas taux d'humidité issue des miettes provenant de racines rouies pendant

deux jours ; les plus élevées ont été trouvées dans les farines obtenues à partir de cossettes lesquelles avaient un pH bas et, en dépit d'un séchage prolongé, une humidité très élevée. On peut donc conclure que les cyanhydrines dans les cossettes issues de racines ayant subi un rouissage écourté se dissipent pendant le stockage quand le niveau d'humidité diminue (Fomunyam *et al.*, 1985). Ceci peut expliquer pourquoi aucun effet toxique n'a été mentionné parmi les consommateurs urbains.

Enfin, les teneurs en acide cyanhydrique étaient faibles dans toutes les farines. Cette substance se volatilise pendant la cuisson, tandis que les glucosides et les cyanhydrines restent présentes dans les produits pâteux.

Comme cela a été démontré chez les animaux (Tylleskär *et al.*, 1992), les cyanhydrines libèrent rapidement de l'acide cyanhydrique dans le milieu alcalin du petit intestin (Cook et De La Cruz, 1982 ; Fomunyam *et al.*, 1985), tandis que les glucosides cyanogénétiques se dégradent seulement si les glucosidases appropriées sont produites par la flore intestinale.

Conclusion

En conclusion, plusieurs méthodes de traitement peuvent rendre le manioc sans danger pour la consommation en le débarrassant des glucosides, des cyanhydrines et de l'acide cyanhydrique. Il est possible de prévoir l'exposition au cyanure dans le cas de l'utilisation de procédés technologiques écourtés. Cette exposition peut également se produire lorsque l'on utilise des variétés considérées à faible taux de cyanure (définies comme ayant moins de 150 mg HCN par kilo de matière sèche à la récolte) (Barrett *et al.*, 1977). La plus grande partie de ces composés cyanés doivent être éliminés au cours de la transformation de façon à ramener les produits à un niveau inférieur à 10 mg par kilogramme considéré comme sans danger pour la consommation (*Codex alimentarius* commission, 1988).

La connaissance des mécanismes chimiques impliqués permet d'estimer le risque d'exposition au cyanure lié à la consommation des produits dérivés du manioc à partir d'une description soigneuse des procédés technologiques utilisés et de formuler des conseils pour prévenir des effets toxiques. Dans des milieux tel que le Bandundu, le message d'éducation nutritionnelle pourrait être aussi simple que « faites comme votre grand-mère faisait ». Dans des milieux où les variétés amères de manioc ne sont connues que depuis peu de temps par la population, l'action préventive nécessaire pourrait être beaucoup plus complexe (Essers *et al.*, 1992).

Remerciements

Cette étude a été supportée par l'IPIICS, (International programme in the chemical science) de l'université d'Uppsala en Suède et par le ministère de la Santé du Zaïre. Nous remercions les Sœurs passionistes et le personnel des institutions impliquées pour leur collaboration.

Références

BARRETT (M.D.), HILL (D.C.), ALEXANDER (J.C.), ZITNAK (A.), 1977 - Fate of orally dosed linamarin in the rat. *Can. J. Physiol. Pharmac.*, 55 : 134-136.

BOURDOUX (P.), SEGHERS (P.), MAFUTA (M.) *et al.*, 1982 - « Cassava Products : HCN content and detoxification processes ». *In* Delange (F.), Iteke (F.), Ermans (A.), éd. : *Nutritional factors involved in the goitrogenic action of cassava.* Ottawa. Int. Development Research Center.

CARTON (H.), KAYEMBE (K.), KABEYA, ODIO, BILLAU (A.) and MAERTENS (K.), 1986 - Epidemic spastic paraparesis in Bandundu (Zaire). *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry,* 49 : 620-627.

Codex alimentarius commission, 1988 - *Report of the eighth session of the codex coordinating committee for Africa.* FAO/WHO, Cairo, Egypt.

CONN (E.E.), 1969 - Cyanogenic glycosides. *J. Agr. Food Chem.*, 17 : 519-526.

COOK (R.D.), DE LA CRUZ (E.M.), 1982 - An evaluation of enzymatic and autolytic assays for cyanide in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Agr. Food Chem.*, 33 : 1001-1009.

ESSERS (A.), ALSEN (P.), ROSLING (H.), 1992 - Insufficient processing of cassava induced acute intoxication and the paralytic disease konzo in a rural area of Mozambique. *J. Food Ecol. Nut.*, 27 : 17-27.

FAO, 1989 - *Utilization of tropical foods : roots and tubers. Food and Agricultural Organization*, Rome, Italy.

FOMUNYAM (R.T.), ADEGBOLA (A.A.), OKE (O.L.), 1985 - The stability of cyanohydrins. *Food Chemistry,* 17 : 221-225.

FRESCO (L.O.), 1986 - *Cassava in shifting cultivation. A systems approach to agricultural technology development in Africa.* Amsterdam. Royal Tropical Institute.

GOOSSENS (F.), MWAMBA (L.), CASTERMANS (A.), MINTEN (B.), 1988 - « Une comparaison des niveaux de prix des produits vivriers sur les principaux marchés de Kinshasa ». *Projet « Commercialisation des produits agricoles »*, volume 5. Direction des marchés, prix et crédits de campagne, département de l'agriculture, Kinshasa/Leuven.

HAHN (S.K.), 1989 - An overview of African traditional cassava processing and utilization. *Outlook on Agriculture,* 18 : 110-118.

HOWLETT (W.P.), BRUBAKER (G.R.), MLINGI (N.), ROSLING (H.), 1990 - Konzo, an epidemic upper motor neuron disease studied in Tanzania. *Brain,* 113 : 223-235.

LANCASTER (P.A.), INGRAM (J.S.), LIM (M.Y.), COURSEY (D.G.), 1982 - Traditional cassava based foods : Survey of processing techniques. *Econ. Bot.,* 36 : 12-45.

MAJAK (W.), MCDIARMID (R.E.), HALL (J.W.), CHENG (K.J.), 1990 - Factors that determine rates of cyanogenesis in bovine ruminal fluid in vitro. *J. Anim. Sci.,* 68 : 1648-1655.

Ministry of Health, Mozambique, 1984 - Mantakassa : an epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area in Mozambique. 1. Epidemiology, clinical and laboratory findings in patients. *Bull, WHO,* 62 : 477-484.

Ministry of Health, Mozambique, 1984 - Mantakassa : an epidemic of spastic paraparesis associated with chronic cyanide intoxication in a cassava staple area in Mozambique. 2. Nutritional factors and hydrocyanic content of cassava products. *Bull, WHO,* 62 : 485-492.

MINTEN (B.), GOOSSENS (F.), NTUMBA (N.), NDONTONI (B.), 1990 - « Aspects généraux de l'agriculture dans la région du bas Zaïre ». *Projet « Commercialisation des produits agricoles »*, volume 15. Direction des marchés, prix et crédits de campagne, département de l'agriculture, Kinshasa/Leuven.

MLINGI (N.), KIMATTA (S.), ROSLING (H.), 1991 - Konzo, a paralytic disease observed in southern Tanzania. *Trop. Doc.,* 21 : 24-25.

MWAMBA (L.), GOOSSENS (F.), MINTEN (B.), NTUMBA (N.), 1989 - « Analyse des prix des produits vivriers à Kinshasa pendant la période 1961-1989 ». *Projet « Commercialisation des produits agricoles »*, volume 12. Direction des marchés, prix et crédits de campagne, département de l'agriculture, Kinshasa/Leuven.

O'BRIEN (G.M.), TAYLOR (A.J.), POULTER (N.H.), 1991 - An improved enzymatic assay for cyanogenes in fresh and processed cassava. *J. Sci. Food Agric.*, 56 : 277-289.

SCRIMSHAW (S.C.M.), HURTADO (E.), 1987 - « Rapid assessment procedures for nutrition and primary health care : anthropological approaches to improving programme effectiveness ». *Reference series*, volume 11. UCLA Latin American Center, Los Angeles, USA.

TROLLI (G.), 1938 - « Paraplégie spastique épidémique, "Konzo" des indigènes du Kwango. *In* Trolli (G.), éd. : *Résumé des observations réunies, au Kwango, au sujet de deux affections d'origine indéterminée.* Fonds Reine Elisabeth, Bruxelles.

TYLLESKÄR (T.), BANEA (M.), BIKANGI (N.), COOKE (R.D.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1992 - The causal role of cassava cyanogens in konzo, an upper motor neuron disease. *The Lancet*, 33 : 208-211.

TYLLESKÄR (T.), BANEA (M.), BIKANGI (N.), FRESCO (L.), PERSSON (L-Å.), ROSLING (H.), 1991 - Epidemiological evidence from Zaire for a dietary aetiology of konzo, an upper motor neuron disease. *Bull. WHO*, 69 : 581-590.

Note à l'intention de lecteurs

Cet article est un résumé de l'article original anglais intitulé « Shortcuts in cassava processing and risk of dietary cyanide exposure in Zaire », paru dans *Food and Nutrition Bulletin* 14 : 137-143 (1992). Sa traduction et sa publication sont faites avec la permission de l'éditeur.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Consommation et préparations culinaires du manioc à Madagascar

Preparation and consumption of cassava dishes in Madagascar

M. RAJAONARIVONY

Centre national de recherches sur l'environnement (C.N.R.E.), Antananarivo (Madagascar)

- Résumé -

Le manioc, deuxième aliment de base à Madagascar, devient le premier aliment consommé en période de soudure. Il existe plusieurs modes de préparations culinaires, qui varient d'une région à l'autre.

A l'état frais, le manioc peut être cuit avec de la viande de boeuf, des haricots ou de la pâte d'arachide et accompagne généralement le riz au déjeuner. Dans le sud de Madagascar, le manioc frais est déposé au fond d'une rivière pendant quatre à cinq jours, après quoi il est cuit à la vapeur. Alors que dans le Sud-Est, on le fait d'abord sécher au soleil, puis on le transforme en farine à partir de laquelle on prépare le *bononoka* et le *moforavina.* Ceux-ci sont également cuits à la vapeur.

Ces différentes préparations culinaires peuvent être valorisées et améliorées en vue de la fabrication d'aliments de sevrage.

- Abstract -

Cassava, the second staple food in Madagascar, becomes the first during the period before rice harvest. There are several ways of preparing cassava dishes and this varies from one region to another.

Freshly harvested cassava could either be cooked with meat, beans or groundnut paste and it is generally eaten with rice at lunch. In southern Madagascar, fresh cassava roots are left at the bottom of streams for 4 to 5 days, after which they are steam cooked. In the south east, it is first of all sun-dried, pounded into flour and used in preparing *Bononoka* and *Moforavina* after steam cooking.

These different preparations can be improved for weaning food production.

Introduction

Le manioc est la deuxième source énergétique à Madagascar après le riz. En effet, à l'échelon national, le riz est prédominant dans l'alimentation du Malgache. Néanmoins, il existe des variations régionales. Ainsi, dans le sud du pays, le manioc et le maïs entrent pour une part importante dans l'alimentation de base.

La production de manioc pour Madagascar en 1993 est de 2 350 000 tonnes pour 12 000 000 d'habitants et la surface cultivée occupe plus de 342 400 ha.

Plus de 150 variétés sont connues. Elles se divisent en deux groupes : les maniocs doux et les maniocs amers (Razafimahery, 1953). Une mère de famille qui achète du manioc demande toujours au vendeur un morceau qu'elle épluche et qu'elle déguste afin d'être sûre qu'il ne s'agit pas de la variété amère.

Le manioc, disponible toute l'année et dans tout le pays, devient le premier aliment de base pendant la période de soudure pour une large part de la population (paysans et population urbaine défavorisée). Malgré ses inconvénients nutritionnels (présence de glucosides cyanogénétiques par exemple), il est consommé et apprécié par toutes les couches de la population. Les feuilles et les racines sont également consommées.

Les modes de préparations culinaires du manioc à Madagascar reflètent les variétés régionales et les diversités culturelles du pays.

Cet article a pour objet de décrire quelques techniques de préparations culinaires et de détoxication du manioc avant consommation.

Préparations culinaires du manioc

1. Le manioc frais

1.1. Le katikaty

La préparation du *katikaty*, plat typique du sud-est de Madagascar, consiste tout d'abord à éplucher le manioc frais, de préférence la variété douce, et à le découper en très fines rondelles. Auparavant, on fait cuire dans une marmite de la viande de boeuf, en général grasse, ou des haricots rouges. Lorsque la viande ou les haricots sont cuits, on les ôte de la marmite, dans laquelle on verse les rondelles de manioc préalablement lavées et égouttées. On dépose au-dessus la viande ou les haricots. Après cuisson, on mélange bien et on sert.

La viande ou les haricots rouges peuvent être remplacés par une pâte d'arachides grillées. La pâte d'arachide est mélangée au manioc lorsqu'il est cuit.

Ce plat accompagne généralement le riz au repas de midi et est très apprécié des paysans.

1. 2. Le Bononoka

Dans le sud de Madagascar, après la récolte, les racines de manioc sont épluchées et rangées dans une soubique. Celle-ci est ensuite déposée dans un trou creusé au préalable au fond d'une rivière ou d'un ruisseau. On prend soin de tracer un canal sur un côté et un trop-plein sur le côté opposé. Ainsi, l'eau peut circuler librement.

A la suite de cette première étape, qui dure quatre à cinq jours, le manioc est retiré de la soubique. Une fois lavé et égoutté, il est placé dans une marmite, au fond de laquelle on a déposé des branchages, de manière que l'eau de cuisson ne soit pas en contact avec les tubercules. Puis on fait cuire, marmite couverte, en vérifiant de temps en temps la quantité d'eau et en en ajoutant au besoin.

Après évaporation de l'eau de cuisson, lorsque le manioc est cuit, on obtient le *bononoka,* prêt à être consommé. Il faut signaler qu'à l'issue de cette préparation, le manioc est exempt de glucosides cyanogénétiques.

2. Le manioc séché

2.1. Le Bononoka

Dans le sud-est de Madagascar, le *bononoka* est préparé différemment. Le manioc frais est épluché, puis découpé transversalement en fines rondelles. Celles-ci sont séchées au soleil pendant deux ou trois jours suivant le degré d'ensoleillement. Le séchage au soleil entraîne une diminution importante du taux d'acide cyanhydrique contenu dans le manioc.

Le produit ainsi obtenu est le *soanta.* On le pile ensuite au mortier pour le transformer en farine. Cette farine est pilée une deuxième fois avec des bananes très mûres ou de l'eau sucrée, jusqu'à obtention d'une pâte, à partir de laquelle on confectionne à la main des boules de la grosseur du poing, comportant un trou au milieu pour améliorer la diffusion de la chaleur. Les boules sont ensuite déposées avec grand soin dans une marmite au fond de laquelle on a placé de petites branches d'arbre ou de bambou. Puis on verse la quantité d'eau nécessaire sans recouvrir les boules.

Le *Bononoka* est généralement consommé le matin au petit déjeuner ; mais la cuisson se fait le soir après le dîner, avant le coucher.

2.2. Le Moforavina

La préparation de la pâte est la même que celle du bononoka préparé dans le sud-est de Madagascar. La pâte est divisée en parts de 100 à 150 g. On donne à chaque part une forme aplatie de 10 cm de long sur 5 cm de large et 1 cm d'épaisseur environ. Elles sont ensuite enveloppées dans des feuilles de *ravinala* ou «arbre des voyageurs» (*Ravinala madagascariensis*), ou bien encore dans des feuilles de *longoza* (*Aframomum angustifolium*).

Le *moforavina* est cuit de la même manière que le *bononoka* et se consomme de la même façon.

2.3. Le Kadaky

Le soanta produit lors de la préparation du *bononoka* sert aussi à la préparation du *kadaky*. Celle-ci consiste à faire cuire dans une même marmite le soanta et la viande de boeuf. Le temps de cuisson, plus long, est de trois ou quatre heures environ.

La viande peut être remplacée par des haricots rouges ou une pâte d'arachides grillées. Le *kadaky* est consommé dans les mêmes conditions que le *katikaty*.

Conclusion

Jusqu'à présent, les recherches sur le manioc développées à Madagascar se sont surtout orientées vers l'agronomie : recherches sur l'augmentation de la production, sur de nouvelles variétés exemptes de glucosides cyanogénétiques, ou résistantes aux virus.

Malgré des pratiques culinaires très variées et des recherches continues sur l'amélioration de la culture du manioc, pénurie alimentaire et malnutrition existent toujours à Madagascar. L'application de la politique d'ajustement structurel prônée par la Banque mondiale et le F.M.I. aggrave encore la situation, car les aliments riches en protéines sont de moins en moins accessibles à la population, de même que les produits importés.

Or, le manioc est un aliment énergétique ; sa complémentarité avec la viande, les crevettes, les haricots ou l'arachide, déjà mise à profit par les paysans, améliore la teneur de la ration en protéines.

Cette richesse du pays en préparations culinaires et la disponibilité du manioc toute l'année pourraient être exploitées, afin d'améliorer, voire augmenter, la biodisponibilité en énergie et en nutriments essentiels, en favorisant les recherches sur les transformations technologiques du manioc. La fabrication d'aliments de sevrage à base de manioc pourrait en particulier être envisagée.

Bibliographie

RAZAFIMAHERY (R.), 1953 - *Glucosides cyanogénétiques pois du cap, manioc et Bononoka.* Extrait du bulletin de l'Académie malgache, t. XXX, 1 (Tananarive - Imprimerie officielle 1954).

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Traditional cassava processing in Uganda

Procédé traditionnel de transformation du manioc en Ouganda

M. A. AMENY

Currently at: Department of Food Science, Agricultural Center, Louisiana State University (USA)
Formerly of: Makerere University, Department of Food Science and Technology, Kampala (Uganda)

- Abstract -

Cassava is a very important food to the low income group of people in Uganda. A study was therefore carried out in four districts of Uganda to study how cassava-based foods are traditionally prepared. The report includes the production level of cassava and the population that depends on it.

The traditional methods of processing cassava were found to be boiling, baking, frying, sundrying, and either hand grinding or milling. Cassava was also found to be prepared mixed with broad beans, peas and sometimes with meat. Composite flour was also found to be produced; this usually consisted of cassava flour mixed with either millet, sorghum or maize (corn).

Cyanide and nutrient values of the cassava products were determined. Cyanide ranged from 20.1 to 94.5 mg/kg, crude protein from 1.04 to 4.38 g/100 g, and soluble carbohydrates from 0.4 to 2.68 g/100 g. The main method of processing cassava is boiling. However, composite flour consumption is also significant and is the major method of cassava preservation.

- Résumé -

Le manioc est un aliment très important pour les groupes de population ayant un bas revenu en Ouganda. Une étude a donc été réalisée dans 4 districts de l'Ouganda pour décrire les méthodes traditionnelles de préparation des aliments à base de manioc. Cet article indique également le niveau de production du manioc et le nombre de personnes qui en dépend.

Les méthodes de transformation traditionnelles utilisées sont différents types de cuisson (dans l'eau bouillante, au four, dans l'huile), le séchage au soleil et la mouture par écrasement à la main ou dans un moulin. Des modes de préparation consistant à mélanger du manioc avec des haricots communs, des pois et quelquefois de la viande ont également été observés. Des farines composées sont également préparées : il s'agit de mélange de farine de manioc et de farines de mil, de sorgho ou de maïs.

Les teneurs en composés cyanés et en nutriments des produits dérivés du manioc ont été déterminées. Les teneurs en composées cyanés varient entre 20,1 et 94,5 mg/kg, celles en protéines entre 1,04 et 4,38 g/100 g et celles en sucres solubles entre 0,4 et 2,68 g/100 g.

La principale méthode de préparation du manioc consiste à faire bouillir les racines dans de l'eau, toutefois la consommation de farines composées est aussi importante et leur préparation constitue la méthode la plus employée pour conserver le manioc.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) goes under different names in Uganda. It is called *muwogo* around Lake Victoria, and *mogo*, *gwana* and *gbanda* in Lira, Gulu and Moyo Districts, respectively. Cassava became a staple food in Uganda in the 1950's and a lot of people now rely on it to stave off famine.

As reported elsewhere (Langlands, 1966), cassava was introduced into Uganda by Arab traders in the 1860's, around Lake Victoria. It spread to Lira and Apach districts in the 1920's as an anti famine anti-locust measure; and in some places planting of a legal minimum of land under cassava was enforced. Cassava reached Iganga, Jinja and Kamuli around 1900, and at that time banana cultivation was still prominent. Table 1 shows the major cassava producing areas of Uganda and their tonnage and acreage between 1981 and 1984. Also shown is the population at the 1980 census.

Although a lot of cassava is produced and eaten in Uganda, a dependable method of fresh cassava storage has never been developed. The storage and preparation methods have always remained traditional. Table 2 shows the area and production of the main food crops between 1983 and 1985 in Uganda.

Cassava production is only second to plantain in tonnage and third in acreage. It, therefore, became necessary to carry out a study in the four districts so as to determine the chemical composition of cassava. Secondly, the aim was to study how cassava-based meals are prepared by the local inhabitants. As a third step, some local products were collected and taken to the laboratory at Makerere University, in order to assess the effects of cassava processing techniques on their chemical composition.

Materials and Methods

Fresh cassava roots, as well as different cassava products commonly prepared and eaten in Lira, Apach, Iganga and Kampala, were obtained from local inhabitants and analyzed for HCN and other nutrients. The traditional preservation, storage and preparation of cassava products was studied in the four districts through house-to-house surveys and interviews. A total of 300 samples were analysed and the HCN and nutrient content of each sample in this study is the mean value obtained from three or four replicate assays of the sample.

The districts chosen are of differing geographical location and, therefore, the respective environmental conditions were different. As reported elsewhere (Langlands, 1966), cassava was introduced into Uganda by Arab traders in the

Table 1

Population and production statistics for the major cassava producing areas in Uganda (Sources: Ministry of Agriculture Entebbe, Uganda 1988 and Ministry of Planning Kampala, Uganda 1988)

District	Population in 1980 (thousands)	1981		1982		1983		1984	
		Ha ('000)	Ton ('000)	Ha ('000)	Ton ('000)	Ha ('000)	Ton ('000)	Ha ('000)	Ton ('000)
Apach	313	174	170	20	191	22	187	25	120
Arua	472	20	193	21	200	22	196	25	111
Gulu	391	21	204	24	226	25	221	18	86
Iganga	644	8	73	10	91	10	87	20	89
Lira	470	20	192	21	198	22	194	23	110
Nebbi	233	18	175	16	115	18	153	14	72
Soroti	586	19	185	17	164	19	163	25	107
Kampala	459	6	61	1	64	8	71	7	34
Total Uganda	12636	310	3000	331	3127	372	2329	401	1881*

*The yield of cassava was poor in 1984 because of a prolonged drought.

Table 2

Area and production of main food crops in Uganda (Source: Ministry of Agriculture Entebbe, Uganda 1988)

Crop	1983		1984		1985	
	Ha ('000)	Ton ('000)	Ha ('000)	Ton ('000)	Ha ('000)	Ton ('000)
Cassava	372	3239	401	1881	450	4100
Finger millet	341	545	332	223	415	715
Groundnuts	124	99	172	118	160	145
Mixed Beans	398	314	385	265	450	518
Plantain	1209	6647	1209	6461	1260	7812
Sweet potato	457	1843	387	1791	470	2400
Sorghum	207	407	206	164	320	650

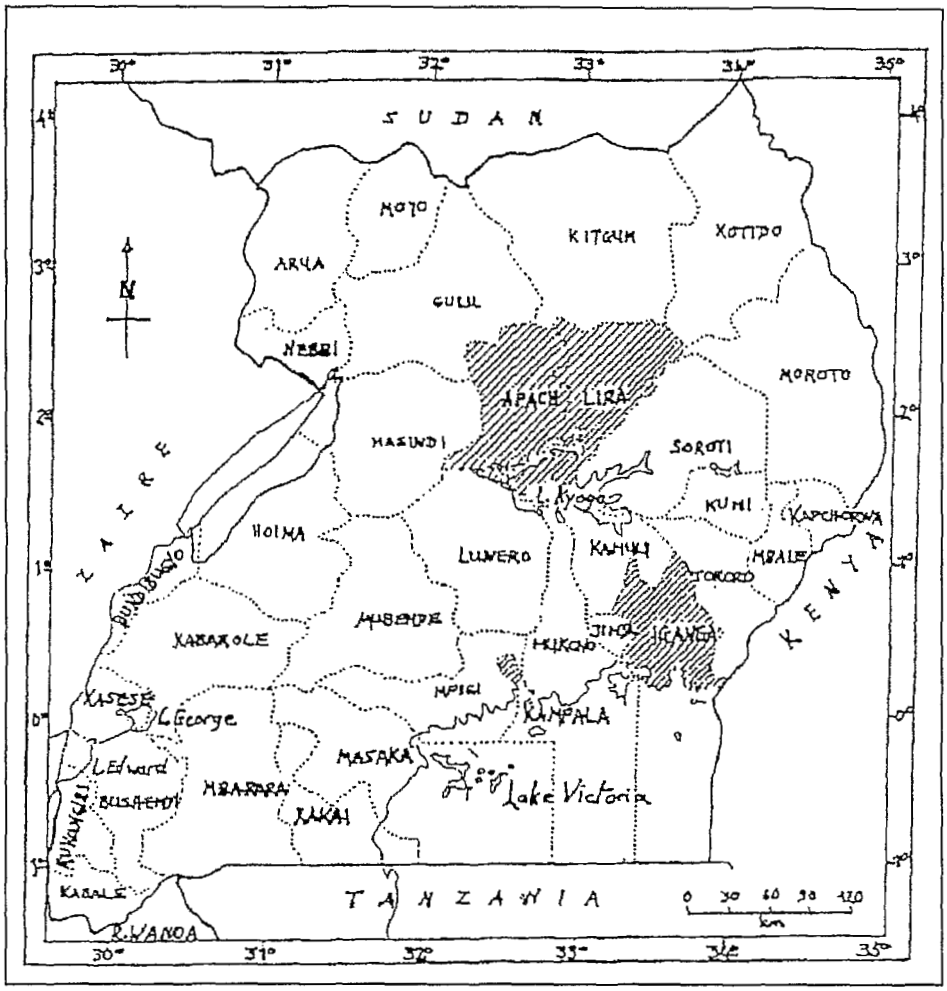


Figure 1
Geographical location of four regions investigated in Uganda.

1860's, around Lake Victoria. It spread to Lira and Apach districts in the 1920's as an anti famine anti-locust measure; and in some places planting of a legal minimum of land under cassava was enforced. Cassava reached Iganga, Jinja and Kamuli around 1900, and at that time banana cultivation was still prominent.

Kampala City and District is located in Mpigi District. The climate is moist, tropical in character, with moderate temperatures ranging from 20°C to 25°C. The annual rainfall ranges from 955 mm to 1709mm and there are two rainy seasons in the year, following the solar equinoxes. The long rains are from March to June,

whilst the short rains are between September and November. December to February and July to August are dry seasons, with occasional rain storms. The vegetation consists of a mixture of forests and invading savanna trees and grass, the dominant species being elephant grass (*Pennisetum purperum*). Figure 1 shows the geographical location of the areas of the study and Kampala was chosen in this study because it is the capital city and is cosmopolitan. Moreover it was around Kampala that cassava was initially introduced into Uganda and then spread to other areas.

Iganga District is found to some 170km to the East of Kampala. It lies between latitudes 1°S and 1°N and longitude 33° to 34°E. It also has bimodal type of rainfall, with mean annual amounts ranging from 1140mm to 1500 mm. The first rains begin in March and end in June, whilst the second rains begin in August and end in November. The maximum temperature is 30°C and the minimum is 17°C. Iganga is characterized by tropical grasslands. Langsdale (1964) reported that the vegetation is mainly composed of medium altitude deciduous forests, savanna, wooded savanna particularly *Combretium spp*; savanna associated *Hyperrhenia spp.*, scattered shrubs and grass layer. Most of the district is covered by general flat land with a few rocky hills, with gentle slopes and is less than 1120 mm above sea level. Iganga was chosen for the study because cassava is beginning to be reintroduced there and is becoming important as a staple food.

The geographic locations of Lira and Apach are to the North of Kampala by about 300 km. These two neighbouring districts were chosen because cassava plays an important role in the diet of the inhabitants. Lira has a cassava processing plant which produces cassava chips, starch and flour for both home consumption and the European market. These two districts are largely flat at an altitude between 900 m and 1200 m, with some rolling hills. A large proportion of the districts are represented by Lake Kyoga, with a considerable area of papyrus swamp associated with, and, independent of the lake itself. The rainfall averages about 1270 mm, falling on 140 to 170 days of the year. The wet season extends from April to October with peaks in April, May and August and a dry spell in June and July. The rainfall is bimodal (McLallum, 1962) and the temperature range is between 20°C and 30°C. The vegetation is woody savanna, comprising of shrubs, through scattered trees to open canopy of trees with under-lying, well developed grass. The dominant tree species are *Acacia spp.*, *Combretium spp.* and *Hyperrhenia spp.*

Chemical analysis

The methods described by Grace (1971) and Adas (1981) were used in the sample assays:

1. Moisture content by drying in the oven at 100°C for 5 hours (Grace, 1971)
2. Crude protein by the Kjeldahl method
3. Soluble carbohydrates using the anthrone reagent
4. Cyanide by picric acid test and titration

Results

The process of conservation began with the harvesting of the roots when required for food. This was done by pulling the plant with roots, out of the ground, or by carefully digging with a hand hoe to remove mature roots, guarding them against injury; the quantity at harvest depends on the size of the family. The roots were carried in baskets with care not to wound them; there is a belief that harvested roots should not be wounded else they test bitter. Even jumping over harvested cassava was found to be forbidden in the studied areas. These beliefs may have stemmed from the fact that injury caused to roots exposes the wound to air, which then causes hydrolysis of linamarin to cyanide by enzyme linamarase (Iwatsuki *et al.*, 1984). Fresh cassava was found to be stored by reburying or placing in water for a few days. This is done by getting water in a large container like a pot, an old oil drum or in some cases the roots were packed in a sack and then placed in a stream or pond of water. During the study, only local cultivars were found to be grown and a list of some of these are shown in Table 3. The most popular cultivars were found to be Bukalasa 8, Bukalasa 11, Ebwanatereka and Bao.

1. Preparation of cassava products

The tradition of food items containing cassava varied in the four districts. The different cassava products commonly eaten by the inhabitants of the four areas are shown in Table 4 and were prepared by four general methods. In addition, raw cassava toots were eaten occasionally between meals and fresh cassava was found to be roasted in hot charcoal.

1.1. Boiled cassava ('mogo' 'otedo' 'muwogo')

Fresh cassava roots were peeled, washed and boiled in water for 20-40 minutes until cooked. This method was found to be practised in all the areas of the study and was the most popular method of preparing fresh cassava. Spices may be added and this was seen to be common in the urban areas, whereas the village inhabitants added salt to the cooking cassava. Some other foods, like groundnuts stew, simsim paste, broad beans, peas and, at times, meat were added to the cooking cassava and the mixture was called *Aputta* in Lira and Apach, whilst in Iganga it was called *katogo.*

Table 3
Cassava cultivars grown in the areas investigated

Cassava cultivars
'Bao'
'Bukalasa 8'
'Bintiminsi'
'Serere'
'Sukan'
'Kiwoko'
'Bukalasa 11'
'Empologoma'
'Kulanabwana'

Table 4
Local names of cassava products

Cassava product	Processing method	Areas		
		Lira/Apach	Iganga	Kampala
Boiled	Cooking	mogo otedo	muwogo	muwogo
Roasted	Oven hot charcoal	mogo obulo	muwogo mwokye	muwogo mwokye
Fried cassava	Deep fry	mogo ocelo	umwogo musike	umwogo musike
Cassava paste	Sundrying, grinding and cooking	kwon mogo	chawda	buwunga
Cassava and millet (fermented)	Sundrying, grinding and cooking	kwon kal	obuita	buwanga
Cassava and sorghum (fermented)	Sundrying, grinding and cooking	kwon bel	mutama	buwunga
Cassava and broad beans, peas, and meats	Cooking	Aputta	katogo	katogo

1.2. Cassava paste ('kwonmogo' 'chawda')

This was found to be a major constituent of diet in Iganga. The roots were peeled, sliced and then dried in the sun on a mat, flat rocks, or specially prepared ground smeared with cow dung to reduce dust and dirt. The drying takes about 3 to 4 days, and the dried chips are then stored in old tins, baskets or granaries. When the paste is required, the chips are pounded then ground into flour, and added to boiling water with mixing until a consistent paste is obtained. The paste was found to be popular in all the areas studied.

1.3. Cassava flour mixed with millet and sorghum ('kwon kal' 'kwonbel' 'obuita' 'mutama')

Cassava flour was mixed with either millet or sorghum and then a paste was prepared as in pure cassava paste. In Iganga, however, there was a preference for more cassava in the mixtures than in the other areas. One part of sorghum was added to two parts of cassava and ground into flour, the resulting paste was called *mutama.* Millet was mixed with cassava and ground into flour, the resulting paste was called *obuita.* However, in Apach and Lira, where this particular method of preparation is very important and popular, one part of cassava is mixed with four parts of millet and the resulting is called kwon *kwon kal.* If one part of sorghum is added to two parts of cassava, the resulting paste is called *kwon bel.* In the Lira and Apach districts fermented cassava (obtained by slicing fresh cassava into chips and leaving them covered in a cool place for a day or two until the chips are slightly mouldy) was also used. When this was the case, the amount of cassava was reduced, and some people preferred the fermented cassava because of the flavor it imparted to the resultant paste.

1.4. Roasted cassava ('mogo obulo' 'muwogo mwokye')

Cassava was found to be roasted in all the three areas studied. The roots were or were not peeled and were then placed in hot ashes or charcoal for 20-30 minutes. Roasted cassava was found to be popular among school pupils who used it as a snack in school.

1.5. Fried cassava ('mogo ocelo' 'muwogo musike')

Fried or grilled cassava was a typical food stuff around trading centers, urban areas. It was obtained from fresh roots that were peeled, washed, cut into small pieces and then deep fried in oil.

2. Chemical composition of cassava products

The fresh cassava, used in this study, was not selected, but bought from Wandegeya market in Kampala, the variety was unknown. There was a wide range of results which precluded calculating means, and the values were classified into three categories based on HCN content as proposed by Bolhius (1954), De Bruijn (1971) and Coursey (1979) as follows:

1. innocuous, less than 50 mg HCN/kg fresh peeled roots;
2. moderately toxic, 50-100 mg/kg;
3. extremely toxic, over 100 mg HCN/kg.

According to this classification, the cassava bought in the Kampala market was moderately toxic when either raw or steamed, whilst when boiled it was innocuous. The mixture of fresh, cooked cassava and pulses or meats were not assayed because of inadequate and unreliable equipment. Most of the processed products were obtained in flour form and these were then analyzed for HCN and other constituents. The HCN in 'Ebwanatereka', grown in Iganga and Lira, gave the same value of HCN. The sample from Lira had millet added to it but millet also contains a cyanogenic glucoside-durrin (Conn, 1969). The other cultivars, like 'Bukalasa 8' grown in Lira, and 'kulanabwana' and 'serere' grown in Iganga, showed low values of HCN after sundrying and grinding into flour, as shown in Table 5. The sundrying removed most of the water 80-88%. The crude protein varied and appeared to be cultivar dependent.

Discussion and conclusion

From this investigation, it can be concluded that the traditional methods used in Lira, Apach, Iganga and Kampala for preparing cassava based foods, appear to bring about contact between cyanogenic glucosides and linamarase by cell rupture; boiling and sundrying then removed between 80 to 88% of the HCN (El Tinay *et al.*, 1984). There was, however, a variation in the HCN content of the flour produced from different cassava cultivars. In some samples, the level of residual HCN was relatively high. This may provide cause for concern as to the likely effects of cassava flour consumption.

The study also shows that the most common method for preparing cassava for immediate consumption is by boiling, where peeled roots are served in a variety of ways. Preparation of paste from flour is common in Iganga and urban areas, whilst the paste obtained from the mixture of cassava and millet are important in Lira and Apach. Deep frying and roasting were also used as methods of preparation, but were not main methods.

Table 5.
HCN and nutrient contents of cassava products in the area of study.

Cassava product	H_2O (%)	Crude proteins (Nx6.25) (%)	No. of samples	Origin of sample	HCN total mg/kg	Soluble carbo-hydrates (%)
Fresh						
Raw	60.0	2.06	6	Kampala	94.5 ± 2.4	2.00
Boiled	56.0	1.13	8	Kampala	27.0 ± 1.4	1.20
Steamed	54.0	1.02	12	Kampala	67.5 ± 1.3	1.34
Flour						
Serere	11.0	4.38	7	Iganga	40.5 ± 1.8	1.40
Ebwanatereka	11.5	1.84	11	Iganga	81.0 ± 1.1	2.40
Kulanabwana	10.0	2.58	20	Iganga	33.6 ± 1.2	0.40
Bukalasa 8	7.0	1.04	8	Lira	20.7 ± 1.3	2.68

Cassava appears to be an important source of carbohydrate in Uganda, as shown by Table 2, as well as in other countries of Africa (Oyenuga, 1955). The calories derived from cassava consumption cannot be determined in the absence of a detailed nutrition study; but if production figures are taken as a guide, and if acreage is related to consumption, the cassava rank third as a source of carbohydrates.

In conclusion more studies are needed into the processing of cassava into new products. Detoxification studies need to be carried out including the effects of cassava on local nutrition and the possible incidence and importance of cassava related diseases, such as goiter and spastic paraparesis.

References

ADAS, 1981 - Analysis of Agricultural Materials. Technical bulletin No. 27 U.K.: ADAS.

Bolhius (G.G.), 1954 - The toxicity of cassava roots. *Netherlands Journal of Agricultural Science,* 2 : 176-185.

Conn (E.E.), 1969 - Cyanogenic glucosides. *Journal of Agriculture and Food Chemistry,* 17 : 519-526.

COURSEY (D.L.), 1979 - «Cassava as food: toxicology and technology.» *In :* Nestel (B.), McIntyre (R.), éd. : *Chronic Cassava Toxicity.* International Development Research Center, Ottawa, Canada IDRC-010e : 27-36.

DEBRUIJN (G.H.), 1971 - Etude du caractère cyanogénétique du manioc (*Manihot esculanta* Crantz) Medelingen Lanbouwhogeschool, Wageningen, The Netherlands, 140 p.

EL TINAY (A.H.), BURENG (P.L.) and YAS (E.A.z.), 1984 - Hydrocyanic acid levels in fermented cassava. *Journal of Food Technology* 19 : 197-202.

GRACE (M.), 1971 - Processing of cassava. Publications Service Bulletin N°. 8. FAO.

IWATSUKI (N.), KOJINA (M.), DATA (E.S.), VILLEGAS-DUDOY (C.D.V.), 1984 - «Changes in cyanide content and linamarase activity in cassava roots after harvest.» *In: Tropical Root Crops: Post-harvest Physiology and Processing* : 151-161.

LANGDALE-BROWN, 1984 - The vegetation of Uganda and its bearing on land use. Entebbe: Government printer, Uganda Government.

LANGLANDS (B.W.), 1966 - Cassava in Uganda 1886-1920. *Uganda Journal,* 30 (2) : 211-216.

MCLALLUM (D.), 1962 - Atlas of Uganda. Entebbe: East African Meteorological Department. Entebbe: Government Printer.

OYENUGA (V.A.), 1955 - The composition and nutritive value of certain feeding stuffs in Nigeria: 1. Roots, tubers and green leaves. *Empirical Journal of Experimental Agriculture,* 23(90) : 81-95.

PURSEGLOVE (J.W.), 1984 - Cassava. *In: Tropical Crops and Cotyledons,* Vol. I, London: Longmans : 172-180.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Cassava food processing and utilization in Kenya

Transformation et utilisation du manioc au Kenya

C.M. GITHUNGURI

National Dryland Farming Research Centre - Katumani, Machakos (Kenya)

- Abstract -

Cassava is extensively grown and consumed in Kenya. This paper presents recipes for preparing different cassava based dishes in seven different communities.

- Résumé -

Le manioc est cultivé et consommé sur une grande échelle au Kenya. Cet article donne les recettes de plats à base de manioc préparés dans sept groupes ethniques.

Introduction

Cassava is grown virtually throughout Kenya. However, the Western, Coastal and semi-arid (Eastern) regions of Kenya have the highest production in that order. Traditional cassava utilization in Kenya is limited to roasting and boiling of fresh roots for consumption in all the growing areas (Khaemba, 1983). In Nyanza and Western provinces of Kenya, roots are also peeled, chopped into small pieces, dried and milled into flour for Ugali. This is normally in combination with a cereal (maize or sorghum). In the Coast province cassava leaves are used as vegetable (Khaemba, 1983) while in Machakos and Kitui, cassava roots are used as a snack.

The bulk of cassava produced in the country is used for human consumption and surpluses are processed into starch or used for animal feed. However, the present production is adequate for both the demands of starch production and as a food source (Khagram, 1983). The market for fresh cassava as food is more lucrative than for starch extraction but the market for fresh cassava is limited (Karisa, 1983). Except for cassava crisps, there is no commercial processing of cassava for human consumption. This area could be explored to make it more acceptable to a larger section of the population thereby increasing the demand for cassava products and the income of the farmer.

This paper reviews recipes for the preparation of different cassava-based food by six communities in Kenya.

1. Embu tribe of eastern province

1.1. Mucui.

Ingredients	Amount
Cassava roots	1 kg.
Yams	1/4 kg.
Potatoes	1/4 kg.
Arrow roots	1/4 kg.
Meat	1/4 kg.
Cooking oil/fat	150 g.
Onions	200 g

Cassava roots, yams, potatoes and arrow roots are peeled, washed with a lot of water, sliced into small pieces and mixed with meat. The mixture is fried in oil with onion to taste. Water is added and the mixture is left to boil until cooked. Mucui is served and eaten as a complete meal.

1.2. Roasted cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Burning embers	As required.
Tea	As required.

Whole cassava roots are peeled, washed, either split into smaller pieces or left intact as dictated by size, placed on burning embers and left to cook. Once done, the charred bits are scrapped off and the roasted cassava is served with tea.

2. Kamba tribe of eastern province

2.1. Mukimwa

Ingredients	Amount
Cassava roots	1 kg.
Green maize	1/4 kg.
Par-boiled beans	1/5 kg.
Par-boiled cowpeas	1/5 kg.
Par-boiled green grams or pre-boiled dolichos	1/5 kg.
Water	As required.
Salt to taste	As required.
Cooking oil/fat	150 g.
Onions	200 g

In the preparation of *mukimwa* cassava roots are peeled, washed, sliced into small pieces (chips) and mixed with green maize, par-boiled beans, par-boiled cowpeas, par-boiled green grams or par-boiled dolichos. The mixture is fried in oil with onions. Water is added and left to boil until cooked. After adding salt *mukimwa* is served as a complete meal.

2.2. Mulikyo

Ingredients	Amount
Cassava roots	1 kg.
Water	As required.
Tea or milk	As required.

Mulikyo is prepared by peeling cassava roots which are then washed, sliced into two or three big pieces and placed in a cooking pot. Water is added and left to boil until cooked. It is served with tea or milk for breakfast.

2.3.Raw cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Ground chilli	As required.
Salt	As required.

Raw cassava is prepared by peeling, washing and slicing cassava roots into four or more small pieces. The pieces are spiced with a mixture of salt and ground chilli and eaten as a snack.

3. Lua tribe of the Nyanza province

3.1.Ugali or Kuon

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Maize, sorghum, or finger millet	50% cassava.
Smoked fish, or smoked meat or okra soup	As required.

Fresh cassava roots are peeled, washed and sliced into chips which are then sundried for a period of one to two weeks. The dried chips are mixed with either dried maize, sorghum, or finger millet at a ratio of 2:1 and the mixture is milled into a fine flour. The flour is put in boiling water and stirred into a semi-solid porridge called *ugali* or *kuon* which is then served with either smoked fish, smoked meat or okra soup.

3.2.Busaa (a local beer)

Ingredients	Amount
Cassava chips	2 kg.
Water	40 l.
Maize	8 kg.
Pre-germinated sundried finger-millet	4 kg.

Cassava roots are peeled, washed and sliced into chips, placed and stored in a tightly closed darkroom. The cassava is removed from the sack after one week and sundried for a period of 14 days. The dried cassava is then mixed with dry maize and pre-germinated finger-millet which has been sundried for two weeks. The mixture is milled into flour and prepared into *ugali* or *kuon*. The ugali is

broken into small pieces which are then sundried for 3 weeks then milled into flour. The flour is placed in a big earthen pot where 40 l of water is added, stirred and boiled to produce a light porridge or gruel called *busaa*. After cooling the *busaa* is ready for drinking.It has been locally nicknamed two-in-one; it is a beer as well as a food.

3.3. Mariwa (boiled cassava)

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	1 l.
Salt	To taste.
Pumpkin or banana leaves	As required.
Sour milk, milk or tea	As required.

Cassava roots are peeled, washed, split into two pieces with the central pith removed and placed in a pot with 1 l of water (strictly one litre to prevent the cassava from absorbing water and becoming watery). Salt is added and the pot is covered with either pumpkin or banana leaves on top of which a metal lid is placed and sealed with cowdung to become air-tight. It is left to boil for about 30 min after which it should be properly cooked. *Mariwa* is served with sour milk or milk for either lunch or supper or with tea for breakfast.

3.4. Kuogo

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Maize	As required.
Millet, sorghum or maize	As required.
Fish, green vegetables or any stew	As required.

In the preparation of *Kuogo*, cassava roots are peeled, washed, placed in a sack or large baskets and stored in a dark cold room for a week. During storage, the cassava roots develop moulds and become soft. The roots are removed from the sacks and crushed into small pieces, spread and sundried for a period of 7 to 14 days. The dried roots are mixed with either millet, sorghum or maize and milled into fine flour which is added into boiling water, stirred and prepared into either light porridge (*Nyuka*) or thick porridge (*ugali*). The *ugali* is served with fish, green vegetables or any stew.

3.5. Chapati

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Maize	As required.
Millet, sorghum or maize	As required.
Tea, fish, green vegetables or any stew.	As required.

The flour obtained in the preparation of *Kuogo* is mixed with wheat flour and kneaded into a dough. Small balls of the dough are spread into thin disks which are then fried in oil to produce chapati. *Chapati* is served with tea for breakfast or with fish, or any stew for lunch or supper.

3.6. Kuogo

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	1 l.
Salt	To taste.
Pumpkin or banana leaves	As required.
Sour milk, milk or tea	As required.

Cassava roots are peeled, washed, split into two pieces and the centre pith removed. The cassava pieces are placed in a pot with water and boiled until soft or completely cooked. Cooked cassava is then mashed or pounded into fine balls and served with fish or any stew.

3.7. Ugali

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Millet	As required.

This dish is prepared for someone going on a long journey. Cassava roots are peeled, washed, sliced into small pieces or chips and dried for a period of 7 to 14 days. The dried pieces are mixed with finger millet at a ratio of 4:1 and milled into fine flour. The flour is added into boiling water, stirred and prepared into either light porridge (*Nyuka*) or thick porridge (*ugali*). The *ugali* may be served with fish, green vegetables or any stew.

4. Baluhya tribe of the western province

4.1. Ugali or Obusuma

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Millet, maize or sorghum	As required.
Fish, meat or any green vegetable	As required.

Cassava roots are peeled, washed and sundried for about 6 hours to get rid of excess moisture. The semi-dried roots are heaped in a corner of the kitchen and covered with a sack, a piece of cloth or canvas for a period of 3 to 5 days. The mould formed during this period is scrapped off with a blunt knife and the soft roots are put on a clean floor and crushed with stone into big soft pieces. The soft pieces are sundried for a period of 12-14 hr. The dried roots are mixed with either sorghum, finger-millet, or maize and milled into flour. Alternatively the dried roots may be milled into flour without any cereal. The cassava : millet or sorghum ratio is usually 4:1 and cassava : maize ratio is 2:1. A cassava : maize mixture is not popular. The flour is added to boiling water and stirred until it cooks into either *ugali* (thick porridge) or *uji* (light porridge). The *uji* is a beverage while the ugali is served with either fish, meat or any green vegetable.

4.2. Boiled cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	1 l.
Salt	To taste.
Tea or light porridge	As required.

Cassava roots are peeled, washed, chopped into small pieces, placed in a pot with water and boiled soft or completely cooked. Salt is added during boiling and the dish is served with tea or light porridge.

4.3. Roasted cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Sour milk, milk or tea	As required.

Unpeeled cassava roots are placed on glowing embers until cooked. The roots are peeled and served with a beverage.

4.4. Infant light porridge

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.

Cassava roots are peeled, washed, sliced into very small pieces and sundried for 12-14 hours. The dried pieces are ground (not milled) using stone grinders into a very fine flour which is added into boiling water and cooked into a very light porridge. The porridge is then served to young babies.

5. Maasai tribe of the rift valley province

5.1. Boiled cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	1 l.
Salt	To taste.
Tea or light porridge	As required.

Cassava roots are peeled, washed, chopped into big pieces and boiled water until cooked. The dish is served with tea or milk.

5.2. Roasted cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Sour milk, milk or tea	As required.

The cassava roots are peeled, placed on glowing charcoal and roasted until cooked. The cassava is served with tea or milk for breakfast.

5.3. Raw cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Salt	As required.

Raw cassava is prepared by peeling, washing and slicing cassava roots.The pieces are then eaten as a snack in the field.

6. Kikuyu tribe of the central province

6.1. Stewed cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Millet, maize, or sorghum	As required.
Onion	As required.
Oil	As required.
Stew	As required.

Stewed cassava dish is prepared from "sweet" cassava or low cyanide containing varieties. Cassava roots are peeled, split, sliced into small chips and boiled in water until soft or cooked. The cassava is fried with onion in oil after which water is added and the dish is served with any stew.

6.2. Ugali and Ucuru

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Stew	As required.

Cassava is peeled, split, central pith is removed, sliced into small chips and sundried for a period of 3 to 7 days. The chips are milled into flour, added into boiling water and stirred to produce either a thick porridge (*Ngima*) or a light porridge (*Ucuru*). *Ngima* is served with stew while *Uucuru*, a beverage, is served alone.

6.3. Cassava bread

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Stew	As required.
Wheat flour	As required.
Tea	As required.
Stew	As required.

Cassava is peeled, split, the centre pith is removed, sliced into small chips and sundried for a period of 3 to 7 days. The cassava chips are milled into flour

mixed with wheat flour and kneaded into a dough from which bread is baked. The bread is served with tea for breakfast or with any stew for dinner.

6.4. Roasted cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Water	As required.
Stew	As required.
Charcoal	As required.

Cassava is peeled, boiled and roasted on charcoal. Alternatively, the cassava is not peeled but placed on burning charcoal and roasted until properly cooked. The charred bits are scrapped off and the cassava is served with tea, milk, any stew or alone.

7. Coastal people of the coast province

7.1 Mashed cassava with milk

Ingredients	Amount
Cassava roots	4 roots.
Salt	To taste.
Water	2 cups.
Onions	3 small ones.
Milk	2 cups.

Cassava is peeled, washed and cut out into small pieces. The pieces are boiled with onions in salted water until done and then mashed together. Milk is added and the dish is then served.

7.2. Cassava meat stew

Ingredients	Amount
Cassava roots	4 big roots.
Salt	one tablespoonful.
Water	As required.
Onions	4.
Meat	0.5 kg.
Tomatoes	2.
Curry powder	one tablespoonful.
Oil	one tablespoonful.
Salt	one tablespoonful.

In preparing the *cassava meat stew*, the meat is washed, cut into small pieces and mixed with curry powder. Onions and tomatoes are cleaned and sliced. Meat is fried with the onions until a golden brown colour is obtained. Salt and water are added to the stew. Cassava is peeled, washed, cut into pieces and added to the meat stew. The mixture is cooked for 30-45 min until soft. Tomatoes slices are added 5 min before serving

7.3. Cassava-bean stew (Kimanga)

Ingredients	Amount
Cassava roots	4 big roots.
Salt	To taste.
Water	As required.
Onions	6.
Tomatoes	3.
Pepper	As required.
Oil or ghee	0.5 cups.
Dry beans	1.5 cups.
Milk	1.5 cups.

In preparing *cassava-bean stew* one may use cowpeas or grams instead of beans. Beans are cleaned, washed and soaked overnight. Cassava roots are peeled and cut into slices. The beans and cassava slices are boiled together until soft and mashed. Onions and tomatoes are also cleaned, sliced and fried in oil. Salt, pepper and milk are added and the mixture is cooked for a few minutes. Season to taste and serve.

7.4. Cassava-fish stew

Ingredients	Amount
Cassava roots	4 big roots.
Salt	To taste.
Water	As required.
Onions	2.
Tomatoes	2.
Pepper	As required.
Oil or ghee	0.5 cups.
Coconut	1.
Fishes	2-4.

Cassava roots are peeled, cut into slices and cooked for 20 minutes. Fish is cleaned and washed as well as onions and tomatoes which are sliced. Cups of thick and thin coconut milk are prepared. The fish is put on top of the cassava slices and onions, pepper, tomatoes and the coconut milk are added. The mixture is cooked until the fish and the cassava are done. Thick coconut cream is added and ladled over the fish. Season to taste and serve. A similar dish involves frying the fish with the onions and tomatoes in a little oil. These are put on top of the boiling cassava and groundnut flour is added instead of the coconut milk. cream. The juice of one lemon is also added. Dried fish could be used instead of fresh fish.

7.5. Cassava leaves

Ingredients	Amount
Cassava leaves	As required.
Salt	To taste.
Water	2 cups.
Onions	1.
Tomatoes	1.
Curry powder	As required.
Oil or ghee	1 tablespoon.
Thick coconut cream	1 cup.
Fishes	2-4.

Cassava leaves are washed, pounded and boiled in salted water for 60 minutes. Onions and tomatoes are cleaned, sliced and fried in oil. Curry powder, coconut cream and the cassava leaves are added. The dish is ready to be served with any carbohydrate.

7.6. Cassava puddin

Ingredients	Amount
Grated cassava	1 cup.
Sugar	1/2 cup.
Grated coconut	2 cups.
Banana leaf	1.

Grated cassava roots are mixed with grated coconut and sugar. A banana leaf is cut into two big pieces and soften over fire. Half of the cassava mixture is put on one piece of the banana leaf, folded and tied. The other package is prepared in a similar manner. Both packages are put in a greased tin or a small pan

and baked in a moderately hot oven until brown. The cassava pudding could either be served hot or cold. A variation in a similar dish involves steaming the pudding instead of baking and groundnut flour could replace the coconut cream.

7.7. Fried cassava

Ingredients	Amount
Cassava roots	As required.
Oil	As required.
Salt	As required.
Pepper	As required.
Lime	As required.

Cassava roots are split into 5-6 pieces and deep-fried in oil. The cooked cassava pieces are spiced with the salt, pepper and lime or lemon to required taste. The dish is served and eaten as a compliment to another meal or as a snack.

Conclusion

Cassava is widely used in Kenya by almost all communities. There is still a lot of room for expansion on its use. Industrialists have yet to fully utilize cassava in stock feed manufacture. The home economics department of the Ministry of Agriculture and other organizations have also a wide room in coming up with cassava recipes acceptable to a larger community. Cassava is more widely used in Kenya than is apparent at a casual glance.

References

KARISA (S.), 1983 - «Cassava marketing proposals within Coast Province. Present and future». *In : Proceedings Cassava Workshop*, Malindi, Kenya, 7th, 8th February, 1983. Magarini Australian Assisted Settlement Project.

KHAEMBA (M.), 1983 - «Cassava as a food crop. Its utilization, preparation and acceptance». *In : Proceedings Cassava Workshop*, Malindi, Kenya, 7th, 8th February, 1983. Magarini Australian Assisted Settlement Project.

KHAGRAM (D.), 1983 - «Cassava as a source of starch.» *In : Proceedings Cassava Workshop*, Malindi, Kenya, 7th - 8th February, 1983. Magarini Australian Assisted Settlement Project.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo

Traditional methods of cassava processing in the Congo

S. TRECHE *, J. MASSAMBA **

** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo).*
*** Laboratoire d'Etudes sur la Physiologie, l'Alimentation et la Nutrition, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville (Congo).*

– Résumé –

Au Congo, on rencontre une grande diversité de produits alimentaires dérivés des racines de manioc qui ont en commun d'avoir subi une étape de rouissage. En vue de définir les améliorations à faire subir aux procédés traditionnels, nous avons recherché les variantes existant au niveau des techniques utilisées en essayant d'identifier les goulots d'étranglement et les innovations endogènes.

Les informations ont été recueillies au cours d'une enquête par questionnaire à domicile réalisée auprès d'un échantillon de 876 femmes représentatives des ménagères des zones rurales transformant régulièrement des racines de manioc.

L'épluchage est le plus souvent réalisé avant rouissage. La durée du rouissage dépend du mode de transformation que subiront ultérieurement les racines mais aussi des conditions du milieu. Sa localisation et la nature du milieu utilisé dépendent essentiellement de contraintes géographiques.

Pour la préparation des farines, les racines rouies peuvent être découpées en cossettes (environ deux fois sur trois) ou être émottées. Le séchage a lieu dans la quasi-totalité des cas au soleil. Le broyage et le tamisage sont réalisés dans des moulins ou par pilage dans un mortier suivi d'un passage au tamis.

Au niveau de la préparation de la chikwangue, les variantes concernent essentiellement le défibrage des racines et le nombre de cuissons. Pour les chikwangues à deux cuissons, la pâte défibrée subit successivement des étapes de laminage sur un plateau en bois, de première cuisson, de malaxage à chaud, de modelage et d'emballage dans des feuilles avant la cuisson terminale.

La préparation de racines cuites est plus simple, mais plusieurs variantes s'observent au niveau du mode de cuisson.

En définitive les modes de préparation sont longs, les innovations récentes peu nombreuses et l'optimisation de certaines opérations apparait comme nécessaire pour diminuer la pénibilité du travail et assurer une qualité plus constante aux produits finis.

– Abstract –

In the Congo, there are a wide diversity in cassava food derivatives which have in common the retting stage in processing. In order to define possible inprovements in traditional processes, an inventory of existing variants at the level of techniques used was carried out with the aim of identifying bottlenecks and endogenous innovations.

The informations were collected during a survey by questionnaire in the homes of 876 women who were representative of rural housewives who regularly process cassava.

Peeling was most often done before retting. The retting time depended on the method of processing that the roots will later follow and also on the conditions of the site. The processing site and the nature of where the retting took place depended essentially on geographical constraints.

In the production of flours, the retted roots could be cut into pieces (about 2 times in three) or spread. Drying in most cases was under the sun. Milling and sieving were almost done with the same frequency in mills or by pounding in a mortar followed by a passage through a sieve.

At the level of *chikwangue* production, the variants were essentially fibre removal, which was done either by filtration/decantation or using a comb, and the number of cookings. For twice cooked *chikwangue* the defibred paste followed successively a lamination stage on a wooden slab, first cooking, hot kneading of the partially cooked paste, molding and packaging in leaves before the final cooking.

The preparation of boiled roots, which could be crushed or not into a sort of pulp, is very simple but a few variations were observed in the cooking methods.

In fact the production methods are very long and often fastidious. The main recent innovations are in the containers used for retting, the possibility to store and to commercialize roots in the form of retted paste and the wide spread in the usage of fibre removal by filtration/decantation. Optimization of the root retting conditions, drying of slices and mechanization of some *chikwangue* processing stages in particular fibre removal, lamination and hot kneading appear to be the priorities in alleviating the processing difficulties and confer a constant quality to the final products.

Introduction

Au Congo, plusieurs modes de transformation du manioc permettent l'obtention de différents produits finis (chikwangue, foufou, racines cuites...) qui se présentent eux mêmes sous différentes formes en fonction des techniques utilisées pour la réalisation des différentes opérations unitaires (Massamba et Trèche, 1995). L'étude des variantes observées au niveau de ces techniques en s'attachant à identifier les goulots d'étranglement et les innovations endogènes nous est apparu comme un préalable indispensable à toute action en vue d'améliorer les procédés et les équipements.

Des enquêtes ont donc été réalisées de 1989 à 1992 pour préciser les modes de transformation en milieux rural et urbain. Etant donné qu'en milieu urbain les transformations de racines ou de produits intermédiaires dérivés du manioc ne concernent que 3 % des ménages et s'effectuent dans des ateliers de production dont le mode de fonctionnement est décrit par ailleurs (Trèche et Muchnik, 1993 ; Ikama et Trèche, 1995), nous nous limiterons ici à donner les résultats d'une enquête nationale effectuée en 1989 en milieu rural où la transformation des racines de manioc est réalisée dans 98 % des ménages enquêtés. Etant donné le caractère très marginal des autres produits consommés (Trèche et Massamba, 1991 ; Massamba et Trèche, 1995), nous ne nous intéresserons ici qu'aux modes de transformation conduisant à la production de farine à foufou, de chikwangue et de racines cuites qui ont en commun d'inclure une opération de fermentation qui a lieu au cours du rouissage des racines.

Matériels et Méthodes

1. Méthodologie d'enquête

Les données proviennent d'une enquête par questionnaire réalisée à domicile en 1989 auprès d'un échantillon de 900 femmes. Ces femmes sont représentatives des ménagères congolaises transformant régulièrement les racines de manioc pour l'autoconsommation et/ou pour la vente à l'exclusion de celles résidant dans les 4 plus grandes villes du pays (Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie et Nkayi).

La base de sondage a été le recensement général de la population de 1984 pour lequel une subdivision des zones rurales en 1 239 zones de dénombrement (ZD) a été effectuée. Le premier degré de sondage a consisté en un tirage au sort de 75 ZD selon la méthode des totaux cumulés (Rumeau-Rouquette *et al.*, 1985). Le second degré de sondage a consisté à tirer au sort dans chacune des ZD un point de chute à partir duquel 16 ménages ont été identifiés pour une enquête par

proximité sur les modalités de consommation du manioc. Dans chacune des ZD, 12 femmes sur les 16 retenues pour l'enquête sur les modalités de consommation ont été choisies de manière aléatoire (4 préparatrices de farine, 4 de chikwangue et 4 de racines cuites) pour l'enquête sur les modes de transformation des racines de manioc. Dans tous les cas, les questions ont été posées à la personne réalisant habituellement les transformations.

Trois questionnaires différents relatifs à chacun des trois modes de transformation les plus couramment rencontrés ont été élaborés à l'issue d'une pré-enquête. Ils comprennent des parties communes (identification du ménage et de la zone d'enquête ; partie concernant le rouissage) et des parties spécifiques à chaque mode de transformation.

Les données d'enquête ont été saisies sous Dbase III et traitées à l'aide du logiciel BMDP (1984).

Résultats

Les modes de transformation utilisés au Congo pour la préparation du foufou, de la chikwangue et des racines rouies cuites débutent par des opérations communes dont la principale est une fermentation effectuée en faisant subir un rouissage aux racines. Ce rouissage consiste en une immersion des racines dans l'eau qui a pour effets principaux de ramollir les racines, de réduire leur teneur en composés cyanogénétiques, de provoquer l'apparition de métabolites qui confèrent aux produits les caractéristiques organoleptiques recherchées et surtout de pallier à la mauvaise aptitude à la conservation des racines après récolte.

Après rouissage, les racines peuvent être transformées en chikwangue *(pâte dense de texture élastique)* ou en farine le plus souvent consommée sous forme de foufou *(pâte plus souple et plus légère que la chikwangue)* ou encore être consommées après une simple cuisson à l'eau. Les opérations unitaires utilisées à la suite du rouissage diffèrent selon les produits finis préparés.

1. Opérations communes aux différents modes de transformation

Depuis la récolte jusqu'à l'obtention de racines rouies et épluchées, les opérations unitaires nécessaires à la transformation des racines en foufou, chikwangue et racines rouies cuites sont identiques, mais il existe aux niveaux des techniques utilisées, notamment pour le rouissage et l'épluchage, certaines variantes qui se rencontrent plus ou moins fréquemment en fonction du mode de transformation des racines dans lequel elles s'inscrivent.

Au Congo, le rouissage se fait dans de l'eau ou, dans des zones très circonscrites, dans de la terre humidifiée (Gami et Trèche, 1995). Il ne sera fait état

ici que du rouissage dans l'eau qui est de loin le plus pratiqué par les populations congolaises.

1.1. Organisation du travail

Quel que soit le mode de transformation envisagé, les racines mises à rouir sont, dans la majorité des cas, cultivées et récoltées par la ménagère elle-même après un cycle végétatif qui est le plus souvent inférieur ou égal à 12 mois (tableau 1).

Tableau 1

Organisation du travail au cours des opérations communes aux différents modes de transformation (% de personnes ayant pratiqué la modalité considérée lors du dernier rouissage réalisé)

	Foufou	Chikwangue	Racines cuites	NdS	Ensemble
Nombre de personnes interrogées	*263*	*304*	*288*		*855*
Rouissage effectué par la personne ayant cultivé elle-même les racines	79,9	83,7	79,9	ns	80,6
Rouissage effectué par la personne ayant récolté les racines	89,8	87,0	86,5	ns	87,7
Récolte de racines de moins de 12 mois	50,7	54,0	58,2	ns	54,4
Début de rouissage le jour même de la récolte	99,2	98,0	98,2	ns	98,4
Commencement du rouissage dans la matinée	56,2	57,3	61,7	ns	58,4
Fin du rouissage dans la matinée	50,8	43,1	42,2	ns	45,2
Découpage des racines en morceaux avant rouissage	53,0	55,4	55,0	ns	54,5
Technique d'épluchage : - à la main	15,2	29,3	29,2		24,9
- au couteau	42,2	31,3	34,7	P < 0,001	35,8
- à la machette	32,3	26,0	23,3		27,0
- autre	10,3	13,5	12,8		12,3
Réalisation de plusieurs modes de transformation à partir d'un même rouissage	21,1	16,7	81,7	P < 0,001	39,6

NdS : niveau de signification de l'effet du mode de transformation sur la modalité considérée *(test du CHI²)*

Dans la quasi totalité des cas, le rouissage commence le jour même de la récolte, le plus souvent dans la matinée. Le rouissage se termine le plus couramment pendant l'après-midi sauf pour les racines destinées à faire du foufou.

Les techniques d'épluchage utilisant un instrument (couteau ou machette) sont plus répandues que l'épluchage manuel, notamment lorsque les racines sont destinées à la transformation sous forme de farine. Dans la majorité des cas, les racines sont découpées en morceaux avant rouissage. Contrairement aux rouissages effectués en vue de la préparation de chikwangue ou de foufou, les rouissages dont sont issues les racines consommées sous forme de racines cuites servent souvent à traiter simultanément des racines qui subiront ultérieurement d'autres modes de transformation.

Quel que soit le mode de transformation, les racines sont le plus souvent épluchées avant rouissage (figure 1) ; l'épluchage après rouissage est beaucoup plus fréquent dans le cas des racines destinées à la préparation de la chikwangue et des racines cuites que dans le cas de racines transformées en foufou.

Lorsque le rouissage est principalement destiné à la préparation des racines cuites, le nombre de racines mises à rouir en même temps est sensiblement plus faible que dans le cas de rouissage préalable à des transformations en farine ou en chikwangue (figure 2).

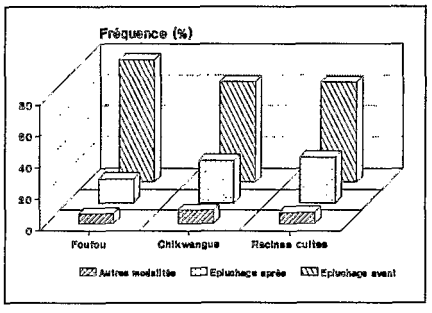


Figure 1
Ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage en fonction du mode de transformation (en % des femmes ayant choisi la modalité considérée lors du dernier rouissage réalisé)

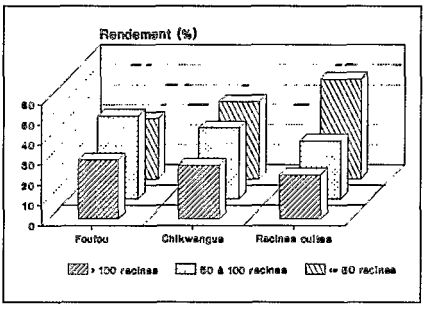


Figure 2
Nombre de racines mises à rouir en fonction du mode de transformation (en % des femmes ayant déclaré avoir traité le nombre de racines considéré lors du dernier rouissage réalisé).

La durée du rouissage est le plus souvent inférieure ou égale à 3 jours pour les racines destinées à faire du foufou ; elle est sensiblement plus longue pour les racines destinées à la préparation de chikwangues ou de racines cuites (figure 3). Signalons que la durée de rouissage peut varier avec la saison étant donnée qu'elle

est fortement dépendante de la température ambiante (Ampe *et al.*, 1995) et que l'enquête s'est déroulée de mai à septembre, laps de temps qui englobe la période la plus froide sur la plus grande partie du pays.

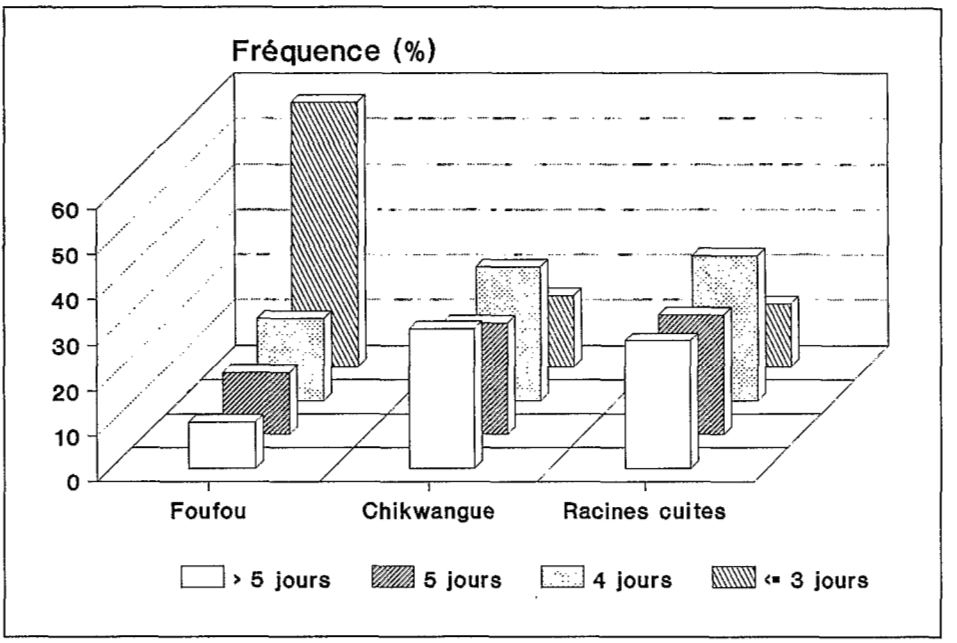


Figure 3 :
Durée de rouissage en fonction du mode de transformation (en % des femmes ayant déclaré avoir roui pendant la durée considérée lors du dernier rouissage réalisé).

1.2. Localisation du rouissage et caractéristiques des milieux utilisés

La localisation du rouissage ne dépend pas du mode de transformation (tableau 2) : dans la plupart des cas, le rouissage s'effectue près du champ ou près du domicile. Les lieux de rouissage sont le plus souvent exposés au soleil.

Le milieu de rouissage le plus utilisé est de loin la rivière (61 % des cas), mais environ 1 rouissage sur 5 est réalisé en étang et autant en récipient.

Lorsque les rouissages sont réalisés en étang, celui-ci est, dans 84 % des cas, spécialement aménagé et, le plus souvent, utilisé par plusieurs personnes. Qu'il s'agisse du rouissage en rivière ou en étang, les racines mises à rouir sont plus souvent disposées sur des feuilles (51 %) qu'à même le fond du lit des cours d'eau ; dans 36 % des cas les racines sont enfermées dans des sacs.

Les récipients utilisés pour le rouissage sont plus souvent des fûts en fer ou en plastique que des calebasses, des grosses marmites ou d'autres ustensiles de cuisine. L'utilisation des fûts en fer est plus répandue que celle des fûts en

Tableau 2

Localisation et caractéristiques des milieux de rouissage utilisés au Congo en fonction du mode de transformation réalisé (en pourcentage des personnes ayant utilisé le milieu présentant les caractéristiques considérées lors du dernier rouissage réalisé)

	Foufou	Chikwangue	Racines cuites	NdS	Ensemble
Localisation du rouissage					
- près du champ	50,4	45,1	52,1		49,1
- près du domicile	36,5	40,6	34,8	ns	37,4
- autre	13,1	14,2	13,1		13,5
Exposition					
- à l'ombre	29,4	31,2	33,9	ns	31,5
- au soleil	70,6	68,8	66,1		68,5
Nature du milieu de rouissage					
- étang	14,1	21,3	20,6		18,8
- rivière	60,6	60,8	61,1	ns	60,8
- récipient	25,3	17,9	18,3		20,4
Existence d'aménagements spéciaux des étangs					
- oui	88,0	84,7	80,9	ns	84,2
- non	12,0	15,3	19,1		15,8
Utilisation à plusieurs d'un même étang					
- oui	54,0	52,1	53,5	ns	53,1
- non	46,0	47,9	46,5		46,9
Disposition des racines (étangs et rivières)					
- sur le fond	12,8	12,1	14,0		13,0
- sur des feuilles	54,9	48,9	49,8	ns	50,8
- dans des sacs	32,3	39,0	36,2		36,2
Nature des récipients utilisés					
- fût en fer	57,3	53,1	43,5		51,9
- fût en plastique	14,8	20,4	17,4	ns	17,3
- autre	27,9	26,5	39,1		30,8
Existence d'un couvercle au dessus des récipients					
- oui	28,8	29,8	28,9	ns	29,1
- non	71,2	70,2	71,1		70,9
Origine de l'eau utilisée dans les récipients					
- point d'eau fixe	54,2	54,2	55,3	ns	54,5
- autre (pluie)	45,8	45,8	44,7		45,5
Réutilisation de l'eau de rouissage des récipients					
- oui	20,3	20,4	17,4	ns	19,5
- non	79,7	79,6	82,6		80,5

NdS : niveau de signification de l'effet du mode de transformation sur la variable considérée *(test du CHI²)*

plastique. Lorsque le rouissage est réalisé dans des récipients, l'eau du précédent rouissage n'est réutilisée que dans 20 % des cas. Les récipients ne sont en général pas recouverts par un couvercle ; l'eau de rouissage provient d'un point fixe dans environ 55 % des cas et de la pluie dans environ 45 % des cas.

1.3. Discussion

Quel que soit le mode de transformation dans lequel il est impliqué, le rouissage du manioc suit donc globalement un même schéma. Toutefois, des différences significatives existent au niveau des fréquences de réalisation de différentes techniques de rouissage en fonction du mode de transformation. Ces différences peuvent avoir plusieurs causes :

- les modalités de rouissage ont davantage de répercussions sur la qualité du produit fini dans le cas du foufou que dans le cas de la chikwangue ou des racines cuites ce qui explique que les rouissages pratiqués en vue de la préparation de farines aient tendance à faire l'objet de davantage d'attention : les racines sont plus fréquemment épluchées avant rouissage avec un instrument tranchant ce qui améliore considérablement la qualité des produits finis, notamment leur couleur (Ampe *et al.*, 1994) ;
- étant donné que la farine et la chikwangue sont des produits pouvant se conserver plus longtemps que les racines cuites et qui sont souvent destinés non seulement à l'autoconsommation mais aussi à la vente, les rouissages réalisés en vue de leur préparation comportent généralement plus de racines que ceux effectués en vue de la préparation de racines cuites ;
- les racines destinées à être transformées en foufou après séchage sous forme de cossettes ont besoin de subir un ramollissement moins important que celles destinées à la préparation de la chikwangue ou des racines cuites ce qui explique que la durée de rouissage des racines destinées à la transformation en foufou soit plus courte ;
- étant donné que les racines cuites sont des produits destinés à l'autoconsommation, les ménagères ont généralement l'habitude de les faire rouir en même temps que des racines destinées à être transformées sous la forme d'autres produits de meilleure aptitude à la conservation. En revanche, la transformation des racines en farine ou en chikwangue demande beaucoup plus de soins et de temps de sorte qu'il est difficile de réaliser simultanément d'autres modes de transformation.

On peut donc distinguer des modalités de rouissage dépendantes du mode de transformation (*technique d'épluchage, ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage, nombre de racines mises à rouir en même temps, durée de rouissage, réalisation d'autres transformations à partir de racines ayant subi un même rouissage*) des autres modalités qui ne le sont pas.

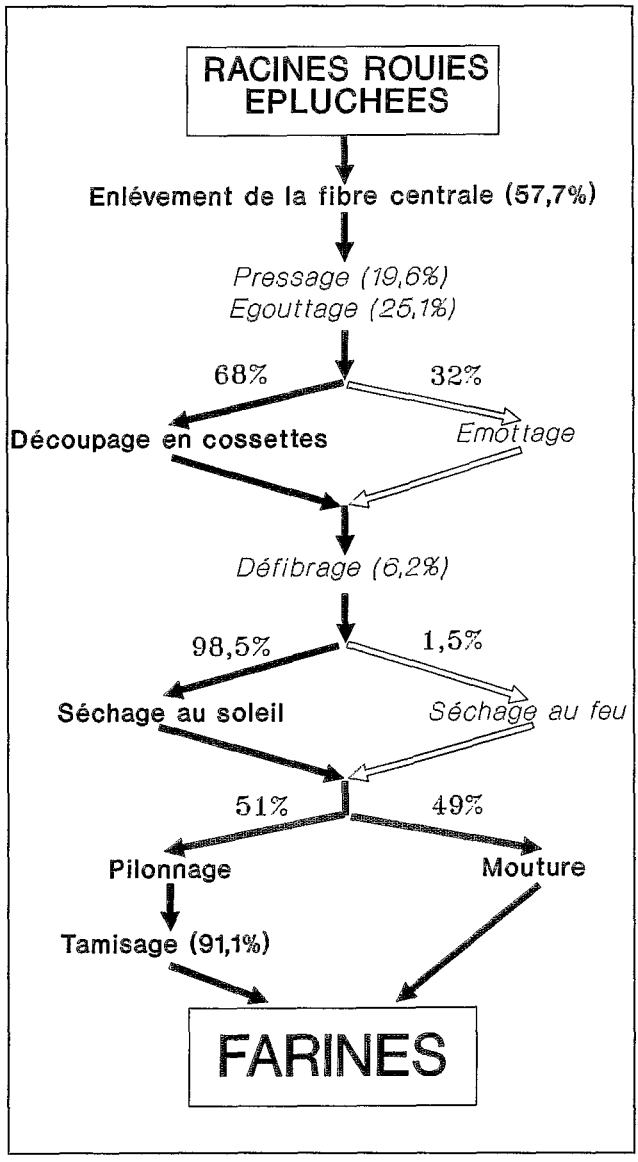


Figure 4
Schéma de fabrication de la farine à foufou (les fréquences de réalisation des opérations facultatives sont indiquées entre parenthèses)

Par ailleurs, un certain nombre de variantes correspondant le plus souvent à des innovations endogènes ont pu être identifiées :
- épluchage des racines après rouissage, solution de facilité qui diminue les qualités organoleptiques des produits finis ;
- utilisation de récipients permettant la réalisation des rouissages à domicile ;
- réutilisation de l'eau des rouissages précédents dans le cas des rouissages en récipient ;
- utilisation de sacs pour éviter de perdre les racines mises à rouir en milieu traditionnel.

2. Opérations spécifiques à la transformation en farines

Le schéma de fabrication du foufou sur lequel sont reportées les fréquences d'utilisation des différents variantes rencontrées est donnée sur la figure 4.

En fin de rouissage, la fibre centrale des racines est le plus souvent enlevée et les racines font parfois l'objet d'un pressage manuel et d'un égouttage qui peut durer de 1 à 5 jours (en moyenne 1,6 jours).

Le séchage sous forme de cossettes est deux fois plus fréquent que celui sous forme de miettes après émottage. Le séchage au soleil, qui est celui pratiqué dans la quasi totalité des cas, peut s'effectuer au niveau du sol (22 % des cas), sur un support spécial (68 %) ou sur des toits de bâtiments (10 %). Lorsque il est réalisé à même le sol, les cossettes ou les miettes sont généralement disposées sur des plastiques (37 % des cas), sur de l'herbe (30 %), sur des tôles (21 %) ou encore sur des nattes en paille, sur du goudron ou directement sur la terre. Lorsque des supports sont utilisés, ils sont généralement en bois (77 % des cas), en métal (13 %) ou en ciment (13 %) et leur hauteur peut varier entre 50 cm et 250 cm (en moyenne 130 cm). Les toits utilisés sont en paille (34 % des cas), en tôle (31 %) ou encore en différents autres matériaux. Pendant la nuit ou en cas de pluie, le manioc mis à sécher est simplement recouvert par une natte dans un peu plus de 50 % des cas ; il est retiré du support et mis à l'abri par environ 40 % des ménagères.

La durée des derniers séchages pratiqués au moment de l'enquête a été en moyenne de 6,2 jours (de 1 à 20 jours avec une valeur médiane de 6 jours). Toutefois, aux dires de 96 % des personnes enquêtées, la durée de séchage varie en fonction des saisons : la durée considérée comme minimale est en moyenne de 4,0 jours (98,7 % l'estiment inférieur à 8 jours) ; la durée annoncée comme maximale est en moyenne de 8,9 jours (97,6 % des ménagères l'estiment inférieure à 15 jours). 86,0 % des préparatrices font commencer le séchage dans la matinée et 85,3 % le font terminer dans l'après midi de façon à profiter au maximum du soleil. Les principales difficultés rencontrées au cours du séchage sont, respectivement, la

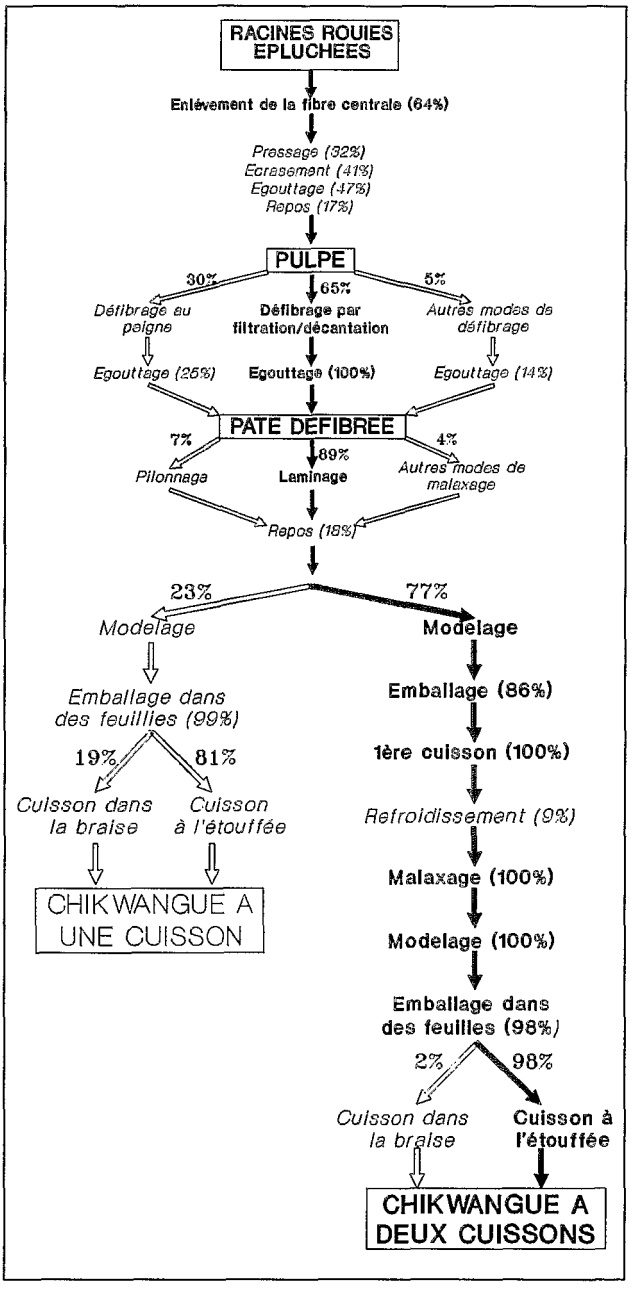


Figure 5
Schéma de fabrication de la chikwangue
(les fréquences de réalisation des opérations facultatives sont indiquées entre parenthèses)

pluie, le manque d'ensoleillement et la divagation des animaux domestiques pour 62 %, 30 % et 7 % des préparatrices.

La réduction en farine est réalisée a peu près aussi souvent par pilonnage et tamisage que par passage dans un moulin : le pilonnage s'effectue généralement dans un mortier en bois à l'aide d'un pilon ; il est suivi dans la presque totalité des cas par un tamisage. Les moulins utilisés sont à moteur dans 84 % des cas et n'appartiennent entièrement ou partiellement à la préparatrice que dans 1,3 % des cas ; ils sont situés dans 17 % des cas à plus de 5 km de son domicile. Le recours au moulin serait en plein développement en raison de la pénibilité du pilonnage et du fait qu'il dispense de tamiser la farine et grâce à l'installation de moulins dans la plupart des centres secondaires.

Le manioc séché est en moyenne conservé 15 jours avant broyage (seuls 4,5 % des préparatrices déclarent le conserver plus de 30 jours) généralement dans des sacs à farine (60 % des cas) ou dans des récipients métalliques (21 %). Après broyage, la farine est conservée moins d'une semaine dans 40 % des cas et plus d'un mois dans 15 % des cas ; elle est alors le plus souvent stockée dans des sacs de farine (31 % des cas) ou dans des récipients métalliques recouverts de couvercle (54 %) pour les protéger des rongeurs qui sont considérés comme la cause principale des difficultés de stockage par 97 % des ménagères. Dans 48 % des cas la farine est uniquement destinée à la consommation de la famille.

3. Opérations spécifiques à la transformation en chikwangues

En ce qui concerne la préparation de la chikwangue (figure 5), la fibre centrale est le plus souvent enlevée en fin de rouissage et les racines épluchées et ramollies font parfois l'objet d'un pressage manuel, d'un écrasement et d'un égouttage d'une durée de 1 à 3 jours qui peuvent être suivis par une période de repos de la pulpe.

Un défibrage fin est alors réalisé. Il est effectué environ 2 fois sur 3 par filtration/décantation : les racines ramollies sont frottées aux parois de paniers en osier (54 % des cas) ou de récipients métalliques troués (40 %) placés au dessus de grosses marmites (69 %), de bassines ou de cuvettes (28 %) remplies d'eau : le panier ou le récipient métallique joue le rôle d'un tamis qui retient les fibres, le reste des racines composé essentiellement d'amidon est entraîné par l'eau et se dépose au fond du récipient rempli d'eau. Après une période de décantation dont la durée moyenne est de 1 h 30 mais qui peut se prolonger pendant 8 h, le surnageant est éliminé et la pâte défibrée peut être récupérée et mise à égoutter le plus souvent dans des sacs de farine en tissus synthétiques (81 % des cas). Cet égouttage dure en moyenne 48 h mais certaines préparatrices le font se prolonger pendant 4 jours.

Lorsqu'il est effectué à sec (35 % des cas), le défibrage fin est réalisé en utilisant une sorte de peigne métallique qui est passé de nombreuses fois dans la pâte préalablement étalée sur un plateau en bois de façon à accrocher et retirer le maximum de fibres.

Le malaxage de la pâte égouttée est généralement effectué par laminage de la pâte sur un plateau en bois à l'aide d'une meule, mais dans certaines régions des femmes préfèrent utiliser un pilon et un mortier pour réaliser cette opération. Dans 22 % des cas de l'eau est rajoutée à la pâte au cours de l'opération de malaxage qui est parfois suivie d'une période de repos de la pâte.

Après le malaxage, les modes de transformation différent selon que la ménagère souhaite préparer une chikwangue à une cuisson (23 % des cas) ou une chikwangue à deux cuissons (77 % des cas).

En ce qui concerne la préparation de chikwangue à une cuisson, la suite des opérations se limite à un modelage de la pâte sous la forme désirée, à un emballage dans des feuilles et en une cuisson. La forme la plus couramment rencontrée est le *moussombo*, sorte de bâton de 30 cm à 50 cm de long et de diamètre relativement réduit (3 cm à 5 cm). La cuisson peut se faire dans la braise mais, le plus souvent, elle a lieu dans l'eau.

Pour préparer les chikwangues à deux cuissons, la pâte malaxée est le plus souvent modelée en une grosse boule de 20 à 30 cm de diamètre qui est enveloppée dans des feuilles (85 % des cas) ou des morceaux de sac (15%) avant d'être placée dans une marmite (84 % des cas) ou un morceau de fût (12 %) muni d'un dispositif (tapis de feuilles, support en bois, grillage) permettant d'éviter que la pâte soit en contact avec le fond du récipient. Cette première cuisson ou précuisson dure le plus souvent entre 45 et 60 minutes (dans 28 % des cas elle est inférieure à 45 minutes et dans 17 % elle excède 1 heure) : l'amidon contenu dans les couches périphériques de la boule se gélatinise, alors que celui du centre de la boule reste peu affecté.

Aussitôt après la précuisson, la pâte est malaxée en utilisant les mêmes outils que pour le premier malaxage ; ce malaxage dont la finalité essentielle est de mélanger les parties gélatinisées à celles qui ne le sont pas, est réalisé avant que la pâte n'ait le temps de refroidir dans 91 % des cas. Pendant sa réalisation, 18 % des préparatrices rajoutent de l'eau.

La pâte est ensuite modelée sous la forme souhaitée et enveloppée dans des feuilles qui sont entourées de ficelle ou de fibres végétales. La seconde cuisson ou cuisson terminale a généralement lieu dans le même récipient que la précuisson : elle se fait à l'étouffée, la plupart des chikwangues n'étant pas immergées, et dure le plus souvent entre 1 h et 1 h 30 (32 % des femmes cuisent pendant moins d'une heure alors que 29 % cuisent pendant plus de 1 h 30).

Les feuilles utilisées proviennent de la forêt. Leur nature est variable et dépend des habitudes des fabricantes ; toutefois les plus utilisées sont les feuilles de maranthacées.

En moyenne, les femmes préparent 12 chikwangues par préparation mais le nombre de chikwangues préparées varie entre 1 et 60. Dans 16 % des cas, elles sont consommées uniquement dans la famille. Elles sont généralement utilisées dans les deux jours qui suivent leur préparation (dans seulement 5 % des cas elles sont consommées après 4 jours). En moyenne, les préparatrices estiment que les chikwangues deviennent moins bonnes après 4,5 jours et immangeables après 7,5 jours.

4. Préparation des racines cuites

Concernant la préparation de racines cuites (figure 6), les variantes observées concernent essentiellement le mode de cuisson : le mode prépondérant est la cuisson dans l'eau, mais environ une fois sur trois elle est réalisée dans la braise. Après cuisson les racines ou morceaux de racines peuvent être écrasés : en définitive, elles sont consommées sous forme de racines entières ou de morceaux dans 79 % des cas et sous forme de pâte ou de purées résultant du laminage ou du pilonnage des racines dans 21 % des cas.

Conclusion

La transformation après rouissage des racines de manioc en foufou, chikwangue et racines cuites se retrouve sur quasiment toute l'étendue du territoire congolais. A toutes les étapes, des différents modes de transformation il existe des variantes dont les fréquences de réalisation sont plus ou moins importantes selon les régions (Trèche *et al.*, 1993).

Au niveau du rouissage, les variantes principales concernent l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et le fait de mettre les racines à rouir dans des récipients. La vente du manioc sous la forme de pâte rouie est une innovation apparue il y a une quinzaine d'année et qui permet de conserver et de transporter le manioc à une étape intermédiaire de sa transformation (Kibamba *et al.*, 1995) : elle a permis la prolifération d'ateliers de transformation dans les grandes villes (Trèche et Muchnik, 1993 ; Ikama et Trèche, 1995).

Les autres opérations nécessaires à la production de farine et de racines cuites ne semblent pas avoir bénéficié d'innovations récentes si ce n'est la généralisation de l'utilisation de moulins pour la réduction en farine.

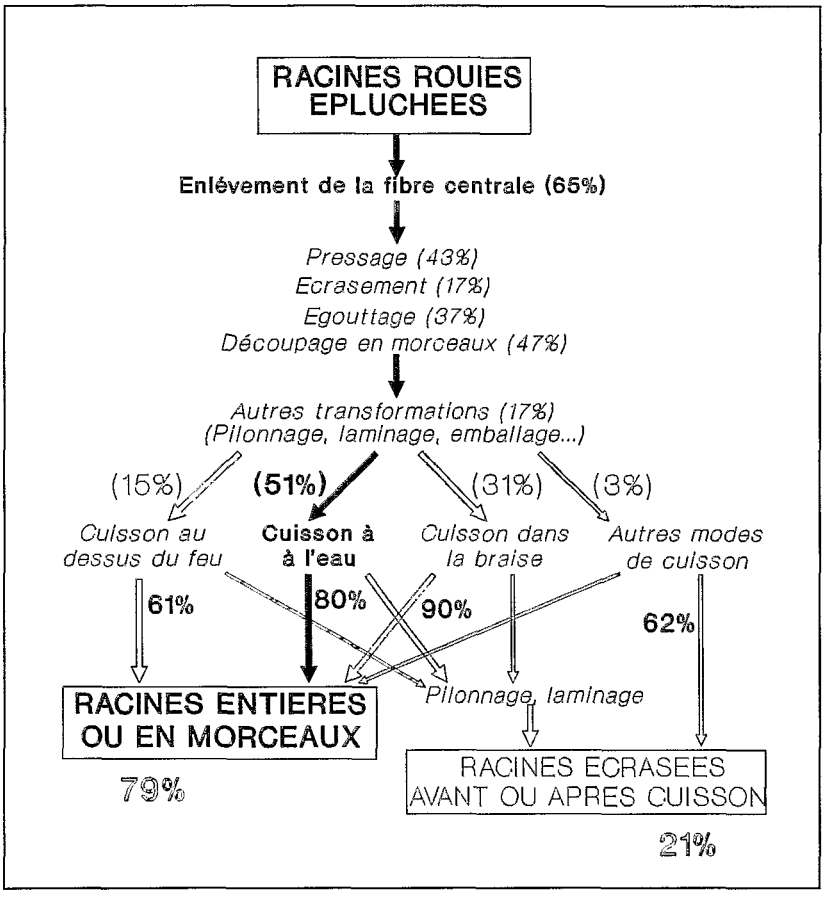


Figure 6
Schéma de fabrication des racines cuites (les fréquences de réalisation des opérations facultatives sont indiquées entre parenthèses)

Au niveau de la transformation en chikwangue, la généralisation du défibrage par filtration/décantation semble être l'innovation la plus récente, mais certaines autres étapes, en particulier les malaxages, sont longues et pénibles.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226).

Bibliographie

AMPE (F.), AGOSSOU (A.), TRECHE (S.), BRAUMAN (A.), 1995 - « Etude des facteurs influençant la durée du rouissage et la qualité du foufou en Afrique Centrale ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - Cassava retting : optimisation of a traditional fermentation by an experimental research methodology. *J. Sci. Food Agric.*, 65 : 355-361.

BMDP, 1984. *BMDP Statistical software*, 3rd edition, Los Angeles, University of California Press.

GAMI (N.), TRECHE (S.), 1995 - « Le rouissage sous terre des racines de manioc : une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo) ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

IKAMA (R.), et TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

KIBAMBA (E.), TESSIER (Y.), TRECHE (S.), 1995 - « Transformation et commercialisation du manioc dans le district rural de Mouyondzi au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

RUMEAU-ROUQUETTE (C.), BREART (G.), PADIEU (R.), 1985 - « Méthodes d'échantillonnages ». *In Méthodes en épidémiologie*, Flammarion Médecine Science : 40-149.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1991. Demain, le manioc sera-t-il encore l'aliment de base des congolais ? - *Alimentation, Nutrition et Agriculture*, 1, n° 1, pp. 19-26.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *Fabrication de Chikwangue au Congo.* Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « Réseau TPA », 98 pages.

TRECHE (S.), MUCHNIK (J.), 1993 - « Changement technique et alimentation urbaine : identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville ». *In Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales*, coordonné par José Muchnik, Paris, l'Harmattan : 339-369.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Temps de travail et dépense énergétique nécessaires à la transformation du manioc en chikwangue au Congo

Working time and gross energy expenditure necessary for cassava processing into chikwangue in the Congo

C. BOURANGON-DIT-ONTALI*, J. MASSAMBA**, S. TRECHE*

**Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*
***Laboratoire d'Etudes sur la Physiologie, l'Alimentation et la Nutrition, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville (Congo)*

- Résumé -

Afin de mieux définir les innovations technologiques nécessaires à l'amélioration de la transformation traditionnelle des racines de manioc en chikwangue au Congo, nous avons cherché à estimer la durée et la pénibilité des étapes de la préparation de différents types de chikwangues en milieux rural et urbain.

En zones rurales, les observations ont été réalisées auprès de 8 femmes préparant du *Ngudi-yaka* dans la région du Pool et auprès de 5 préparatrices de *Moungouélé* dans la région de la Cuvette. A Brazzaville, les observations ont été effectuées auprès de 5 fabricantes de *Moungouélé*, 8 de *Fabriqué* et 5 de *Moussombo*. Au cours de chacune de ces observations, les temps de travaux ont été chronométrés et la pénibilité de chacune des tâches a été estimée afin d'évaluer les dépenses énergétiques en utilisant des coefficients multiplicatifs du métabolisme de base correspondant à ce type d'activité. En zones rurales, le laminage et le malaxage sont les étapes les plus longues de la transformation. A Brazzaville, le temps de préparation du *Moussombo*, chikwangue vendue non cuite, est sensiblement plus court que celui du *Fabriqué* et du *Moungouélé*.

On constate en outre que les dépenses énergétiques directement liées à la préparation de la chikwangue en zones rurales sont environ 35% plus importantes pour le *Ngudi-Yaka* que pour le *Moungouélé*; à Brazzaville, elles sont environ 25% plus faibles pour le *Moussombo* que pour le *Fabriqué* et le *Moungouélé*. Il existe donc des différences importantes au niveaux des temps et de la pénibilité des travaux nécessaires à la transformation des racines de manioc en chikwangue en zones rurales: ces différences semblent davantage liées aux contraintes du milieu naturel (topographie et éloignement des champs) et aux habitudes technologiques (soins apportés au laminage) qu'au type de chikwangue. À Brazzaville, les différences sont moins importantes mais, bien que la transformation soit effectuée à partir de pâte rouie, les temps de travail et la dépense énergétique sont souvent plus élevés qu'en zones rurales.

- Abstract -

Traditional processing of cassava roots into chikwangue in the Congo is a long and fastidious task. In order to propose necessary technological improvements, studies were carried out to estimate the duration and the arduousness of each stage necessary in the production of different types of chikwangue in rural and urban areas.

In rural areas, observations were made on 8 women producing *Ngudi-yaka* in the Pool region and on 5 *Moungouélé* processors in the Cuvette region. In Brazzaville, observations were made on 5 *Moungouélé* producers, 8 for *Fabriqué* and 5 for *Moussombo.* During each of these observations, the duration of work was timed and the arduousness of each task was estimated in order to evaluate the gross energy expenditure in specific activities, expressed in terms of the basal metabolic rate multiplied by a metabolic coefficient.

In rural areas, laminating and kneading are the most time consuming stages in processing. Though the time spent in packaging in leaves is very short, *Ngudi-yaka* produced in the Pool region has a shorter production time than that of *Moungouélé* produced in the Cuvette region due to the extremely long time spent in laminating the paste. In Brazzaville, the time spent in producing *Moussombo,* chikwangue which is sold uncooked, is shorter than that of *Fabriqué* and of *Moungouélé .*

The same differences observed in the working times are also found between the energy expenditure levels: in rural areas, those directly linked to production are around 35% more for *Ngudi-yaka* than for *Moungouélé* and in Brazzaville, they are around 25% lower for Moussombo than for *Fabriqué* and *Moungouélé.* Moreover, if the energy necessary to move to the different sites of production within a rural area are taken into account, the expenditures are tripled for *Ngudi-yaka* and doubled for *Moungouélé.* In general, the energy expenditure necessary in the processing of roots from harvest up to the final cooking of chikwangue represents 18 and 8% of the metabolizable energy in the final product, respectively for *Ngudi-yaka* and *Moungouélé.*

In rural areas, there therefore exist important differences in the working times and the degree of arduousness in tasks necessary for the processing of cassava into chikwangue. These differences appear to be linked to the contraints of the natural environment (topography and distance from farms) and to the technological practices (care taken in laminating) than on the type of chikwangue. In Brazzaville, the differences are less important, but in spite of the fact that processing is done on retted paste, the working times and energy expenditures are often higher than in rural areas.

Introduction

Les transformations traditionnelles des racines de manioc en chikwangue sont particulièrement longues et pénibles (Trèche *et al.*, 1993; Trèche et Massamba, 1995). Afin de mieux identifier les opérations unitaires pour la réalisation desquelles des innovations seraient susceptibles de réduire la durée et la pénibilité du travail, des observations ont été réalisées en milieux rural et urbain afin de déterminer la durée de chacune des étapes de la transformation traditionnelle du manioc en chikwangue et les dépenses énergétiques qui y sont associées.

Matériels et Méthodes

1. Réalisation des observations

Les observations ont été réalisées par le premier auteur sur les lieux habituels et au cours de cycles complets de transformation de racines de manioc en chikwangue en s'aidant d'un chronomètre et d'une balance de précision 100 g. Le schéma de préparation des chikwangues suivi par l'ensemble des préparatrices est celui le plus souvent utilisé au Congo (Trèche et Massamba, 1995). Il comprend les opérations suivantes: récolte, épluchage/rouissage, défibrage par décantation, égouttage, laminage (à l'aide d'un plateau et d'une meule en bois), repos de la pâte (facultatif), précuisson, malaxage/modelage, emballage, cuisson terminale.

En zones rurales, l'observateur a chronométré le temps nécessaire, à partir de la récolte, à la réalisation des différentes étapes de la fabrication du *Ngudi-yaka* (grosse chikwangue de plus de 5 kg) auprès de 8 femmes du village de Ngamikolé situé dans la région du Pool à une centaine de kilomètres au Sud-Ouest de Brazzaville et du *Moungouélé* (chikwangue d'environ 1 kg) auprès de 5 femmes du village de Mbesse localisé dans la région de la Cuvette à environ 400 km au nord de Brazzaville.

Les quantités de racines transformées et les trajets parcourus entre le champ, la rouisserie, l'atelier, le point d'eau et les lieux de récolte du bois de feu et des feuilles d'emballage ont également été mesurés.

Les mêmes observations ont été réalisées à Brazzaville auprès de respectivement 5, 8 et 5 préparatrices de *Moungouélé*, de *Fabriqué* et de *Moussombo* utilisant de la pâte rouie au lieu des racines brutes comme matière première.

2. Estimation des temps de travail et des dépenses énergétiques

A partir du temps mesuré pour la réalisation des différentes étapes pratiquées sur des quantités variables de racines, les temps de travail nécessaires

pour transformer 25 kg de racines brutes ont été calculés en utilisant une simple régle de trois pour les opérations dont la durée est proportionnelle à la quantité de racines transformées; pour les étapes dont la réalisation est indépendante de la quantité traitée, des durées standards d'occupation des préparatrices ont été estimées.

Les dépenses énergétiques des préparatrices directement et indirectement liées à la transformation ont été calculées à l'aide des coefficients multiplicatifs du métabolisme de base habituellement utilisés pour évaluer les dépenses énergétiques brutes associées à différentes activités (FAO/OMS/UNU, 1986). Les coefficients retenus ont été :

- 2,8 à 7,0 pour les déplacements en fonction du relief du terrain et de la charge supportée
- 4,6 pour le laminage de la pâte;
- 4,1 pour la plupart des activités occasionnant des dépenses non proportionnelles à la quantité de racines traitées (rouissage, égouttage, repos de la pâte)
- 3,7 pour le malaxage et le modelage
- 3,1 pour la récolte;
- 2,9 pour l'emballage
- 1,8 pour le défibrage, la précuisson et la cuisson
- 1,7 pour l'épluchage.

Résultats

1. Durée moyenne des différentes étapes

La comparaison des durées moyennes des transformations et de celles de chacune des différentes étapes permet de constater (tableaux 1 et 2; figure 1):

- que le laminage et le malaxage sont, en zones rurales, les étapes les plus longues;
- que l'emballage du *Ngudi-yaka* , probablement en raison de sa taille plus importante, est beaucoup plus rapide que celui des autres types de chikwangue;
- que la durée totale de préparation du *Ngudi-yaka* est plus longue que celle du *Moungouélé* ce qui semble être principalement dû au temps passé à laminer la pâte dans le village de Ngamikolé;
- que pour le *Moussombo,* chikwangue vendue non cuite, le temps de préparation est sensiblement plus court que pour les autres types de chikwangue produits à Brazzaville;
- que la durée de préparation du *Fabriqué* et du *Moungouélé* à Brazzaville

est plus longue que celle des chikwangues préparées en milieu rural bien qu'elle utilise de la pâte rouie comme matière première.

Tableau 1

Durées (en minutes décimales) de l'activité consacrée par les préparatrices aux différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangue en milieu rural (durées calculées pour 25 kg de matière première)

		Ngudi-yaka (Ngamikolé)	*Moungouélé* (Mbesse)
Nombre de femmes observées		*8*	*5*
Récolte	(1)	3,2 ± 0,5	4,1 ± 0,3
	(2)	(2,6 - 3,8)	(3,9 - 4,6)
Epluchage	(1)	28,8 ± 7,2	19,3 ± 7,9
	(2)	(22 - 42)	(9 - 28)
Rouissage	(3)	15,0	15,0
Défibrage fin	(1)	32,1 ± 18,4	26,5 ± 4,8
	(2)	(19 - 76)	21 - 34)
Egouttage	(3)	15,0	15,0
Laminage	(1)	101,1 ± 11,8	42,3 ± 10,7
	(2)	(84 - 114)	(32 - 60)
Repos de la pâte	(3)	15,0	15,0
Précuisson	(3)	15,0	15,0
Malaxage-	(1)	45,1 ± 14,7	32,9 ± 6,2
Modelage	(2)	(32 - 69)	(23 - 40)
Emballage	(1)	18,7 ± 6,1	41,5 ± 12,0
	(2)	(13 - 32)	(21 - 51)
Cuisson	(3)	15,0	15,0
TOTAL	(1)	304,7	241,6
	(2)	(248 - 349)	(197 - 267)

(1) Moyenne ± écart-type
(2) Valeurs extrêmes
(3) Durée d'occupation standard

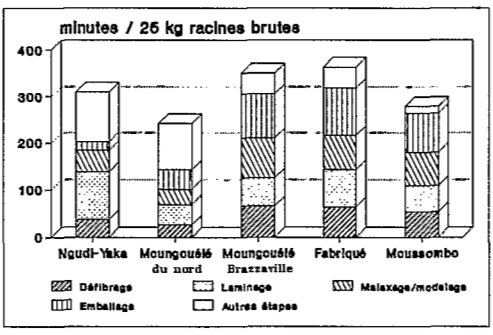


Figure 1

Comparaison des durées des transformations des racines de manioc en différents types de chikwangue

Tableau 2

Durées (en minutes décimales) de l'activité consacrée par les préparatrices aux différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangue en milieu urbain (durées calculées pour 25 kg de matière première)

		Moungouélé	*Fabriqué*	*Moussombo*
Nombre de femmes observées		5	8	5
Défibrage fin	(1)	65,2 ± 10,8	63,2 ± 21,2	53,0 ± 9,3
	(2)	(48 - 75)	(32 - 86)	(43 - 63)
Egouttage	(3)	15,0	15,0	15,0
Laminage	(1)	60,0 ± 21,0	79,5 ± 30,0	55,5 ± 16,8
	(2)	(37 - 83)	(32 - 102)	(37 - 78)
Précuisson	(3)	15,0	15,0	--
Malaxage	(1)	55,0 ± 21,5	44,5 ± 24,0	--
	(2)	(34 - 86)	(12 - 72)	
Modelage	(1)	29,8 ± 6,3	28,5 ± 7,0	71,5 ± 5,5
	(2)	(23 - 37)	(15 - 36)	(65 - 75)
Emballage	(1)	95,0 ± 28,8	101,8 ± 19,8	83,0 ± 15,0
	(2)	(68 - 143)	(79 - 143)	(68 - 108)
Cuisson	(3)	15,0	15,0	--
TOTAL	(1)	347,3	362,5	278,0
	(2)	(313 - 395)	(222 - 440)	(252 - 327)

(1) Moyenne ± écart-type
(2) Valeurs extrêmes
(3) Durée d'occupation standard

2. Dépenses énergétiques

Pour chaque étape des transformations, la dépense énergétique occasionnée étant directement proportionnelle à sa durée, ce sont les transformations les plus longues qui sont les plus dispendieuses en énergie: en zones rurales les dépenses énergétiques sont plus importantes pour le *Ngudi-yaka* à Ngamikolé que pour le *Moungouélé* à Mbesse (tableau 3); à Brazzaville, elles sont plus élevées pour le *Moungouélé* et le *Fabriqué* que pour le *Moussombo* (tableau 4).

Les étapes qui occasionnent les plus importantes dépenses d'énergie sont le laminage, le malaxage/modelage et l'emballage. De plus, le malaxage manuel de la pâte précuite est sans doute l'étape la plus désagréable, étant donné qu'elle s'effectue à chaud.

En zones rurales, si l'on tient compte de l'énergie dépensée pour les déplacements entre les différentes localisations des activités (tableau 5), les dépenses énergétiques sont triplées à Ngamikolé, village situé dans une région très escarpée, et doublée à Mbesse, village situé dans une zone relativement plate. En définitive, les dépenses énergétiques nécessaires à la transformation de 25 kg de

Tableau 3

Energie moyenne (en kcal) dépensée par les préparatrices pour les différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangue en milieu rural (Energie calculée pour 25 kg de matière première)

	Ngudi-yaka (Ngamikolé)	*Moungouélé* (Mbesse)
Nombre de femmes observées	8	5
Récolte	9 ± 2	12 ± 1
Epluchage	44 ± 11	30 ± 12
Rouissage (1)	55	55
Défibrage	52 ± 30	43 ± 8
Egouttage (1)	55	55
Laminage	419 ± 49	172 ± 46
Repos de la pâte (1)	55	55
Précuisson (1)	24	24
Malaxage-Modelage	150 ± 49	110 ± 21
Emballage	49 ± 15	108 ± 31
Cuisson (1)	24	24
TOTAL	935	688

Moyenne ± écart-type
(1) Dépenses calculées en utilisant une durée d'occupation standard

Tableau 4

Energie moyenne (en kcal) dépensée par les préparatrices pour les différentes étapes de la transformation des racines de manioc en chikwangue en milieu urbain (Energie calculée pour 25 kg de matière première)

	Moungouélé	*Fabriqué*	*Moussombo*
Nombre de femmes observées	5	8	5
Défibrage	105 ± 18	102 ± 35	85 ± 15
Egouttage (1)	55	55	55
Laminage	247 ± 87	330 ± 125	255 ± 60
Précuisson (1)	24	24	–
Malaxage	182 ± 70	147 ± 80	–
Modelage	100 ± 20	95 ± 23	239 ± 17
Emballage	247 ± 75	267 ± 52	217 ± 40
Cuisson (1)	24	24	–
Total	984	1044	851

Moyenne ± écart-type
(1) Dépenses calculées en utilisant une durée d'occupation standard

racines brutes sont de l'ordre de 2 850 kcal pour le *Ngudi-yaka* de Ngamikolé (soit environ 18% de l'énergie métabolisable contenue dans les chikwangues produites) et de l'ordre de 1 230 kcal pour le *Moungouélé* de Mbesse (soit environ 8% de l'énergie métabolisable des chikwangues produites).

Tableau 5

Energie moyenne (en kcal), dépensée par les préparatrices à l'occasion des déplacements liés à la transformation de 25 kg de racines brutes en zones rurales

Déplacement	*Ngudi-yaka* (Ngamikolé)	*Moungouélé* (Mbesse)
Nombre de femmes observées	8	5
Village -> Champ	477 ± 230	95 ± 26
Champ -> Rouisserie	17 ± 15	64 ± 12
Rouisserie -> Atelier	574 ± 330	67 ± 18
Village -> Point d'eau	23 ± 15	5 ± 1
Village -> Lieu de récolte des feuilles	503 ± 210	281 ± 33
Village -> Lieu de récolte du bois	333 ± 216	40 ± 17
TOTAL	1927	552

Conclusion

En zones rurales, il existe des différences importantes aux niveaux de la durée et de la pénibilité du travail nécessaire à la transformation des racines brutes en chikwangue; ces différences semblent davantage dues au milieu écologique (topographie et éloignement des champs) et aux habitudes technologiques (soin apporté au laminage) qu'au type de chikwangue.

En zones urbaines, où la transformation est effectuée à partir de pâte rouie, les différences de temps de travaux et de pénibilité sont moins importantes; la préparation du *Moussombo,* chikwangue à une cuisson, est plus rapide que celle du *Moungouélé* et du *Fabriqué.*

Bien que les transformations effectuées dans les ateliers urbains s'effectuent à partir de pâte rouie, elles sont souvent plus longues et nécessitent une dépense énergétique plus importante que celles réalisées en milieu rural si l'on fait abstraction des déplacements nécessaires entre les champs, la rouisserie, le village et pour l'approvisionnement en eau, en bois de feu et en feuilles d'emballage.

Le laminage de la pâte sur un plateau en bois à l'aide d'une meule qui précède la précuisson et le malaxage/modelage de la pâte qui a lieu après cette précuisson sont, avec l'emballage, les opérations les plus longues et qui occasionnent le plus de dépenses d'énergie. Les innovations à mettre au point pour alléger le travail nécessaire à la préparation de la chikwangue doivent donc viser en priorité ces étapes importantes de la transformation du manioc en chikwangue.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le cadre du programme STD2 «Sciences et

Technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le ministère francais de la coopération et du développement dans le cadre de la procédure de financement «Réseau TPA» (n° du financement 010900 du 19/11/90)

Bibliographie

FAO/OMS/UNU, 1986. Besoins énergétiques et besoins en protéines. Série Rapport technique n°724, Genève, Suisse.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995. «Les procédés traditionnels de transformation du manioc au Congo». In Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S. (eds): *Transformation alimentaire du manioc*,Paris. Editions Orstom.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993. Fabrication de Chikwangue au Congo. Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le Ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement "Réseau TPA", 98 pages.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Le rouissage sous terre des racines de manioc : une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo)

Underground retting of cassava : A technique specific to the Kukuya Highlands in the Congo

N. GAMI ET S. TRECHE

Laboratoire d'Études sur la Nutrition et l'Alimentation, Centre DGRST-ORSTOM (UR 44), Brazzaville, (Congo)

– Résumé –

Le rouissage permet le ramollissement et la détoxication des racines de manioc nécessaires à leur transformation en foufou et en chikwangue. Sur le plateau Kukuya situé à 450 km au nord-ouest de Brazzaville (Congo), la nature du sol fait que l'eau s'infiltre rapidement et que l'on ne rencontre ni cours d'eau ni mare. Le rouissage sous terre des racines pratiqué par les habitants de ce plateau, les Téké Kukuya, permet de pallier ce problème. Cette technique auparavant non décrite a été observée en suivant une démarche anthropologique.

La rouissage pratiqué par les Téké Kukuya s'effectue en trois étapes principales :

- la mise en terre des racines fraîchement récoltées et non épluchées après qu'elles aient été découpées en morceaux de 12 à 25 cm ; pour cela un trou, généralement circulaire, est creusé dans le sol et rempli d'un mélange d'eau et de terre argileuse dans lequel les racines sont enfoncées ; ce trou est ensuite recouvert de terre sèche, de branchages et d'herbes.
- la sortie de terre à lieu 3 jours après ; les racines ramollies sont retirées du sol, épluchées sur place avec un couteau et transportées au domicile.
- une rouissage complémentaire se déroule au domicile dans des grands récipients remplis d'eau ; sa durée est variable selon les besoins en chikwangues du ménage mais ne peut excéder une semaine.

Le rouissage sous terre des racines de manioc est une technique spécifique au plateau Kukuya dont la justification semble être le souci des habitants d'économiser l'eau. Des recherches complémentaires sont nécessaires pour connaître les mécanismes microbiologiques et biochimiques mis en jeu pendant la phase de rouissage sous terre, pour juger de son efficacité à détoxiquer les racines et pour comprendre le rôle du rouissage complémentaire.

– Abstract –

Retting allows the softening and detoxification of cassava roots, a prerequisite for their processing into fufu and chikwangue. In the Kukuya Highlands, situated 450 km north-west of Brazzaville in the Congo, the nature of the soil is such that water goes through very quickly with the effect that there is neither a river nor a stagnant pool. Underground retting of roots as practised by the inhabitants of this highland, the Téké Kukuyas, has permitted circumventing this problem. This technique, never before described, has been observed following an anthropological approach.

The retting as practised by the Téké Kukuyas is carried out in 3 main stages :

- burial of freshly harvested and unpeeled roots which had earlier been chopped into 12-25 cm chunks ; A hole, usually circular, is dug in the ground and filled with a mixture of water and clay soil in which the roots are put ; It is then covered with dry soil, branches and grass.
- Removal from the ground takes place after 3 days ; The softened roots are removed from the soil, peeled with a knife and transported home.
- complementary retting takes place at home in large aluminium basins ; The retting time is variable according to the needs in the home for chikwangue but it never exceeds a week.

Underground retting of cassava roots is a technique specific to the Kukuya Highlands that appears to justify the need of the inhabitants to save water. Further research is necessary to understand the microbiological and biochemical mechanisms occurring during the underground retting phase so as to assess its' efficiency in root detoxification and the role of complementary retting.

Introduction

Le rouissage des racines de manioc est une technique très répandue en Afrique centrale. Cette opération permet la détoxication des racines et leur ramollissement facilitant ainsi la réalisation des opérations qui succèdent au rouissage. Le rouissage influe également sur les caractéristiques organoleptiques, en particulier, le goût, l'odeur et la texture, des produits les plus couramment élaborés au Congo : la chikwangue et la farine de manioc servant à la préparation du foufou.

Les variantes observées au niveau du rouissage sont nombreuses (Massamba et Trèche, 1993 ; Trèche et Massamba, 1995) ; leur apparition résulte souvent de contraintes imposées par l'environnement. Ainsi, sur le plateau Kukuya est pratiquée une forme de rouissage très particulière : le rouissage sous terre.

Les Kukuya sont l'un des sous groupes de l'ethnie Téké vivant en Afrique Centrale. Le plateau Kukuya est situé à 860 m d'altitude et couvre une superficie d'environ 410 km^2. Il se trouve à 450 km au nord-ouest de Brazzaville. L'une des caractéristiques de ce plateau est l'absence notoire de cours d'eau et la rareté des zones marécageuses : en raison de la nature du sol, les eaux de pluie s'infiltrent rapidement et ne réapparaissent qu'à la périphérie et en contrebas du plateau. Cette pénurie d'eau sur le plateau est à l'origine des corvées que doivent accomplir les femmes en saison sèche pour approvisionner en eau leur famille à partir de quelques citernes et des zones situées à la périphérie du plateau ; elle permet d'expliquer l'apparition du rouissage sous terre des racines de manioc, technique spécifique au plateau Kukuya.

Méthodologie

Les informations recueillies résultent d'une démarche anthropologique qui a eu pour support méthodologique l'observation non participante. L'enquête a été menée en saisons sèches et en saisons des pluies en 1989 et 1990. Les observations ont été effectuées auprès de femmes rurales habitant la zone « Souo » et de celles du milieu semi-urbain constitué par le quartier « Mfoa » du centre secondaire de Lékana. Les femmes ont été suivies depuis la récolte des racines de manioc jusqu'à la fin de leur transformation, tout particulièrement pendant la période de rouissage sous terre et la période de rouissage complémentaire à domicile.

Résultats

1. La préparation des racines pour le rouissage

La récolte des racines de manioc se fait tôt le matin avant le début des travaux des champs, le soir au retour des champs ou encore à n'importe quel moment de la journée le jour de *mpika* (jour de repos dans le calendrier traditionnel). Les femmes portent les racines (*kibira bifuwo*) dans un panier en liane (*mutèrè*) ou dans une cuvette jusqu'aux trous de rouissage (*idzari*). Le contenu du panier est déposé à même le sol. A l'aide d'un couteau, les racines non épluchées sont débitées en morceaux de 12 à 25 cm de longueur. Ce travail de découpage des racines de manioc, qui a généralement lieu juste avant la mise en terre, est réalisé avec un couteau ou la partie tranchante d'une houe (*témè*).

2. La mise sous terre des racines

Le trou de rouissage s'appelle *idzari* ; il mesure entre 80 et 100 cm de diamètre et a une profondeur d'environ 40 cm ce qui délimite un volume suffisant pour faire rouir les racines qui seront transformées en une seule fois. L'*idzari* est généralement creusé dans un endroit découvert situé dans des zones non boisées. Son emplacement varie suivant les milieux : à côté des champs en milieu rural ; à mi-chemin entre les champs et la résidence, mais aussi parfois dans la parcelle même, en milieu semi-urbain. On retrouve fréquemment dans un même endroit 4 à 5 *idzari* appartenant à des co-épouses ou à des femmes entretenant entre elles de bonnes relations.

Au moment de la mise en terre, la femme commence par enlever l'herbe sèche qui recouvre la boue restée dans l'*idzari* après le retrait des racines ayant subi le précédent rouissage. A l'aide d'une houe et sans pénétrer dans le trou, elle humidifie la terre argileuse ce qui lui permet d'obtenir à la fin de l'opération une pâte boueuse (*kissèlè*) dans laquelle seront enfoncées les racines de manioc.

La femme pénètre alors dans le trou qu'elle piétine dans tous les sens pour parfaire le travail d'homogénéisation du mélange eau/terre débuté à la houe. C'est de cette phase que la technique tire son nom : *kidzara* signifie piétiner en langue Kukuya. Elle prend ensuite les morceaux de racines de manioc et les jette dans la boue qu'elle continue à piétiner. A la fin de cette opération, la femme sort du trou et le recouvre d'un monticule de terre (*ussi-ima*). Ce monticule est lui-même recouvert par des branchages et de l'herbe sèche ou fraîchement arrachée aux abords des *idzari*. L'ensemble de l'opération de mise en terre dure une trentaine de minutes environ.

3. La sortie de terre des racines

La sortie de terre des racines (*kituka bifuwo*) est généralement effectuée au cours du troisième jour de rouissage ; si la durée de rouissage excède 4 ou 5 jours,

les produits dérivés seront de mauvaise qualité. La femme écarte l'herbe, enlève la terre et recherche dans la boue les morceaux de racines qu'elle retire un à un.

Juste après avoir été sortie de l'*idzari*, les racines rouies sont épluchées (*kitèrè bifuwo*) sur place. D'une façon générale l'écorce s'enlève facilement à la main ; en cas de besoin la femme peut s'aider d'un petit couteau. L'épluchage permet d'obtenir des racines propres : la boue qui les entoure au sortir du trou reste attachée à l'écorce et est éliminée en même temps qu'elle.

4. Le rouissage complémentaire

Les racines rouies sous terre sont ensuite transportées à la maison dans un panier (*mutèrè*) ou dans une cuvette en aluminium. Des feuilles de bananier ou d'autres plantes sont disposées au fond du panier pour contenir le jus qui s'écoule des racines.

Le rouissage complémentaire se déroule à la maison dans des récipients, le plus souvent des marmites, casseroles ou cuvettes en aluminium dans lesquelles est versée la quantité minimale d'eau permettant de recouvrir les racines. Sa durée varie en fonction des besoins en chikwangue du ménage (de 1 à 7 jours). Si le rouissage complémentaire se prolonge au-delà de 7 jours, on obtient des chikwangues de mauvaise qualité au niveau du goût, de la couleur et de la texture.

5. Formes de consommation du manioc chez les Téké Kukuya

Comme dans les autres régions du Congo, les principales formes de consommation sur le plateau Kukuya sont le foufou préparé à partir de farine en milieu semi-urbain et la chikwangue en milieu rural (Massamba et Trèche, 1995). Cette dernière se présente sous la forme de petites (*munguèlè*) et de grosses (*wali*) chikwangues.

Les racines rouies doivent donc subir d'autres opérations avant consommation. En ce qui concerne la préparation de la chikwangue, les différentes étapes ultérieures sont identiques à celles rencontrées dans d'autres zones du pays (Trèche et Massamba, 1995) : le pétrissage (*kissika*), la précuisson (*kinaka*), le malaxage (*kissila*), le modelage (*kibuka u kâ*), l'emballage (*kikura*) et la deuxième cuisson (*kinaka*).

Chez les téké Kukuya, il existe en outre d'autres formes de consommation : *Mubèrè, tsua-tsua, buwumi* mais surtout celles désignées sous le terme de *kifuwo* :
- racines non rouies cuites à l'eau ;
- racines rouies cuites directement sous les braises ;
- pâte provenant du pétrissage de racines rouies qui est ensuite cuite dans une poêle ou sur une plaque métallique ;

- pâte précuite obtenue lors de la préparation de la chikwangue qui peut être consommée sous forme de bouillies ou être mélangée à des arachides.

La qualité et la composition de ces différents produits finis est très variable, tout comme la valeur qui leur est accordée sur le plan social.

Conclusion

Les Téké Kukuya du Congo ont adopté, probablement au début du siècle, le manioc comme aliment de base. Ils ont développé une technique spécifique de rouissage des racines. Elle consiste à immerger les racines de manioc dans de la boue pendant 3 jours et de leur faire subir ensuite un rouissage complémentaire dans de faibles quantités d'eau. Cette technique leur permet d'économiser l'eau nécessaire au rouissage.

Des recherches complémentaires sont nécessaires pour connaître les mécanismes physico-chimiques, biochimiques et microbiologiques mis en jeu pendant la phase de rouissage sous terre, pour juger de son efficacité à détoxiquer les racines et pour comprendre le rôle du rouissage complémentaire. Les résultats obtenus devraient permettre de mettre au point des formes de rouissage permettant d'économiser l'eau dans les milieux où cela s'avère nécessaire.

Bibliographie

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1993 - « Facteurs influençant les modalités de rouissage du manioc au Congo ». Communication présentée au colloque *Anthropologie alimentaire et développement en Afrique intertropicale : du biologique au social*, 27-30 avril 1993, Youndé, Cameroun.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S, éd.: *Transformation alimentaire du manioc*, Orstom.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe T., Brauman A., Griffon D., Trèche S, éd.: *Transformation alimentaire du manioc*, Orstom.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Transformation et commercialisation du manioc dans le district rural de Mouyondzi au Congo

Processing and commercialization of cassava in the Mouyondzi rural district in the Congo

E. KIBAMBA* *, *Y. TESSIER* *, *S. TRECHE* *

** Laboratoire d'Economie et de Sociologie Rurale, Institut de Développement Rural, Brazzaville (Congo)*
** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR 44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

A partir des données d'une enquête réalisée dans 30 villages tirés au sort dans le district de Mouyondzi auprès de 542 ménages comprenant 796 unités de production, différentes analyses statistiques (tests de chi^2, analyse factorielle des correspondances multiples) ont permis de caractériser les modalités de transformation et de commercialisation du manioc dans un district rural du Congo et d'étudier l'influence de l'enclavement des villages sur les activités liées au manioc.
Le manioc est l'élément central des systèmes de culture sur l'ensemble du district. Le rouissage des racines se fait le plus souvent en eaux courantes à proximité des champs. Les principales transformations réalisées sont celles du manioc en racines cuites, pâte rouie et chikwangue. Les principales formes de commercialisation sont la pâte rouie et la chikwangue. Dans les villages les plus enclavés, les activités liées au manioc se caractérisent essentiellement par des fréquences de réalisation du rouissage en récipients et de commercialisation sous forme de pâte rouie plus importantes que celles observées dans les villages moyennement ou non enclavés.

– Abstract –

From data obtained in a survey of 542 households comprising 796 production units in 30 villages randomly selected in the Mouyondzi Rural District in the Congo, statistical analysis (chi² tests, multiple correspondence analysis) were used to characterize the methods used in cassava processing and commercialization and the effects of village seclusiveness on cassava related activities.

Cassava is the central element in the food crops system in the whole district. Root retting is often carried out in running streams close to the farms. The main forms produced are boiled roots, fermented paste and chikwangue and the main commercialized forms are fermented paste and chikwangue. Cassava related activities in the secluded villages are essentially characterized by more frequent retting in containers and commercialization of products in the form of fermented paste than that observed in villages either averagely secluded or not.

Introduction

Au Congo où le manioc est l'aliment de base sur la presque totalité du territoire (Massamba et Trèche, 1995), près de 60 % de la population est concentrée dans les villes, principalement dans les deux grandes capitales politique et économique que sont Brazzaville et Pointe-Noire.

Compte tenu de la nécessité d'approvisionner les villes, le manioc n'est plus seulement une culture vivrière mais aussi, de plus en plus fréquemment, une culture de rente.

A partir des données d'une enquête menée dans le district de Mouyondzi, localité située dans une région agricole à 260 km à l'ouest de Brazzaville, nous avons cherché à mettre en évidence l'influence de l'enclavement des villages sur les modalités de transformation et de commercialisation du manioc.

Méthodologie

1. Réalisation de l'enquête

En utilisant comme base de sondage, les informations recueillies lors du dernier recensement général de la population effectué en 1984, les 114 villages du district ont été stratifiés en 3 groupes de villages selon leur taille mesurée en nombre de ménages. 30 villages, soit 10 par strate, ont été tirés au sort selon la méthode des totaux cumulés (Rumeau-Rouquette *et al.*, 1985) et, dans chaque village, l'enquête a porté sur 5 à 20 ménages tirés au sort selon la taille du village.

L'enquête a été réalisée au moyen de 3 questionnaires qui ont concerné 3 types d'unités de sondage :

- le premier était destiné à recueillir au niveau des villages des données générales sur le plan de la géographie physique et de la structure démographique ;
- le second a servi à enregistrer des données aux niveaux des ménages et des unités de production ;
- le troisième concernait le chef de ménage et avait pour objectif de cerner les différentes contraintes à la réalisation des activités liées au manioc.

Pour notre enquête, l'unité de production a été considérée comme une entité économique qui ne se recoupe pas nécessairement avec le ménage ou l'unité d'habitation. Elle représente soit une personne isolée (une épouse du chef de ménage, le chef de ménage...) soit des associations entre le chef de ménage et une ou plusieurs de ses épouses ou entre une mère et un ou plusieurs de ses enfants. Il peut donc y avoir plusieurs unités de production par ménage.

2. Analyse des données

La saisie informatique des données a été réalisée à l'aide des logiciels Epi-Info et DBase III. Les logiciels SPSS/PC et STATITCF ont été utilisés pour le traitement statistique qui, au total, a pris en compte les données de 542 ménages et de 796 unités de production.

Les principales méthodes d'analyse utilisées ont été le test du chi² pour mettre en évidence les relations existant entre les variables prises deux à deux et l'analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM). L'AFCM permet de représenter et de superposer sur un plan défini par deux axes le nuage de points multidimensionnel formé à partir du tableau de contingence liant les individus (villages) aux différentes modalités des variables : pour cela chaque variable quantitative est auparavant transformée en variable qualitative en définissant 2 à 4 modalités et en assignant chaque valeur à une des modalités.

Résultats

1. Classification des villages par degré d'enclavement

L'analyse des données et les observations de terrain ont permis de distinguer trois groupes de villages selon leur niveau d'enclavement.

Les critères de choix ont été la nature des pistes (pédestres, temporaires et permanentes), leur longueur en kilomètres depuis le village jusqu'à la gare ferroviaire par laquelle se fait l'évacuation hors du district des produits dérivés du manioc et la fréquence des véhicules par mois. A l'aide de ces critères, nous avons identifié :

- 8 villages enclavés (EN1) reliés au reste de la zone par des pistes temporaires et dont l'accès est donc impossible pendant une partie de l'année ;
- 12 villages moyennement enclavés (EN2) reliés à la gare ferroviaire par plus de 60 km de piste permanente ;
- 10 villages non enclavés (EN3) distants de moins de 60 km de la gare ferroviaire par des pistes permanentes.

Sur le plan démographique, on constate peu de différences entre les trois groupes de villages. Toutefois, il y a deux fois plus d'hommes chefs d'unités de production (UP) dans les villages enclavés (22,6 % des UP) que dans les villages moyennement (11,8%) ou non enclavés (8,8%).

2. Modes de rouissage

Le mode de rouissage le plus répandu, quel que soit le niveau d'enclavement, est le rouissage en eaux courantes ; sur l'ensemble des villages enquêtés, il se rencontre dans plus de la moitié des UP (tableau 1). Mais le niveau

d'enclavement est significativement lié ($P < 0,01$) au mode de rouissage dans la mesure où la fréquence de réalisation en récipients est beaucoup plus élevée et celle en étangs beaucoup moins élevée aux abords des villages enclavés.

Tableau 1
Répartition des unités de production en fonction de leurs modes de rouissage et du niveau d'enclavement.

	Niveaux d'enclavement			
Modes de rouissage	Enclavés	Moyennement enclavés	Non enclavés	Ensemble
Nombre d'UP	*177*	*310*	*254*	*741*
Eaux courantes	50,8 %	57,1 %	55,9 %	55,2 %
Etangs	9,0 %	38,7 %	32,6 %	29,6 %
Récipients	40,1 %	4,2 %	11,4 %	15,2 %

Par ailleurs, le niveau d'enclavement influe significativement sur la localisation du rouissage. Dans les villages enclavés, il est réalisé significativement moins souvent près des champs et plus fréquemment près du domicile que dans les deux autres groupes de villages (tableau 2).

Tableau 2
Répartition des unités de production en fonction de la localisation du rouissage et du niveau d'enclavement.

	Niveaux d'enclavement			
Localisation du rouissage	Enclavés	Moyennement enclavés	Non enclavés	Ensemble
Nombre d'UP	*177*	*310*	*254*	*741*
Près des champs	82,5 %	93,5 %	96,5 %	91,8 %
Près des domiciles	12,4 %	4,2 %	3,5 %	5,9 %
Autres	5,1 %	2,3 %	0,0 %	2,2 %

3. Fréquence de réalisation des différents types de transformation

On constate que le niveau d'enclavement n'influe pas significativement sur les fréquences de réalisation des différentes transformations du manioc (tableau 3) à l'exception des transformations marginales (gari et racine rouies).

Cependant, la comparaison des fréquences de réalisation dans chacun des trois groupes de villages met en évidence certaines tendances :

- dans les villages enclavés, la fréquence de transformation sous forme de chikwangue est légèrement plus faible alors que celle de transformation sous forme de pâte rouie est plus élevée que dans les autres villages ;
- dans les villages moyennement enclavés, on observe une fréquence plus élevée de transformation en chikwangue ;
- dans les villages non enclavés, la transformation en racines cuites est plus fréquente et celle en pâte rouie moins courante que dans les deux autres groupes de village.

Tableau 3

Influence de l'enclavement sur les fréquences de réalisation des différents types de transformation du manioc (en % des UP réalisant ou non la transformation considérée).

	Niveaux d'enclavement			**Signification**	
Types de transformation	Enclavés	Moyennement enclavés	Non enclavés		Ensemble
Nombre d'UP	*186*	*338*	*272*		*796*
Pâte rouie					
oui	34,4 %	29,3 %	27,2 %	N.S.	29,7 %
non	65,6 %	70,7 %	72,8 %		70,2 %
Racines cuites					
oui	31,7 %	30,5 %	34,9 %	N.S.	32,3 %
non	68,2 %	69,5 %	65,1 %		67,7 %
Chikwangue					
oui	20,4 %	27,2 %	25,0 %	N.S.	24,8 %
non	79,6 %	72,8 %	75,0 %		75,1 %
Cossettes					
oui	2,7 %	3,8 %	6,9 %	N.S.	4,6 %
non	93,3 %	96,1 %	93,1 %		95,4 %
Autres					
oui	3,2 %	0,6 %	2,9 %	$P < 0,05$	2,0 %
non	96,8 %	99,4 %	97,1 %		98,0 %

4. Formes et modes de commercialisation

Une AFCM a été réalisée en prenant en compte 3 variables dont 2 caractérisent au niveau de chaque village les quantités de pâte rouie (PR) et de chikwangue (CH) commercialisées et la troisième définit le niveau d'enclavement. Les autres formes de commercialisation sont trop faiblement représentées et

peuvent être considérées comme marginales dans notre zone d'étude. Pour les deux variables quantitatives 4 modalités ont été retenues correspondant à des quantités faibles, assez faibles, moyennes et élevées de manioc vendues sous la forme choisie (tableau 4).

Tableau 4

Quantités délimitant les 4 modalités définies pour l'AFCM pour les variables quantitatives PR et CH.

	Quantités en kg			
Variables	faibles	assez faibles	moyennes	fortes
Pâte rouie (PR)	480-11 560 (PR1)	11 570-19 480 (PR2)	19 490-31 670 (PR3)	31 680-13 9756 (PR4)
Chikwangue (CH)	0 (CH1)	73-1 672 (CH2)	1 673-4 412 (CH3)	4 413-67 779 (CH4)

L'observation de la projection des villages et des modalités des variables représentant les niveaux de commercialisation de la pâte rouie et de la chikwangue (figure 1) nous permet de constater que c'est dans les villages enclavés que les quantités de pâte rouie commercialisées sont les plus élevées alors que la vente de chikwangue vendues est généralement plus importante dans les villages moyennement enclavés. Les villages non enclavés vendent des quantités moyennes des deux produits.

Ces tendances sont confirmées et complétées dans le tableau de contingence qui donne la répartition des UP pour chaque produit en fonction des quantités commercialisées (tableau 5).

La pâte rouie et, à un moindre degré, la chikwangue sont de loin les formes les plus commercialisées sur l'ensemble du district de Mouyondzi. Les autres formes (cossettes, gari et racines brutes) sont vendues par moins de 5 % des unités de production. Il ressort que les quantités de chikwangue et de pâte rouie diffèrent très significativement (test du chi^2) d'un groupe de village à l'autre.

La pâte rouie, forme la moins périssable, est davantage commercialisée dans les villages difficilement accessibles. En revanche, la chikwangue, qui ne se conserve que quelques jours, y est beaucoup moins abondante à la vente.

C'est dans les villages moyennement enclavés que la chikwangue est la plus commercialisée. Ceci pourrait s'expliquer par le fait qu'une vente importante a lieu à l'intérieur même de ces villages accessibles par la route mais éloignés qui sont généralement situés en zones forestières ou traditionnellement la chikwangue est beaucoup consommée.

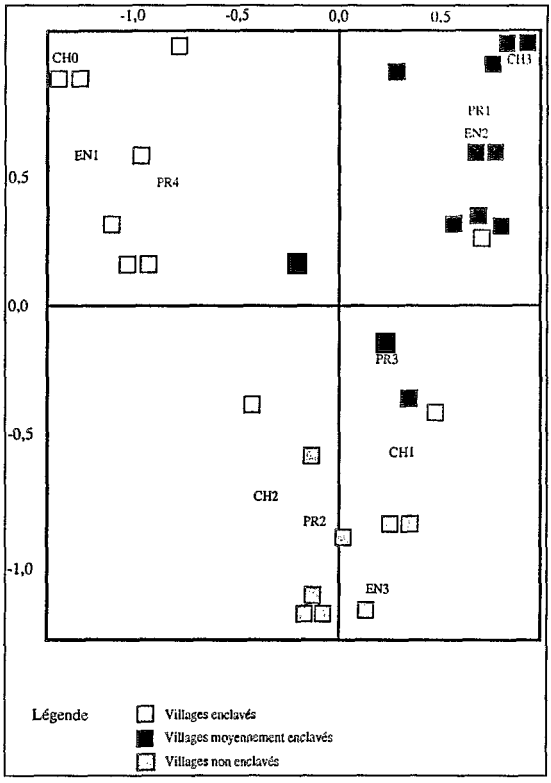


Figure 1
Projection des villages et des modalités de variables liées aux principales formes de commercialisation du manioc sur le premier plan factoriel défini par l'AFCM.

5. Contraintes de production et de commercialisation

Le traitement des données obtenues à l'aide du questionnaire relatif aux contraintes de production et de commercialisation permet d'émettre l'hypothèse que le manque de terre et le manque de force de travail sont les principales contraintes à l'extension des activités liées au manioc. Les difficultés de commercialisation sont très peu citées par les paysans enquêtés.

Discussion et conclusion

Le manioc demeure la production principale des systèmes de culture dans l'ensemble des 30 villages enquêtés : près de la moitié des unités de production ont 3 ou 4 champs en cours de culture, 29 % en ont 5 ou plus et seulement 3 % ne cultivent pas le manioc (Kibamba, 1994). La production de manioc est une activité où la place de la femme est prépondérante : près de 87 % des unités de production ont une femme comme responsable.

Tableau 5 :
Influence de l'enclavement sur les quantités de produits dérivés du manioc commercialisées par les unités de production

	Niveaux d'enclavement			Signification	
Formes de commercialisation	Enclavés	Moyennement enclavés	Non enclavés		Ensemble
Nombre d'UP	*186*	*338*	*272*		*796*
Pâte rouie					
Aucune vente	24,2	34,6	38,2		33,4
< = 500 kg	24,7	31,1	18,4	P < 0,01	25,3
500-1 000 kg	18,8	15,4	17,6		17,0
> 1 000 kg	32,3	18,9	25,7		24,4
Racines brutes					
Aucune vente	99,5	95,3	92,3	effectifs	95,3
< = 500 kg	0,0	3,0	4,0	insuffisants	2,6
> 500 kg	0,5	1,8	3,7		2,1
Chikwangue					
Aucune vente	86,0	58,9	71,0		69,3
< = 200 kg	8,1	16,0	12,5	P < 0,01	12,9
200-500 kg	3,2	14,8	7,4		9,5
> 500 kg	2,7	10,4	9,2		8,2
Cossettes					
Aucune vente	94,6	100,0	91,5	effectifs	95,9
< = 300 kg	2,2	0,0	3,7	insuffisants	1,8
> 300 kg	3,2	0,0	4,8		2,4
Gari					
Aucune vente	97,8	99,7	99,3	effectifs	99,1
< = 500 kg	0,5	0,3	0,7	insuffisants	0,5
> 500 kg	1,6	0,0	0,0		0,4

Le manioc est auto-consommé par la presque totalité des ménages et commercialisé par 69,5 % des unités de production (Kibamba, 1994).

L'enclavement des villages influe significativement sur les modes et les localisations du rouissage, d'une part, et sur le type de commercialisation, d'autre part. Il s'agit donc bien d'un facteur influant sur la filière manioc même s'il ne remet pas en cause l'unité du système agraire de la zone d'étude.

Les différents niveaux d'enclavement considérés ont permis de mettre en évidence, entre les responsables d'unités de production, des différences de stratégies tant au niveau de la transformation que de la commercialisation. Deux facteurs principaux liés au niveau d'enclavement permettent d'expliquer les différences constatées : d'une part, les contraintes naturelles d'ordre géographique, et notamment la disponibilité en eau, qui déterminent les modes de rouissage ; d'autre part, les difficultés de portage des produits transformés qui conditionnent les formes de commercialisation.

La prépondérance parmi les formes de commercialisation de la pâte rouie destinée à subir en ville les transformations ultérieures en chikwangue ou en farine témoignent de l'adaptation des paysans aux nouvelles donnes socio-démographiques résultant de l'urbanisation au Congo.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226).

Bibliographie

KIBAMBA (E.), 1994 - *Influence de l'enclavement sur les modalités de transformation et de commercialisation du manioc en zone rurale (cas du district de Mouyondzi).* Mémoire de l'Institut de développement rural, Brazzaville, Congo, 45 p.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, ORSTOM.

RUMEAU-ROUQUETTE (C.), BREART (G.), PADIEU (R.), 1985 - « Méthodes d'échantillonnages ». *In Méthodes en épidémiologie*, Flammarion Médecine Science : 40-14.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville

Inventary and working methods of Chikwangue production units in Brazzaville

R. IKAMA et S. TRECHE

Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)

- Résumé -

Cette étude avait pour objectifs d'évaluer le nombre et d'étudier les modes de fonctionnement et la rentabilité économique des ateliers urbains de fabrication de chikwangue à Brazzaville afin d'identifier les éventuelles innovations technologiques nécessaires au développement de leur activité.

Les méthodologies utilisées ont consisté en un recensement sur 15 000 parcelles des ménages ayant transformé du manioc au moins une fois au cours des 12 derniers mois, en des enquêtes par questionnaires sur échantillons représentatifs d'ateliers de production et en un suivi économique dans 60 ateliers tirés au sort.

La fabrication de chikwangue n'est réalisée que par 1,93% des ménages à Brazzaville ce qui permet d'estimer à 2 900 le nombre d'unités de production dans toute la ville. C'est de loin, la transformation alimentaire la plus pratiquée dans le secteur artisanal.

Les racines rouies et écrasées (pâte rouie) constituent la matière première de la quasi totalité des ateliers. L'origine de la matière première, le nombre de transformations réalisées par mois, le type de chikwangue produit et le mode de vente varient en fonction des quartiers. Dans 85% des cas, la main d'oeuvre et la propriété des outils sont individuelles. Le coût de la matière première représente près de 50% du prix de vente; les autres charges de production importantes sont les coûts des feuilles d'emballage, du bois de chauffe et du transport. L'amortissement du matériel ne représente qu'environ 1% des charges totales. La marge nette est en moyenne de 20 FCFA pour une chikwangue vendue 100 FCFA, mais il existe des différences très importantes d'un atelier à l'autre et 10% des ateliers ont travaillé à perte au moment de notre suivi économique.

Les innovations souhaitées par les fabricantes sont celles qui permettraient de diminuer la pénibilité de certaines opérations, en particulier le défibrage et le malaxage, mais, compte tenu de l'étroitesse des marges, leur diffusion ne sera possible que si les équipements nécessaires sont peu onéreux.

- Abstract -

This study had as objectives to evaluate the number, the working methods and profit-earning capacity of urban chikwangue production units in Brazzaville in order to identify future technological improvements necessary in the development of the activity.

The methods used consisted of:

- Census in 15.000 households who had at least for once, in the last 12 months, processed roots or cassava derivatives;
- Surveys on representative samples of cassava processing units using interview by questionnaires of persons having carried out these processes;
- Economic follow-up of the processing of a quantity of raw materials corresponding to one supply in 60 production units randomly selected.

Chikwangue production is done by only 1.93% of Brazzaville households which permit the estimation of the number of production units at about 2900 in the whole town. It is the most practised food processing in the urban sector.

Retted crushed roots (retted paste) constitute the raw material in almost all the production units: according to their localization, their supply is through Yoro river port or near railway stations. The number of processing carried out each month, the type of chikwangue produced and the sales method also vary according to neighbourhoods. In 85% of cases, the manpower and the ownership of tools are personal.

The cost of raw materials represents around 50% of the selling price; the other important production overheads are the cost of packaging leaves, firewood and transport. Gross depreciation represents about only 1% of total overheads. The net margin on average is 20 FCFA for each chikwangue sold at 100 FCFA but there are marked differences between one production unit to another and 10% of the units had functioned at a loss during our economic follow-up.

The improvements needed by the producers are those that would permit decreasing the arduousness of certain operations, in particular fibre removal and kneading. In view of the narrow margin, their spread is only possible if the necessary equipments are less onerous.

Introduction

Le développement de l'économie marchande au Congo a favorisé l'installation dans les centres urbains d'un secteur informel constitué d'ateliers de transformation traditionnelle du manioc. Ces ateliers, qui participent à la satisfaction de la demande urbaine en chikwangues, contribuent à la pérennisation de la culture du manioc par une valorisation des récoltes. Par les revenus qu'ils procurent, ces ateliers assurent la sécurité financière de certains ménages et contribuent à préserver les valeurs socio-culturelles et techniques des populations. Il nous est apparu nécessaire, avant d'essayer de mettre au point et de proposer des améliorations aux procédés de fabrication de la chikwangue, d'étudier dans quel cadre elles seraient susceptibles d'être mises en oeuvre et pour cela d'évaluer le nombre des ateliers de transformation du manioc à Brazzaville et d'étudier leur modes de fonctionnement et leur rentabilité économique.

Méthodologie

1. Inventaire et étude du mode de fonctionnement

L'inventaire partiel et l'étude du mode de fonctionnement des unités de production de chikwangue ont été réalisés en 1991 et 1992 à l'occasion de 2 enquêtes par sondage dans les 7 arrondissements de la ville (Ikama, 1991; Bouvier, 1992).

Pour ces deux enquêtes, la base de sondage utilisée a été le recensement de 1984 pour lequel chaque arrondissement avait été divisé en zones de dénombrement correspondant à la charge de travail d'un agent recenseur; l'échantillonnage a été réalisé par sondage en grappes à deux niveaux. Le premier niveau a consisté en un tirage au hasard de 150 zones de dénombrement selon la méthode des totaux cumulés (Rumeau-Rouquette, 1985) en veillant à ce que le nombre de zones tirées dans chaque arrondissement soit proportionnel à l'importance de sa population. Le deuxième niveau de sondage a consisté à déterminer de façon aléatoire dans chacune des 150 zones de dénombrement un point de départ à partir duquel 100 parcelles ont été visitées par proximité.

Au cours de la première enquête, réalisée de mars à juin 1991, chaque ménage dans lequel une personne avait fait subir des transformations à des produits dérivés de racines de manioc au moins une fois au cours des 12 derniers mois a été recensé. Auprès de cette personne, des informations sur le mode de fonctionnement de l'unité de production (fréquence des transformations; matières premières utilisées; organisation du travail; produits finis) ont été recueillies au moyen d'un questionnaire.

Au cours de la seconde enquête, réalisée de février à mai 1992, tous les ateliers dans lesquels des produits alimentaires avaient été transformés depuis moins de 12 mois en vue de la vente d'au moins une partie de la production ont été recensés. Seules les données relatives au recensement de ces ateliers sont utilisées ici.

2. Etude de la rentabilité économique des ateliers

L'étude économique a été réalisée auprès de 60 ateliers de transformation du manioc en chikwangue tirés au sort dans une liste de 359 correspondant à l'ensemble des 395 ateliers inventoriés au cours de l'enquête menée en 1991 à l'exception de ceux présentant des modalités de fonctionnement exceptionnelles: les 359 ateliers retenus dans la liste étaient ceux produisant du "Moungouélé" ou du "Fabriqué" et réalisant au moins deux transformations par mois à partir de pâte rouie achetée à Yoro ou au niveau des gares.

Dans chacun des ateliers tirés au sort, un suivi a été réalisé pendant le temps nécessaire à la transformation d'une quantité correspondant à un approvisionnement en matière première, que celle-ci soit transformée en une ou plusieurs fois.

Au cours de ce suivi, la nature du matériel utilisé, les quantités des différents intrants, les différentes charges de production et les quantités de chikwangues vendues ou autoconsommées ont été notées afin d'établir des comptes d'exploitation. Pour le calcul de l'amortissement du matériel, la durée d'utilisation a été évaluée en prenant la valeur médiane des estimations données par chacune des responsables d'unité de production.

Résultats

1. Nombre et répartition des ateliers

Au cours de l'enquête réalisée en 1991, des ateliers de fabrication de chikwangue ont été rencontrés dans 1,93% des ménages interrogés (tableau 1), ce qui permet d'estimer à environ 2900 leur nombre pour toute la ville. Ce nombre est trois fois plus important que celui des unités de production de farine de manioc (foufou).

Les informations recueillies au cours de l'enquête de 1992 confirment les précédentes et montrent que les ateliers de fabrication de chikwangue constituent plus du tiers (34,1%) des unités de transformation alimentaire familiale de Brazzaville (tableau 2).

La répartition par quartier montre que les ateliers de fabrication de chikwangue sont plus nombreux dans les quartiers nord (arrondissement de

Tableau 1
Répartition des unités de transformation du manioc à Brazzaville en 1991

Localisation	Nombre de parcelles visitées	Nombre de ménages interrogés	Nombre d'unités de production recensées pour 100 ménages interrogés		
			Chikwangue	Foufou	Chikw. ou foufou
quartiers sud	6000	7300	1,82	1,74	3,36
quartiers centraux	6300	9351	1,43	0,10	1,52
quartiers nord	2700	3854	3,32	0,21	3,40
Brazzaville	**15000**	**20505**	**1,93**	**0,68**	**2,53**

Tableau 2
Importance de la production de chikwangue dans le secteur artisanal de la transformation alimentaire à Brazzaville (enquête de 1992)

	Quartiers sud	Quartiers centraux	Quartier Nord	Brazzaville
Nombre de parcelles visitées	6000	6300	2700	15000
Nombre d'UTAF / 100 parcelles	10,4	6,9	8,6	8,59
Importance relative des différents types d'UTAF (1)				
Chikwangue	33,2	27,9	48,1	34,1
Foufou	22,8	12,7	7,3	16,6
Beignet (farine de blé)	12,8	19,6	27,5	17,8
Jus de gingembre	6,4	20,1	3,4	10,5
Pâte d'arachide	8,5	6,0	0,9	6,1
Pâte de maïs (aliment de sevrage)	8,2	6,0	0,9	6,1
Autres (2)	8,0	8,3	12,0	8,8

UTAF: unité de transformation alimentaire familiale
(1) En % des UTAF rencontrées pratiquant la transformation considérée.
(2) saka-saka, alcool, galettes, gâteaux, pop corn, gratanias, croquettes, maboké.

Talangaï) où ils se retrouvent dans 3,3% des ménages que dans les quartiers sud (arrondissements de Bacongo, Makélékélé, Mfilou) et dans les quartiers centraux (arrondissements de Moungali, Ouenze et Poto-poto); dans les quartiers centraux, les unités de transformation alimentaire familiale sont non seulement moins fréquentes mais aussi plus souvent tournées vers d'autres production (tableau 2).

2. Modalités de fonctionnement

Nous examinerons successivement ces modalités aux niveaux de l'organisation sociale du travail, de l'approvisionnement (nature de la matière

première, fréquences, quantités), de la fréquence et de la régularité des transformations, des quantités transformées et de l'organisation de la commercialisation avant d'analyser les contraintes ressenties.

2.1. Organisation sociale du travail

La fabrication de la chikwangue est réalisée exclusivement par une main-d'oeuvre féminine, individuelle dans 85% des cas. La femme est propriétaire de ses outils de travail dans 86% des cas; les outils collectifs sont utilisés plus fréquemment dans les quartiers nord (19,5%) ou centraux (15,7%) que dans les quartiers sud (7,5%). La plupart des ateliers sont donc la propriété d'une femme qui est à la fois gestionnaire et opératrice de toutes les activités de l'atelier. La transformation est le plus souvent effectuée dans la cuisine (46,3% des cas), mais elle peut s'effectuer également dans la cour de la parcelle dans un endroit couvert (20,0%) ou non (33,7%). La commercialisation des chikwangues constitue leur principale source de revenu pour 89% des fabricantes.

2.2. Modalités d'approvisionnement

Tous les ateliers de production de chikwangue se procurent la matière première utilisée uniquement par achat; celle-ci est constituée de racines rouies et écrasées (pâte rouie) dans 98,7% des cas.

La matière première provient presque exclusivement du port de Yoro ou des deux gares situées au terminus de la ligne Pointe-Noire - Brazzaville qui traverse d'importantes zones de production (Kibamba *et al.*, 1995). La quasi totalité des ateliers des quartiers sud se procurent leur matière première au niveau des gares alors que la plupart des ateliers des quartiers nord et la majorité des ateliers des quartiers centraux s'approvisionnent à Yoro (figure 1). Le lieu d'achat conditionne la provenance de la matière première qui vient du sud du pays lorsqu'elle est achetée dans les gares et du nord ou du Zaïre lorsqu'elle emprunte la voie fluviale.

Les quantités de matières premières achetées à chaque approvisionnement sont plus importantes dans les quartiers sud que dans les autres (figure 2). L'achat est plus souvent effectué à crédit dans les quartiers nord (62,5%) que dans les quartiers centraux (50,0%) et les quartiers sud (18,8%).

2.3. Fréquence et régularité des transformations

Selon l'importance de l'approvisionnement, la matière première est transformée en une ou en plusieurs fois. Dans ce dernier cas qui est de loin le plus fréquent, les transformations sont réalisées en continu et se superposent: elles démarrent tous les deux ou trois jours et se poursuivent pendant que la, ou plus rarement les deux, transformation(s) précédente(s) se termine(nt). Les ateliers des quartiers sud et centraux sont plus nombreux à réaliser au moins 8 transformations

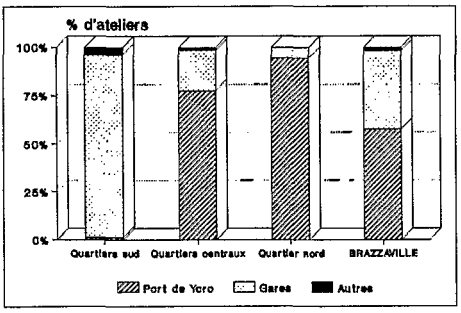


Figure 1
Lieux d'achat de la matière première

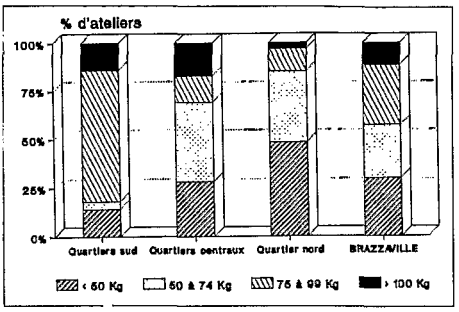


Figure 2
Quantité de matière première achetée à chaque approvisionnement

par mois alors que ce nombre est compris entre 4 et 7 pour la moitié des ateliers du quartier nord (figure 3).

Selon les personnes enquêtées, les transformations sont réalisées de manière régulière dans 72% des ateliers. Dans les ateliers où l'activité est déclarée irrégulière, plus nombreux dans les quartiers nord (38%) que dans les quartiers centraux (27%) ou les quartiers du sud (19%), les raisons de cette irrégularité sont généralement d'ordre social ou financier.

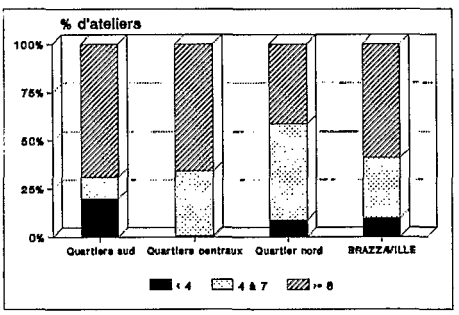


Figure 3
Nombre de transformations effectuées chaque mois

2.4. Quantités transformées

Les quantités de matières premières utilisées à chaque transformation sont dans l'ensemble assez faibles: respectivement 32,4%, 48,5% et 63,1% des ateliers dans les quartiers sud, centraux et nord traitent moins de 30 kg de pâte rouie à chaque transformation (figure 4). Le nombre de chikwangues préparées à l'issue de chaque cuisson, opération terminale des transformations, n'est supérieur à 50 que

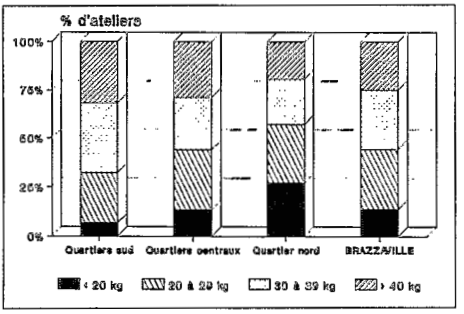


Figure 4
Quantité de matières premières utilisées à chaque transformation

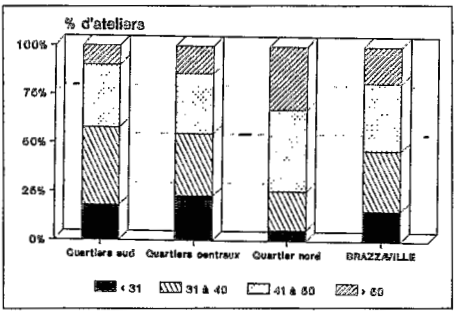


Figure 5
Nombre de chikwangues préparées à chaque transformation

dans 9,8% des cas dans le quartier sud alors qu'il l'est dans 32,8% des cas dans les quartiers nord (figure 5).

2.5. Système de commercialisation

Les principales chikwangues produites dans la ville sont le *Moungouélé* (50% des cas) et le *Fabriqué* (49%). Les ateliers de fabrication de ces deux types de chikwangue sont très inégalement répartis puisque le *Fabriqué* n'est pas produit dans les quartiers nord et le *Moungouélé* absent dans les quartiers sud (figure 6). La production de *Ngudi-Yaka*, très fréquente dans les zones rurales du sud du pays (Trèche et Muchnick, 1993), n'a été rencontrée que dans deux unités des quartiers sud et le *Moussombo* n'était produit que dans deux unités du quartier nord.

La quantité de chikwangues vendue par semaine est en général assez faible. La vente de plus de 100 unités par semaine n'est réalisée que par 19,5% des ateliers alors que 14,6% des fabricantes déclarent vendre moins de 50 chikwangues.

La vente des chikwangues est réalisée au détail, au prix de 100 FCFA/unité en 1991 et 1992. Le lieu de vente est variable d'un quartier à l'autre (figure 7): elle a lieu devant la parcelle dans 26% des cas, le long des avenues dans 39% des cas et dans les marchés officiels dans 35% des cas.

2.6. Contraintes ressenties et évolutions souhaitées

Lorsqu'on interroge les fabricantes sur la nature de l'étape jugée la plus pénible, 62% d'entre elles répondent que c'est l'ensemble des opérations, 30% désignent le malaxage à chaud de la pâte précuite et 8% le défibrage. Il semble donc que cela soit le malaxage qui soit actuellement l'étape posant le plus de problèmes.

Interrogées sur les améliorations qu'elles souhaiteraient apporter à l'organisation de leur travail, les fabricantes ont, dans la plupart des cas, aucune

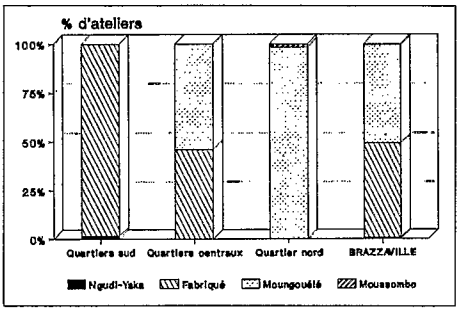


Figure 6
Types de chikwangues produits

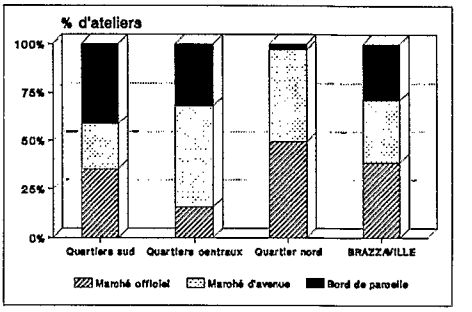


Figure 7
Lieu de vente

réponse précise à donner: environ 10% ne souhaitent aucune amélioration sous prétexte qu'une modification des procédés s'accompagnerait inévitablement d'une altération de la qualité des produits; environ 15% souhaiteraient des améliorations visant à réduire la durée du travail; 75% parlent plutôt de réduire la pénibilité du travail.

3. Rentabilité économique

Les calculs de coûts de production et de rentabilité économique des ateliers ont été réalisés en ne prenant pas en compte le coût de la main d'oeuvre dans la mesure où il ne s'agit pas d'une main d'oeuvre salariée.

Les charges variables représentent en moyenne 78% du prix de vente; par ordre décroissant d'importance, elles sont composées (figure 8):

- du coût de la pâte rouie qui représente en moyenne près de 50% du prix de vente;
- du coût des feuilles vendues sur les marchés par petits paquets de 125 F ou 300 FCFA selon la qualité et l'abondance et qui constitue en moyenne 13,5% du prix de vente;
- du coût du transport pour lequel on peut distinguer le transport de la pâte rouie depuis le lieu d'achat jusqu'à l'unité et celui des chikwangues jusqu'au lieu de vente (en moyenne 10% du prix de vente);
- du coût du bois de feu vendu par tas de 50, 100 ou 125 FCFA l'unité (en moyenne 6% du prix de vente);
- du coût de l'eau utilisée, de 44 à 378 litres par transformation selon les unités, facturée 82 FCFA le m^3 par la société distributrice;
- des droits de vente qui ne dépassent pas 150 FCFA par lot de chikwangues préparées à partir d'un approvisionnement.

Les coûts d'amortissement, compte tenu de la simplicité des équipements et de la non prise en compte des bâtiments qui ne sont pas spécifiques à l'activité, ne représentent en moyenne que 1,1% du prix de vente. La marge nette est en moyenne de 20,3% du prix de vente, soit environ 20 FCFA par chikwangue vendue au prix de 100 FCFA.

L'établissement de comptes d'exploitation pour chacun des 60 ateliers enquêtés fait apparaître une grande disparité au niveau de leur rentabilité: si près du quart des ateliers ont une marge nette par chikwangue supérieure à 35 FCFA, 10% des ateliers travaillent à perte (figure 9).

L'estimation de la marge nette mensuelle moyenne est de 11 110 FCFA; ce qui représente environ le tiers de celle estimée pour les ateliers de fabrication de pâte de maïs fermentée utilisée pour la préparation des bouillies de sevrage (Bouvier, 1992). Par ailleurs, on observe des différences importantes au niveau des marges nettes mensuelles en fonction du lieu d'approvisionnement en matière première et du type de chikwangue produit: 13 900 et 7 100 FCFA/mois, respectivement, pour les ateliers s'approvisionnant au port de Yoro et dans les gares; 14 500 et 6 900 FCFA/mois, respectivement, pour les ateliers produisant du *Moungouélé* et du *Fabriqué*.

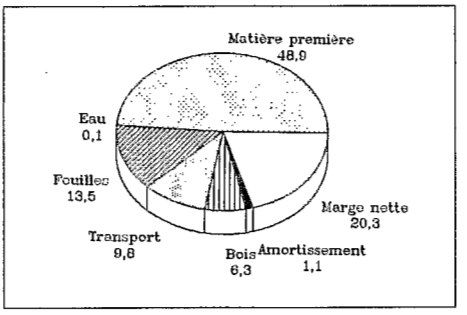


Figure 8
Structure du prix de vente d'une chikwangue

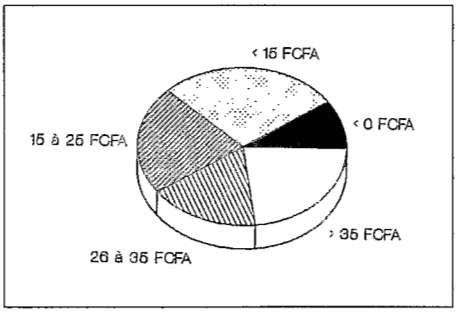


Figure 9
Répartition des ateliers en fonction de leur marge nette par chikwangue

Conclusion

Nos différentes enquêtes permettent d'estimer à environ 2 900 le nombre d'ateliers de fabrication de chikwangue sur Brazzaville et entre 350 et 450 le nombre de chikwangues produites en moyenne par mois dans chacun de ces ateliers. Il y aurait donc environ 1,2 millions de chikwangues (850 tonnes) produites à Brazzaville tous les mois pour une valeur approximative de 120 millions de FCFA. Cette production reste donc relativement peu importante; elle ne représenterait qu'environ le quart de la quantité de chikwangue fabriquée en zones rurales et vendue sur les marchés de Brazzaville (Trèche *et al.*, 1993).

Les ateliers de production de chikwangue à Brazzaville peuvent, à de rares exceptions près, être classés en deux catégories. La première comporte les ateliers situés dans les quartiers nord ou centraux qui s'approvisionnent au port de Yoro en pâte rouie venant par voie fluviale du nord du pays ou du Zaïre et qui produisent du "Moungouélé". La seconde est composée d'ateliers situés dans les quartiers sud ou centraux qui s'approvisionnent auprès des gares en pâte rouie venant par train du sud du pays; ces ateliers produisent presque exclusivement du "Fabriqué". Dans les ateliers de la première catégorie, les quantités achetées à chaque approvisionnement en pâte rouie ainsi que la fréquence et la régularité des transformations sont souvent plus faibles que dans ceux de la seconde catégorie, mais le nombre de chikwangues préparées à chaque cuisson finale est plus important. La rentabilité des ateliers de la première catégorie est très nettement supérieure à celle de la seconde. L'appartenance à l'une de ces deux catégories est déterminée par des facteurs essentiellement géographiques et ethniques.

Quelques caractéristiques communes des unités de production de chikwangue à Brazzaville peuvent néanmoins être soulignées :

- elles sont féminines et pour la plupart individuelles;
- elles sont intégrées dans l'économie familiale tant par le lieu de production, qui est le même que le lieu d'habitation, que par le partage du temps entre les activités productives et les activités familiales;
- elles travaillent comme des entreprises de "façonnage" de la matière première, avec des charges fixes négligeables, ce qui leur donne une grande souplesse de fonctionnement.
- le coût de la matière première représente en moyenne plus de 50% des coûts de production;
- bien que les marges réelles puissent apparaître comme relativement faibles même en ne prenant pas en compte le coût de la main d'oeuvre, cette activité est la principale source de revenu de la plupart des fabricantes qui s'y adonnent.

Compte tenu des caractéristiques de ces ateliers, les innovations à proposer pourraient concerner les procédés (malaxage, défibrage) à condition de ne pas nécessiter d'investissements trop importants et la réduction des charges variables, en particulier celles relatives à l'approvisionnement en pâte rouie, feuilles d'emballage et bois de feu. La réduction du coût des matières premières nécessite une plus grande intégration des activités de première et seconde transformation au niveau de l'articulation ville-campagne.

Bibliographie

BOUVIER (M.), 1992. - *Etude du mode fonctionnement des ateliers de fabrication de poto-poto à Brazzaville.* Mémoire de DESS, USTL, Montpellier.

IKAMA (R.), 1992. - *Modes de fonctionnement des ateliers de transformation du manioc à Brazzaville.* Mémoire de 5ème année de l'Institut de Développement Rural, Brazzaville, Congo.

KIBAMBA (E.), TESSIER (Y.), TRECHE (S.), 1995 - «Transformation et commercialisation du manioc dans le district rural de Mouyondzi au Congo». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd.: *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, ORSTOM,

RUMEAU-ROUQUETTE (C.), BREART (G.), PADIEU (R.), 1985 - «Méthodes d'échantillonnages.» *In Méthodes en épidémiologie*, Flammarion Médecine Science : 40-149.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *Fabrication de Chikwangue au Congo.* Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le Ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement "Réseau TPA", 98 p.

TRECHE (S.), MUCHNIK (J.), 1993. «Changement technique et alimentation urbaine: identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville». *In* Muchnik (J.) éd. : *Alimentation, Techniques et Innovations dans les régions tropicales*, Paris, l'Harmattan: 339-369.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Entreprises, organisation et fonctionnement en réseau : la transformation du manioc au Congo

Processing plants, network system of organization and functionning : cassava processing in the Congo

J. J. M. BAZABANA *, C. FOURCADE **, J. MUCHNIK *

** Laboratoire Systèmes Techniques et Sciences de la Consommation, CIRAD-SAR, Montpellier (France)*

*** Equipe de recherche de la firme et de l'industrie, Université Montpellier I (France)*

– Résumé –

L'objectif de cet article est de contribuer aux travaux de recherche effectués sur le manioc, en y apportant de nouveaux éléments d'analyse. Il s'agit de montrer qu'au delà des études sur la consommation et les procédés technologiques, il existe un autre champ d'étude du manioc, celui des organisations. Ce champ répond à des problèmes de coûts de transaction et d'incomplétude.

Notre réflexion est organisée de la façon suivante : après un tour d'horizon sur le phénomène d'urbanisation et de l'alimentation des villes, nous avons tenté de justifier à partir d'une double typologie, l'existence au Congo de petites entreprises liées à la transformation du manioc décentralisées et structurées par des réseaux sociaux. Ils sont une solution pour limiter les coûts de fonctionnement de la petite entreprise c'est à dire les coûts d'appropriation de ressources.

Ensuite nous avons souligné quelques caractéristiques importantes des réseaux sociaux. Cette forme d'organisation de petites entreprises fait intervenir les phénomènes de proximité sociale c'est à dire la référence systématique des entrepreneurs au clan, au lignage, à l'ethnie., etc.

La proximité sociale permet d'intégrer dans l'organisation d'entreprise les phénomènes qui ne relèvent pas de l'économie. Enfin les réseaux sociaux peuvent donc assurer, entre les acteurs, les conditions d'information et les facilités de transactions suffisantes.

– Abstract –

The aim of this article is to bring new material on cassava, contributing to the advancement of research works on the subject. We shall demonstrate the existence of the organisation, as a proper field of investigation, beyond the studies of the consumption and technological processes. This field of investigation responds to dealing costs, and sefrationnality objectives.

At first, we described the urbanisation process linked to the general problem of alimentation. Then, we drew up a double classification in order to justify the existence of small and decentralised processing plants, structured in social networks, in the Congo. These social networks are a solution to decrease the usual costs of the processing (i.e. its costs for the appropriation of resources).

Then, some of the most important factors of these social networks have been underlined.

The organisation between the small plant involves phenomenon of spatial proximity, the systematic reference to the leader of the clan, of the lineage, of the ethny, etc.

The social proximity allows us to join phenomenons that do not deal with economics to the organisation of the plants.

At last, the social networks can fully improve the conditions of information and transaction between the actors..

Introduction

Le Congo est l'un des pays le plus urbanisé d'Afrique subsaharienne avec un taux d'urbanisation de plus de 50 %, comparé à celui du Zaïre 8,9 %, du Cameroun 8,9 % et enfin du Gabon 29,4 % [1]. Par exemple entre 1960 et 1980 le nombre de villages au Congo est passé de 6 000 à 4 000, soit une disparition de 100 villages par an. Selon la même étude en 1984 les villes comptaient 51,1 % de la population contre 48,9 % pour la campagne, alors que ce rapport était de 62,1 % pour la campagne contre 37,9 % pour les villes en 1974. Pour montrer l'ampleur du phénomène, la population de la capitale du pays Brazzaville est passé de 120 000 habitants en 1960 à 900 000 habitants en 1993, soit respectivement 23 % et 45 % de la population totale, aujourd'hui estimée à 2 millions d'habitants [2].

Le manioc est l'aliment de base au Congo. Rien qu'à Brazzaville on peut estimer que 95 % de la population sont consommateurs de produits transformés à base de manioc. Il y a donc une relation évidente entre l'urbanisation et l'émergence de petites entreprises urbaines et rurales liées à la transformation ou à la commercialisation de ce produit.

Les marchés urbains qui deviennent de plus en plus un enjeu pour les entreprises agro-alimentaires, suscitent dans le cas de la transformation du manioc la mise en œuvre de stratégies organisationnelles.

L'étude des petites entreprises (de une à dix personnes) liées à la transformation du manioc au Congo fait apparaître une organisation résiliaire. Il s'agit d'une part de l'organisation en réseau où l'élément de coopération déterminant entre les entreprises est la relation sociale. Et d'autre part d'une organisation en réseau caractérisée, par les relations des entreprises entre elles et le milieu social. Ce constat nous conduit à l'hypothèse que les réseaux sociaux sont un facteur structurant pour l'émergence et le fonctionnement des petites entreprises de transformation du manioc au Congo.

Cet article contribue à combler un vide, celui de la prise en compte des interactions entre les réseaux [3] et le fonctionnement des entreprises. Les travaux des économistes institutionalistes et évolutionnistes vont dans ce sens. Ils reposent sur un raisonnement fondamental ; la construction d'un espace non standard combinant les notions de règles, d'apprentissage collectif et d'organisation.

Ainsi pour mieux cerner ces interactions nous tenterons de montrer l'utilité du réseau dans les différentes phases de fonctionnement de petites entreprises. Dans une première partie nous présenterons une typologie des petites entreprises liées à la transformation du manioc et les éléments qui les caractérisent. Dans une deuxième partie nous aborderons les questions portant sur le rôle des réseaux sociaux dans l'émergence et le fonctionnement des petites entreprises.

1. Typologie et caractéristiques des petites entreprises liées à la transformation du manioc

D'une enquête réalisée en 1993 (Bazabana), il ressort une double typologie : par activité et par localisation. Elle tient compte de l'évolution dans le temps et dans l'espace des activités liées à la transformation du manioc. Depuis quelques années apparaissent des phénomènes de spécialisation et de spatialisation dans la transformation du manioc, associés au changement de la valeur des produits qui est passé d'une simple valeur d'usage à une forte valeur d'échange. Cette situation a entraîné au delà des activités liées, exclusivement, à la transformation du manioc, le développement d'autres activités comme le transport et les services.

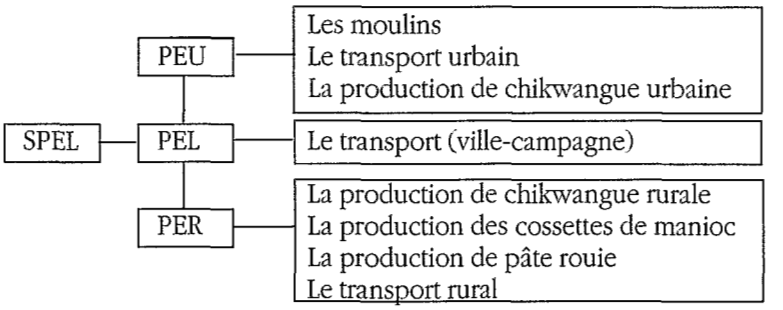
Parallèlement à la spécialisation par activité, d'un point de vue spatial, les petites entreprises sont très localisées. Une forte concentration d'entreprises de petite taille a été observée dans les deux principales villes (Brazzaville et Pointe-Noire) ainsi que dans deux régions du sud du pays (le Pool et la Bouenza). Nous avons donc, d'un côté, les entreprises typiquement urbaines, et de l'autre celles qui ont une tradition rurale.

1.1. Typologie par rapport à la localisation

La localisation nous permet d'appréhender les petites entreprises sous forme de systèmes localisés structurés par des réseaux sociaux. Une typologie apparaît selon que l'entreprise est implantée en zone urbaine ou rurale. Le système localisé de petites entreprises (SPEL) liées à la transformation du manioc est caractérisé par trois types de petites entreprises :

- Les petites entreprises urbaines (PEU) ;
- Les petites entreprises rurales (PER) ;
- Les petites entreprises de liaison (PEL).

Ce qu'on peut représenter par le schéma suivant :



1.1.1. Les petites entreprises urbaines (PEU)

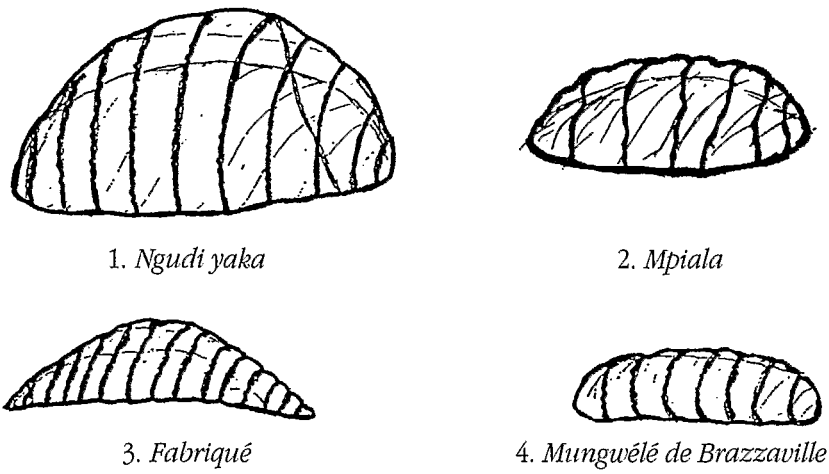
Il s'agit de producteurs urbains de chikwangue et des prestataires de services liés à la transformation des cossettes de manioc en farine.

1.1.1.1. Les producteurs urbains de chikwangue

Cette activité occupe un bon nombre de petits entrepreneurs dans les grandes villes du Congo. Si on prend uniquement la ville de Brazzaville, on peut estimer à 2 900 les très petites entreprises productrices de chikwangue (Ikama et Trèche, 1995). La majorité de ces entreprises (soit 98 % des cas) s'approvisionnent en matière première (pâte rouie) sur les marchés de gros de Brazzaville (Bazabana, 1994).

La répartition géographique des différents producteurs pose le problème de choix du marché d'approvisionnement en pâte rouie. Un choix qui fait intervenir les phénomènes de proximité sociale du fait qu'il existe une interdépendance entre la localisation des petites entreprises et la dynamique sociale des marchés.

La transformation de la pâte rouie en chikwangue (pain de manioc) est une source principale de revenu pour la plupart de producteurs (90 % de producteurs Brazzavillois de chikwangue sont concernés). Le *moungouelé* et le *fabriqué* sont les deux types de chikwangue produits dans la ville (cf. figure n° 1). Le *fabriqué* (environ 600 g) est une chikwangue adaptée à une consommation individuelle dont la fabrication a démarré il y a quelques années dans les ateliers de transformation du manioc des quartiers sud. Il en est de même pour le mougouélé qui est produit uniquement dans les quartiers du nord et du centre de Brazzaville.



1. *Ngudi yaka*
2. *Mpiala*
3. *Fabriqué*
4. *Mungwélé de Brazzaville*

Figure 1
Différents types de chikwangues

1.1.1.2. Les prestateurs de services : les moulins

Le développement de services liés à la transformation du manioc a été très marqué ces dernières années. Ce développement a pour principale cause la modification de certaines variables de la fonction de demande alimentaire. Elle se traduit dans les villes par un besoin en produits alimentaires porteurs de qualités nouvelles : commodité d'usage, rapidité d'emploi, conditionnement adapté aux conditions du marché urbain.

Du point de vue de l'évolution de la consommation alimentaire, le développement des services marchands liés à la transformation du manioc est le résultat d'une substitution progressive de la chikwangue par le foufou (farine de manioc obtenu par broyage de cossettes séchées) dans les grandes villes. Le prix de plus en plus élevé de la chikwangue accroît la demande de foufou et surtout pour les familles nombreuses, 88,6 % des enfants de moins deux ans de Brazzaville en consomment le soir (Trèche et Massamba, 1991).

C'est donc l'évolution de la consommation alimentaire, d'une manière générale, qui justifie la mécanisation de la technique de transformation des cossettes de manioc en farine. La technique artisanale du pilon est remplacée par le moulin à moteur (gasoil) et ensuite par le moulin électrique ces dernières années. Cette activité qui se fait sous forme de prestations de service, intéresse de plus en plus les petits entrepreneurs du fait d'une forte demande des ménages.

1.1.2. Les petites entreprises rurales (PER)

Dans le monde rural nous avons trois types d'activités faisant l'objet d'une organisation en petite entreprise. Il s'agit de la production de chikwangue rurale, de la production de cossette de manioc et de la production de pâte rouie.

La transformation du manioc constitue dans la plupart des régions l'activité centrale des systèmes de production agricoles. C'est le cas de la région du pool où 90 % des champs cultivés sont des champs de manioc et où près de 80 % de la population active vit de la transformation du manioc (Desjeux, 1987).

1.1.2.1. La production de chikwangue rurale et de cossettes

En zone rurale 92 % des ménages pratiquent totalement ou partiellement des activités liées à la transformation du manioc (Trèche, Avouampo et Massamba, 1991).

C'est dans ce sens que dans certains villages la chikwangue est devenue le principal produit commercialisé. C'est le cas de la chikwangue appelée *mpiala* dans le district de Mindouli, et du *moungouélé* rural dans le district de Ngabé [4].

Le *ngudi-yaka*, chikwangue rurale de grosse taille (> 5 kg) produit en zone rurale est davantage consommé en ville. La forte consommation de ce produit s'explique en partie par le fait que sa dimension correspond mieux à la taille des

ménages et que son prix de vente ramené au poids est moins élevé que celui des autres types de chikwangue. Outre la production de chikwangue rurale, les cossettes de manioc sont aussi produites par des unités de production rurales. Les régions du Pool, de la Bouenza et des Plateaux sont les principales zones de production. C'est une activité qui s'intègre dans une stratégie de diversification et de différenciation de produits transformés à base de manioc.

1.1.2.2. La production de pâte rouie

La transformation du manioc en pâte rouie se situe bien dans la logique des producteurs agricoles (allocation du temps de travail, obtention de revenus monétaires) et correspond également à une stratégie de différenciation du produit. C'est une activité typiquement rurale qui consiste à arrêter la transformation du manioc roui à un niveau intermédiaire. La dépendance est très étroite entre la production de pâte rouie et le fonctionnement des ateliers urbains de production de chikwangue parce qu'elle constitue la matière première de base (Trèche et Muchnik, 1993).

Le développement de ce type de produit ces dernières années ouvre des nouvelles perspectives dans la valorisation du manioc. Et pour cette raison nous assistons de plus en plus à l'émergence des zones de production intense de pâte rouie. Nous pouvons citer la zone de Mouyonzi dans la région de la Bouenza et la zone de Kinkembo dans la région du Pool.

1.1.3. Les petites entreprises de liaison (transport)

Le transport intervient à tous les niveaux de la chaîne de transformation du manioc du fait que les différents maillons de cette chaîne sont séparés dans l'espace et dans le temps. Il s'agit dans le cas présent du transport concernant l'écoulement des produits transformés à base de manioc des zones rurales vers les zones urbaines. Les transporteurs jouent un rôle de commande du réseau de petites entreprises liées à la transformation du manioc (rurales et urbaines) parce que de leur efficacité dépend le fonctionnement du réseau.

Cette interdépendance est observée dans l'approvisionnement en matières premières pour les ateliers urbains et dans l'écoulement de produits finis et produits intermédiaires pour les entreprises rurales.

Les résultats de notre enquête (Bazabana, 1994) confirment cette interdépendance du fait que 98 % des unités de transformation de manioc localisées à Brazzaville utilisent les produits intermédiaires en provenance des zones rurales (manioc roui, cossette, bois de chauffe, feuilles d'emballage).

Si le transport apparaît comme le nœud stratégique des activités liées à la transformation du manioc, c'est parce que le coût de fonctionnement du système

dans sa globalité en dépend. Le transport est le principal moyen d'intervention des pouvoirs publics dans le système des petites entreprises liées à la transformation du manioc. Les transporteurs subissent directement les effets de la politique fiscale et de la politique de prix des carburants. En conséquence toute manipulation par les pouvoirs publics de ces outils de politique économique a des effets sur la transformation du manioc, parce que les transporteurs répercutent les changements de prix sur la tarification du service de transport. L'incertitude liée à la mise en œuvre de ces outils incite les transformateurs et transporteurs de manioc à s'organiser en réseaux pour gérer les coûts qui en découlent.

Ainsi dans le transport les petites entreprises sont réparties selon les réseaux de transport existants :

- Le transport routier : la petite entreprise concerne d'une part les transporteurs possédant un ou deux véhicules de transport et d'autre part les individus faisant le transport par location de véhicule.
- Le transport ferroviaire : le statut de petite entreprise concerne les individus qui font le transport par location des wagons du Chemin de fer Congo-océan (CFCO).
- Le transport fluvial : ce sont les individus possédant des pirogues à moteur et qui font le transport des produits transformés de manioc.

1.2. Typologie par activité

Par rapport à la typologie par localisation, la typologie par activité fait ressortir trois types de petites entreprises liées à la transformation du manioc. Nous avons les petites entreprises de transformation de manioc au sens strict du terme (PETr), les petites entreprises de services (PES) et enfin les petites entreprises de transport (PET). Ce qui donne le schéma illustratif suivant :

PETr — PE de transformation de manioc
PE de transformation de manioc en pâte rouie
PE de transformation de manioc en chikwangue
PE de transformation de manioc en cossette
PE de transformation de manioc en *saka-saka* (feuille de manioc écrasée)

PES — PE de service liées à la transformation du manioc
PE de service liées à la transformation des cossettes de manioc en farine
PE de service liées à la transformation des feuilles de manioc en saka-saka

PET— PE de transport de manioc
PE de transport terrestre
PE de transport ferroviaire
PE de transport fluvial

Cette double typologie nous permet de mieux comprendre l'articulation existant entre ces différents types d'entreprises. Il est donc clair que la transformation du manioc suscite l'émergence de plusieurs petites entreprises dans des activités différentes. Des liens directs ou indirects apparaissent entre ces entreprises du fait que nous sommes en présence d'une double interdépendance : une interdépendance entre les petites entreprises et une interdépendance entre la petite entreprise et le milieu social localisé.

1.3. Éléments caractéristiques des petites entreprises

1.3.1. Une forme de gestion unipersonnelle

Les petites entreprises liée à la transformation du manioc ont une gestion unipersonnelle en majorité. Les fonctions de responsabilité incombent à une seule personne, en général seule propriétaire du capital et plus ou moins assistée par les membres de la famille. Le choix de cette forme de gestion est basé sur des éléments socio-économiques et technologiques. Car certains procédés de transformation du manioc, limitent l'entrepreneur à une gestion individualiste. L'exploitation d'un moulin par exemple ne nécessite qu'une ou deux personnes (propriétaire et un salarié).

La gestion unipersonnelle s'explique aussi par l'accessibilité au métier qui repose sur la transmission du savoir-faire à l'intérieur des réseaux sociaux.

Ce système d'acquisition du savoir-faire permet à toute personne insérée dans un réseau social d'entreprendre dans le domaine de la transformation du manioc. C'est une activité tout d'abord domestique : en zone rurale près de 90 % des ménages réalisent des transformations quotidiennes pour l'autoconsommation. Donc il n'est pas surprenant de constater l'émergence d'entrepreneurs individuels dans la transformation du manioc, le savoir-faire étant disséminé sur le territoire national. Le couple savoir-faire/réseaux sociaux est à la base de l'émergence de petites entreprises avec une gestion unipersonnelle.

Cette forme d'organisation favorise la flexibilité de la petite entreprise et renforce plutôt son insertion dans des réseaux relationnels spécifiques.

1.3.2. Les stratégies : une diversité de buts

L'analyse des buts tel que présentée par la théorie néo-classique apparaît très insuffisante pour caractériser certains entrepreneurs africains. Les buts peuvent correspondre à une logique autre que la seule maximisation du profit où la recherche de la croissance de l'entreprise. Alors que dans le système capitaliste le profit est la principale condition de survie des entreprises.

Ceci dit nous n'écartons pas le principe d'accumulation, mais il est question de montrer que les entreprises peuvent avoir d'autres buts que la maximisation du

profit. C'est dans ce sens que la plupart d'entre elles ont pour but la survie ou la constitution d'un capital financier pour d'éventuels investissements dans d'autres secteurs d'activité. C'est ce qui ressort du tableau n° 1 ci-dessous. Par exemple certains producteurs souhaitent investir dans le commerce hors manioc, dans la menuiserie, la vulcanisation, l'immobilier et autres. Dans ces conditions la transformation du manioc devient une activité purement stratégique pour certains entrepreneurs.

Tableau 1

Activité que les producteurs souhaitent faire dans l'avenir

	PES	PET	PETr	Total	%
Même activité	9	9	14	32	49 %
Fonction publique	0	0	0	0	0 %
Autres activité	4	3	5	12	18 %
Commerce hors manioc	0	0	13	13	20 %
Diversification	7	0	1	8	12 %
Total	20	12	33	65	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

Il semble donc possible de dire qu'un minimum de profit doit être réalisé, sur une période plus ou moins longue, pour la mise en œuvre de la stratégie de survie. Mais il n'est pas surprenant que certains entrepreneurs se limitent à la petite entreprise individuelle sans pour autant vouloir prétendre accéder au stade de la moyenne entreprise parce que celle-ci est moins impliquée dans les réseaux sociaux.

Parmi les petits entrepreneurs ayant fait l'objet d'enquête, 41,3 % ne souhaitent pas développer leur activité. Ce phénomène est très marqué pour ceux qui font de la transformation du manioc (PETr) sans toutefois oublier que 58,7 % d'entre eux souhaitent accéder à d'autres stades de production. C'est le cas des transporteurs (PET) et des propriétaires de moulin (PES), beaucoup plus attachés au développement de leur activité.

Tableau 2

Entrepreneurs qui souhaitent ou non développer l'activité

	PES	PET	PETr	Total	%
Oui	10	16	11	37	60 %
Non	5	4	17	26	40 %
Total	15	20	28	63	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

Du fait que certaines petites entreprises liées à la transformation du manioc ont un caractère transitoire, les actions portant sur leur promotion peuvent connaître des limites dans le temps. Ce comportement peut expliquer certains échecs de diffusion de nouveaux procédés de transformation. Ce qui traduit une nécessité de prendre en compte un tel comportement pour toute action visant à la promotion de ce type d'entreprise.

L'exemple des activités liées à la transformation du manioc montre que la petite entreprise est une organisation complexe. Une complexité qui ne se limite pas seulement à son caractère transitoire, mais qui touche aussi son fonctionnement parce que étroitement associée aux phénomènes de proximité sociale.

2. Rôle des réseaux sociaux dans le fonctionnement des petites entreprises liées a la transformation du manioc

Au delà du cadre empirique caractérisé par la dynamique des marchés urbains, les réseaux sociaux comme toutes formes d'organisation d'entreprises s'inscrivent dans un contexte théorique bien déterminé.

D'un point de vue théorique les réseaux sociaux comme forme d'organisation s'expliquent par la rationalité limitée, l'incomplétude des acteurs économiques et enfin par le souci de gérer les coûts de transaction.

La rationalité limitée à laquelle nous faisons allusion est celle développée par Simon. L'auteur réfute l'hypothèse néo-classique selon laquelle la rationalité n'est limitée que de l'extérieur de l'individu et il insiste sur les limites internes du cerveau du fait qu'elles sont endogènes à la perception et au raisonnement du cerveau humain (Simon, 1986). Il met en évidence d'abord le processus de choix interne à l'individu et relègue l'incertitude externe à un rôle secondaire bien qu'il ne l'ignore pas. Pour Simon les limites internes sont mises en évidences de deux manières :

- par la limite du cerveau humain ; incapacité de concevoir la complétude ; autrement dit une incapacité individuelle à concevoir l'ensemble des stratégies possibles ;
- par la rationalité procédurale : cadre générique d'analyse des procédures de recherches de solutions en tenant compte de l'incertitude extérieure.

Le deuxième point susceptible de donner un éclairage à l'existence des réseaux sociaux dans le fonctionnement des entreprises est le problème de l'incomplétude des acteurs économiques. Le phénomène d'incomplétude s'explique par le fait qu'il est impossible pour les individus de définir un cadre opérationnel optimal, en raison de désaccords ou de l'incertitude. Les économistes

de la théorie des conventions, à travers les travaux d'Orléan et de Favereau, placent dans l'incomplétude totale tout individu isolé des institutions ou de la socialisation. La thèse d'Orléan place au fondement du lien conventionnel un individu incomplet au sens où il lui manque pour s'assurer du résultat de son action, un élément qu'il ne trouve qu'en se confondant avec les autres au sein d'une valeur commune (Orléan, 1989). Alors que pour Favereau, la convention commune dispense les individus de tout connaître, donc réduit l'incomplétude (Favereau, 1989).

Les réseaux sociaux permettent dans le cas de la transformation du manioc, de rationaliser les coûts de fonctionnement (coûts de transaction et coûts d'organisation) des unités de production. Ces formes d'organisation ont essentiellement comme fonction d'assurer la minimisation des coûts de transaction ou d'organisation tant dans l'émergence que dans le fonctionnement des unités de production.

2.1. Influence des réseaux sociaux dans l'émergence des petites entreprises

L'émergence de petites entreprises de transformation de manioc au Congo résulte d'une combinaison de plusieurs facteurs souvent différents de ceux développés par certains auteurs. Les réseaux sociaux sont des facteurs d'émergence et favorisent aussi le choix du statut de petite entreprise.

Dans les pays industrialisés, on a effet reconnu depuis longtemps que « l'esprit d'entrepreneur » diffère selon les groupes. Par exemple une étude de Reeves et Ward montre qu'en 1971 en Angleterre les immigrants en provenance de l'Inde et du Pakistan avaient une probabilité de se lancer dans la création d'entreprise deux à trois fois plus grande que celle des immigrants en provenance des caraïbes (Reeve et Ward, 1982). Dans son étude sur les Juifs sépharades de Montréal, Lasry trouve cette même propension. Ces mêmes phénomènes se retrouvent en Afrique où certains réseaux intra-ethniques favorisent la création d'entreprises (Lasry, 1982). L'exemple des Bamilékés au Cameroun est pertinent pour expliquer ce type de phénomène. La famille immédiate ainsi que le réseau de famille étendue sert de source première de financement et de main d'œuvre aux entrepreneurs appartenant à la communauté. Et ces mêmes formes d'organisation sont à l'origine de l'émergence des entreprises de très petite taille dans les activités liées à la transformation du manioc au Congo.

Les réseaux sociaux répondent à une série de besoins : fournir une aide dans la dynamique des entreprises, autrement dit créer une interaction entre les entreprises et le milieu social dans lequel elles sont implantées. Les réseaux sociaux constituent des organisations d'appui aux petites entreprises en leur fournissant des espaces et des apports en capitaux (financiers et en nature). D'une manière

générale ils augmentent les chances de survie des petites entreprises pendant la phase de démarrage. Il s'agit précisément des réseaux de relation ethniques, lignagères et claniques et régionales.

L'entrepreneur qui s'engage dans la transformation du manioc trouve ces risques réduits du fait qu'il trouve un soutien logistique à partir des réseaux sociaux. C'est pour cette raison que 59 % de petites entreprises enquêtées sont attachées à ce type de réseaux...

Tableau 3

Types de relations que les petites entreprises entretiennent entre elles

	PES	PET	PETr	Total	%
Concurrence	6	14	12	32	41 %
Coopération	7	1	12	20	26 %
Entraide	1	6	19	26	33 %
Autres	0	0	0	0	0 %
Total	14	21	43	78	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

L'utilisation des réseaux sociaux par les producteurs de produits transformés à base de manioc est une forme de coopération qui dépasse les rapports marchands. L'intense coopération qui existe entre les producteurs et le milieu social sous forme de réseaux favorise d'une manière ou d'une autre le développement de l'entreprise individuelle.

2.2. Le milieu social et le fonctionnement des petites entreprises

La dimension sociale dans les activités liées à la transformation du manioc peut être analysée en terme de proximité sociale ou de milieu local socialisé. Le milieu étant défini par comme un ensemble de conditions environnementales qui favorisent l'émergence et la prospérité des organisations (Aydalot, 1986).

L'analyse des milieux locaux permet de mieux connaître le rôle de facteurs socioculturels dans les interactions entre acteurs. C'est à ce titre que Proulx (1991) considère le milieu comme un espace local riche en compétences.

La notion de milieu local peut donc être assimilée aux effets externe qu'A. Marshall a identifiés lors de ses descriptions du fonctionnement des districts industriels. Il a introduit une distinction entre les économies internes et les économies externes, tout montrant que ces dernières pouvaient être obtenues par la concentration de plusieurs petites entreprises de même type dans des lieux spécifiques (Marshall, 1920). Cette localisation peut être convenablement vue comme des systèmes locaux dotés d'une propriété sociale constitutive.

Le district industriel marshallien reflète une structure sociale qui se caractérise particulièrement par un nombre relativement élevé de personnes qui travaillent pour leur compte avec des règles économiques étroitement dépendantes de la structure sociale.

L'intérêt de considérer les districts comme cadre de référence théorique est qu'ils réussissent à articuler toute une série de ressources locales, économiques ou non, en un ensemble social cohérent doté de dynamique propre.

Dans ce cadre les activités économiques ne sont donc à leur niveau qu'une partie de l'échange social qui s'actualise. Cet échange peut être autre qu'économique (culturel, familial ou social).

C'est ce système global d'échange régulé, doté de sa propre « monnaie » d'échange social et de ses propres règles, qui constitue le cœur des districts industriels et qui est donc à prendre comme un tout.

Le district dépasse l'aspect production pour intégrer la famille et à travers celle-ci, toute la communauté territoriale.

De même que les économies externes marshallienes constituent la clef pour expliquer la synergie territoriale, de même le système particulier de valeurs distinguant chaque territoire est aussi la clef pour éclairer ce que T. Mossello appelle les mailles serrées de l'organisation sociale des districts industriels (Mossello, 1989).

Ces valeurs opèrent à deux niveaux différents : le premier niveau maintient la cohérence entre les fins individuelles, cohérence qui explique les affinités qui se manifestent dans la communauté. Au second niveau les mécanismes communautaires génèrent les normes comportementales, et les mécanismes de régulation pour les garantir finissent par transmettre d'une génération à l'autre un corps de valeurs.

C'est en ce sens que certains auteurs qualifient le système social de « sui-référenciel » c'est-à-dire qu'il est capable de se référer à ses propres mécanismes. Le système génère de façon autonome, grâce à sa perception et à sa mémoire, les mécanismes autorégulateurs nécessaires.

2.2.1. Proximité sociale et dynamisme des petites entreprises de transformation de manioc

Les petites entreprises associées à l'activité manioc possèdent des conditions d'efficacité qui leur sont propres et qui leur permettent de satisfaire des buts qui leur sont également spécifiques. Cette efficacité trouve son fondement dans l'organisation sociale des localités ou la concentration de ce type d'entreprise est forte. De cette organisation sociale découle une dynamique particulière.

Dans le cas présent les éléments qui suscitent cette dynamique sont : le lignage, le clan, l'ethnie, la région ou le village. Tous ces éléments sont des composants de la famille telle qu'elle est perçue par les Congolais.

Pour mieux cerner ce dynamisme social il est important de rappeler qu'il existe au Congo des foyers de transformation de manioc, ceux-ci étant caractérisés par une forte concentration de petites unités de production de produits dérivés de manioc. C'est le cas de la ville de Brazzaville et de Pointe-Noire ainsi que des régions du Pool et de la Bouenza.

La nature et l'origine de la population des différentes localités représentent un aspect important pour comprendre le rôle que jouent les relations sociales dans le fonctionnement de ce type d'entreprise. Les enquêtes effectuées à Brazzaville, dans le district de Mindouli (peuplé respectivement à 60 % et 95 % par l'ethnie lari) et dans le district de Mouyondzi (avec 95 % de l'ethnie bembé), montrent que l'homogénéité ethnique est un facteur de dynamisme pour les entreprises implantées dans ces localités et appartenant à ces communautés ethniques. Il s'agit d'une organisation sociale basée sur la parenté qui d'un point de vue historique remonte du royaume du Kongo (XIII^{e} siècle).

L'analyse du système de parenté nous permet de comprendre comment la famille, le clan, le lignage, l'appartenance ethnique influencent le comportement économique des individus dans les milieux ruraux et urbains.

2.2.1.1. Le système de parenté

Les travaux de D. Desjeux sur le système de parenté lari [5] sont une référence fondamentale. Il démontre dans quelle mesure la parenté est à la fois une boussole sociale, un modèle culturel et la base sociale d'un réseau qui va du village à la ville. La parenté fonctionne à partir des règles sociales avec lesquelles les individus ou les groupes jouent plus ou moins. Ces règles sont reconstituées à partir des termes de filiation, d'alliance et de résidence. Elles affectent l'activité économique, voire l'ensemble de la vie sociale à partir d'une reconnaissance mutuelle par la langue, le lignage et le clan. Par exemple chez les Laris l'expression *ala ba gâta* (« enfant du village ») traduit un signe de reconnaissance qui soutient le système de parenté (Desjeux, 1987).

Le lignage, le clan sont les principaux lieux d'apprentissage premier des transactions sociales. Ils inculquent un modèle culturel de comportement et restent une clé pertinente d'interprétation du social. C'est ce que Bourdieu appelle un « habitus social » qu'il définit comme un ensemble de dispositions acquises à travers des expériences répétées de vie quotidienne et qui conditionnent plus ou moins les choix et les décisions des individus. Ils transposent dans d'autres milieux le modèle familial acquis. Ceci explique les homologies de comportement entre la ville et la campagne (Bourdieu cité par D. Desjeux, 1987)

La parenté constitue un ressort relationnel puissant, facilement mobilisable dans le fonctionnement des petites entreprises liées à la transformation du manioc.

Les enquêtes ont montré que les producteurs de produits transformés à base de manioc mobilisent pour des raisons d'efficacité les différents éléments de reconnaissance sociale basés sur la parenté.

L'utilisation de ce type de relations apparaît dans les opérations de vente et d'achat. Parmi les transformateurs ayant fait l'objet d'enquête, 60 % pratiquent la technique du crédit à la vente ou d'achat en se référant à des critères de confiance liés à la reconnaissance parentale (cf. figure 2 et tableau 4).

Si nous écartons la fidélité (35%) comme critère de confiance classique, apparaissent d'autres critères de confiance très rattachés à la parenté dont 56 % de petits entrepreneurs font usage.

Tableau 4

Répartition des petites entreprises en fonction des critères de confiance qui influencent le crédit à la vente ou à l'achat

	PES	PET	PETr	Total	%
Fidélité	0	1	9	10	36 %
Même quartier	0	1	7	8	29 %
Même ethnie	0	3	0	3	11 %
Même famille	0	1	2	3	11 %
Même village	0	0	2	2	7 %
Autres	0	6	22	2	7 %
Total	0	6	22	28	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

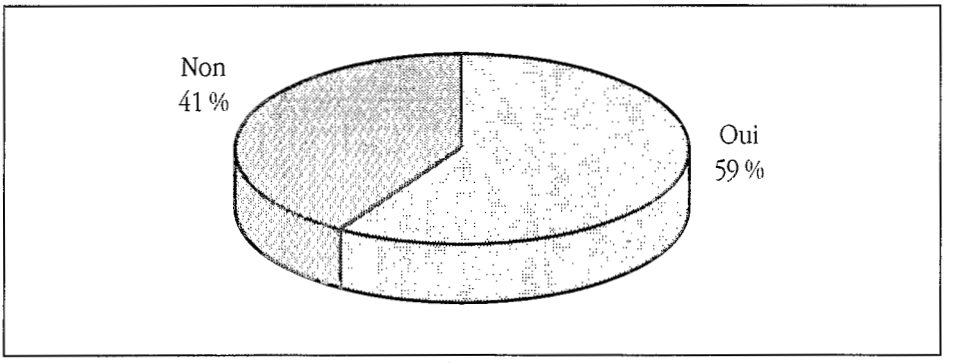


Figure 2

Répartition des petites entreprises selon qu'elles font usage ou non du crédit à la vente ou à l'achat

2.2.1.2. Influence du système de parenté dans le calcul économique des producteurs

Le système de parenté n'est pas seulement un outil de reconnaissance, mais aussi un outil qui permet de gérer les incertitudes et les risques, une capacité pour les petits entrepreneurs de réagir continûment aux variations de l'environnement [6].

Dans le cadre des activités liées à la transformation du manioc, c'est le modèle familial basé sur la reconnaissance mutuelle qui permet aux producteurs de minimiser les coûts d'utilisation du système économique.

Ce calcul économique favorise la coopération entre les entreprises, 87,7 % d'entre elles collaborent avec d'autres personnes pratiquant la même activité (cf. tableau 5). Cette collaboration montre qu'il existe pour tout entrepreneur pris individuellement des limites comme le présente Simon dans sa théorie de rationalité limitée. Les entrepreneurs font appel aux relations de coopération et d'entraide pour échapper à la concurrence et aux coûts de transaction suscités par le fonctionnement du système économique.

Tableau 5
Rapports de collaboration entre les différents producteurs

	Nombre	Pourcentage
Collabore	57	88 %
Ne collabore pas	8	12 %
Total	65	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

Les relations de coopération et d'entraide qui concernent 59 % des petites entreprises (cf. tableau 3), ne sont pas exclues de la logique sociale à laquelle nous avons fait allusion dans les paragraphes précédents. Le système de parenté basé sur la reconnaissance mutuelle en terme de lignage, de clan, d'ethnie etc., déterminent les mécanismes de coopération et d'entraide.

Qu'entend-on par entraide (33,3 % de producteurs) et coopération (25,6 %) dans le fonctionnement des entreprises de manioc ?

Dans le milieu lari par exemple, l'entraide exprime une gamme de formes d'organisation du travail qui permet aux différents acteurs de minimiser le coût de l'activité. Alors que la coopération se traduit par des phénomènes d'entente et d'échange d'informations. Nous avons observé quatre principales organisations d'entraide :

a) le *n'salasani* (qui veut dire « entraide ») est une équipe d'effectif réduit, mais relativement permanent, regroupant deux à quatre personnes dans les villes et

au moins quatre ménages en zone rurale. L'équipe effectue des travaux à tour de rôle, tout en faisant bénéficier à chaque participant de la force de travail et des moyens de production ainsi réunis.

Cette forme d'entraide se retrouve dans les activités liées à la transformation du manioc. Plusieurs producteurs y ont recours mais souvent dans des termes qui diffèrent selon que la transformation a lieu en ville ou à la campagne.

En ville cette forme d'entraide s'effectue sur quelques étapes du procédé de production de chikwangue en l'occurrence le malaxage à chaud de la pâte rouie et l'emballage, étapes qui sont considérées par les productrices de Brazzaville comme les plus pénibles. Le *n'salasani* y est souvent mobilisé quand il s'agit de répondre à une commande importante.

En revanche, en zone rurale les producteurs font usage du *n'salasani* tout au long de la chaîne de transformation du manioc, de la production jusqu'aux opérations de transformation.

Dans la zone de Mindouli où la production de chikwangue représente 55 % du total des ventes paysannes, cette pratique est très utilisée parce qu'elle permet aux producteurs d'améliorer la productivité du travail (Naire, 1994).

b) Le *sangolo* est aussi une forme d'association d'entraide à caractère économique, rassemblant des hommes et des femmes, en vue de faire de la prestation de services aux particuliers, en général, et occasionnellement à ses membres, lesquels bénéficient alors d'une tarification exceptionnelle allant jusqu'à réduire de moitié le prix des prestations de services.

Le *sangolo* offre ses services en moyenne à raison de 1 500 à 2 500 francs CFA la journée, cette tarification varie en fonction de l'importance des travaux. C'est une organisation temporaire et le critère d'adhésion reste la maîtrise des opérations de production et de transformation du manioc. Mais l'une des particularités du *sangolo*, c'est son absence en zone urbaine. Ce sont surtout les producteurs de pâte rouie et de cossettes de manioc qui utilisent le *sangolo*, parce que ces activités nécessitent une main d'œuvre importante. Cette forme d'entraide permet de réduire le coût de la main d'œuvre.

c) Le *dibundou* (association religieuse) est une association différente du *sangolo* et du *n'salasani*, toujours à caractère économique mais au service de l'église. Ces associations ont été créées dans les années 1920 pour faire construire les églises dans les villages par les paysans eux mêmes. Aujourd'hui les dibundous offrent leurs services aux particuliers et c'est toujours dans le souci de minimisation des coûts que les producteurs font usage de ce type d'entraide.

d) Le *luyalu* (travaux communautaires) a débuté dans les années 1960 ; et a permis aux ruraux de construire eux-mêmes des établissements scolaires, hospitaliers et administratifs jusqu'à la fin des années 1970.

Les paysans n'ont pas voulu se séparer d'une telle forme d'organisation. On a ainsi vu dans chaque village naître à l'échelle réduite, les mêmes organisations qui consistent aujourd'hui à faire de la prestation de services dans les opérations de transformation de manioc.

Mais à côté des organisations d'entraide il existe une coopération entre les producteurs qui se fait sur la base de la parenté. Cette coopération met en évidence la tendance pour l'entreprise de s'entendre avec d'autres pour bénéficier des complémentarités (Richardson, 1972). Dans le cadre de la transformation du manioc elle se traduit par un échange informationnel (prix, qualité du produit, création de tontine etc.) fondé sur les mécanismes de reconnaissance mutuelle c'est à dire le système de parenté. L'entraide et la coopération entre producteurs reposent sur la proximité sociale à savoir l'ethnie, le lignage, le clan, le village et la région.

2.2.2. Les réseaux sociaux : essai de typologie

La diversité des typologies et les ambiguïtés dans l'utilisation de la notion de réseau montrent bien que ce concept n'est pas tout à fait maîtrisé dans les sciences sociales.

Le réseau est un espace de relations et de stratégies. La nature des relations est diverse ; avec les relations économiques issues de l'échange, coexistent des relations socioculturelles fondées sur un ensemble de valeurs et de règles déterminées : savoir commun, acquisition commune de connaissance (Fourcade, 1992).

A partir de cette représentation, nous avons observé différents types de réseaux au niveau de la transformation du manioc : ethniques, lignagers, claniques, villageois et régionaux.

2.2.2.1. Les réseaux de relations régionales

La dimension régionale possède un rôle et une importance qui ne peuvent pas être négligés. Certains régionalistes voient dans le fonctionnement des structures productives un certain régionalisme : attachement au sol natal, respect des souvenirs, communion avec la terre et les ancêtres, rénovation des vieilles coutumes et des dialectes. Une philosophie de groupe qui enracine l'homme dans le groupe local qui est la région.

Ainsi la région économique apparaît non seulement comme un territoire à production définie, mais également comme un ensemble de phénomènes solidaires les uns des autres, très complexes. La dimension économique du régionalisme s'explique par le fait que la région représente un groupement humain où fonctionne de façon continue et permanente entre les hommes la collaboration

directe et personnelle par le travail en commun, par le contact quotidien dans toutes les relations de la vie.

Sur le plan de l'échange et de la répartition des biens, l'activité privée entre les habitants d'une même région engendre une solidarité économique. Celle-ci influence dans une certaine mesure les prix de vente des matières premières et des produits finis sur les marchés. D'une manière générale cette solidarité peut modifier l'équilibre entre l'offre et la demande quand on sait que le prix ne dépend pas uniquement de la confrontation de l'offre et de la demande mais aussi des affinités entre les agents économiques. Les relations à base régionale conditionnent le fonctionnement des petites entreprises qui transforment le manioc.

Pour ces unités de production l'appartenance de leurs dirigeants à une région donnée n'est pas seulement un facteur social ou naturel, mais également un facteur de régionalisme économique. Ce type de régionalisme apparaît comme une pratique qui permet de reconstituer en ville le système de reconnaissance mutuelle auquel nous avons fait allusion dans les paragraphes précédents. Il fonctionne sous forme de réseau permettant à des gens d'origine régionale proche de s'organiser pour aborder les problèmes économiques.

Les résultats de l'enquête montrent bien que la formation des associations rotatives d'épargne et de crédit (tontine) pour le financement du fonctionnement des entreprises de manioc se fait dans certains cas sur la base de l'identité régionale.

Par exemple certains propriétaires de moulins et producteurs de chikwangue de Brazzaville ont trouvé avantageux d'exploiter l'identité régionale dans la mise en œuvre de leur stratégie.

2.2.2.2. Les réseaux de relations villageoises

Comme la région, le village représente aussi une reconstitution du système de reconnaissance mutuelle en ville, face au brassage ethnique existant. L'expression lingala (langue nationale du Congo) *muana m'boka* du langage courant des Brazzavillois exprime une reconnaissance mutuelle sur la base de l'identité villageoise.

Dans la plupart des grandes villes congolaises les originaires d'un même village s'organisent en association d'entraide à caractère économique. La confiance mutuelle entre acteurs, favorisée par les relations villageoises permet l'échange d'informations, de compétences, le développement des processus d'apprentissage individuels et collectifs.

L'adhésion à ce système de valeurs, l'acceptation d'un ensemble de règles, la référence à une identité collective, modifient sensiblement les données du jeu relationnel entre les différents acteurs. Les transactions entre acteurs dépassent le

simple cadre du marché. Ces transactions se développent en effet dans un cadre de confiance mutuelle et de réciprocité basé sur une origine sociale qui est le village. Ce type de confiance n'est donc pas spontanée, elle suppose une réalité économique, une continuité et une durée dans la relation ainsi que le respect des règles.

2.2.2.3. Les réseaux ethniques

Les relations ethniques développent pour les petites entreprises de manioc une atmosphère de confiance qui permet de réguler l'ensemble des relations marchandes et non marchandes. L'ethnie est un facteur de reconnaissance mutuelle au même titre que le village et la région, utilisée davantage en zone urbaine et dans les régions à population multi-ethnique.

Les enquêtes (Bazabana, 1994) effectuées à Brazzaville et dans le district de Mouyondzi montrent que le réseau ethnique lari et le réseau ethnique bembé constituent une ressource supplémentaire pour les activités liées à la transformation du manioc.

Parmi les petites entreprises enquêtées 14,6 % considèrent l'ethnie comme critère de confiance pour le fonctionnement d'une association d'épargne et de crédit.

L'appartenance ethnique permet de reconstituer en ville le système de parenté. Elle dynamise le fonctionnement des petites entreprises sous forme de réseaux ou d'individus de même origine ethnique qui s'organisent pour assurer leur efficacité. Les transformateurs de manioc de Brazzaville et ceux du district de Mouyondzi fonctionnent selon cette logique.

Les réseaux ethniques n'intéressent pas seulement l'administration et la politique, mais affectent aussi le fonctionnement de l'économie dans son ensemble.

Les cultures africaines sont particulièrement attachées aux relations entre personnes, tout anonymat éveille la méfiance et inversement, traiter avec celui que l'on connaît exprime d'emblée un privilège de confiance.

2.2.2.4. Les réseaux familiaux : le lignage et le clan

Le sentiment d'appartenir à un clan ou à un lignage est très présent dans la vie quotidienne des individus. Le clan est la pierre angulaire du système social rural, ou urbain. Il se définit comme un groupe social à filiation matrilinéaire. Le clan reste ainsi uni même disséminé sur l'espace national malgré l'épanouissement de l'économie marchande. L'antenne empêche le dessèchement et la rupture du cordon ombilical clanique. Au delà de son implication dans l'activité économique, l'organisation clanique en ville consiste aussi à gérer les affaires traditionnelles.

Dans une problématique de minimisation des coûts de transaction, les producteurs font usage du réseau familial pour financer leur activité. L'apport en

nature de la famille (clan ou lignage) surtout dans le démarrage de l'activité représente des proportions importantes (60 % des unités enquêtées).

Tableau 6
Apport en nature dans le capital de départ

	PET	PETr	effectif	%
Ayant bénéficié d'apports familiaux en nature	6	20	26	60 %
N'ayant pas bénéficié d'apports familiaux en nature	8	10	18	40 %
Total	4	0	4	100 %

Source : CIRAD-SAR, Bazabana, 1994

Les difficultés de trésorerie sont souvent comblées par la solidarité familiale. Cet apport consiste à collecter les fonds dans la famille ou le clan afin de susciter des effets de levier dans une unité de production (appartenant à un membre de famille) qui risque la disparition pour des raisons de trésorerie.

Les réseaux sociaux tels qu'ils ont été présentés se comportent comme des formes d'organisation productrices de stabilité et réductrices d'incertitude. Ils jouent un rôle capital dans la stratégie des petites entreprises surtout en matière d'économie de coûts de fonctionnement.

2.2.2.5. Flexibilité des réseaux sociaux

La recherche de la flexibilité apparaît comme un objectif de plus en plus fondamental, pour les entreprises. Car pour s'adapter à un environnement économique incertain, les entreprises sont obligées d'adapter leur stratégie.

Il a été montré précédemment que les réseaux sont liées à la fois à un milieu local et social. Le choix d'un type de réseau ne peut se faire sans prendre en compte ces deux éléments. A partir de cette dualité des milieux il apparaît deux types de réseaux : les réseaux naturels obligatoires et les réseaux utilitaires non obligatoires.

Les réseaux obligatoires sont liés au milieu social, réseaux familiaux ou primaires. Il s'agit précisément des réseaux claniques et lignagers alors que les réseaux utilitaires non obligatoires, prennent racine dans le milieu local et social. Ce sont les réseaux villageois, les réseaux régionaux et ethniques. Leur éloignement par rapport au droit coutumier entraîne leur flexibilité (Proulx, 1991). Ces réseaux ont une nature dynamique et fluctuante, se construisent au coup par coup selon les circonstances, les besoins, les nécessités et visent des objectifs généralement non atteints par les réseaux naturels déjà existants.

Par rapport aux réseaux claniques ou lignagers, obligatoires et moins flexibles, les réseaux villageois, régionaux et ethniques non obligatoires, apparaissent très flexibles parce que les entrepreneurs disposent d'un degré de liberté dans le choix. Ainsi en fonction des opportunités qui se présentent l'entrepreneur peut faire usage de chaque réseau dans sa stratégie. Ceci se fait selon une rationalité précise car le choix n'est pas du tout aléatoire, il correspond bien aux attentes de l'entrepreneur. La recherche de la rationalité pousse certains entrepreneurs à diversifier leur stratégie résiliaire, c'est le cas de la plupart des entrepreneurs qui opèrent dans la transformation du manioc.

Conclusions

Cette communication a choisi comme objet d'étude les entreprises de transformation du manioc au Congo. Les conclusions de nos travaux s'appuient sur les recherches et enquêtes de terrain réalisées sur ce produit, aliment de base des Congolais. Mais, « au delà du manioc », ces recherches contribuent à mieux comprendre les réseaux de petites entreprises comme forme d'organisation socio-économique, qui joue un rôle particulièrement important dans les pays Africains. Nous soulignerons en conclusion trois points.

Le réseau, mode d'organisation socio-économique

Les réseaux sociaux créent une interaction entre les entreprises et le milieu social dans lequel elles sont implantées. Ils constituent une sorte de « convention spécifique » qui lie les membres d'un milieu économique et génère des relations de confiance entre eux. Ces conventions particulières ne s'élaborent pas de manière volontariste dans une courte période, elles représentent un construit social fruit d'un processus historique. Comme nous l'avons vu le système de parenté, qui prend ses racines dans l'ancien royaume du Kongo, a aujourd'hui une grande influence dans l'organisation et le fonctionnement des réseaux de petites entreprises.

Les réseaux sociaux n'ont pas fonction d'éliminer les conflits et la concurrence, pas plus que se substituer au marché dans l'organisation des échanges, mais d'organiser parallèlement aux mécanismes de marché d'autres mécanismes de régulation qui ont une incidence directe dans l'émergence et le fonctionnement des entreprises. Ainsi, dans le cas du manioc au Congo, ces mécanismes se traduisent par des avantages divers : obtention de capitaux pour l'installation, davantage de chances de survie dans la phase de démarrage des activités, facilités d'approvisionnement en matière première, et de manière générale par une meilleure efficacité dans le fonctionnement de la petite entreprise.

Le réseau, mode d'organisation spécifique

En ce qui concerne le fonctionnement en réseaux de petites entreprises, il est important de comprendre l'universalité de ce phénomène, mais aussi ces spécificité dans une société donnée.

Au Congo, la participation des associations d'entraide et de coopération comme le *n'salasani* et le *sangolo* dans le fonctionnement de petites entreprises liées à la transformation du manioc, traduit bien cette spécificité, d'autant plus que ces associations reposent sur les mécanismes de reconnaissance mutuelle auxquels nous avons fait allusion. Il s'agit précisément de stratégie d'aide mutuelle fondée sur les relations de voisinage, ethniques, claniques, lignagères et régionales.

Nous constatons que le réseau est un outil pertinent en économie des organisations car il apporte au même titre que la filière et le groupe des solutions au problème d'incomplétude, de rationalité limitée et de gestion des coûts de transaction.

La connaissance spécifique des réseaux de petites entreprises de transformation du manioc au Congo que nous venons d'analyser est utile pour agir à la fois sur les éléments classiques de l'entreprise (financement, technologie, commercialisation, etc.) et sur les effets favorables des réseaux existants.

Le réseau, mode d'organisation stratégique

Nous avons vu que les réseaux de petites entreprises constituent un objet de recherche intéressant du point de vue de l'articulation entre règles sociales et règles économiques dans le fonctionnement des petites entreprises. Nous avons analysé également les spécificité de ces réseaux dans le cas du Congo. Nous terminons en soulignant que ces formes d'organisation productive sont capables de répondre à des stratégies, concrètement : l'approvisionnement des villes au Congo avec un aliment de base.

Effectivement, ce sont les « conventions spécifiques » des réseaux sociaux qui permettent que le « tout » fonctionne. C'est à dire, que des milliers d'ateliers de fabrication de chikwangue et des moulins à foufou en ville, s'articulent avec un système de transport et des milliers de producteurs-transformateurs dans des zones rurales spécialisées. Les réseaux sociaux traversent l'espace géographique, reliant la ville et la campagne, en constituant leur propre territoire marqué socialement et culturellement : un rôle non négligeable pour ces formes d'organisation productive, et une matière à réflexion majeure pour planificateurs et chercheurs.

Notes

1. Les taux d'urbanisation ont été calculés sur la base des chiffres de l'*Atlas de la population mondiale* de la Banque mondiale, 1989.
2. Ces chiffres proviennent d'un rapport du Centre national de la statistique et des études économiques (CNSEE) publié en 1991 par le ministère du Plan congolais.
3. Cette forme d'organisation d'entreprise a comme soubassement théorique la théorie de la rationalité limitée de H. Simon (1986) et la théorie des coûts de transaction de O. Williamson (1975) auxquelles il faut ajouter la théorie des conventions de Favereau-Orléan (1989) qui pose le problème d'incomplétude des individus.
4. Mindouli et Ngabé sont deux principales zones de production de chikwangue rurale.
5. Les Laris : groupe ethnique ayant en commun une langue, le lari, qui est un mélange de plusieurs langues appartenant à des sous-groupes ethniques de la tribu Kongo.
6. La problématique de la gestion du risque et de l'incertitude par les formes d'organisation intermédiaire trouve son fondement dans la théorie des coûts de transaction de Williamson (1975). La mise en œuvre des structures destinées à économiser les coûts de transactions est sa principale préoccupation sachant que son argumentation repose sur les échecs du marché et sur la rationalité limitée.

Pour Williamson les imperfections de marché engendrent les coûts de transactions qui peuvent mettre l'entreprise en difficulté d'où le recours à des formes d'organisation intermédiaires. Celles-ci permettent d'obtenir les économies de coût dans l'accès aux nouvelles ressources et en services qui de plus limitent les effets d'irréversibilité.

Bibliographie

AYDALOT (P.), 1986 - *Milieux innovateurs en Europe*, GREMI, Paris

BAZABANA (M.), 1994 - *Analyse fonctionnelle des réseaux sociaux : cas des petites entreprises liées à la transformation du manioc au Congo.* Rapport ATP entreprises agro-alimentaires rurales, CIRAD-SAR, Montpellier, 18 février 1994, 34 p.

DESJEUX (D.), 1987 - *Stratégie paysanne en Afrique Noire*, Harmattan, Paris : 9-10.

FAVEREAU (O.), 1989 - Marchés internes et et marchés externes. *Revue économique*, n° 2.

FOURCADE (C.), 1992 - « Petites entreprises innovantes et réseaux transnationaux », Conférence Saint-Malo, 25 et 26 juin : 7-8.

IKAMA (R.), et TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et mode de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

LASRY (J.CM.), 1982 - *Une diaspora francophone au Québec : les juifs sépharades.* Institut québécois derRecherche sur la culture, Vol 2,. Montréal : 113-138.

MARCHESNAY (M.), JULIEN P., 1988 - *La petite entreprise*, Vuibert, Paris., 288 p.

MARSHALL (A.), 1919 - *Industry and trade*, Macmillan, London.

MARSHALL (A.), 1920 - *Principes of économics*, Macmillan, London.

MOSSELLO (T.), DINI (F.), 1989 - Innovation et communication sociale dans les districts industriels. *Revue internationale PME*, vol. 2, n° 2-3.

TRECHE (S.), et MUCHNIK. (J), 1992 - « Changement technique et alimentation urbaine : Identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville ». In : *Alimentation, techniques et innovation dans les régions tropicales.* Communication aux Journées scientifiques sur l'innovation agro-alimentaire, CIRAD-SAR, Montpellier, 19-20 novembre : 339-369.

NAIRE, (L.), 1994 - *Contexte d'urbanisation et démographie rurale dans le Pool Congolais : les villages centres de Mindouli.* Unité de recherche économie et filière, CIRAD-CA - CIRA-SAR - DGRST, Montpellier, 85 p.

ORLEAN (A.), 1989 - Pour une approche cognitive des conventions économiques, *Revue économique*, n° 4.

PROULX (M. U.), 1991 - Réseau utilitaires spatialisés et dynamique économique. *Revue canadienne des sciences régionales.*

REEVES (F.), WAR (R.), 1984 - *Ethnic communities in Business,* Cambridge University Press, Cambridge.

RICHARDSON, 1972 - The organisation of industrial. *Economic journal*, n° 82 : 883-896.

TRECHE (S.), et MASSAMBA (J.), 1991 - Demain le manioc sera-t-il encore l'aliment de base des Congolais ? *Revue alimentation et nutrition de la FAO*, vol. 1 : 19-26.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Notoriété et acceptabilité de la « chikwangue Agricongo » à Brazzaville

Notoriety and acceptability of « Agricongo chikwangue » in Brazzaville

S. TRECHE *, E. AVOUAMPO **, G.M. ADOUA-OYILA *

** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*
*** Département de Transformation Alimentaire, Agricongo, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

L'objectif de cette étude a été d'évaluer, à deux années d'intervalles, la notoriété, la perception et l'acceptabilité de la « chikwangue Agricongo » à Brazzaville et d'étudier l'influence de différentes techniques mécanisées utilisées pour sa préparation sur les caractéristiques organoleptiques du produit.

Les informations recueillies proviennent de deux enquêtes effectuées en 1990 et 1992 auprès d'échantillons de 900 personnes représentatives de la population brazzavilloise adulte. Des tests de notation réalisés en unité d'évaluation sensorielle ont permis de comparer les caractéristiques organoleptiques de la « chikwangue Agricongo » à celles de chikwangues traditionnelles et d'évaluer l'influence des techniques mécanisées de défibrage, de laminage et de cuisson malaxage sur la qualité du produit.

Un peu moins de 10 % des Brazzavillois en 1990 et 1992 ont déclaré avoir déjà goûté la « chikwangue Agricongo », mais plus de trois sur quatre ont accepté d'en goûter au moment de l'enquête ; parmi ceux-ci, 28 % en 1990 et 77 % en 1992 ont déclaré la préférer aux chikwangues traditionnelles. La notoriété de la chikwangue n'est pas la même selon le sexe, l'âge, le niveau d'instruction et la position familiale des personnes enquêtées.

Les comparaisons effectuées en unité d'évaluation sensorielle confirment la supériorité de la « chikwangue Agricongo » sur les chikwangues traditionnelles prélevées dans des ateliers artisanaux pris au hasard dans la ville. Elles ont, par ailleurs, permis de constater que le défibrage et le laminage mécanisés ainsi que l'emballage en gaine plastique améliorent significativement l'acceptabilité du produit.

– Abstract –

From 1986, Agricongo started to commercialize chikwangue produced from a semi-mechanized production line installed at the Kombe station and latter transfered to a group of farmers situated 45 Km from Brazzaville. The objective of this study was to evaluate the notoriety of « Agricongo chikwangue » in Brazzaville during a two-year interval, the perception and acceptability of the product and the effects of different processing stages on the organoleptic characteristics.

The information collected came from two surveys carried out in 1990 and 1992 on samples of 900 people representative of the adult Brazzaville population. Comparison of organoleptic characteristics of « Agricongo chikwangue » to those of traditionally produced chikwangue and the evaluation of the effects of the mechanized stages of fibre removal, lamination, parboiling-kneading on the product were assessed by scoring tests in a sensory evaluation unit.

About less than 10 % of the Brazzaville population in 1990 and 1992 indicated having tasted Agricongo chikwangue, but more than 3 in 4 accepted to taste it during the surveys ; amongst these, 28 % in 1990 and 77 % in 1992 indicated that they prefer it to the traditionally produced chikwangue. The notoriety of chikwangue was not the same according to the sex, age, level of education and the family status of the surveyed population.

Comparisons carried out in the sensory evaluation unit confirmed the superiority of Agricongo chikwangue over traditionally produced chikwangue which were collected from artisanal production units, randomly selected. They have, moreover, showed that mechanized fibre removal and lamination and packaging in plastics in the place of traditional leaves improved significantly the organoleptic characteristics of the products.

Produced in limited quantities, the « Agricongo chikwangue » is not much known in Brazzaville but appears to be particularly accepted by consumers. Considered individually, the mechanized process did not significantly affect the quality of the products but generally the « Agricongo chikwangue » was considered to be better than the traditionally produced chikwangue.

Introduction

Dans le cadre d'un projet de mécanisation de la fabrication de la chikwangue, Agricongo, en collaboration avec l'Orstom et la faculté des sciences de Brazzaville, a mis au point entre 1988 et 1993 une ligne de fabrication mécanisée produisant des chikwangues commercialisées sous gaine plastique (Trèche *et al.*, 1993 ; Brochier *et al.*, 1994 ; Legros *et al.*, 1995).

La production de la « chikwangue Agricongo » a effectivement commencé à partir d'un atelier pilote en juillet 1988. Durant les deux premières années, une production limitée a été écoulée sur le site de la station Agricongo de Kombe auprès des travailleurs, de visiteurs et des habitants des environs de Kombé. Ce n'est que vers la fin de l'année 1989 et le début de 1990 que la production a pris un essor plus important et que les quelques 500 chikwangues produites par semaine ont été distribuées à travers un réseau de commercialisation plus formel composé de kiosques et de petites boutiques.

En 1991, la ligne de fabrication qui fonctionnait jusqu'alors sur la station Agricongo de Kombé a été transférée à un groupement de treize jeunes agriculteurs installés sur des exploitations agricoles pilotes situées sur les plateaux Batékés, dans la zone dite du PK 45, à une cinquantaine de kilomètres au nord de Brazzaville. Après une période d'adaptation, à la fin de l'année 1992, on pouvait considérer que la ligne de fabrication de chikwangue avait été bien adoptée par les exploitants agricoles du PK 45. Pendant l'année 1992, les points de vente ont été réduits à cinq qui pouvaient s'approvisionner seuls auprès du dépôt où était acheminée la production du PK 45. Sur les dix premiers mois, 21 000 chikwangues ont été vendues.

Pendant toute cette période, trois types d'opérations publicitaires ont été menés pour faire connaître le produit par le public : un spot d'information diffusé à la télévision congolaise ; des animations commerciales réalisées sur les marchés de la ville pour faire découvrir le produit aux passants ; des expositions et distributions à l'occasion des différentes foires commerciales tenues dans le pays (en 1988 et 1990 à Pointe-Noire ; en 1989, 1990, 1991 et 1992 à Brazzaville).

Afin de mesurer la progression de la notoriété et la perception de la « chikwangue Agricongo » à Brazzaville, nous avons effectué, en 1990 et 1992, deux enquêtes sur échantillons représentatifs de Brazzavillois adulte. Dans le même temps, nous avons comparé l'acceptabilité de la « chikwangue Agricongo » à celles de chikwangues achetées sur le marché et testé l'influence des techniques mécanisées utilisées pour la réalisation de différentes opérations unitaires sur les caractéristiques organoleptiques des chikwangues.

Matériels et Méthodes

1. Méthodologie des enquêtes de notoriété

Deux enquêtes ont été effectuées à Brazzaville auprès d'échantillons de 900 personnes représentant les habitants de Brazzaville de plus de 15 ans en 1990 et de plus de 18 ans en 1992.

La base de sondage utilisée a été le recensement général de la population de 1984. Toutefois, étant donné l'extension de la ville depuis cette date, des photos aériennes et des données démographiques récentes ont été également prises en compte pour les quartiers périphériques. A partir d'un découpage de la ville en sept cent zones de dénombrement (ZD) ; cent-cinquante ZD ont été tirées au sort en veillant à ce que le nombre de ZD tirées dans chacun des sept arrondissements soit proportionnel à leur population estimée. Le second degré de sondage a consisté dans chacune des ZD à tirer au sort sur plan une parcelle de départ à partir de laquelle six parcelles ont été visitées par proximité. Dans chaque parcelle, une seule personne, alternativement un homme et une femme, a été enquêtée.

Au cours de ces deux enquêtes, les mêmes questions ont été posées. Les fréquences de consommation ont été établies à partir des réponses des personnes enquêtées sur le contenu de leurs différents repas de la veille. A l'occasion de chacune de ces enquêtes, il a été proposé aux personnes enquêtées de goûter une « chikwangue Agricongo » avant d'être interrogées sur diverses caractéristiques du produit. En 1990, les chikwangues étaient produites par la ligne de fabrication pilote installée sur la station Agricongo de Kombé ; en 1992, elles provenaient de la ligne de fabrication installée dans l'atelier de transformation du groupement de producteurs du PK 45.

2. Tests d'évaluation sensorielle

Ces tests ont été réalisés dans l'unité d'évaluation sensorielle installée sur la station Agricongo de Kombe.

A trois reprises, les morceaux des chikwangues faisant l'objet des comparaisons étaient présentés successivement dans un ordre aléatoire à douze panélistes entraînés. Les panélistes devaient donner des appréciations qui étaient ensuite transformées en notes allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon) pour l'impression générale laissée par le produit et pour certaines autres caractéristiques dont il ne sera pas fait mention ici. Les notes obtenues ont ensuite été comparées par analyse de variance en utilisant le logiciel STATITCF.

Les différents tests réalisés ont consisté, d'une part, en la comparaison de chikwangues Agricongo à des chikwangues (*Fabriqué* et *Moungouélé de Brazzaville*) achetées dans des ateliers de fabrication traditionnelle où elles étaient préparées à partir de matières premières en provenance du sud et du nord du pays

(Ikama et Trèche, 1995) et, d'autre part, en des comparaisons effectuées au cours de quatre essais destinés à mesurer l'influence de différentes techniques mécanisées utilisées dans la ligne de fabrication de la « chikwangue Agricongo » sur l'acceptabilité du produit.

- Essai n° 1 : trois lots de chikwangues produites à partir du même approvisionnement en pâte rouie, ayant subi un défibrage selon trois techniques différentes avant d'être traitées selon des techniques identiques pour les opérations ultérieures : le premier lot a été défibré selon le mode traditionnel par filtration/décantation en utilisant un panier en rotin (Trèche et Massamba, 1995) ; le second lot a été défibré en utilisant le défibreur communautaire à tambour et à balais rotatif installé dans l'atelier du groupement de producteur du pK45 (Legros *et al.*, 1995) ; le troisième en utilisant un défibreur électrique, version adaptée d'un dépulpeur à tomate (Trèche *et al.*, 1993).

- Essai n° 2 : six lots de chikwangues produites à partir du même approvisionnement en pâte rouie défibrée mécaniquement mais ayant subi différents modes de laminage et de précuisson. Trois modes de laminage (pas de laminage ; laminage traditionnel sur plateau en bois ; laminage à l'aide du laminoir mécanique retenu dans la ligne de fabrication) et deux modes de précuisson et de malaxage (précuisson sous la forme d'une grosse boule suivi d'un malaxage à chaud et d'un modelage manuel selon le mode traditionnel ; passage dans le précuiseur/malaxeur de la ligne de fabrication mécanisée) ont été combinés. Les chikwangues des six lots ont été ensuite emballées dans des feuilles avant de subir une cuisson terminale selon le mode traditionnel.

- Essai n° 3 : six lots de chikwangues produites à partir du même approvisionnement en pâte rouie défibrée mécaniquement mais ayant subi différents modes de laminage et d'emballage. Trois modes de laminage (pas de laminage ; laminage traditionnel sur plateau en bois ; laminage à l'aide du laminoir mécanique retenu dans la ligne de fabrication) et deux modes d'emballage (traditionnel dans les feuilles ; en gaine plastique) ont été combinés. Les autres techniques utilisées étaient identiques : passage dans le précuiseur/malaxeur, cuisson terminale dans un foyer amélioré (Trèche *et al.*, 1993).

- Essai n° 4 : trois lots de chikwangues produites à partir du même approvisionnement en pâte rouie défibrée et laminée mécaniquement mais ayant subi différents modes de précuisson/malaxage et d'emballage : le premier lot a subi une précuisson sous la forme d'une grosse boule, un malaxage à chaud, un modelage manuel, un emballage dans des feuilles (mode traditionnel) ; les deux autres lots sont passés dans le précuiseur/malaxeur avant d'être emballés, soit dans des feuilles, soit en gaine plastique. La cuisson terminale effectuée a été la même pour les trois lots.

Résultats et discussions

1. Notoriété et perception de la « chikwangue Agricongo »

1.1. Niveau et évolution entre 1990 et 1992 de la notoriété

Respectivement 7,2 % et 9,6 % des personnes enquêtées en 1990 et en 1992 ont déclaré avoir déjà goûté la « chikwangue Agricongo » ce qui traduit un gain en notoriété assez faible depuis l'installation de la ligne de fabrication dans l'atelier de transformation du groupement de producteur du PK 45 (tableau 1).

En revanche, le produit semble encore mieux perçu en 1992 qu'en 1990 : 93 % des enquêtés contre 75 % en 1990 ont accepté d'en goûter ; 77 % au lieu de 28 % déclarent la préférer aux chikwangues traditionnelles. Une amélioration de la qualité du produit explique sans doute ces meilleures appréciations.

Les appréciations favorables portées sur son hygiène, son aptitude à la conservation, sur son emballage, et sur sa forme n'ont pas changé de manière importante entre 1990 et 1992.

Tableau 1

Evolution de la notoriété et de la perception de la chikwangue Agricongo (CA) entre 1990 et 1992

	1990	1992
Personnes ayant déjà goûté la CA	7,2 %	9,6 %
Personnes acceptant d'en goûter	74,7 %	93,2 %
Quelles chikwangues préférez-vous ? :		
- la chikwangue Agricongo	28,4 %	77,4 %
- les chikwangues traditionnelles	25,6 %	8,0 %
- pas de préférence	46,0 %	14,7 %
Personnes pensant que la CA est plus hygiénique :	91,3 %	85,2 %
Personnes pensant que la CA se conserve mieux :	79,0 %	93,2 %
Personnes qui préféreraient que la CA soit emballée dans un plastique non transparent	10,4 %	15,0 %
Jugement sur la longueur de la CA :		
- trop courte	19,5 %	38,5 %
- correcte	80,5 %	61,6 %
Jugement sur le diamètre de la CA :		
- trop petit	30,6 %	25,7 %
- correct	70,4 %	74,3 %

1.2. Modalités de consommation en 1992

Parmi les 900 personnes enquêtées en 1992, 1,1 % avaient consommé de la « chikwangue Agricongo » la veille de l'enquête ; 1,9 % au cours de la dernière semaine ; 3,9 % au cours du dernier mois ; 7,0 % au cours de la dernière année ; 2,6 % il y a plus d'un an.

Parmi les personnes en ayant consommé depuis plus d'un mois, 44 % ont déclaré l'avoir fait par curiosité, 62 % n'en consomment pas plus souvent parce qu'elle n'est pas facile à trouver, 20 % parce qu'ils la jugent trop chère et 12 % parce qu'ils ne l'apprécient que modérément.

1.3. Appréciation portée en 1992 sur différentes caractéristiques du produit

Lorsqu'on a demandé aux personnes enquêtées leur préférences entre les chikwangues traditionnelles et la « chikwangue Agricongo » au niveau de différentes caractéristiques, les pourcentages de personnes qui ont déclaré préférer la « chikwangue Agricongo » ont été :

- 85,7 % pour l'aspect de l'emballage ;
- 99,5 % pour la couleur ;
- 83,8 % pour l'odeur ;
- 91,9 % pour le collant ;
- 92,0 % pour l'élasticité ;
- 87,0 % pour l'acidité ;
- 92,4 % pour la présence de fibres ;
- 80,5 % pour le goût.

Par ailleurs, 7 % des personnes pensaient que la « chikwangue Agricongo » se conserve de 2 à 3 jours de plus que les chikwangues traditionnelles, 30 % de 4 à 5 jours de plus ; 39 % de 6 à 10 jours de plus, 16 % plus de 10 jours de plus.

Interrogées sur la nature du principal avantage de la « chikwangue Agricongo », les personnes ayant accepté d'en goûter ont cité : l'hygiène (78,3 %) ; le fait que cela soit un produit nouveau (12,4 %) ; les qualités organoleptiques (7,9 %) ; le fait que l'on puisse s'en procurer en boutique (0,8 %) et le prix (0,5 %). Concernant le principal inconvénient, elles ont cité : la difficulté de s'en procurer (83,2 %) ; les qualités organoleptiques (9,6 %) ; le prix (4,5 %).

Les qualités organoleptiques jugées meilleures pour la « chikwangue Agricongo » que pour les chikwangues traditionnelles sont : le goût et la consistance dans la bouche (37 %) ; la couleur (34 %) ; la consistance dans la main (20 %) ; l'odeur (7 %). Celles qui ont été déclarées présenter le plus d'inconvénients sont : le goût et la consistance dans la bouche (50 %) ; l'odeur (22 %) ; la consistance dans la main (16 %) la digestibilité (9 %). Certaines caractéristiques, notamment le goût, sont donc très controversées.

Tableau 2

Influence de différentes caractéristiques socio-économiques des personnes enquêtées sur leur attitude vis-à-vis de la chikwangue Agricongo

	% des enquêtés en ayant déjà goûtée	Souhait de consommation (1)		
		Régulière	occasion	refus
ENSEMBLE DE LA POPULATION	9,6	79,6	14,7	5,7
Quartiers de résidence :				
- quartiers sud	14,4	64,4	28,9	6,6
- quartiers intermédiaires	8,0	77,5	14,3	8,1
- quartier nord	3,7	84,1	4,0	11,9
Sexe :				
- masculin	13,5	77,1	17,4	5,5
- féminin	5,6	69,7	19,1	11,2
Age :				
- moins de 25 ans	10,5	86,2	10,6	3,2
- de 25 à 35 ans	14,5	75,9	18,0	6,2
- de 35 à 45 ans	5,5	62,7	27,7	9,5
- plus de 45 ans	2,5	59,5	13,9	26,6
Origine ethnique :				
- groupe sud	11,2	72,2	21,9	5,9
- groupe Téké	5,7	68,0	18,0	14,0
- groupe nord	8,7	81,6	8,6	9,7
- étrangers	6,2	73,3	20,0	6,7
Niveau d'instruction :				
- non scolarisé	0	48,5	21,2	30,3
- primaire	4,4	58,7	27,9	13,5
- premier cycle	8,8	74,1	19,4	6,5
- second cycle + supérieur	14,9	82,7	13,2	4,1
Position familiale : la personne vit				
- seule	19,6	74,1	18,5	7,4
- chez ses parents	13,3	80,6	14,8	4,6
- avec conjoint et enfants	6,9	69,3	20,4	10,2
Taille du groupe alimentaire :				
- moins de 5 personnes	12,1	80,5	14,5	5,0
- de 5 8 personnes	8,7	74,3	17,2	8,5
- plus de 8 personnes	8,6	67,4	22,2	10,4
Nature de la chikwangue préférée :				
- Ngudi-Yaka	12,1	75,8	18,2	6,1
- Moungouélé du nord	5,5	85,0	9,8	5,1

(1) % de personnes ayant déclaré qu'ils en achèteraient régulièrement, occasionnellement ou jamais s'il y avait un point de vente près de chez eux

1.4. Intentions de consommation

Interrogées sur le prix auquel ils accepteraient d'acheter au moins deux fois par semaine la « chikwangue Agricongo », les personnes ayant accepté d'en goûter et qui ont l'habitude d'acheter à 100 francs CFA les chikwangues traditionnelles ont répondu :

- non à 100 % au prix de 150 francs CFA l'unité ;
- oui à 11,2 % au prix de 125 francs CFA l'unité ;
- oui à 91,0 % au prix de 100 francs CFA l'unité ;
- oui à 100 % au prix de 75 francs CFA l'unité

83,9 % des personnes pensaient que la « chikwangue Agricongo » était vendue à 100 francs CFA l'unité et seulement 17,1 % connaissait le vrai prix de vente qui est de 125 francs CFA l'unité.

14 % des enquêtés seulement connaissaient un endroit où la chikwangue Agricongo est en vente. Parmi les personnes ayant accepté d'en goûter, 73 % ont déclaré qu'ils en achèteraient régulièrement s'il y avait un point de vente près de chez eux.

1.5. Facteurs influençant l'attitude des consommateurs vis-à-vis de la « chikwangue Agricongo »

Plusieurs indicateurs du niveau socio-économique des personnes enquêtées sont significativement liés au fait qu'elles avaient ou non déjà goûté de la « chikwangue Agricongo » au moment de l'enquête et à leurs intentions de consommation (tableau 2).

Les personnes habitant les quartiers sud, qui appartiennent majoritairement au groupe ethnique Kongos et qui sont préférentiellement des consommateurs de *Ngudi-yaka*, sont plus nombreux que ceux des quartiers intermédiaires et du quartier nord à avoir goûté la « chikwangue Agricongo ». La proportion de personnes souhaitant consommer régulièrement le produit est d'autant plus élevée que ces personnes habitent loin de la zone de commercialisation actuelle.

Les hommes sont plus nombreux que les femmes non seulement à avoir déjà goûté la « chikwangue Agricongo » mais aussi à souhaiter en consommer régulièrement.

Ce sont les personnes de la tranche d'âge 25-35 ans qui sont les plus nombreuses à avoir déjà goûté le produit tandis que les moins de 25 ans sont celles qui souhaitent le plus en consommer régulièrement. Notons que les personnes de plus de 45 ans sont quatre fois moins nombreuses que l'ensemble de la population à avoir déjà consommé le produit et que plus d'un quart d'entre elles refuse d'y goûter.

La proportion des personnes en ayant déjà goûtée ou souhaitant le faire régulièrement est d'autant plus élevée que leur niveau d'instruction est plus élevé. Elle est également significativement plus forte chez les personnes vivant seule ou participant à des groupes alimentaires de moins de 5 personnes.

L'existence de liaisons significatives entre certains de ces facteurs socio-économiques, en particulier le lieu de résidence, et les indicateurs de consommation est très probablement due aux modalités de commercialisation utilisées jusqu'à maintenant. Cependant, d'autres liaisons sont révélatrices de la relation qui progressivement se crée entre le produit et ses consommateurs : la « chikwangue Agricongo » est préférentiellement un produit pour les hommes, pour les personnes vivant seules en raison de sa commodité d'usage, pour les personnes instruites probablement en raison de son caractère hygiénique, et pour les jeunes sans doute parce qu'ils sont plus réceptifs aux innovations.

2. Comparaison des caractéristiques organoleptiques de la « chikwangue Agricongo » à celles des chikwangues produites dans les ateliers urbains de fabrication traditionnelle

De premiers tests réalisés en septembre 1991, aussi bien sur les marchés qu'en unité d'évaluation sensorielle (Trèche *et al.*, 1993) avaient donné des résultats très médiocres pour les chikwangues produites par le groupement de producteur du PK 45 en raison du fait que les producteurs n'épluchaient pas les racines avant rouissage. Après que, sur les conseils de l'encadrement d'Agricongo,

Tableau 3

Comparaison des caractéristiques organoleptiques des chikwangues du PK 45 à celles de chikwangues produites en ateliers urbains traditionnels

Type	Matières premières	Couleur	Odeur	Collant	Acidité	Impression générale
Moungouélé	Port 1	5.83^{b}	4.92^{ab}	5.14^{a}	5.36^{a}	5.39^{a}
	Port 2	4.72^{d}	3.92^{cd}	4.47^{b}	4.11^{b}	4.36^{bc}
Moungouélé	Gare 1	1.53^{f}	1.92^{g}	3.50^{c}	2.17^{d}	1.72^{e}
	Gare 2	3.42^{e}	2.61^{f}	3.42^{c}	3.47^{c}	2.89^{d}
Fabriqué	Port 1	5.42^{c}	4.14^{c}	4.69^{b}	4.31^{b}	4.58^{b}
	Port 2	3.22^{c}	3.86^{cd}	4.36^{b}	4.44^{b}	4.11^{c}
Fabriqué	Gare 1	5.03^{d}	3.58^{cd}	3.75^{c}	3.56^{c}	3.94^{c}
	Gare 2	4.86^{d}	3.33^{e}	4.28^{b}	3.61^{c}	4.06^{c}
Chikwangue	1	6.00^{ab}	4.64^{b}	5.28^{a}	5.06^{a}	5.28^{a}
PK 45	2	6.31^{a}	5.28^{e}	5.31^{a}	5.03^{a}	5.36^{a}

Dans chaque colonne les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

les producteurs aient recommencé à éplucher avant de rouir, la qualité des chikwangues a subi une très nette amélioration. A partir de novembre 1991, les comparaisons des chikwangues du PK 45 avec les chikwangues produites en ateliers urbains traditionnels (*Fabriqué, Moungouélé*) ont toujours tourné à l'avantage des chikwangues Agricongo (tableau 3) quelles que soient les caractéristiques organoleptiques considérées.

3. Influence des différentes techniques mécanisées utilisées dans la ligne de fabrication de la « chikwangue Agricongo » sur l'acceptabilité des chikwangues

Les différents tests réalisés entre chikwangues produites selon des modes de transformation présentant des différences aux niveaux des techniques utilisées pour la réalisation de certains procédés ont permis d'établir (tableau 4) :

- que la technique de défibrage utilisant le défibreur à tambour faisant partie de la ligne de fabrication mécanisée donnait des résultats identiques à la technique traditionnelle de filtration/décantation ;
- que l'utilisation du laminoir mécanisé retenu pour la ligne de fabrication permettait l'obtention de chikwangues mieux appréciées que celles laminées traditionnellement en utilisant un plateau en bois et une meule ou celles pour la fabrication desquelles la pâte n'avait pas été laminée ;
- que le passage dans le précuiseur-malaxeur donnait des chikwangues significativement moins bien appréciées que celles préparées à partir de pâte précuite selon le mode traditionnel et malaxée manuellement avant d'être modelée ;
- que l'emballage dans des gaines en plastique avant la cuisson terminale permettait d'obtenir des chikwangues davantage appréciées que celles cuites dans des feuilles traditionnelles.

Pour les différentes opérations testées, seule la technique de précuisson/malaxage reposant sur l'utilisation du précuiseur-malaxeur retenu dans la ligne de fabrication a un effet défavorable sur l'acceptabilité des chikwangues. Toutefois, cet effet, bien que significatif, n'est pas très important en regard de la réduction de la durée et de la pénibilité du travail que son utilisation permet.

Conclusion

La chikwangue produite par la ligne de fabrication mécanisée mise au point par Agricongo et ses partenaires (Legros *et al.*, 1995) était encore en 1992 un produit peu connu des Brazzavillois en raison des faibles quantités produites.

Tableau 4

Comparaison de l'impression générale laissée par des chikwangues préparées selon différentes techniques à certaines étapes de leur production

Opération concernée	Techniques utilisées	Note (1)	NdS
Essai n° 1 :			
Défibrage	- traditionnel	5,58[a]	
	- défibreur à tambour	5,58[a]	P < 0,0001
	- défibreur électrique	4,81[b]	
Essai n° 2 : Laminage/précuisson			
- effet laminage	- aucun	4,98[b]	
	- traditionnel	4,76[c]	P < 0,0001
	- mécanisé	5,92[a]	
- effet précuisson	- traditionnelle	5,54	P < 0,0001
	- mécanisée	4,91	
Essai n° 3 : Laminage/emballage			
- effet laminage	- aucun	3,24[c]	
	- traditionnel	4,72[b]	P < 0,0001
	- mécanisé	5,57[a]	
- effet emballage	- feuilles	4,37	P < 0,0001
	- gaine plastique	4,65	
Essai n° 4 :			
Précuisson/emballage	- traditionnelle	5,50[a]	
	- mécanisée/feuilles	4,39[c]	P < 0,0001
	- mécanisée/gaine	5,33[b]	

NdS : Niveau de signification

(1. *moyenne des notes (sur 7) données par 12 panélistes ayant goûté chaque lot de chikwangues à trois reprises.*

Les enquêtes réalisées ont montré que ce produit avait, néanmoins, une bonne image parmi les consommateurs potentiels mais qu'il était davantage connu et apprécié par les hommes, les jeunes, les personnes vivant seules et les personnes instruites.

Examiné séparément, les techniques mécanisées mises au point pour la réalisation des différents procédés nécessaires à la préparation des chikwangues se sont toutes révélées avoir une influence positive sur leur acceptabilité à l'exception du passage dans le précuiseur-malaxeur. Toutefois l'effet négatif de cette technique est faible et n'empêche pas que, globalement, les chikwangues produites par la ligne de fabrication mécanisée soient jugées meilleures que celles produites dans les ateliers urbains de fabrication selon le mode traditionnel.

L'image du produit et ses qualités organoleptiques ne sont donc pas des obstacles à l'extension de la production de chikwangues par la ligne de fabrication mécanisée mise au point.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le ministère français de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « réseau TPR » (n° de financement 010900 du 19-11-1990).

Références

Brochier (J.), Boukambou (G.), Legros (O.), Treche (S.), 1994 - « Peri-urban farming systems and food processinf in the Congo ». *In* Scott (G.), Ferguson (P.I.), Herrera (J.E.) éd : *Product development for root and tubers crops*, Vol III (Africa), Proceedings of the Workshop on Processing, Marketing, and Utilization of Root and Tuber Crops in Africa, held October 26-November 2, 1991 at the International Institute for Tropical Agriculture (IITA), Ibadan, Nigéria. CIP, Lima, Peru : 465-469.

Ikama (R.), Treche (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

Legros (O.), Malonga (B.), Avouampo (E.), Mabounda (R.), 1995 - « Ligne mécanisée de production de chikwangue au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *Fabrication de Chikwangue au Congo.* Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « Réseau TPA », 98 p.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Comportement et préférences des consommateurs de chikwangue à Brazzaville

Chikwangue consumer behaviour and preferences in Brazzaville

G.M. ADOUA-OYILA*, J. MASSAMBA**, S. TRECHE*(1)

** Laboratoire d'études sur la nutrition et l'alimentation, Centre (UR 44) DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

*** Laboratoire d'études sur la physiologie, l'alimentation et la nutrition, Faculté des sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

En vue d'identifier les caractéristiques des chikwangues auxquelles les consommateurs sont particulièrement sensibles, une étude des préférences et du comportement des Brazzavillois vis-à-vis de leur aliment de base a été réalisée.

Deux enquêtes transversales par questionnaire ont été menées, en 1990 puis en 1992, auprès d'échantillons de 900 personnes, représentatifs de la population brazzavilloise adulte.

Les informations recueillies ont permis d'établir que :

- respectivement 54,0 % et 53,6 % des personnes enquêtées en 1990 et 1992 avaient consommé de la chikwangue la veille de l'enquête ;
- les formes de chikwangues les plus consommées sont le *ngudi-yaka* et le *moungwélé du nord* produits en zones rurales ;
- près de 90 % des consommateurs ne peuvent se procurer de la chikwangue que par achat ;
- au moment de la consommation, l'odeur, le goût et la texture sont les principaux critères d'appréciation ;
- la chikwangue est l'aliment de base préféré d'une grande majorité des brazzavillois qui ne sont qu'environ un sur quatre à lui préférer le pain et environ un sur trois à lui préférer le foufou ou un autre aliment de base.

Les préférences exprimées par rapport aux autres aliments de base sont influencées de manière significative par l'ethnie, le quartier de résidence, le sexe, l'âge, l'origine urbaine ou rurale, le niveau d'instruction et le niveau économique des Brazzavillois. Il est donc nécessaire de tenir compte de certaines caractéristiques socio-culturelles et économiques des consommateurs au moment du choix des innovations qui pourront être proposées aux unités de production.

– Abstract –

The diversity in origins and types of chikwangue consumed in Brazzaville indicates the complex relationship of Congolese with this specific Central African form of cassava consumption. In order to identify the characteristics of chikwangue produced in an improved process, a study was carried out on the preferences and behaviour of the inhabitants in Brazzaville towards their staple food.

Two transversal surveys by questionnaires were undertaken in 1990 and 1992 on samples of 900 people, representative of the adult population in Brazzaville.

Collected data showed that :

- 54.0 and 53.0 % of the people surveyed in 1990 and 1992, respectively had consumed chikwangue the day before the survey.
- With respect to preferences expressed, the type of chikwangue extensively consumed are *Ngudi Yaka* and *Moungwélé du nord* produced in rural areas ; chikwangue produced in urban areas (*Fabrique, Moungwélé de Brazzaville)*, smaller in size, represents only a quarter of chikwangue consumed.
- About 90 % of consumers can obtain chikwangue only if they buy it ; this is usually purchased from markets. The characteristics examined at purchase were mainly colour and texture.
- During consumption, odour, taste and texture were the main criteria for judgement ;
- Chikwangue was the most preferred staple food of the majority of the inhabitants in Brazzaville of whom only 1/4 prefered bread and around 1/3 cassava fufu or another staple food.

A study of the cultural, social and economic factors of behaviour of the people surveyed as regards to chikwangue showed that the frequency of consumption of the different types and the preferences expressed in relation to other staple foods could significantly be influenced by the tribe, area of residence, sex, age, urban or rural origin, level of education and the income level of the inhabitants of Brazzaville.

Chikwangue therefore remains the preferred food of the inhabitants of Brazzaville. However, the way it is consumed and the preferences expressed depend on certain socio-economic characteristics of the consumers which must be taken into account at the moment of the choice of an improved process.

Introduction

Les Congolais sont les plus importants consommateurs de manioc au monde après les Zaïrois (Trèche, 1995). La chikwangue est la forme de consommation la plus élaborée d'Afrique Centrale et la plus répandue sur l'ensemble du Congo (Massamba et Trèche, 1995). C'est une pâte dense (de 35 à 45 g de matière sèche pour 100 g de produit) et de texture élastique qui est le produit fini d'une longue et fastidieuse transformation par voie humide de racines rouies qui subissent successivement plusieurs opérations de défibrage, de laminage, d'emballage dans des feuilles spontanées, de cuisson et de laminage (Trèche et Massamba, 1995).

A Brazzaville, il existe plusieurs types de chikwangue qui se différencient les uns des autres par leurs aspects et leur origines (Trèche et Muchnick, 1993 ; Ikama et Trèche, 1995). On distingue en effet : le *ngudi-yaka*, grosse chikwangue de 5 à 9 kg, habituellement produite dans les milieux ruraux du Sud et du centre du pays ; le *moungwélé du nord*, originaire des régions rurales du Nord du pays, mais largement utilisé dans la plupart des grands centres urbains ; le *moussombo*, chikwangue à une seule cuisson, également originaire du Nord. Dans les ateliers urbains de Brazzaville, sont élaborées des chikwangues de plus petite taille : le *fabriqué*, forme réduite du *ngudi-Yaka* qui pèse environ 600 g et le *moungwélé* de Brazzaville d'un poids d'environ 750 g.

Deux enquêtes ont été réalisées en 1990 et en 1992 à Brazzaville pour caractériser le comportement et les préférences des consommateurs de chikwangue et pouvoir ainsi mieux répondre à leur attente à l'occasion de l'élaboration et de la diffusion d'innovations technologiques.

Méthodologie

Les deux enquêtes, de type transversal, ont porté sur des échantillons de 900 personnes, représentatifs de la population adulte brazzavilloise. Il s'agit de personnes des deux sexes, résidant à Brazzaville et âgées de plus de 15 ans en 1990 et de plus de 18 ans en 1992.

La base de sondage a été le recensement général de la population de 1984, pour lequel chacun des 7 arrondissements de la ville avait été divisé en zones de dénombrement (ZD) correspondant à la charge de travail d'un agent de recensement. A partir du découpage de la ville en 700 ZD, 150 ZD ont été tirées au sort en veillant à ce que le nombre de ZD tirées dans chaque arrondissement soit proportionnel à leur population estimée. Le second degré de sondage à consisté, dans chacune des ZD retenues, à tirer au sort sur plan une parcelle de départ à partir de laquelle 6 parcelles ont été visitées par proximité. Dans chaque parcelle,

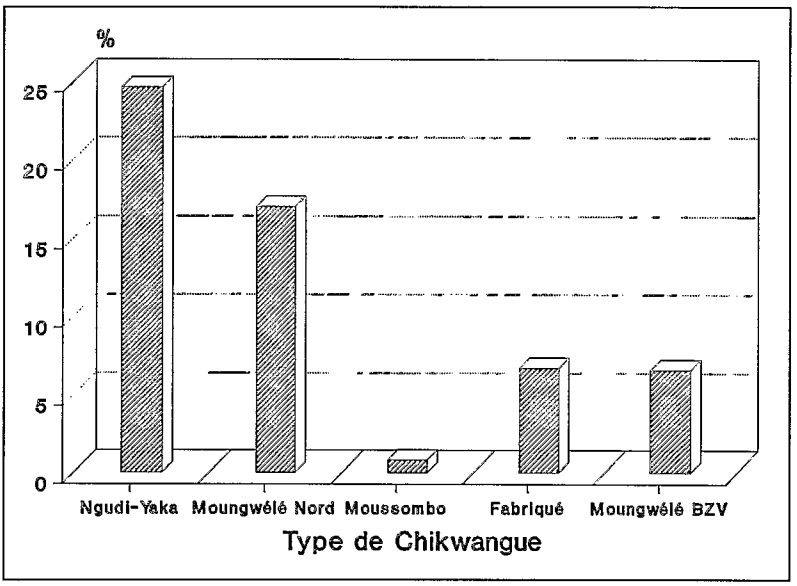


Figure 1

Fréquence de consommation des différents types de chikwangue en 1990 à Brazzaville (en % de personnes ayant consommé le type de chikwangue considéré la veille de l'enquête).

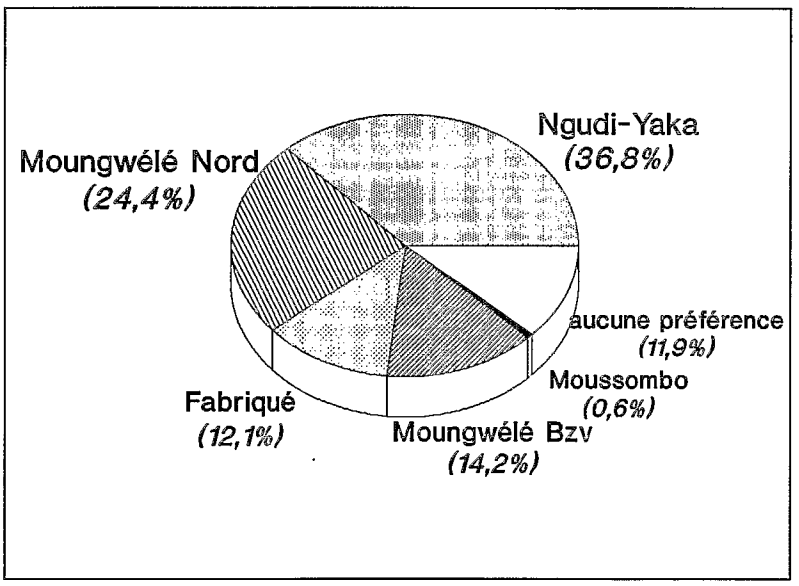


Figure 2

Préférences exprimées par les Brazzavillois en 1992 entre les différents types de chikwangue (en % de personnes ayant déclaré préférer le type de chikwangue considéré).

une seule personne, alternativement de sexe masculin et de sexe féminin, a été enquêtée.

Les informations ont été recueillies au moyen d'un questionnaire rempli au domicile des enquêtés. Le questionnaire utilisé en 1992 comportait certaines questions identiques à celles du questionnaire de 1990 et des questions complémentaires destinées à préciser certaines tendances apparues au cours de la première enquête.

Les principales caractéristiques socio-économiques recueillies auprès des personnes enquêtées sont relatives au quartier de résidence (en distinguant les quartiers sud, centraux et nord de la ville), le sexe, l'âge (en considérant les classes d'âge < 25 ans, 25 à 34 ans, 35 à 44 ans et > 45 ans), l'ethnie (en distinguant les groupes ethniques du sud, ceux du nord, les Tékés et les étrangers), l'origine urbaine ou rurale, le niveau d'instruction et le niveau économique pour lequel deux groupes ont été distingués selon que l'habitation de la personne enquêtée disposait ou non d'un branchement au réseau électrique.

Le traitement des données a été réalisé sur ordinateur PC-AT compatible en utilisant le logiciel BMDP.

Résultats

1. Fréquences de consommation

Respectivement 54,0 et 53,6 % des personnes interrogées en 1990 et 1992 ont déclaré avoir consommé au moins un type de chikwangue la veille de l'enquête. Seulement 5,8 % des Brazzavillois consomment de la chikwangue moins d'une fois par mois.

Le *ngudi-Yaka* et le *moungwélé du nord*, chikwangues préparées en zones rurales, sont les types les plus fréquemment utilisés ; le *moungwélé de Brazzaville* et le *fabriqué*, préparés en ville, ne sont consommés que par moins de 7 % des Brazzavillois. La fréquence de consommation du *moussombo* reste très négligeable (figure 1).

L'ordre de préférence exprimé par les consommateurs entre les différents types de chikwangue correspond à leur ordre d'importance en terme de fréquences de consommation (figure 2).

2. Mode d'approvisionnement

A Brazzaville, pour respectivement 93,2 % et 88,0 % des ménages en 1990 et 1992, l'achat est la seule manière de se procurer de la chikwangue. Seulement 1,1 % des ménages ne consomme que de la chikwangue produite par un membre de la famille.

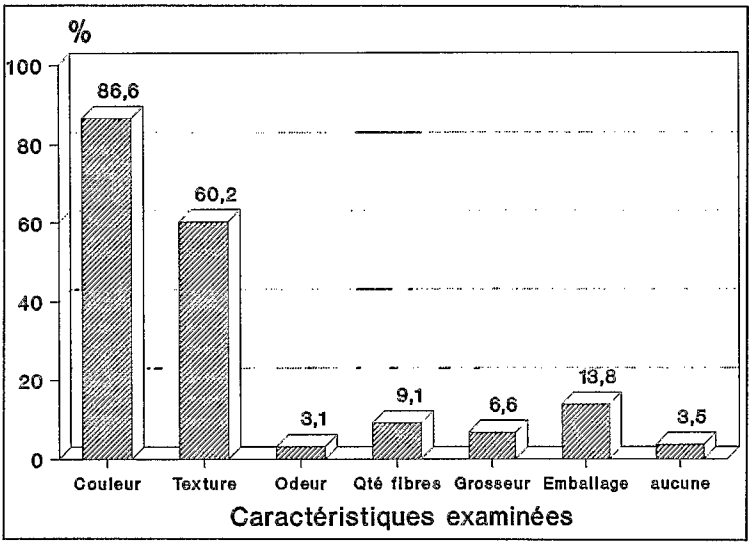


Figure 3

Caractéristiques des chikwangues examinées au moment de l'achat (en % d'acheteurs habituels ayant spontanément déclaré examiner la caractéristique considérée).

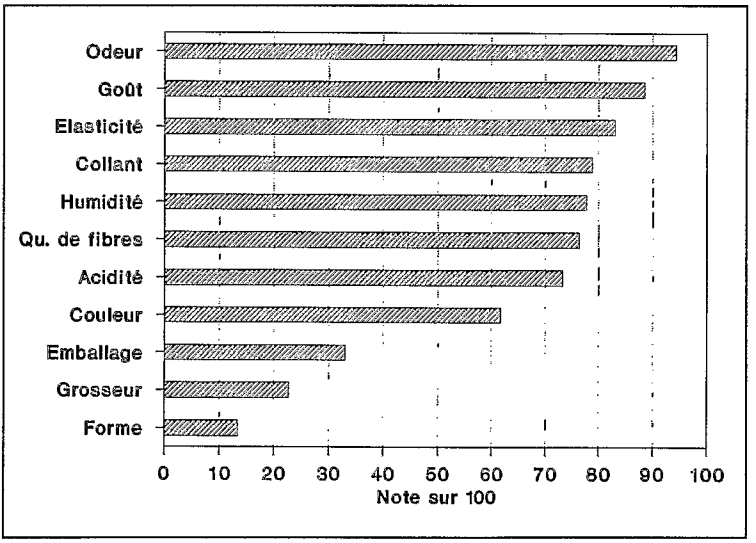


Figure 4

Importance relative des différents critères d'appréciation au moment de la consommation (Note sur 100 obtenue en affectant des coefficients allant de 0 à 4 selon que le consommateur a déclaré attacher une importance nulle, légère, moyenne, forte ou très forte à la caractéristique considérée).

Plus de 2/3 des enquêtés déclarent pouvoir acheter auprès de n'importe quelle marchande leur chikwangue à condition que celle-ci présente un bon aspect. En 1992, près de 46,7 % des achats se faisaient sur les marchés officiels, 38,1 % sur les marchés de rue et 15,1 % en bordure des parcelles où résident les marchandes.

3. Critères d'appréciation de la chikwangue

La comparaison des pourcentages de personnes ayant déclaré prendre en compte certaines caractéristiques des chikwangues permet d'apprécier l'importance de la couleur (86,5 %) et de la texture (60,2 %) au moment de l'achat (figure 3). En outre, 60 % de consommateurs déclarent apporter beaucoup d'importance à l'aspect de l'étalage.

Les acheteurs sont nombreux à regretter de ne pas disposer d'informations supplémentaires sur les produits. En effet, les pourcentages de personnes ayant déclaré souhaiter disposer au moment de l'achat d'informations précises relatives à l'origine et au mode de préparation des chikwangues sont : 64,2 % pour le temps écoulé depuis la cuisson ; 61,2 % pour la nature des feuilles d'emballage ; 26,6 % pour le mode de rouissage et 12,3 % pour la variété de manioc utilisée.

Après consommation, les critères d'appréciation sont différents (figure 4) : l'odeur et le goût sont considérés comme les critères les plus importants devant les caractéristiques de texture (collant, élasticité) alors que la forme, la grosseur et la nature de l'emballage sont jugées peu importantes.

4. Préférences exprimées vis a vis des autres aliments de base

Plus des 2/3 des personnes enquêtées déclarent préférer la chikwangue au pain ou à l'un des autres aliments de base locaux ou importés que l'on rencontre couramment sur les marchés (banane plantain, riz, ignames, pomme de terre). Elles sont également près des deux tiers à préférer la chikwangue au foufou, autre forme de consommation du manioc maintenant largement plus utilisée que la chikwangue en ville (figure 5).

5. Déterminants culturels, sociaux et économiques du comportement et des préférences des Brazzavillois vis-à-vis de la chikwangue

Les réponses obtenues au cours de l'enquête de 1990 ont permis d'établir que le sexe, l'âge et l'origine des personnes enquêtées sont significativement liés à l'importance qu'elles attachent au moment de l'achat à l'origine et aux modes de préparation des chikwangues : d'une manière générale, les femmes, les personnes plus âgées et les personnes ayant vécu en zones rurales sont plus curieuses de la provenance des produits.

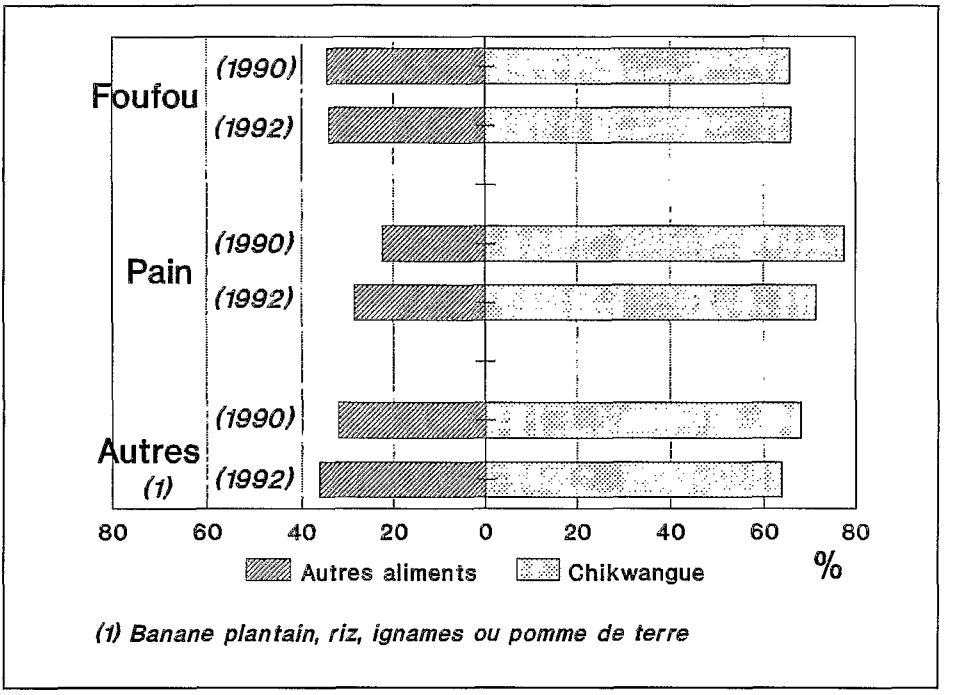


Figure 5
Préférences exprimées entre la chikwangue et les autres aliments de base.

Par ailleurs, la recherche des liaisons significatives par le test du KHI² entre différents facteurs socio-économiques et certaines variables caractérisant le comportement et les préférences des Brazzavillois a permis d'établir (tableau 1) :
- que la fréquence de consommation varie avec le quartier de résidence et l'ethnie des personnes interrogées : la chikwangue est davantage consommée dans les quartiers sud et centraux que dans les quartiers nord et par les groupes ethniques du sud du Congo que par les groupes du nord et les Tékés ;
- qu'il existe des préférences très nettes pour tel ou tel type de chikwangue en fonction du quartier de résidence, de l'ethnie et du niveau économique : le *ngudi-yaka* et le *fabriqué* sont préférés dans les quartiers sud principalement habités par les *Kongos* et les autres ethnies du sud, alors que les *moungwélés* connaissent plus de succès chez les Mbochis et les Tékés qui résident le plus souvent dans les quartiers centraux ou nord ; les personnes supposées être de niveau économique plus élevé sont plus nombreuses à préférer les chikwangues préparées en ville (*moungwélé de Brazzaville et fabriqué*) ;

	Quartier	Sexe	Age	Ethnie	Origine Ville/Rurale	Niveau instruction	Niveau économique
Fréquence de consommation	P < 0,001	n.s.	n.s.	P < 0,001	n.s.	n.s.	n.s.
Préférence entre différents types	P < 0,001	n.s.	n.s.	P < 0,001	n.s.	n.s.	P < 0,01
Préférence par rapport :							
— au foufou	n.s.	P < 0,001	n.s.	P < 0,001	P < 0,01	n.s.	n.s.
— au pain	P < 0,001.	n.s.	P < 0,05	n.s.	P < 0,001	P < 0,001	P < 0,05
— aux autres aliments de base	P < 0,05	P < 0,01	n.s.	n.s.	P < 0,001	P < 0,001	n.s.
Lieux d'achat	n.s.	P < 0,001	n.s.	P < 0,05	n.s.	P <0,05	P < 0,05

Tableau 1

Identification des facteurs socio-économiques influant sur le comportement et les préférences des Brazzavillois vis-à-vis de la chikwangue (le niveau de signification des liaisons entre les facteurs étudiés et les variables considérées a été obtenu à l'aide de tests de KHI²).

- la chikwangue est davantage préférée au foufou par les hommes que par les femmes, par les groupes ethniques du sud que par les autres et par les personnes ayant été élevées en ville que par celles ayant vécu en milieu rural ;
- le pain concurrence davantage la chikwangue dans les quartiers centraux de la ville, chez les jeunes, chez les personnes ayant toujours vécu dans les villes et chez celles de niveau d'instruction et de niveau économique plus élevés ;
- les autres aliments de base (plantain, ignames, riz, pomme de terre) sont davantage préférés à la chikwangue dans les quartiers centraux et nord de la ville, par les femmes, par les personnes ayant été élevées en ville et par celles de niveau d'instruction plus élevé ;
- les femmes, les personnes appartenant aux groupes ethniques du sud et celles de niveau économique supposé le plus bas sont plus nombreuses que les autres à acheter leur chikwangue sur les marchés officiels.

Conclusion

Les résultats obtenus permettent de préciser le comportement des Brazzavillois vis-à-vis de la chikwangue, qui reste sans équivoque possible leur aliment de base préféré. Ils mettent en évidence des relations entre certaines caractéristiques sociologiques, culturelles et économiques des consommateurs et les modalités de consommation, notamment :
- l'influence du sexe, de l'âge et de l'origine urbaine ou rurale sur l'importance donnée à la provenance et aux modalités de préparation des produits ;
- l'influence du quartier de résidence et de l'ethnie sur la fréquence de consommation de la chikwangue en général et sur celles des différents types de chikwangue ;
- l'influence du sexe, du niveau d'instruction et de l'origine urbaine ou rurale sur les préférences alimentaires entre la chikwangue et les autres aliments de base ;
- l'âge, facteur particulièrement important pour la prévision de l'évolution du comportement des consommateurs, n'influe significativement que sur la préférence donnée au pain.

La prise en compte des informations recueillies sur le comportement et les préférences des consommateurs de chikwangue à Brazzaville devrait permettre d'orienter la mise au point de solutions technologiques appropriées et les modalités de leur diffusion.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le ministère français de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « réseau TPR » (n° de financement 010900 du 19-11-1990).

Références

IKAMA (R.), TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd.: T*ransformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd.: T*ransformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

TRECHE (S.), 1995 - « Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd.: T*ransformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd.: T*ransformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

TRECHE (S.), MUCHNIK (J.), 1993 - « Changement technique et alimentation urbaine : identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville ». *In* Muchnik (J.), éd. : *Alimentation, Techniques et Innovations dans les régions tropicales*, Paris, l'Harmattan : 339-369.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Place des dérivés des racines de manioc dans l'alimentation des Brazzavillois

Importance of processed cassava products in the diet of Brazzaville inhabitants

Y. OFOUEME-BERTON *, S. TRECHE **

** Direction de l'Appui au Développement, Agricongo, Brazzaville (Congo)*
*** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo).*

– Résumé –

Cet article présente les résultats préliminaires d'une enquête budget-consommation menée auprès d'un échantillon représentatif de 300 ménages brazzavillois dans le but d'évaluer les dépenses consacrées à l'achat de produits amylacés et plus particulièrement à celui de produits dérivés du manioc.

Les résultats montrent que les produits dérivés du manioc correspondent à 65 % des dépenses consacrées aux produits amylacés et à 80 % des apports énergétiques de même origine ce qui représente 2,3 fois les dépenses relatives à l'achat de pain et 5,5 fois l'énergie en provenance du pain.

Les dépenses liées à l'achat de farine à foufou sont environ deux fois plus importantes que celles qui sont consacrées à l'achat de chikwangue. Compte tenu des différences de prix existant entre ces deux produits, on peut estimer que les chikwangues ne contribuent que pour un quart à l'énergie totale en provenance des produits dérivés du manioc.

Le manioc continue donc à tenir une place prépondérante dans l'alimentation des Brazzavillois dans la mesure où il contribue pour environ 40 % à l'ingéré énergétique dans les ménages.

– Abstract –

This paper sets out the preliminary results of a household budget survey carried out in 300 representative households of Brazzaville with the objective of estimating expenditures devoted to the purchase of starchy products, particularly cassava products.

Results show that cassava products corresponded to 65 % of expenditures devoted to starchy products and to 80 % of caloric intake from starchy products. This was 2.3 times the amount paid for purchasing bread and 5.5 times the caloric intake from bread.

Expenditures for buying cassava flour were twice those for buying chikwangue. In regard to the price difference between these two processed cassava products, one may estimate that chikwangue represents only about a quarter of the total caloric intake from cassava products.

Therefore cassava roots still take a predominant place in the food diet in Brazzaville : they represent about 40 % of caloric intake of the households.

Introduction

A Brazzaville où l'alimentation est plus diversifiée qu'en zones rurales (Massamba et Trèche, 1995), l'estimation des fréquences de consommation des différents produits dérivés du manioc ne permet pas, à elle seule, d'apprécier de façon précise leur place dans le régime alimentaire. Dans le cadre d'une enquête budget consommation menée par la direction de l'Appui au Développement d'Agricongo pour évaluer la consommation des produits maraîchers, un volet relatif aux aliments de base a donc été rajouté de façon à évaluer la part du budget consacrée à l'achat de produits dérivés du manioc et, indirectement, les quantités consommées dans chaque ménage. Nous présenterons ici des résultats préliminaires correspondant à une première exploitation de la masse considérable de données recueillies.

Méthodologie

1. Type et contenu de l'enquête

L'enquête budget-consommation a été réalisée auprès de 300 ménages représentatifs des ménages brazzavillois.

Quatre passages étalés sur trois mois ont été effectués : en février, mars et avril 1992 pour le premier passage ; en mai, juin, et juillet 1992 pour le deuxième passage ; en août, septembre, octobre 1992 pour le troisième passage ; en novembre et décembre 1992 et en janvier 1993 pour le quatrième et dernier passage.

A l'occasion de chaque passage, les enquêteurs ont visité quotidiennement pendant une semaine chaque ménage pour noter les aliments consommés et relever les dépenses effectuées pour l'achat de chacun d'entre eux ; lorsque les aliments consommés étaient prélevés sur des stocks une estimation de leur valeur a été réalisée. Par ailleurs, à l'occasion du premier passage certaines caractéristiques socio-économiques des ménages ont été recueillies à l'aide d'un questionnaire. Elles concernent essentiellement : le sexe, l'âge, le lieu de naissance, l'ethnie, le niveau d'instruction, la profession et la situation matrimoniale du chef de ménage ainsi que le nombre de personnes dans le ménage.

2. Echantillonnage

La base de sondage utilisée a été le recensement général de la population de 1984 pour lequel chacun des sept arrondissements de la ville avait été divisé en zones de dénombrement correspondant à la charge de travail d'un agent recenseur ; l'échantillonnage a été réalisé par sondage en grappes à deux niveaux.

Le premier niveau a consisté en un tirage au hasard de 50 zones de dénombrement selon la méthode des totaux cumulés (Rumeau-Rouquette *et al.*, 1985) en veillant à ce que le nombre de zones tirées dans chaque arrondissement soit proportionnel à l'importance de sa population. Le deuxième niveau de sondage a consisté à déterminer par tirage au sort 6 parcelles dans chacune desquelles le premier ménage rencontré a été enquêté.

3. Traitement des données

La saisie informatique des données a été réalisée à l'aide du logiciel Epi-info version 5. Pour leur traitement statistique effectué avec le logiciel BMDP (1984), les différents aliments ont été regroupés en 5 catégories : viandes, poissons, légumes, amylacés, autres aliments.

Les comparaisons deux à deux des parts des dépenses consacrées à l'achat de certains aliments par différents regroupements de ménages ont été réalisées par le test de Student lorsque la distribution de ces pourcentages pouvait être considérée comme suivant une loi normale et par le test de Mann-Whitney dans le cas contraire.

Résultats

1. Importance relative des différentes catégories d'aliments

Les dépenses hebdomadaires moyennes par ménage pour les différentes catégories d'aliment et pour chaque passage sont données dans le tableau 1.

Tableau 1

Importance des dépenses consacrées à différentes catégories d'aliments dans le budget des ménages brazzavillois.

Catégorie	Moyenne	Passage 1	Passage 2	Passage 3	Passage 4
Viandes (1)	2 509	2 538	2 316	2 270	2 407
(2)	(19,5 %)	(20,4 %)	(19,8 %)	(20,4 %)	(20,0 %)
Poissons (1)	3 615	3 213	3 119	2 970	3 231
(2)	(29,6 %)	(27,8)	(27,9)	(28,4)	(28,4)
Légumes (1)	1 001	943	9 59	831	934
(2)	(8,1 %)	(8,1 %)	(8,6 %)	(7,9 %)	(8,2 %)
Amylacés (1)	3 827	3 600	3 575	3 375	3 595
(2)	(32,6 %)	(33,2 %)	(33,6 %)	(33,0 %)	(33,1 %)
Autres (1)	1 229	1 181	1 059	1 066	1 134
(2)	(10,2 %)	(10,6 %)	(10,0 %)	(10,3 %)	(10,3 %)
Total (1)	12 181	11 475	11 030	10 514	11 303

1 : moyenne hebdomadaire par ménage en francs CFA.
2 : en % des dépenses alimentaires.

Quelle que soit leur nature, les dépenses alimentaires ont tendance à diminuer d'un passage à l'autre ; la raison probable en est la prolongation et, souvent, l'aggravation de la crise économique traversée par le pays depuis la fin des années 1980 et qui s'est traduit dès 1992 par des retards importants dans le versement des salaires.

Toutefois, lorsque les dépenses consacrées à chaque catégorie d'aliment sont exprimées en pourcentage de l'ensemble des dépenses alimentaires des ménages, l'importance relative des différentes dépenses ne varie pas pendant les 12 mois considérés. Les ménages brazzavillois consacrent en moyenne, respectivement, 20 % et 28 % de leur budget alimentaire à l'achat de viande et de poisson, soit près de 50 % pour les produits d'origine animale ; le tiers du budget alimentaire est réservé à l'achat des produits amylacés (dérivés du manioc, du blé, du riz ainsi que d'autres céréales, racines, tubercules ou fruits féculents). Environ 8 % est utilisé pour l'achat de produits maraîchers et 10 % pour celui d'autres produits alimentaires, essentiellement des condiments et des ingrédients nécessaires à l'élaboration de sauces.

2. Importance relative des différents produits amylacés

Les dépenses consacrées à l'achat des produits dérivés du manioc représentent les deux tiers des dépenses relatives à l'ensemble des produits amylacés et plus de 20 % des dépenses alimentaires totales (tableau 2). La part du pain dans le budget des ménages n'atteint pas la moitié de celle des dérivés du manioc et celle de l'ensemble des autres produits amylacés est environ le dixième de celle des produits dérivés du manioc.

Tableau 2

Importance des dépenses relatives à différents produits amylacés dans le budget des ménages brazzavillois.

	Dépense/ménage			Energie consommée		
	En francs CFA	% DPA [1]	% DAT [2]	Prix/kg	kcal/kg	kcal
Chikwangue :						
- rurale	658	18,3 %	6,1 %	110	1 580	9 450
- urbaine	156	4,3 %	1,4 %	145	1 580	1 700
- Ensemble	814	22,6 %	7,5 %			11 150
Foufou	1 530	42,6 %	14,1 %	160	3 360	32 130
Total manioc	2 344	65,2 %	21,6 %			43 280
Pain	997	27,8 %	9,2 %	300	2 370	7 870
Riz	172	4,8 %	1,6 %	210	3 430	2 810
Plantain	44	1,2 %	0,4 %	200	1 350	300
Autres amylacés	37	1,0 %	0,3 %	300	2 000	250
Total amylacés	3 323	100,0 %	33,1 %			54 510

1. En % des dépenses consacrées aux produits amylacés.
2. En % des dépenses alimentaires totales.

Parmi les dépenses consacrées aux dérivés du manioc, celles relatives à la farine à foufou sont environ deux fois plus importantes que celles relatives aux chikwangues. Les ménages brazzavillois dépensent 4,2 fois plus pour les chikwangues d'origine rurale que pour les chikwangues d'origine urbaine ce qui permet de relativiser l'importance des ateliers urbains de fabrication et des circuits de commercialisation de la chikwangue élaborée en zones rurales (Trèche et Muchnik, 1994 ; Ikama et Trèche, 1995 ; Kibamba *et al.*, 1996, Bazabana *et al.*, 1995).

La transformation de ces dépenses en quantités de produits et d'énergie consommées (tableau 2) à partir des prix moyens relevés sur les marchés (Trèche *et al.*, 1993) et des contenus énergétiques des différents produits (FAO, 1970 ; Souci *et al.*, 1994) permet d'établir que :

- l'achat de produits amylacés permet à chaque ménage de se procurer en moyenne environ 55 000 kcal par semaine soit 7 850 kcal par jour, soit encore, 1 140 kcal par jour et par personne étant donné que chaque ménage compte en moyenne 6,9 personnes. Cet apport représente environ la moitié des besoins énergétiques des Brazzavillois ;
- les produits dérivés du manioc, le pain et l'ensemble des autres produits amylacés représentent, respectivement 80 %, 14 % et 6 % des apports énergétiques en provenance des produits amylacés, soit environ 40 %, 7 % et 3 % des apports énergétiques totaux ;
- L'apport énergétique des chikwangues ne représente qu'environ le tiers de celui du foufou, soit le quart de celui de l'ensemble des produits dérivés du manioc.

3. Facteurs de variation de l'importance relative des dépenses consacrées à l'achat des produits amylacés

Le quartier de résidence influe de manière importante sur la part des dépenses alimentaires consacrées à l'achat de l'ensemble des produits amylacés et des produits dérivés du manioc en particulier (tableau 3). Dans les quartiers centraux de la ville qui sont à la fois les plus anciennement urbanisés et les plus favorisés, la part du budget consacrée à l'ensemble des produits amylacés est légèrement plus faible que dans les autres quartiers ; par ailleurs, on y consomme significativement plus de chikwangue et deux fois moins de foufou que dans les quartiers nord et sud de la ville.

L'influence du nombre de personnes vivant dans le ménage est plus limitée (tableau 3) : on constate seulement que, dans les ménages les plus nombreux, l'importance relative de l'ensemble des produits amylacés et des chikwangues d'origine rurale est plus forte, probablement en liaison avec le fait que les amylacés sont la source énergétique la moins onéreuse et que les chikwangues d'origine rurale sont moins chères que les chikwangues produites à Brazzaville.

Tableau 3

Influence du quartier de résidence et du nombre de personnes vivant dans le ménage sur la place des produits dérivés du manioc dans le budget des ménages brazzavillois (en % de l'ensemble des dépenses alimentaires)

	Amylacés	**Foufou**	**Chikwangue**		
			Ensemble	Rurale	Urbaine
Ensemble	*33,1 %*	*14,1 %*	*7,5 %*	*6,1 %*	*1,4 %*
Quartier :					
- Sud	$34,2^{a}$	$17,2^{a}$	$7,1^{b}$	$5,8^{a}$	$1,3^{b}$
- Centraux	$28,9^{b}$	$9,0^{b}$	$10,0^{a}$	$8,3^{a}$	$1,7^{a}$
- Nord	$32,2^{a}$	$19,5^{a}$	$4,2^{c}$	$2,8^{b}$	$1,4^{b}$
Nds	$P < 0,01$	$P < 0,001$	$P < 0,05$	$P < 0,01$	$P < 0,05$
Nb personnes/ ménage					
- < 5	$31,1^{b}$	-	-	$6,7^{ab}$	-
- 5 et 6	$29,9^{b}$	-	-	$4,8^{b}$	-
- 7 et 8	$31,9^{ab}$	-	-	$5,1^{ab}$	-
- > 8	$33,7^{a}$	-	-	$7,3^{ab}$	-
Nds	$P < 0,05$	ns	ns	$P < 0,05$	ns

Nds : niveau de signification

Le sexe du chef de ménage n'influe que sur l'achat de chikwangues fabriquées à Brazzaville dans la mesure où elles sont deux fois plus consommées dans les ménages dont le chef est du sexe féminin (tableau 4).

Lorsque le chef de ménage vit avec un conjoint, la part des dépenses consacrées à l'ensemble des amylacés et au foufou est plus importante (tableau 4) ; en revanche, les chefs de ménage sans conjoint achètent significativement plus de chikwangues, en particulier celles fabriquées à Brazzaville, probablement en raison de leur commodité d'usage.

L'âge du chef de ménage n'influe que sur l'importance relative des dépenses consacrées aux chikwangues : les ménages dont le chef a entre 35 et 50 ans achètent significativement moins de chikwangues que les autres (tableau 4).

Les ménages dont le chef appartient au groupe ethnique téké consomment significativement plus de foufou et moins de chikwangues que ceux dont les chefs sont des groupes kongos ou mbochis. Par ailleurs, les ménages apparentés aux groupes kongos consomment deux fois plus de chikwangues que ceux apparentés aux groupes mbochis.

Tableau 4

Influence de certaines caractéristiques du chef de ménage sur la place des produits dérivés du manioc dans le budget des ménages brazzavillois (en % de l'ensemble des dépenses alimentaires)

	Amylacés	Foufou	Chikwangue		
			Ensemble	Rurale	Urbaine
Sexe :					
- Masculin	-	-	-	-	1,2
- Féminin	-	-	-	-	2,8
Nds	ns	ns	ns	ns	P < 0,05
Le CDM vit :					
- seul	29,7	11,6	10,0	-	2,8
- en couple	32,2	15,3	6,8	-	1,0
Nds	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	ns	P < 0,05
Age :					
- < = 35 ans	-	-	$8,5^{a}$	$6,6^{a}$	$1,9^{a}$
- 35 à 50 ans	-	-	$5,0^{b}$	$4,9^{b}$	$1,0^{b}$
- > 50 ans	-	-	$9,4^{a}$	$7,6^{a}$	$1,7^{a}$
Nds	ns	ns	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05
Ethnie :					
- Kongos	-	$12,4^{b}$	$10,1^{a}$	$8,6^{a}$	$1,4^{ab}$
- Tékés	-	$19,8^{a}$	$2,4^{c}$	$1,6^{c}$	$0,8^{b}$
- Mbochis	-	$15,2^{b}$	$4,7^{b}$	$2,3^{b}$	$2,4^{a}$
Nds	ns	P < 0,05	P < 0,01	P < 0,05	P < 0,05
Niveau d'instruction :					
- < = Primaire	$34,1^{a}$	$15,7^{a}$	$10,9^{a}$	$9,4^{a}$	$1,5^{ab}$
- Secondaire	$32,2^{a}$	$16,5^{a}$	$6,4^{b}$	$5,4^{b}$	$1,0^{b}$
- Supérieur	$28,3^{b}$	$10,9^{b}$	$7,2^{ab}$	$5,3^{ab}$	$1,9^{a}$
Nds	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05
Profession :					
- Cadre	$29,0^{c}$	$11,9^{c}$	$4,9^{bc}$	$3,6^{cd}$	$1,3^{ab}$
- Salarié	$30,8^{bc}$	$16,9^{ab}$	$4,6^{c}$	$3,5^{d}$	$1,0^{b}$
- Artisan/agr	$34,0^{a}$	$13,9^{abc}$	$12,2^{a}$	$11,3^{a}$	$0,9^{b}$
- Commerçant	$29,9^{bc}$	$12,9^{bc}$	$10,1^{a}$	$6,9^{ab}$	$3,2^{a}$
- Sans emploi	$33,2^{ab}$	$13,4^{bc}$	$8,4^{ab}$	$6,5^{bc}$	$1,9^{a}$
- Retraité	$33,6^{ab}$	$19,4^{a}$	$6,5^{abc}$	$5,2^{bcd}$	$1,2^{ab}$
Nds	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,01	P < 0,05

Nds : Niveau de signification

Plus le niveau d'instruction du chef de ménage est élevé, moins la part de l'ensemble des produits amylacés et de la farine à foufou dans les dépenses alimentaires des ménages est élevée. Les ménages qui consomment le plus de chikwangues sont ceux dont le chef de ménage n'a pas fréquenté l'école au delà du primaire.

L'influence de la profession du chef de ménage est plus difficile à analyser : c'est chez les retraités que la part des dépenses alimentaires consacrées à l'achat des produits amylacés et au foufou est la plus importante tandis que c'est chez les cadres que cette part est la plus faible. Les travailleurs indépendants (artisan, agriculteur, commerçant) sont ceux qui consomment le plus de chikwangues alors que les cadres et les salariés sont ceux qui en consomment le moins.

Conclusion

Les ménages brazzavillois consacrent environ un tiers de leur budget alimentaire à l'achat de produits amylacés qui constituent environ la moitié de l'apport énergétique de leur régime. Les produits dérivés du manioc correspondent à 65 % des dépenses consacrées aux produits amylacés et à 80 % des apports énergétiques en provenance des aliments amylacés ce qui représente 2,3 fois les dépenses relatives à l'achat de pain et 5,5 fois l'énergie en provenance du pain.

Les dépenses liées à l'achat de farine à foufou sont environ deux fois plus importantes que celles consacrées à l'achat de chikwangue. Compte tenu des différences de prix existant entre ces deux produits, on peut estimer que les chikwangues ne contribuent que pour un quart à l'énergie totale en provenance des produits dérivés du manioc. Les quantités de chikwangue d'origine rurale consommées sont environ 5,5 fois plus importantes que celles de chikwangue produites dans les unités urbaines de fabrication.

Tant au niveau budgétaire qu'au niveau nutritionnel, le manioc continue donc à tenir une place prépondérante dans l'alimentation des Brazzavillois. Peut-être en raison de la crise économique, le recul du manioc devant les produits importés n'a pas été aussi important qu'il n'avait été annoncé au début des années 80 (FAO, 1982) et l'on peut estimer qu'il restera pour longtemps encore, non seulement en zones rurales (Massamba et Trèche, 1995) mais aussi dans les villes (Trèche et Massamba, 1991), l'aliment de base des congolais.

Références

BAZABANA (J.J.M.), FOURCADE (C.), MUCHNIK (J.), 1995 - « Entreprises, organisation et fonctionnement en réseau : la transformation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

BMDP, 1984 - *BMDP Statistical software*, 3rd edn. University of California Press, Los Angeles.

FAO, 1970 - *Table de composition des aliments à l'usage de l'Afrique*, Documents sur la Nutrition n° 3, FAO, Rome, Italie.

FAO, 1982 - *Etude de la problématique de l'autosuffisance alimentaire au Congo.* Rapport DD/DP/PRC/81/009, FAO, Rome, 265 p.

IKAMA (R.), TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

KIBAMBA (E.), TESSIER (Y.), TRECHE (S.), 1995 - « Transformation et commercialisation du manioc dans le district rural de Mouyondzi au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

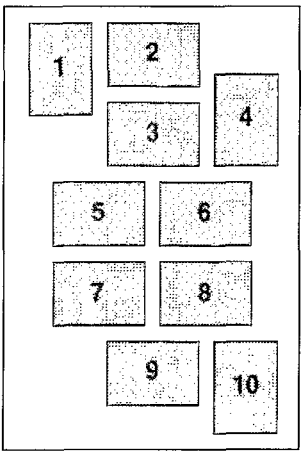
RUMEAU-ROUQUETTE (C.), BREART (G.), PADIEU (R.), 1985 - « Méthodes d'échantillonnages ». *In Méthodes en épidémiologie*, Flammarion Médecine Science : 40-149.

SOUCI (S.W.), FACHMANN (W.), KRAUT (H.), 1994 - *La composition des aliments - Tableaux des valeurs nutritives*, 5e édition, Medpharm et CRC Press ed.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *Fabrication de Chikwangue au Congo.* Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le ministère de la Coopération et du Développement dans le cadre de la procédure de financement « Réseau TPA », 98 p.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1991 - Demain, le manioc sera-t-il encore l'aliment de base des congolais ? *Alimentation, Nutrition et Agriculture*, 1, n° 1 : 19-26.

TRECHE (S.), MUCHNIK (J.), 1993 - « Changement technique et alimentation urbaine : identification et diagnostic des systèmes techniques de transformation du manioc en chikwangue à Brazzaville ». *In Alimentation, Techniques et Innovations dans les régions tropicales*, coordonné par José Muchnik, Paris, l'Harmattan : 339-369.



PROCÉDÉS TRADITIONNELS DE TRANSFORMATION DU MANIOC EN AFRIQUE CENTRALE

Photo 1 Portage des racines entre champ et rouisserie

Photo 2 Rouissage en bordure de rivière

Photo 3 Défibrage fin par filtration et décantation (production de chikwangue)

Photo 4 Laminage de la pâte (production de chikwangue)

Photo 5 Modelage et emballage de la pâte (production de chikwangue)

Photo 6 Chikwangues prêtes à cuire

Photo 7 Cuisson terminale de chikwangues

Photo 8 Différentes formes de chikwangue sur un marché de Brazzaville : Ngudi-Yaka, Mpiala, et Moungouélé (de gauche à droite)

Photo 9 Séchage au soleil de racines émiettées et découpées en cossettes (production de farine)

Photo 10 Moulin à foufou (production de farine).

Tous les clichés sont de Serge Trèche, sauf les clichés 5 et 10, qui sont de Stéphane Pézennec.









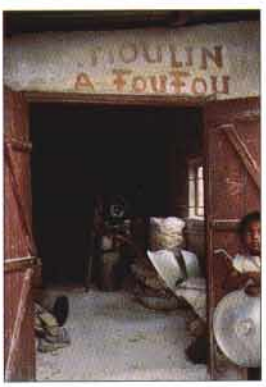






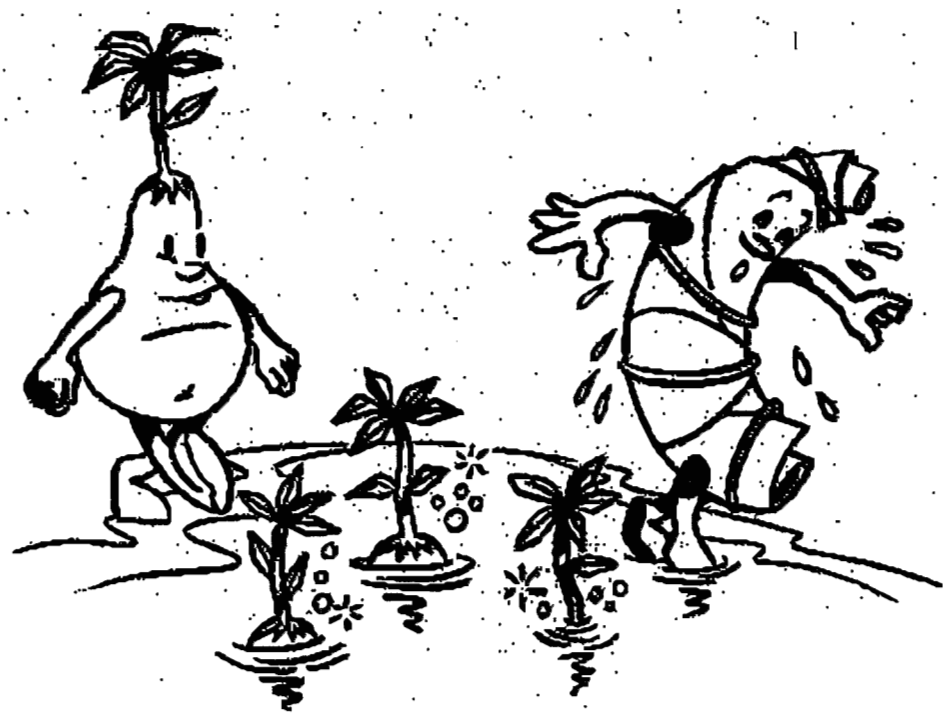





MOULIN
A FOUFOU

Chapitre 2

Bioconversion du manioc : étude des mécanismes



Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc

Importance of lactic acid bacteria in cassava fermentation

M. RAIMBAULT

Laboratoire de Bioconversion, Université del Valle, ORSTOM, CALI (Colombie)

– Résumé –

Les fermentations traditionnelles du manioc sont pratiquées dans les différentes zones de production intertropicales. Cependant les techniques adoptées et les produits obtenus sont très différents (gari, chikwangue, amidon aigre, *ragi*...) Toutefois on est frappé de retrouver dans tous les cas une étape d'acidification très marquée.

L'étude, réalisée dans le cadre du programme de la CEE/STD2 qui portait sur l'amélioration des aliments traditionnels fermentés à base de manioc a démontré de façon catégorique le rôle déterminant des bactéries lactiques dans le déroulement des processus fermentaires mis en œuvre au cours de la production de trois produits traditionnels : le gari, la ghikwangue et l'amidon aigre.

Dans le cas du gari, la fermentation lactique est rapide, de type homolactique mais la détoxication est parfois limitée et insuffisante.

Dans le cas de la préparation de l'amidon aigre en Amérique Latine, la fermentation lactique se déroule sur une période beaucoup plus longue, mais reste de type homolactique stricte, sans autre fermentation annexe, du moins à ce jour révélée, et les cyanures sont totalement éliminés.

Pour la fabrication de la chikwangue, l'étape de rouissage, indispensable pour l'élimination des composés cyanogénétiques, consiste en une fermentation lactique de type hétérolactique, associée à une ou plusieurs autres fermentations anaérobies, puisqu'on retrouve non seulement de l'acide lactique en grande quantité, mais également de l'alcool et des acides organiques gras volatiles, qui fournissent l'arôme.

Lors des études récentes réalisées sur ces fermentations traditionnelles du manioc, des bactéries lactiques amylolytiques très performantes ont été isolées, ce qui représente une nouveauté scientifique, car jusqu'ici les rares bactéries lactiques amylolytiques décrites étaient peu efficaces et difficiles à cultiver. Cette découverte ouvre des perspectives très intéressantes pour les bioconversions du manioc et l'amélioration des qualités sanitaires et prophylactiques des aliments et boissons fabriquées dans les zones tropicales à partir de manioc ou d'autres substrats amylacés, très abondants dans ces régions.

– Abstract –

Many of the traditional fermented foods from cassava developed in various tropical areas are based on different techniques, but all of them include a typical step of strong acidification. The studies made during the EEC/STD2 program concerned the improvement of traditional foods from cassava. They clearly demonstrate the determinant role of lactic acid bacteria in the fermentation process for three among the most important traditional products : gari, chikwangue and sour starch.

During these investigations, lactic acid bacteria with very efficient amylolytic activity were isolated, what represents a scientific progress, because the rare lactic acid bacteria with amylolytic capability described before were very little attractive and difficult to cultivate and maintain active in collection. This allows to consider new interesting perspectives in the field of cassava bioconversion, improvement in sanitary and safety quality of traditional foods or beverages consumed in tropical countries, where cassava and other starchy products are very popular.

Recently, reported data from African, Swedish and American studies and also the works we are developing in Latin America in a new EEC program, emphasize the importance of Lactic Acid Bacteria in traditional fermented foods. Mainly for their bactericide or bacteriostatic effect and bacteriocin or enzyme biosynthesis, they can change functional properties of starch and its digestibility; they can also play an important paper in the detoxication of cassava. All that information could allow future improvements in the fabrication of traditional foods, or the development of new products from cassava. In the field of protection and food biodiversity, sanitary and safe elaboration of traditional products, lactic acid bacteria will be probably enhanced in the future.

Introduction

Les processus de transformation du manioc pour l'alimentation traditionnelle sont très variés. Comme cette plante se cultive dans toute la zone tropicale depuis très longtemps, des techniques se sont développées et ont donné lieu à des produits très différents selon la zone considérée : en Asie, le *ragi*, le *ontjom*, le *koji*, en Afrique, le *gari*, le *foufou*, la *chikwangue*, *l'attiéké*, et en Amérique latine, l'amidon aigre, la *farinha*, le *cassave*. D'ailleurs le manioc n'est pas l'unique plante qui a donné source à une multitude de produits alimentaires consommés traditionnellement dans les zones tropicales : le maïs également, le riz, le soja. De nombreuses études détaillées relatent de la très grande variété, de la diversité alimentaire des produits obtenus en fonction du contexte socioculturel.

Ces nombreux produits traditionnels ont été mis au point par l'expérience accumulée par ces populations, qui tient compte des objectifs alimentaires, sociaux, économiques et culturels. En ce qui concerne plus particulièrement le manioc, on retrouve, quelle que soit la région du monde considérée, la préoccupation essentielle de la conservation d'une denrée très périssable et de l'élimination de la toxicité présentée par les composés cyanés.

Pour résoudre ces deux principaux objectifs, les pratiques traditionnelles ont abouti à des procédés qui mettent en jeu l'acidification du manioc, le séchage, le grillage, l'action des enzymes (maltage, rouissage). Parmi ces techniques, la fermentation conduisant à l'acidification par l'action des bactéries lactiques est une composante que l'on retrouve quasiment dans tous les procédés de transformation traditionnelle du manioc, et autres denrées de base.

Depuis 1983, nous avons développé de nombreuses études à l'ORSTOM sur le thème de la fermentation lactique du manioc. Tout d'abord dans l'optique de la conservation du manioc par l'ensilage lactique (Saucedo *et al.*, 1990) puis de la recherche de nouvelles bactéries lactiques pouvant hydrolyser l'amidon de manioc. On sait par ailleurs que les bactéries lactiques jouent un rôle dans les ensilages contenant de l'amidon et qu'elles contribuent à la stabilisation des produits végétaux par acidification rapide, bloquant ainsi les processus naturels de putréfaction et de détérioration. On sait aussi que les bactéries lactiques jouent un rôle « probiotique » dans l'alimentation animale, et que leur présence dans les ensilages se révèle bénéfique au niveau nutritionnel. L'ensilage du manioc n'est pas très couramment pratiqué, et des études complémentaires sont encore nécessaires à ce sujet (Sokari, 1991 ; Saucedo, 1990).

En ce qui concerne l'alimentation humaine, l'acidification et la fermentation lactique sont nécessaires au bon déroulement des procédés de transformations traditionnels. Ceci a été montré en particulier pour les trois produits du manioc qui ont été étudiés dans le cadre d'un programme d'étude de l'amélioration des

produits traditionnels du manioc, à savoir le gari, la chikwangue et l'amidon aigre (Giraud *et al.*, 1991, 1992 ; Oyewole, 1991, Brauman *et al.*, 1995). Cette étude a montré que la fermentation lactique joue un rôle capital dans chacun de ces trois types de produits, et qu'elle se déroule de façon très différente selon les conditions locales et le conditionnement du produit. Les différents procédés liés à ces produits sont décrits en détail par les autres auteurs qui ont participé à cette étude, aussi nous nous bornerons à rappeler que dans tous les cas, on constate une phase d'acidification rapide de la pulpe ou de la racine de manioc. En moins de 24 heures, on observe une chute rapide de pH de 7 à 4,5, associée à une concentration élevée d'acide lactique, produit de l'activité de la microflore lactique, ce qui empêche par la suite une dégradation du produit. Ce rôle essentiel des bactéries lactiques dans les fermentations traditionnelles du manioc est très largement reconnu par les auteurs ayant travaillé dans ce domaine (Sokari, 1991, Okafor *et al.*, 1984, 1986 ; Oyewole *et al*, 1990, Abe *et al*, 1978, Ofuya *et al*, 1989, Brauman *et al.*, 1994).

Ces études sur le rôle et le fonctionnement des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc, nous ont conduit récemment à démontrer l'existence jusqu'alors peu reconnue de nombreuses bactéries lactiques possédant des propriétés naturelles d'hydrolyse de l'amidon dans les produits fermentés du manioc (Giraud *et al.*, 1991, 1993). Ces souches naturelles possèdent également des capacités d'hydrolyse de la linamarine, principal composant des substances cyanogénétiques contenues dans le manioc. (Giraud *et al.*, 1992, Okafor, 1985 ; Wetsby *et al.*, 1992). Cela ne signifie pas que la détoxication et l'élimination des cyanures contenus dans le manioc soient le fait des seules bactéries lactiques, ni même qu'elles soient indispensables à cette détoxication. Cependant, le fait qu'elles possèdent cette capacité, milite en faveur de leur présence dans les techniques traditionnelles de transformation de ces produits fermentés. Il faut également ajouter que ces bactéries lactiques, du fait qu'elles ne disposent pas de systèmes de respiration, ne sont pas très sensibles à la toxicité des cyanures libres (Giraud *et al.* 1993, Brauman *et al.*, 1994), puisque beaucoup tolèrent des concentrations de 100 à 500 ppm de CN (concentration couramment rencontrée dans certaines variétés amères de manioc), alors que les micro-organismes aérobies sont totalement inhibés par des concentrations supérieures à 10 ppm.

C'est ce qui explique sans doute la présence constante de ces bactéries lactiques dans les processus de transformation du manioc, et l'exploitation traditionnelle de leur rôle bénéfique pour participer à l'élaboration des produits fermentés.

1. Importance des bactéries lactiques dans les produits fermentés ?

La très grande majorité des études sur les fermentations lactiques ont porté et portent encore sur les bactéries lactiques en raison des applications industrielles dans le domaine laitier pour la fabrication de fromages et de yoghourt. On dispose cependant depuis peu de temps, de nombreuses études dans le domaine des produits carnés pour la fabrication de charcuterie (salami, salaisons), et des produits végétaux (choucroute, olives, ensilages). En ce qui nous concerne, nous avons entrepris des études sur les fermentations de produits amylacés, en particulier le manioc, applicables également à d'autres produits amylacés tels que les céréales, le riz, le maïs, le soja etc...

Rappelons brièvement que les bactéries lactiques constituent un ensemble de micro-organismes capables de transformer des sucres simples comme le lactose ou le glucose en acide lactique. Cette transformation génère de 1 ou 2 molécules d'ATP, en fonction de la voie métabolique homo ou hétérolactique. Ces molécules peuvent être mobilisées pour la production de l'énergie nécessaire aux biosynthèses et à la multiplication cellulaire :

1 glucose + 2 Pi + 2 ADP → 2 lactate + 2 ATP (homofermentation)
1 glucose + 1 Pi +1 ADP → 1 lactate + 1 éthanol (acétate) + 1 CO2 + 1 ATP (hétéro)

De nombreuses bactéries lactiques sont capables de découpler leur croissance cellulaire de la transformation des sucres en lactate, et de poursuivre cette bioconversion bien au delà de la phase de multiplication cellulaire. C'est un point important à souligner, car cela explique que même dans des milieux non optimisés, ces bactéries exigeantes en acides aminés et source azotée organique, peuvent réaliser des bioconversions pondérales importantes. Cette bioconversion peut conduire à l'épuisement total du substrat carboné et à l'accumulation d'acide lactique pouvant dépasser 100 g/l. Des procédés industriels de production d'acide lactique, de forme D ou L, ont été développés à partir de lactoserum et autres sous-produits agro-industriels.

2. Qualités organoleptiques et thérapeutiques

Les bactéries lactiques sont, avec les levures, des micro-organismes utilisés par l'homme depuis fort longtemps, en raison de leurs propriétés métaboliques. Dans toutes les fermentations lactiques, les bactéries lactiques et certaines levures, permettent d'améliorer également les caractéristiques alimentaires des produits fermentés :

- elles contribuent à développer les qualités organoleptiques par la formation d'acide lactique, d'acétoine, d'acétaldehyde, diacétyle, de peptides et d'acides aminés, qui sont des précurseurs d'arômes, lesquels se développent lors des étapes ultérieures des procédés de fabrication des produits ;
- des études récentes, menées par le CIRAD dans le cadre de projets conjoints avec l'ORSTOM et l'Université del Valle et le CIAT à Cali en Colombie, ont permis de démontrer le rôle capital de la phase de fermentation lactique en milieu solide de l'amidon de manioc sur le pouvoir de gonflement des farines d'amidon aigre. D'autres facteurs externes, liés aux phases ultérieures de ce procédé (séchage au soleil, radiations lumineuses...) sont également nécessaires, mais il a été prouvé que la fermentation lactique poussée et d'une durée relativement longue, ainsi que la présence d'acide lactique en quantité suffisante sont indispensable à l'obtention d'une telle farine alimentaire de bonne qualité. (Chuzel *et al.*, 1995 ; Dufour *et al.*, 1995) ;
- les bactéries lactiques sont de plus en plus utilisées en alimentation animale et humaine pour leurs effets probiotiques. En alimentation animale, ces produits permettent d'augmenter les rendements et surtout l'état sanitaire et la lutte contre les infections et les épidémies dans les élevages. Certaines bactéries sont utilisées aussi comme produits pharmaceutiques pour rétablir ou maintenir la flore intestinale. Des souches de l'espèce *Lactobacillus acidofilus* sont plus particulièrement utilisées à cet effet (Marteau, 1994). Les récentes campagnes sur les effets bénéfiques des *Bifidus* démontrent aussi les applications commerciales qui peuvent en découler.

3. Acidification, stabilité et conservation

C'est ainsi que des concentrations relativement élevées d'acide lactique (jusqu'à 4 % pondéral de la matière sèche) peuvent être observées. Dans des conditions contrôlées, ont peut même réaliser facilement des bioconversions totales, non seulement des sucres simples comme le glucose ou le lactose, mais également de polymères tel que l'amidon.

Récemment (Giraud *et al.*, 1991), nous avons réussi à isoler une souche nouvelle de *Lactobacillus plantarum* A6 (homolactique), capable de croître et de transformer directement l'amidon de manioc en acide lactique de façon comparable à ce qui est connu depuis longtemps à partir du glucose. On obtient alors des cinétiques de production d'acide lactique tout à fait comparables et compétitives comparées aux procédés industriels actuellement utilisés pour la production d'acide lactique. En outre nous avons également démontré (Giraud *et al.*, 1994), que dans des conditions de pH contrôlé, cette nouvelle bactérie lactique

peut transformer l'amidon brut (non gélatinisé) de manioc en acide lactique et pour des concentrations élevées. Pour une attaque efficace de l'amidon brut, il est nécessaire de maintenir le pH à une valeur proche de 6,0 et d'éviter une acidifaction trop rapide, sinon la biosynthèse et l'activité de l'amylase sont très fortement réduites. (planche 1, fig. 1).

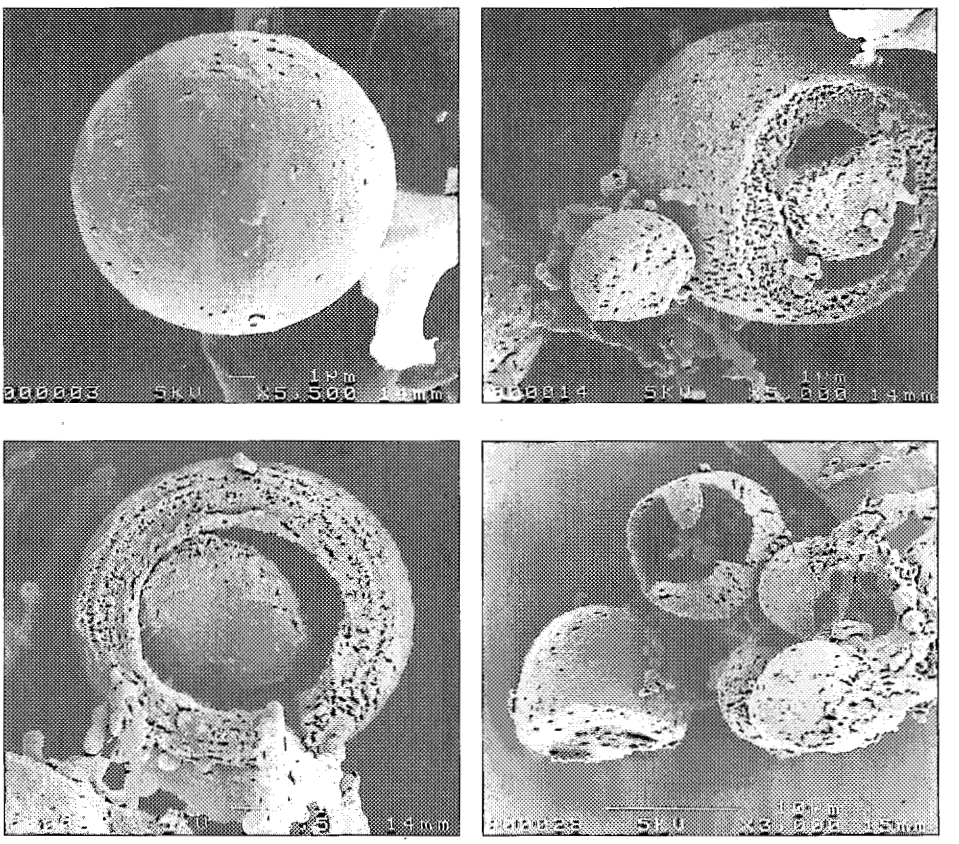


Planche 1

Photographies au microscope électronique à balayage de grains d'amidon de manioc à différents stades de digestion par une micro-flore lactique de L. planctarum A6

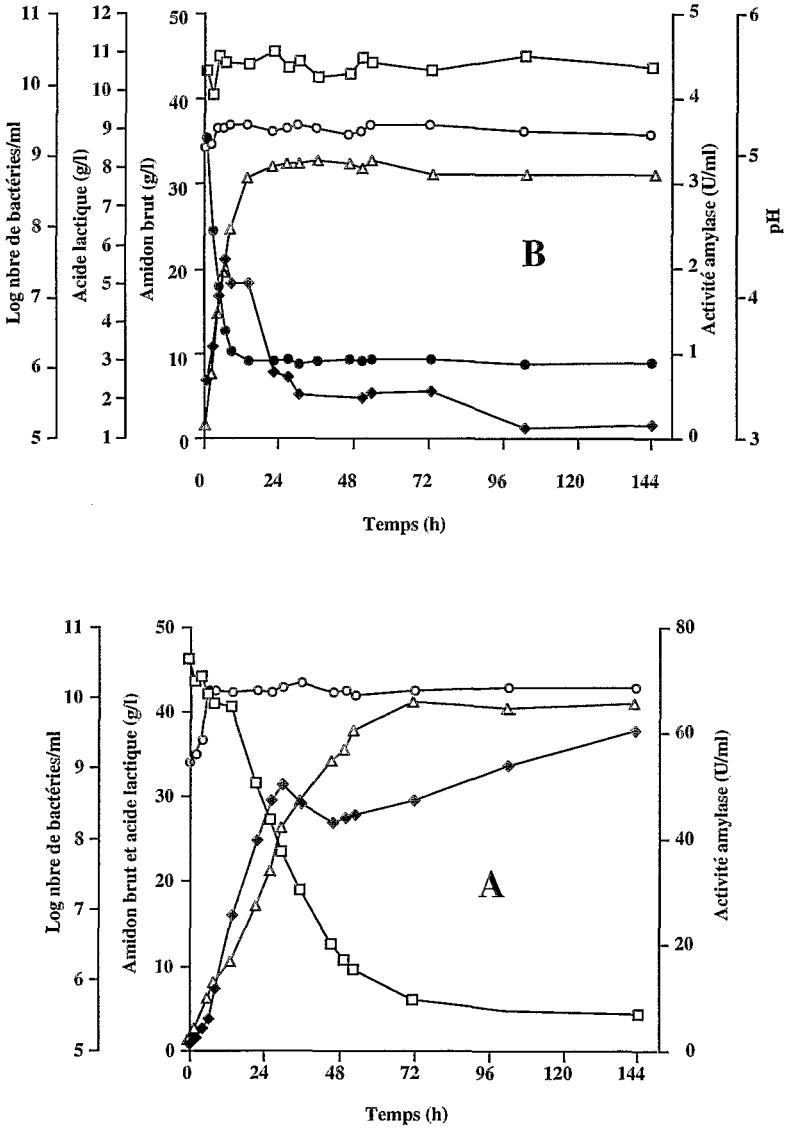


Figure 1

Fermentation du manioc brut sans traitement thermique par L. plantarum A6 avec (A) ou sans (B) contrôle et régulation du pH. Symboles : □, amidon ; ✤, acide lactique ; ◆, activité amylase ; ○, nombres de bactéries (log 10) ; ●, pH

Ceci est important non seulement du point de vue écologique et pour les fermentations traditionnelles du manioc, mais également pour la fabrication industrielle d'acide lactique à partir d'amidon, sans traitement thermique, car cela simplifie considérablement le procédé. Dans les processus de fermentation naturels, il n'y a pas de traitement thermique de l'amidon de manioc, qui se trouve donc dans sa forme native d'amidon cru. Les résultats obtenus montrent donc que ce type de bactérie lactique est tout à fait capable de réaliser la transformation de l'amidon brut en acide lactique dans des conditions naturelles.

La durée de conservation des produits est augmentée grâce à la présence d'acide lactique, et dans certains cas d'acide acétique, limite considérablement le développement des micro-organismes indésirables ou pathogènes par leurs propriétés antiseptiques reconnues, et par la diminution du pH. Pour que l'action stabilisatrice soit efficace, il faut que l'acidification soit rapide et qu'en moins de 24 heures, le pH s'abaisse en dessous de 4,0. On constate parfois une diminution du pH limitée en raison des conditions dans lesquelles se déroule la fermentation (température, accessibilité du substrat, effet tampon du milieu). On sait aussi que le pH de stabilisation varie selon la nature du produit fermenté (lait, ensilage, choux...). Si l'acidification initiale n'est pas assez rapide, certains germes pathogènes ou indésirables peuvent se développer partiellement, se maintenir et faire dévier ou évoluer ultérieurement le produit, pendant la période de conservation. Pour cette raison il est recommandé de s'assurer que la phase initiale d'acidification est suffisamment rapide pour assurer une bonne qualité microbiologique du produit.

L'effet antiseptique des acides lactique et acétique est liée à leur forme dissociée qui leur permet d'entrer dans les cellules bactériennes où ils s'ionisent et s'accumulent, provoquant un abaissement interne du pH et le blocage de mécanismes de transport. De plus les bactéries lactiques ne possèdent pas de catalase, c'est une de leurs caractéristiques. En présence d'air, leur métabolisme conduit à une accumulation de peroxyde d'hydrogène (H_2O_2), autre antiseptique puissant contre les germes pathogènes intestinaux (Daeschel, 1989 ; Beliard et Thuault, 1989).

Svangerg *et al.* (1990, 1991a et 1991b) ont réalisé des études spécifiques concernant l'effet de la fermentation lactique sur la diminution de *Salmonella typhimurium*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, et *Shigella disenteriae*, et les implications sur l'état de populations d'enfants alimentés avec des produits amylacés après fermentation lactique. Ils ont conclu à des effets très positifs de la fermentation lactique sur la diminution des risques de diarrhées chez ces population infantiles.

4. Digestibilité, amylases

La fermentation lactique des produits amylacés intervient souvent après une phase de macération et de germination dans le cas de céréales comme le maïs. Cette phase initiale permet de développer des biosynthèses d'amylases, et de réaliser une hydrolyse partielle de l'amidon, ce qui provoque une fluidisation et une chute de la viscosité des produits, permettant d'obtenir des concentrations énergétiques élevées des produits préparés. Or ces étapes sont souvent réalisées traditionnellement dans des conditions insuffisantes de sécurité, avec parfois des eaux fortement contaminées en germes pathogènes. Il convient donc de veiller à ce que ces procédés de transformation traditionnelle se déroulent dans des conditions de sécurité sanitaire suffisantes de façon à éviter le développement de germes pathogènes et de prohiber l'usage d'eaux polluées.

Pour éviter cette phase de « maltage », des études ont été faites pour réaliser cette étape de diminution de la viscosité et obtenir des farines plus fluides en ajoutant des enzymes amylolytiques disponibles industriellement. Les résultats obtenus avec des farines de manioc sont très prometteurs et sont en phase de développement technologique (Trèche, 1993 ; Giamarchi et Trèche, 1995 ; Trèche *et al.*, 1995).

La fermentation lactique peut être également une alternative intéressante. Puisque nous avons récemment isolé des bactéries lactiques ayant de fortes capacités amylolytiques, il devient tout à fait possible de réaliser en une seule étape, à la fois l'obtention d'amylases permettant la fluidisation des farines et la phase d'acidification lactique qui permet la stabilisation du produit. Des études doivent cependant être développer dans ce domaine pour mieux évaluer l'intérêt d'une telle technique.

5. Qualité nutritionnelle et digestibilité

La fermentation lactique est fortement recommandée, car elle diminue considérablement la viabilité de germes nocifs. Elle représente donc une sécurité supplémentaire en diminuant les risques de consommation de produits dangereux. Il faudrait désormais faire porter les efforts sur la mise au point de germes produisant surtout la forme L (–) de l'acide lactique, seule forme assimilée par les organismes supérieurs.

Svanberg *et al.* en 1989, ont étudié l'effet de la fermentation lactique sur la disponibilité du fer et du phosphore. On sait que dans certaines graines le contenu en acide phytique a pour effet de complexer les minéraux et de les immobiliser, provoquant des carences qui peuvent être graves, dans certaines populations des

Andes en Equateur et en Bolivie. Des études ont montré l'effet très significativement positif de la fermentation lactique sur la disponibilité du fer et du phosphore, avec comme corrélation la diminution des phytates dans ces produits fermentés (Svanberg, 1991 ; Khetarpaul *et al.*, 1989). Une étude est menée conjointement en Equateur avec l'équipe du Dr. Svanberg de l'université de Godenger en Suède et l'Ecole polytechnique nationale de Quito pour augmenter la disponibilité des minéraux de farines de graines alimentaires (*quinoa*) grâce à une fermentation lactique.

6. Bactériocines

Les bactériocines sont des protéines de petite taille, ou des peptides ayant des activités biologiques bactéricides ou bactériostatiques. La biosynthèse de ces bactériocines semble assez commune chez les bactéries lactiques.

Des études ont montré que les bactéries lactiques sont capables de synthétiser des bactériocines actives non seulement contre d'autres bactéries lactiques, mais également contre d'autres bactéries gram +, et selon certains, contre certaines bactéries gram -, parmi lesquelles ont rencontre des entérobactéries et germes pathogènes (Nout *et al.*, 1989 ; Perdigon *et al.*, 1998 ; Shaack *et al.*, 1988 et Spelhaug *et al.*, 1989). Récemment ces études se sont développées en raison de l'effet très marqué de la nisine, une des bactériocines les plus étudiées et aux effets reconnus sur les germes pathogènes du groupe des *Listeria monocytogènes.* La nisine est produite par *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* ; c'est à ce jour la seule bactériocine autorisée comme additif alimentaire pour le contrôle microbiologique et sanitaire de certains aliments lactés, carnés, et conserves. La nisine est thermostable, résistante à la trypsine et inactivée par l'alfa-chymotripsine. Son spectre d'activité est très large ; elle inhibe la plupart des bactéries Gram +, notamment *Listeria monocytogenes, Clostridium botulinum, Staphylococcus aureus.*

Dans le cadre du programme actuel de bioconversion de manioc en Amérique latine, nous recherchons avec l'université del Valle de Cali, des bactéries lactiques ayant une activité forte sur les entéro bactéries et potentiellement intéressante pour un usage prophylactique en alimentation infantile.

7. Elimination des composés cyanogénétiques

La linamarase endogène présente dans les racines de manioc semble suffisante pour assurer l'élimination de la linamarine (Ampe et Brauman, 1995). Mais certains ont montré que l'addition de linamarase exogène pendant la phase de

fermentation permet de réduire la quantité de cyanures résiduels (Ikediobi *et al.*, 1985), et Okafor a isolé plusieurs bactéries capables de dégrader la linamarine. La microflore exogène pourrait donc contribuer à améliorer l'élimination des cyanures présents dans le manioc. Nous avons mis en évidence (Giraud *et al.*, 1991) une activité linamarase chez différentes espèces de bactéries lactiques cultivées sur cellobiose comme inducteur de biosynthèse de ß-glucosidades (Giraud *et al.*, 1995). La capacité à produire une activité linamarase est assez commune chez les bactéries lactiques puisque 6 souches sur les 10 étudiées peuvent dégrader la linamarine. Parmi les souches testées la souche de *Lactobacillus plantarum* A6 a été choisie pour des essais ultérieurs en raison de la forte activité linamarase et de sa capacité à hydrolyser l'amidon de manioc.

Giraud et al (1995) ont comparé l'effet de l'inoculation de la pulpe de manioc par *Lactobacillus plantarum* A6 (amylolytique) et *L. plantarum* Lacto-labo (non amylolytique). L'inoculation par A6 permet un acidification plus rapide et plus intense, et permet en plus d'obtenir une plus forte concentration d'acide lactique (5 g/100 g de matière sèche).

En ce qui concerne l'évolution des composés cyanés, la linamarine disparaît complètement dans tous les cas en moins de 5 heures, ce qui confirme les résultats antérieurs obtenus par Cooke *et al.* (1978) qui pensent que la linamarase présente dans le manioc est suffisante pour la dégradation complète de cette substance lors des processus de transformation des racines. Cela ne signifie pas que les bactéries ne peuvent jouer aucun rôle dans l'élimination des cyanures, surtout lorsqu'il s'agit de variétés très amères, ou lorsque les processus de transformation sont mal pratiqués ou insuffisants pour l'élimination des composés cyanurés. Leur rôle pourrait venir en complément de l'action de la linamarine endogène contenue dans le manioc.

Conclusion

Les bactéries lactiques interviennent à différents niveaux dans la transformation des aliments traditionnels fermentés à base de manioc : qualités organoleptiques et fonctionnelles des amidons de manioc, acidification, stabilisation et conservation des produits alimentaires, digestibilité et valeur énergétique, qualité nutritionnelle, sanitaire et prophylactique, sécurité alimentaire et détoxication du manioc.

Devant l'importance du rôle que jouent ces bactéries dans la transformation des produits à base de manioc, on ne peut que recommander l'intensification des recherches pour préciser, améliorer et développer les applications alimentaires et non alimentaires dans le domaine de la bioconversion du manioc et autres substrats amylacés tropicaux.

Bibliographie

ABE (M.), LINDSAY (R.), 1978 - Evidence for lactic streptococcal role in acid cassava. *J. Food Protection*, 42 : 781-784.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), 1995 - Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava retting. *World. J. of Microbio. Biot.*, in press.

BRAUMAN, (A.), KÉLÉKÉ (S.), MAVOUNGOU, (O.), AMPE (F.), et MIAMBI, (E.), 1995 - « Etude d'une fermentation lactique traditionnelle des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo) ». *In* Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Treche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Orstom. Paris.

COOKE (R.D.), BLAKE (G.G.), BATTERSHILL (J.M.), 1978. Purification of cassava linamarase. *Phytochemistry*, 17 :381-383

COOKE (R.), 1985 - *The preservation of foods by lactic fermentation with special reference to fish, meat and cassava.* Presented at IFS/UNU workshop on Indegenous fermented foods and Food technology in Africa., Douala, Cameroun, 14-18 Oct. 1985.

DAHIYA (R.), SPECK (M.), 1968 - H2O2 formation by *lactobacilli* and its effects on *Staphylococcus aureus. J. Dairy Sci.*, 51 : 1568-1572.

FERNANDES (C.), SHAHANI (K.), AMER (M.), 1987 - Therapeutic role of dietery Lactobacillic fermented dairy products. *FEMS, Microbiol. Rew.*, 4 : 343-356.

GIAMARCHI (P.), TRECHE (S.), 1995 - « Fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de manioc » *In* Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Treche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Orstom. Paris.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992 - Degradation of cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotechnology Letters*, vol. 14, n° 7 : 593-598.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), MARIN (B.), PARADA (J.L.), RAIMBAULT (M.), 1993 - Purification and characterization of an extracellular amylase from *lactobacillus plantarum* strain A6. *Journal Applied Bacteriology*, 75 : 276-282

GIRAUD (E.), BRAUMAN (A.), KEKLEKE (S.), LELONG (B.), RAIMBAULT (M.), 1991 - Isolation and physiological study of an amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum. Appl. Microbiol. Biotechnol.* 36 : 379-383.

GIRAUD (E.), CHAMPAILLER (A.), RAIMBAULT (M.), 1994 - Degradation of raw starch by a wild amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum. Appl. Environ. Microbiol.*, vol. 60 (12) : 4319-4323.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT, (M.), 1993 - Production of a *Lactobacillus plantarum* Starter with linamarase and Amylase Activities for Cassava Fermentetion. *J. Sci. Food Agric.*, 62 : 77-82.

GPLDEN (B.), 1989 - « Lactic acid bacteria implications for health ». *In Laits fermentés : actualité de la recherche.* Cong. int. 14-16 déc., Paris : 95-104.

IKEDIOBI (C.), OGUNDU (E.), UKOHA (A.), 1985 - Production of linamarase by *Aspergillus sydowi* and *Fusarium equiseti. Process Biochem.*, 20 : 99-102.

KAO (C.), FRAZIER (W.), 1966 - Effect of lactic acid bacteria on growth of *Staphylococcus aureus. Appl. Microbiol.*, 14 : 251-255.

KHETARPAUL (N.), CHAUHNAN (B.), 1989 - Effect of fermentation by pure cultures of yeast and *lactobacilli* on phytic acid and polyphenol content of pearl millet. *J. Food Sci.*, 54 : 780

KHETARPAUL (N.), CHAUHNAN (B.), 1990 - Fermentation of pearl millet flour with yeasts and *lactobacilli* : in vitro digestibility and utilisation of fermented flour for weaning mixtures. *Plant Foods for human Nutri.*, 40 : 167-173.

LOPEZ (Y.), GORDON (D.), FIELDS (M.), 1983 - Release of phosphorus from phytate by natural lactic acid fermentation. *J. Food Sci.*, 48 : 953.

LORRI (W.S.M.), SVANBERG (U.), 1988 - *Improved protein digestibility in cereal based weaning foods by lactic acid fermentation.* 3rd African food and nutrition congress, Harare, Zimbabwe, 5-8 sept.

MAHAJAN (S.), CHAUHAN (B.), 1987 - Phytic acid and extractable phosphorus of pearl millet flour as affected by natural lactic acid fermentation. *J. Sci. Food & Agric.*, 41 : 381.

MARTEAU (P.), 1994 - *Bactéries lactiques et santé humaine.* 6° coll. Club Bact. Lact., 27-29 avr. 1994, Lyon.

MBUGUA (S.), NJENGA (J.), 1991 - « Antimicrobial properties of fermented UJI as a weaning food ». *In Traditional African Foods - Quality and Nutrition.* IFS ed. : 63-67

MENSAH (P.), TOMKINS (A.), DRASAR (B.), HARRISON (T.), 1990 - Fermentation of cereals for reduction of contamination of weaning foods in ghana. *Lancet*, 336 : 140-143.

MENSAH (P.), TOMKINS (A.), DRASCER (B.), HARRISON (T.), 1989 - Effect of fermentation of ghanaian maize dough on the survival proliferation of 4 strains of *Shigella flexneri*. *Trans. Royal Soc. for Trop. Medecin and Hygiene*, 82 : 635-636.

NOUT (M.), ROMBOUTS (F.), HAUTVAST (G.), 1989 - Accelerated natural lactic fermentation of infant food formulations. *Food Nutr. Bul.*, 11 : 65-73.

NOUT (M.), ROMBOUTS (F.), HAVELAAR (A.), 1989 - Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant food ingredients on some pathogenic microogranisms. INT, *J. Food Microbiol.*, 8 : 351-361.

OFUYA (C.), NAJIOFOR (C.), 1989 - Development and evaluation of starter culture for the industrial production of gari. *J. Appl. Bacteriol.*, 66 : 37-42.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (M.), 1985 - Linamarase of *Leuconostoc mesenteroides* : production, isolation and properties. *J. Sci. Food Agric.*, 36 : 669-678.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (M.), 1986 - The microbial breakdown of linamarin in fermenting cassava pulp. *Mircen J.*, 2 : 327-338.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.*, 56 : 1-13.

ORILLO (C.), PEDERSON (C.), 1968 - Lactic acid bacteria fermentation of burong dalag. *Appl. Microbiol.* 16 : 1669-1671.

OYEWOLE (O.), 1990 - Optimization of cassava fermentation of fufu production : effects of single starters cultures. *J. Appl. Bacteriol.*, 68 : 49-54.

OYEWOLE (O.), ODUNFA (S.), 1988 - Microbial studies on cassava fermentation for lafun production. *Food Microbiol.* 5 : 125-133.

OYEWOLE (O.), ODUNFA (S.), 1990 - Characterization and distribution of lactic acid bacteria in cassava fermentation during fufu production.. *J. Appl. Bacteriol.*, 68 : 145-152.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1991 - « Characterisation of Lactobacilli in fermenting cassava and their evalution as cassava starter cultures ». *Traditional African Food - Quality and Nutrition.* IFS ed. : 145-149

PARK (H.), MARTH (E.), 1972 - Behaviour of *Salmonella typhimutium* in skim during fermentation by lactic acid bacteria. *J. Milk and Food Technol.*, 35 : 482-488.

PERDIGON (G.), NADER DE MACIAS (M.), ALVAREZ (S.), OLIVER (G.), PESCE DE RUIZ HOLGADO (A.), 1990 - Prevention of gastrointestinal infection using immunobiological methods with milk fermented with *Lactobacillus casei* and *Lactobacillus acidophilus. J. Dairy Research*, 57 : 255-264.

PERDIGON (G,), ALVAREZ (S.), NADER DE MACIAS (M.), ROUX (M.), PESCE DE RUIZ HOLGADO (A.), 1990 - The oral administration of lactic acid bacteria increase the mucosal intestinal immunity in response to enteropathogens. *J. Food Protection*, 53, 404-410.

RUTZINSKI (J.), MARTH (E.), 1980 - Behaviour of *enterobacter sp.* and *Hafnia sp.* in skim milk during fermentation by lactic acid bacteria. *J. Food Protection.*, 43 : 720-728.

SAUCEDO (G.), GONZALEZ (P.), REVAH (S.), VINIEGRA (G.), RAIMBAULT (M.), 1990 - Effect of *Lactobacilli* inoculation on Cassava (*Manihot esculenta*) silage : fermentation pattern and kinetic analysis. *Journal Science Food Agric.*, 50 : 467-477

SHAACK (M.), MARTH (E.), 1988 - Interaction berween lactic acid bacteria and some food pathogens : a review. *Cultured Dairy Products J.*, 23 : 14-17, 18-20.

SHAHANI (K.), AYEBO (A.), 1980 - Role of dietary lactobacilli in gastro intestinal microecology. *Amer. J. Clin. Nutr.*, 33 : 2448.

SOKARI (T.G.), KARIBO (P.S.), WACHUKWU (C.K.), 1991 - « Reevaluation of the role of fermentation in cassava during processing into foods ». *In Traditional African Food - Quality and Nutrition*, 151-155. IFS

SPELHAUG (S.), HARLANDER (S.), 1989 - Inhibition of food brone bacterial pathogens by bacteriocins from Lactococcus lactis and Pediococcus pentosaceus. *J. Food Protection*, 52 : 856-862.

SVANBERG (U.), 1991 - « Lactic fermentation of cereal-based weaning gruels and improved nutritional quality ». *In Traditional African Foods - Quality and Nutrition.* IFS ed. : 53-60

SVANBERG (U.), SANDBERG (A.), 1989 - Improved iron availability in weaning foods using germination and fermentation. *In : Nutrient availability : chemical and biological aspects.* Ed. Southgate (D.), Johnson (D.) Fenwick (G.). *Royal society of Chem.*, Special Pub. n° 72 : 179-181.

SVANBERG, (U.), SJOGREN, (E.), LORRI (W.), SVENNERHOLM (A.M.), KAUSER (B.), 1990 - Inhibited growth of common enteropathogenic bacteria in lactic fermented cereal gruels. *International Journal of Food Microbiology* (In Press).

SVANBERG (U.), 1991 - « The potential role of fermented cereal gruels in reduction of diarrhoea among young children ». *In : Traditional African Foods - Quality and Nutrition.* IFS ed. : 33-38

TRECHE (S.), LEGROS (O.), TCHIBINDAT (F.) 1995 - « Vitafort : un atelier pilote de fabrication de farine de sevrage à base de manioc au Congo » *In* Agbor (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Orstom. Paris.

TRECHE (S.), 1992 - L'enrichissement des bouillies de sevrage : une solution a la malnutrition infantiles au Congo. *ORSTOM Actualités*, n° 32 : 19-24.

WESTBY (A.), TWIDDY (D.), 1992 - « Role of microorganisms in the reduction of cyanide during traditional proceessing of African casssava products ». *In IFS Proceed. Workshop Trad. African Foods, Quality and Nutrition*, 25-29 Nov. 1991, Ed. Westby & Reilly : 127-131.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Application of Biotechnology to cassava processing in Africa

Utilisation des biotechnologies à l'amélioration de la transformation du manioc en Afrique

O.B.OYEWOLE

Department of Food Science and Technology
University of Agriculture, Abeokuta Ogun State (Nigeria)

- Abstract -

Cassava (*Manihot esculenta*) is one of the most important food crops in Africa and many parts of the tropics. In Africa, fermentation is an important means of processing raw cassava root into food. The role of various microorganisms in fermentation processes have been shown to include that of detoxification, flavour development and preservation. This presentation reports on work on the traditional submerged fermentation of cassava and its optimization. The characteristics and role of lactic acid bacteria in cassava fermentation are also presented while efforts at developing appropriate starter cultures are reported. The need to improve the bacterial strains through biotechnological techniques are highlighted while future research needs and strategies for the biotechnological improvements in cassava processing are presented.

- Résumé -

Le manioc (*Manihot esculenta*) est l'une des plus importantes plantes alimentaires en Afrique et sous les tropiques. En Afrique, la fermentation est une opération importante de la transformation des racines brutes en aliments. Le rôle des microorganismes de la fermentation dans le processus de détoxication, dans le développement de la saveur et dans la conservation de l'aliment ont été confirmés.Cet article présente des travaux sur la fermentation traditionnelle par immersion dans l'eau des racines en vue de son optimisation. Les caractéristiques et le rôle des bactéries lactiques dans la fermentation du manioc sont également présentés ainsi que les efforts effectués pour développer des starters appropriés.

Le besoin d'améliorer davantage les souches bactériennes en utilisant des procédés biotechnologiques sont soulignés dans le même temps que sont présentées les priorités de recherche et les stratégies à mettre en oeuvre pour l'amélioration de la transformation du manioc par des méthodes biotechnologiques.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is a major source of energy for millions of people in the tropics (de Bruijn and Fresco, 1989) and is also one single crop that is helping to alleviate food crisis problems in many war-torn and drought ravaged parts of Africa (Hahn and Keyser, 1985). Cassava is currently playing an important role in solving the food insecurity problems in these regions because it has a comparatively high biological efficiency of food-energy production and the ability to survive and grow under very adverse weather conditions (Cock, 1985).

In spite of these, cassava is often castigated as an "inferior food crop" (Kwatia, 1986); as "poor peoples crop" (Hahn and Keyser, 1985) and as a "dangerous crop" (Cheok, 1978). These myths on cassava were due to some limitations in the crop. The major "limitations" of cassava as food include the presence of toxic cyanogenic glucosides, low protein content and short post-harvest shelf-life. Traditionally, most of these constraints have been met through processing. Cassava is processed to remove or reduce the toxic glucosides, improve palatability as well as serve as a means of preservation (Nambissan and Sundaresan, 1985). Various village processing methods are known which include boiling, smoking, drying and fermentation. Fermentation of cassava is by far the most important and widely used means of processing cassava (Oyewole, 1992).

As of date, the age-old traditional processing of cassava is still being used. These practice is however, plagued with so many problems for which modern biotechnology offers the best solution. For example, traditional fermentation processes depend on chance inoculations from the environment. As a result, the fermentation period is rather long, the quality of the products varies from one processor to the other, or from one production batch to the other by the same processor, and from one season to the other. Improvements in cassava processing would help to reduce the duration of processing to economically viable limits, maximise the detoxification process and improve the physical and nutritional qualities of cassava products.

Biotechnology has been identified as a scientific tool that could be used to meet the current challenges in the traditional fermentation processing of cassava (Bokanga, 1992). This understanding guides our research on cassava fermentation. Our approach to cassava processing research involves investigations on the science of the traditional fermentation process, optimization, and improvement of the process and quality of the products through biotechnological techniques. This presentation will therefore highlight our current understanding on cassava fermentation and the role of biotechnology to its' improvement.

1. Cassava Fermentation Process

Cassava fermentation has been categorized into solid state and submerged fermentation processes (Oyewole, 1992).

1.1. Solid State Cassava Fermentation

The major feature of old state fermentation processing of cassava is that the cassava root is not soaked in water. There are two major variations in solid state fermentation of cassava.

The first is typified by the West African "gari" or the Brazilian "farinha de mandioca" production method where peeled cassava roots are grated, packed into polypropylene or jute sacks and subjected to pressure using heavy weights or hydraulic pressure for 3 to 5 days of fermentation (Okafor, 1977; Ofuya *et al.*, 1990). The fermented mass is further dewatered, sieved and roasted (garification) before consumption.

In the second variation cassava roots are not grated, but cut into pieces or sliced before being spread out in the open air or under the sun (Essers and Nout, 1989). The dried products are the milled into flour, cooked into a stiff dough before consumption with sauce.

1.2. Submerged Fermentation Processes

Cassava roots, peeled or unpeeled, whole or cut into pieces are soaked in water for the duration of fermentation (Oyewole and Odunfa, 1989). The duration of soaking varies with the weather, where relatively short periods (2-3 days) are used during the hot dry season and longer periods (4-7 days) during the cold raining season. The fermented roots may be wet-sieved and the mash cooked in boiling water to a stiff dough called fufu in Nigeria (Oyewole and Odunfa, 1989) or subjected to further processing which may include sieving, sundrying, smoking and milling into flour. The flour so obtained may then be cooked to stiff dough called lafun in Nigeria (Oyewole and Odunfa, 1988).

2. Biotechnological Investigations

The study on cassava fermentation have been solely devoted to the submerged fermentation process. Investigations have been carried out on:

1) The village fermentation process and its optimization
2) Lactic acid bacteria
3) Starter culture development.

2.1. Village Fermentation Process

The submerged fermentation of cassava to lafun and fufu is mainly an acidic fermentation process during which the pH of the cassava roots decreases from 6.5 - 6.9 to 3.8 - 4.1 after 84 hours of soaking in water.

A wide spectrum of microorganisms have been implicated in cassava fermentation. Oyewole and Odunfa (1988) isolated *Bacillus spp., Leuconostoc spp., Klebsiella spp., Corynebacterium spp., Lactobacillus spp., Aspergillus spp., Candida spp.*, and *Geotrichum spp.* A pattern of succession in microorganisms was found to take place during the submerged fermentation of cassava. *Bacillus spp., Corynebacterium spp., and Klebsiella spp.*, which were present at the beginning of fermentation decreased gradually as the process progressed because they could not withstand the increasing acidity of the medium. This first group of organisms were, however, found to play important roles in the fermentation process as most of these strains are capable of producing amylase enzymes needed for the initial breakdown of starch into sugars. The produced sugar is needed for the growth of other microbial groups and for acid production. In the submerged fermentation process, some moulds were occasionally encountered and when present, they disappeared after 36 hr of fermentation due to the low oxygen tension which develop in the soak-water. The latter period of the fermentation was dominated by yeasts and lactic acid bacteria.

Studies have been reported on the solid state fermentation of cassava (Okafor, 1977; Abe and Lindsay, 1978; Ngaba and Lee, 1979). In these studies, the spectrum of microorganisms implicated in the fermentation of grated cassava root for the production of gari were similar to those found by Oyewole and Odunfa, (1988) with lactic acid bacteria and yeasts dominating the latter periods of the process. However, the spectrum of bacteria is different for the solid state fermentation of ungrated cassava roots. Essers and Nout (1989) reported that moulds predominate in such products yielding dark-coloured, dry cassava pieces. The moulds found were *Rhizopus spp., Mucor spp., Penicillium spp.*, and *Fusarium spp.* The products of mould-fermented cassava have been reported to be safe (Thambirajah, 1989).

Submerged fermentation affects carbohydrate, protein and mineral contents of cassava roots (Oyewole and Odunfa, 1989). Fermentation also causes a reduction in starch content while the total soluble and reducing sugar levels are increased during the first 36 h and 24 h, respectively. Sugars are reduced during the latter periods of fermentation due to utilization by microrganisms and the conversion of sugars into organic acids. Fermentation also causes increases in cassava calcium levels (12%) with reductions in manganese (53%), potassium (71%) sodium (68%), iron (50%), copper (7%), zinc (85%) and phosphorus (67%) levels.

In the investigations on the optimization of submerged cassava fermentation through process control, the size to which the roots were cut was found to affect the rate of fermentation and the quality of product(Oyewole and Odunfa, 1992). A temperature range of 30-35°C was found best for the submerged fermentation process while a soaking period of not less than 60 h was appropriate to obtain a good quality product using the village fermentation method. In the same investigation, amylase and pectin-methyl esterase activities were reported to be involved in cassava root softening during the submerged fermentation process. A process has been developed to enrich fermented cassava with legume protein (Oyewole and Aibor, 1992). The developed scheme which resulted in an increase in the protein content of fermented cassava from 1.8% to 5.5% with cowpea and 8.2% with soybean, involved the addition of legume flour (20%) to fermenting cassava after 48 hrs and their co-fermentation for the remaining period of the fermentation.

2.2. The Lactic Acid Bacteria

Lactic acid bacteria are an important group of microorganisms which have been consistently isolated from fermenting cassava (Okafor, 1978; Abe and Lindsay, 1978; Ngaba and Lee, 1979; Oyewole and Odunfa, 1988). The involvement of more than one species of lactic acid bacteria during fermentation necessitated further studies on the spectrum of lactic acid bacterial flora in cassava fermentation (Oyewole and Odunfa, 1990). Different groups of lactic acid bacteria were isolated from fermenting cassava during "fufu" production and these included *Lactobacillus cellobiosus, L. bulgaricus, L. brevis, L. coprophilus, L. plantarum* and *Leuconostoc mesenteroides.* A succession trend was also established among the lactic acid bacteria with Lactobacillus plantarum being predominated during the last 36 hours of submerged fermentation.

A study was carried out on the role and activities of *Lactobacilli spp.* in cassava fermentation studied.

The role of the *Lactobacilli spp.* in starch hydrolysis and cassava detoxification were investigated. A total of 43 *lactobacilli* strains isolated at different times during cassava fermentation were screened for their abilities to hydrolyse starch and linamarin which is the main cyanogenic glucoside in cassava. Twenty-four of the isolates were able to hydrolyse linamarin and most of these (83%) belonged to the *Lactobacillus plantarum* group. The linamarase enzyme responsible for linamarin breakdown produced by one of the *Lactobacillus plantarum* strains (*GL 721*) were purified and characterized. Optimum linamarase activity was obtained at pH 5-7 with a temperature range of 30-40°C. The physiological properties of linamarase elaborated by the *L. plantarum* strain were

similar to those produced endogenously by cassava plant materials (Yeoh, 1989). This study confirms that cassava detoxification during submerged fermentation, where the roots were not grated, involves enzymes from both the plant material and microorganisms (Oyewole and Odunfa, 1991).

When screened for amylase production, over 80% of the *lactobacilli* strains were able to hydrolyse starch. *L. plantarum* strain GL 721 optimum amylase activity was found at pH 5.8 and temperature 30-40°C.

Due to the detoxifying and amylolytic characteristics of the *Lactobacilli* strains isolated from fermenting cassava, this group of microrganisms has been identified as appropriate for development of starter cultures for cassava fermentation.

A part from selecting microorganisms with multiple characteristics for starter culture development, it was necessary to carry out genetic studies on the selected strains. However, because of the importance of plasmids in bacteria genetic studies, the *lactobacilli* strains were screened for their presence. Plasmids of various sizes were found to be present in 27% of the *lactobacilli* strains screened. The sizes of the plasmids range from 2.1 - 52 Kb. However, no correlation was found between the possession of plasmids and the ability of the isolates to hydrolyse linamarin or starch.

3. Starter Cultures Development

Four different microorganisms (*Bacillus subtilis, Klebsiella spp., Lactobacillus plantarum* and *Candida krusei*) were singly inoculated into sterilized cassava tubers as single inoculum for cassava fermentation (Oyewole, 1990). The role of the single inocula in natural fermentation was identified as acid production. The highest level of acid production was recorded for cassava roots inoculated with *Lactobacillus plantarum* while those inoculated with *Bacillus subtilis* showed the highest rate of softening. However, all roots inoculated with each of the organisms showed variable degrees of softening. The characteristics flavour of fermented cassava was noted to be highest in roots inoculated with *Candida krusei.* The different microrganisms had specific and complementary roles during cassava fermentation.

In a similar manner, *Lactobacillus plantarum (GL 721)* was also investigated as a single starter culture for cassava fermentation since it had hydrolytic action on cyanogenic glucoside and starch. Oyewole and Odunfa, (1991) reported that, within the first 36 h of fermentation, the rate of acidification was relatively lower in *L. plantarum (GL 721)* than in the natural process. During this period, the pH for *L. plantarum (GL 721)* fermentation stayed above 5.0 while in the natural process it was 4.4-4.7.Thereafter, acid production stabilised and increased rapidly to normal level at the end of fermentation.

Further work still need to be carried out on the development of appropriate starter cultures for cassava fermentation processes. Starter cultures will help to standardise the processing, optimise the microbial activities in the detoxification and acid production stages to the extent that the duration of processing may be reduced to levels that will meet today's time constraints. There is still the need to develop appropriate carriers for the starter cultures.

Future Challenges

In spite of various studies on cassava fermentation, the age-old technique is still being practised. Fermentation is still relatively long and the quality of the products variable. The current knowledge on microorganisms needs to be translated into packages that will benefit cassava processors.

In this study, a single lactic acid bacteria with multiple capacities (starch hydrolysis, acid production and detoxifying enzyme production) was selected. The strain was appropriate for starter culture development. Further investigations are needed on the starter cultures in various carriers and under different environmental and storage conditions.

Strains for starter culture development could be improved through the genetic and molecular studies. Cassava fermenting microorganisms and their enzymes could be engineered to carry out specific desired functions or improved through modern biotechnological studies. There is the prospect of genetically improving the nutritional quality of cassava through the use of protein enriching microorganisms. The problems of cassava wastes needs to be challenged with biotechnological solutions.

Acknowledgement

The support of the International Foundation for Science, Stockholm, Sweden, in the authors work on cassava processing is gratefully acknowledged.

References

ABE (M.O.), LINDSAY (R.), 1978 - Evidence for lactic streptococcal role in acidic cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Food Science,* 42 : 781-784.

BOKANGA (M.), 1992 - «Constraints in food and nutrition research». *In* Thottapilly (G.L.), Monti (D.R.), Mohan (R.), Moore (A.W)., éd.: *Biotechnology: Enhancing research on tropical crops in Africa, Nigeria,* CTA/IITA. IITA : 33-38.

CHEOK (S.S.), 1978 - Acute cassava poisoning in children in Sarawak. *Tropical Doctor,* 8 : 99-101.

DE-BRUJIN (G.H.), FRESCO (L.O.), 1989 - The importance of cassava in world food production. *Netherlands Journal of Agricultural Sciences,* 37 : 21-34.

ESSERS (A.J.A.), NOUT (M.J.R.), 1989 - The safety of dark, moulded cassava flour compared with white - A comparison of traditionally dried cassava pieces in North East Mozambique. *Tropical Science,* 29 : 261-268.

HAHN (S.K.), KEYSER (J.), 1985 - Cassava: A basic food of Africa. *Outlook on Agriculture,* 14 : 95-100.

KWATIA (J.T.), 1986 - *Rural Cassava Processing and Utilization.* A report on a collaborative programme for household food security and nutrition. International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria, p. 7.

NAMBISAN (B.), SUNDARESAN (S.), 1985 - Effect of processing on the cyanoglucoside contents of cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 36 : 1199-1203.

NGABA(P.R.), LEE(J.S.), 1979 - Fermentation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *Journal of Food Science,* 44 : 1570-1571.

OFUYA (C.O.), ADESINA (A.A.), UKPONG (E.), 1990 - Characterization of the solid state fermentation of cassava. *World Journal of Microbiology and Biotechnology,* 6 : 422-424.

OKAFOR (N.), 1977 - Microorganisms associated with cassava fermentation for "gari" production. *Journal of Applied Bacteriology,* 42 : 279-284.

OYEWOLE (O.B.), 1992 - «Cassava Processing In Africa». *In: Application of Biotechnology to traditional fermented foods.* Report of an Ad-Hoc Panel of the Board on Science and Technology for International Development, USA, National Research Council : 89-92.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1988 - Microbiological studies on cassava fermentation for "lafun" production. *Food Microbiology,* 5 : 125-133.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1989 - Effect of fermentation on the carbohydrate, mineral and protein contents of cassava during "fufu" production. *Journal of Food Composition and Analysis,* 2 : 170-176.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1990 - Optimization of cassava fermentation for *fufu* production: Effect of single starter cultures. *Journal of Applied Bacteriology,* 68 : 49-54.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1991 - «Characterization of lactobacilli in fermenting cassava and their evaluation as cassava starter cultures». *In* Westby (A.), Reilly (P.J.A.), éd. : Proceedings of a regional workshop on *Traditional African Foods-Quality and Nutrition.* Sweden, International Foundation for Science : 145-150.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1992 - Effects of processing variables on cassava fermentation for "fufu" production. *Tropical Science,* 32 : 231-240.

OYEWOLE (O.B.), AIBOR (A.M.), 1992 - Fermentation of cassava with cowpea and soya bean for an enriched "fufu". *Tropical Science,* 33 : 9-15.

THAMBIRAJAH (J.J.), 1989 - Safety evaluation of cassava fermented with micro-fungi. *Tropical Agriculture,* 66 : 326-328.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Étude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique centrale (Congo)

Kinetic studies of cassava retting in Central Africa (Congo)

A. BRAUMAN *, S. KÉLÉKÉ *, O. MAVOUNGOU**, F. AMPE, * E. MIAMBI**

** Laboratoire d'écologie microbienne, Centre Orstom, Brazzaville (congo)*
*** Laboratoire de biologie cellulaire, Faculté des Sciences Marien-N'gouabi, Brazzaville (congo)*

- Résumé -

Le rouissage du manioc est une fermentation lactique spontanée, effectuée principalement en Afrique centrale. Le procédé consiste à immerger dans de l'eau des racines de manioc, entières ou prédécoupées, pendant trois à cinq jours. Cet article décrit l'évolution des principaux paramètres biologiques et physico-chimiques de cette fermentation.

La microflore du rouissage est constituée de bactéries fermentaires anaérobies facultatives, parmi lesquelles, après deux jours de fermentation, les bactéries lactiques deviennent majoritaires. Les levures (principalement *Candida spp.*) ne semblent pas jouer pas un rôle significatif dans le rouissage mais leur importance croissante dans les derniers stades du procédé pourrait influencer la conservation du produit final. Le pH de l'eau de rouissage se stabilise après 48h autour de 4.5, cette acidification est due à la production d'acides organiques, principalement le lactate, par les bactéries lactiques. La pression en oxygène dissous baisse très rapidement jusqu'à 0,2mg/l ce qui permet l'installation d'une microflore anaérobie stricte telle que les *clostridies*, qui produisent du butyrate. La microflore fermentaire utilise comme substrat carboné principal, les oligosaccharides (sucrose, glucose and fructose) de la racine. Au niveau de la racine, le rouissage se caractérise par trois transformations essentielles ; (i) une dégradation des composés cyanés endogènes de la racine (la concentration décroît de 400 ppm dans la racine fraîche à 20 ppm dans la racine rouie), (ii) une lyse importante des parois végétales due à l'action combinée de plusieurs pectinases (pectinemethylesterase et pectate lyase), (iii) la production d'acides organiques (C2 à C4), principalement du lactate et du butyrate qui participent au goût caractéristique des produits finaux : Chikwangue et Foufou.

Ces résultats montrent que le rouissage est une fermentation hétérolactique complexe ou plusieurs flores bactériennes (bactéries lactiques, *Clostridies spp,*) et probablement *Bacillus spp* ou *Klebsellia spp* participent à la transformation des racines.

- Abstract -

Cassava retting is a spontaneous lactic acid fermentation carried out in Central Africa where whole or chopped cassava roots are soaked in water for 2 to 5 days. This paper describes the biological and physico-chemical changes occurring during the fermentation.

Most of the microflora involved in retting were facultative anaerobic bacteria, among which lactic acid bacteria were predominant after 2 days of retting. Yeast (mostly *Candida spp.*) played no significant role during retting but their increasing numbers at the end of the process might influence the preservation of the end products.

The pH of rett-water remained stable (~4.5) after 48 h which was due to the production of organic acids, mainly lactate, by lactic acid bacteria. The partial oxygen pressure dropped to 0.2 mg/l after 10 h. A typical anaerobic microflora (*Clostridia spp.*) was found during retting and was likely to be at the origin of butyrate production. The fermentative retting microflora utilized mainly the oligosaccarides (sucrose, glucose and fructose) in the roots as growth substrats.

At the roots level, retting can be characterized by three essential changes ; (i) degradation of endogenous cyanogens (levels decreased from 400 ppm in fresh cassava to 20 ppm in fermented mash), (ii) significant breakdown of cassava cell walls due to simultaneous action of different pectinases (methylesterase and pectate lyase); (iii) production of organic acids (C2 to C4) mainly lactate and butyrate which are involved in producing the typical flavour of the final products (Chikwangue and fufu).

From these results, retting could be seen as a typical but complexe heterolactic fermentation where different microflora (lactic acid bacteria, *Clostridia* and probably *Bacillus spp.* and/or *Klebsellia spp.*) are involved in the changes occurring in roots.

Introduction

Le rouissage, connu en occident et en asie dans le cadre du traitement de certaines malvacées comme le lin (Jauneau, 1985) et d'autres végétaux comme le concombre est utilisé en Afrique dans le cadre du prétraitement des racines de manioc (Ogunsa, 1980 ; Okafor *et al.*, 1984 ; Ayenor, 1985 ; Brauman *et al.*, 1994).

Le rouissage consiste à plonger les racines dans l'eau 3 à 4 jours ; durant cette fermentation, les glucosides cyanogénétiques endogènes (linamarine et lotaustraline) sont dégradés, les produits qui participent au goût du produit sont élaborés et les racines ramollies (Okafor *et al.*, 1984 ; Tinay *et al.*, 1984 ; Oyewole et Odunfa, 1990 ; Ampe *et al.*, 1994). En Afrique Centrale, ces racines rouies sont principalement transformées en foufou (farine de manioc) ou chikwangue (pain ou bâton de manioc ; Trèche et Massamba, 1989). Ces produits représentent ainsi près de 50% de l'apport calorique de la population en Afrique centrale (Massamba et Trèche, 1995). Malgré l'importance économique de ces produits dérivés, cette fermentation a été très peu étudiée. Les travaux précédents se sont surtout intéressés soit à la caractérisation des bactéries fermentaires (Okafor *et al.*, 1984, Oyewole et Odunfa, 1988,) ou aux enzymes du processus (Oyewole et Odunfa, 1992) soit à la mise au point d'inoculum (Oyewole et Odunfa, 1990). Oteng-Giang (1987) a entrepris une analyse cinétique de certains paramètres biochimiques mais cette étude demeure très partielle (pas de caractérisation des métabolites produits et sucres dégradés, ni des enzymes du processus). Ce travail représente une contribution à l'analyse globale du rouissage; dans ce but, l'évolution des principaux paramètres physiques, physico-chimiques, microbiologiques et biochimiques ont été suivis simultanément. Ce travail, grâce à la meilleure connaissance des mécanismes fermentaires, devrait permettre d'envisager la standardisation de l'étape rouissage, rendu nécessaire par l'urbanisation croissante des métropoles africaines et la concurrence importante des céréales importées.

Matériel et Méthodes

1. Origine du matériel végétal

Les racines de manioc (*Manihot esculenta Crantz*, variété Ngansa) récoltées après 18 mois de culture proviennent des plantations d'Agricongo du PK 45 au nord de Brazzaville.

2. Mode de rouissage et prélèvement des échantillons

Environs 100 kg de racines de manioc fraîchement récoltées, épluchées et lavées sont immergées dans un fût de 100 litres. Pour la mesure des paramètres

physiques et physico-chimiques (pH, pO2, T°), un second fût sans racine est utilisé comme témoin. Chaque jour et de manière aléatoire, six racines sont prélevées, puis coupées en cubes d'environ 2 cm et prémélangées, avant d'être prélevées pour les diverses analyses biochimiques et microbiologiques.

3. Numération bactérienne

Pour chaque prise d'essai, 6 à 10 morceaux de racines sont prélevées au hasard et découpées en petits dés. 60 grammes de racines ainsi traités sont broyés dans 540 ml d'eau peptonée stérile à l'aide d'un Waring blender pour donner la première suspension dilution (10^{-1}).

Les numérations bactériennes sont effectuées après dilution en série de la suspension 10^{-1}. Les résultats du dénombrement des bactéries fermentaires totales et anaérobies strictes, proviennent de numérations statistiques effectuées en milieu liquide selon la technique du nombre le plus probable (Most Probable Number ; MacCrady, 1918), les autres groupes bactériens sont comptés par technique de numération classique sur milieu solide.

4. Milieu de culture

4.1. Bactéries lactiques (BL) et Bactéries aérobies totales (BMT)

- Gélose MRS (De Man *et al.*, 1960) à pH 5,5 à 6 pour les bactéries lactiques (culture à 30°C pendant 48-72 heures).
- Plate Count Agar (PCA) pour la flore aérobie totale (culture à 30°C pendant 48-72 h).

4.2 Bactéries fermentant le Glucose (BFG) ou le lactate (BAL)

Ces milieux sont préparés de manière anaérobie selon les techniques décrites par Hungate (1969) et modifiés par Macy (1972). La composition est décrite par Brauman *et al.* (1994).

4.3. Levures

Milieu Potatose Dextrose Agar (PDA, DIFCO laboratory) contenant 0,05g/l de chloramphenicol. Les isolats sont caractérisés au niveau du genre par les tests API (API 5030 strips Biomérieux France)

4.4. Clostridium

Le milieu de base est celui décrit par Widdel et Pfenning (1984), il contient par litre : Solution minérale de Widdel (20 fois concentré), 50 ml ; Solution d'oligo-éléments de Widdel, 1 ml ; Trypcase (Difco), 0,5g, extrait de levure (Difco) 0,5g ; Cysteine HCl, 0,5g ; Acétate de sodium, 1g ; Lactate de sodium (60%), 5g ; Rézazurine, 5mg.

Le milieu est bouilli et refroidi sous azote puis du $NaHCO_3$ 10% (p/v) est rajouté (30 ml), le pH est alors vérifié et doit être compris entre 6,8 et 7,2. Le milieu est ensuite réparti en tubes de Hungate, stériles et dégazés sous $N2/CO_2$.

5. Paramètres physico-chimiques

5.1. Index de pénétrométrie

La pénétromètrie permet d'apprécier le ramollissement des racines de manioc au cours du rouissage ; le pénétromètre utilisé est de type PRN 10 Berlin. Le protocole utilisé est celui de Ampe *et al.* (1994). Un indice supérieur ou égal à 15 indique la fin du rouissage .

5.2. pH des racines et de l' eau de rouissage.

60g de racines broyées au Warring Blender sont homogénéisées dans 100 ml d'eau distillée, le broyat est filtré à l'aide du filtre GF / A (9 cm de diamètre). Le filtrat obtenu est complété à 200 ml avec de l' eau distillée pour la détermination du pH (pH mètre P307 Consort). Le même appareil est utilisé pour mesurer le pH de l'eau de rouissage (100 ml).

5.3. Pression d'oxygène dissoute (PO2)

L'oxygène dissous est déterminé à l'aide d'un oxymètre (type OX 91 de WTW, Germany) dans 50 ml d'eau de rouissage.

6. Paramètres biochimiques

6.1. Dosage des sucres et des acides organiques

20g de racines broyées à l'ultraturax en présence de 10 ml d'acide sulfurique 0,1N sont centrifugés (centrifugeuse Sorvall RC-5B à 10. 000 t/m pendant 10 mn).

Le surnageant est filtré sur membrane millipore (0,45 µm) et 20 µl de filtrat sont analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC Thermo Separation Product) sur un appareil muni d'une colonne Aminex d'échanges d'ions HPX - 87H pour les acides organiques ou HPX 42A pour les sucres (Biorad laboratoire Richmand, Calif.) et d'un détecteur de type réfractométrique (TSP Analytical). L'éluant utilisé est l'acide sulfurique 6mM avec un débit de 0,4ml /mn à 65°C .

6.2. Dosage enzymatique

- L'extraction des enzymes est réalisée selon le protocole décrit dans Ampe et Brauman (1994).
- L'activité ß-glucosidase est déterminée par la capacité de l'extrait enzymatique à dégrader le substrat chromogène PNPG (P-nitrophenol-ß-D-glucopyranoside). Le protocole suivi est décrit dans Ampe et Brauman (1994).

- La linamarase est mesurée selon la méthode décrite par Giraud *et al.* (1992).
- La pectinemethylesterase, la pectate lyase et la polygalacturonase sont mesurées selon la méthode décrite par Ampe et Brauman (1994).
- Les activités cellulase et xylanase ont été mesurées à 37°C et pH 5,8 (tampon Mc-Ilvaine) par la mesure des sucres réducteurs produits en présence d'extraits enzymatiques selon la technique de Somogyi-Nelson (Somogyi, 1945). Les substrats utilisés sont la cellulose microcristalline (100 mg/ml) et le xylane (18 mg/ml).

6.3. Détermination de la concentration en composés cyanés

La linamarine, les cyanhydrines et les cyanures libres sont déterminés suivant la méthode de Cooke modifiée par Giraud *et al*. (1992).

Résultats

1- Aspects physico-chimiques du rouissage (figure 1)

Dès les premières heures du rouissage, on constate une baisse du pH et une diminution très rapide (~10h) de la pression d'oxygène dissoute qui se stabilisent respectivement, après le deuxième jour de la fermentation, autour de 4,5 et 0,05 mg/l (figure 1a).

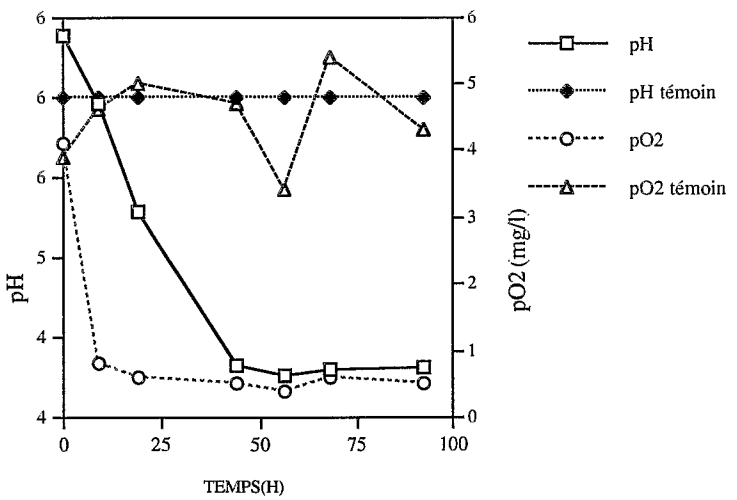


Figure 1a

Évolution du pH et de la pression d'oxygène dissoute au cours du rouissage

A partir du deuxième jour du rouissage, on constate une altération importante des cellules végétales (cf. Photo 1 à 4) qui se manifeste par un ramollissement important de la racine evalué par l'indice de pénétrométrie (Figure 1b). Les parois sont progressivement lysées et libèrent des grains d'amidons dans l'eau de rouissage, donnant au milieu de rouissage une couleur blanche caractéristique. Malgré l'altération des cellules végétales, la perte en matière sèche durant le processus est faible (moins de 20% cf. Figure 1b)

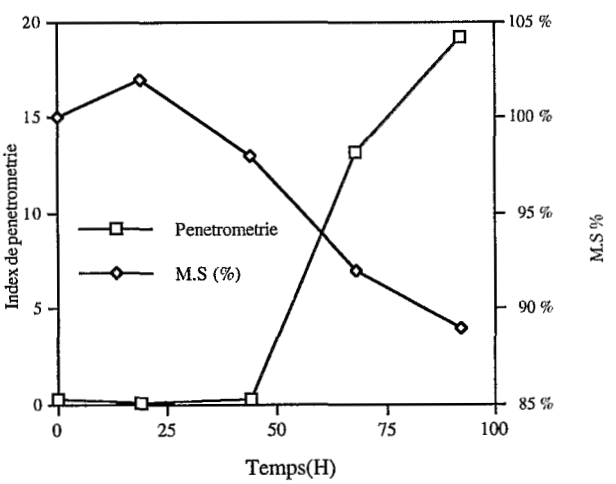


Figure1b

Évolution du degré de ramollissement et du poids frais des racines au cours du rouissage

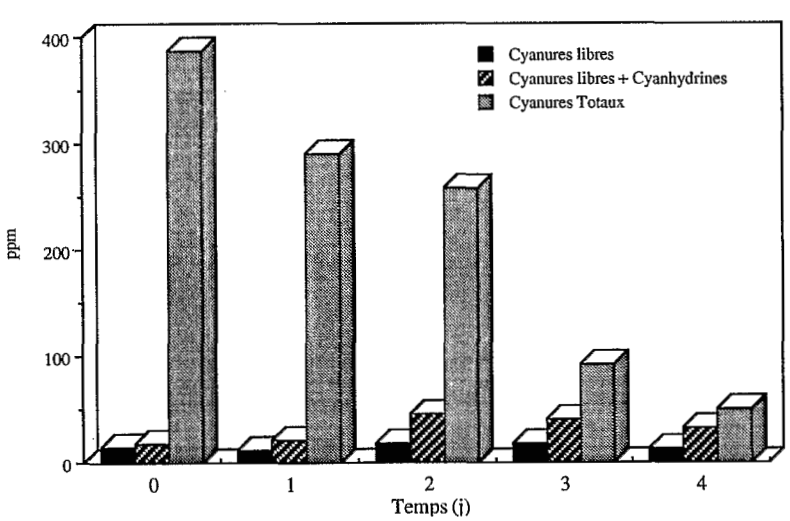


Figure 2

Évolution des teneurs en composés cyanés au cours du rouissage

NATURAL FERMENTATION OF CASSAVA ROOTS IN STANDING WATER

Coupe de racines de manioc entre le premier et le quatrième jour de la fermentation. Les cellules végétales sont colorées avec de la safranine.

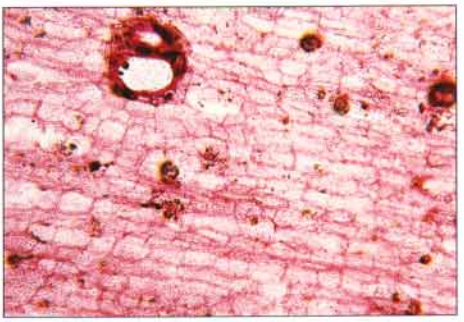


Photo 1
***day 1* / premier jour**
TO cellules entières

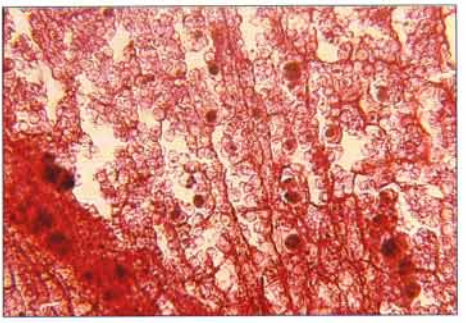


Photo 2
***day 2* / second jour**
T24h début de lyse des parois végétales

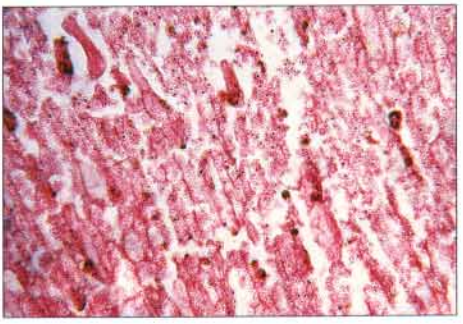


Photo 3
***day 3* / troisième jour**
T36h lyse partielle des cellules

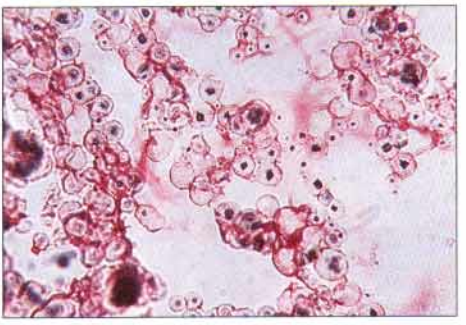


Photo 4
***day 4* / quatrième jour**
T72h lyse totale des cellules des racines de manioc rouies

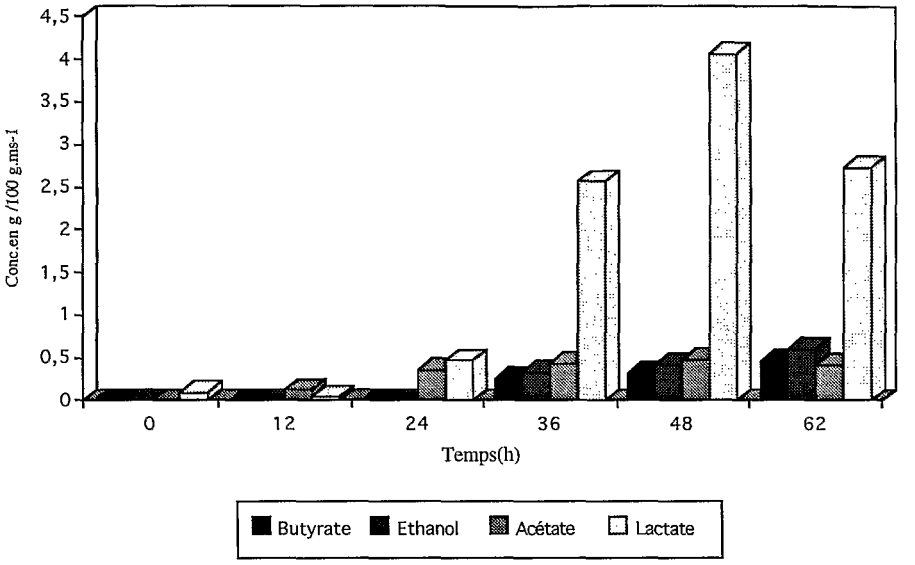


Figure 3a
Évolution de la concentration des principaux métabolites au cours du rouissage

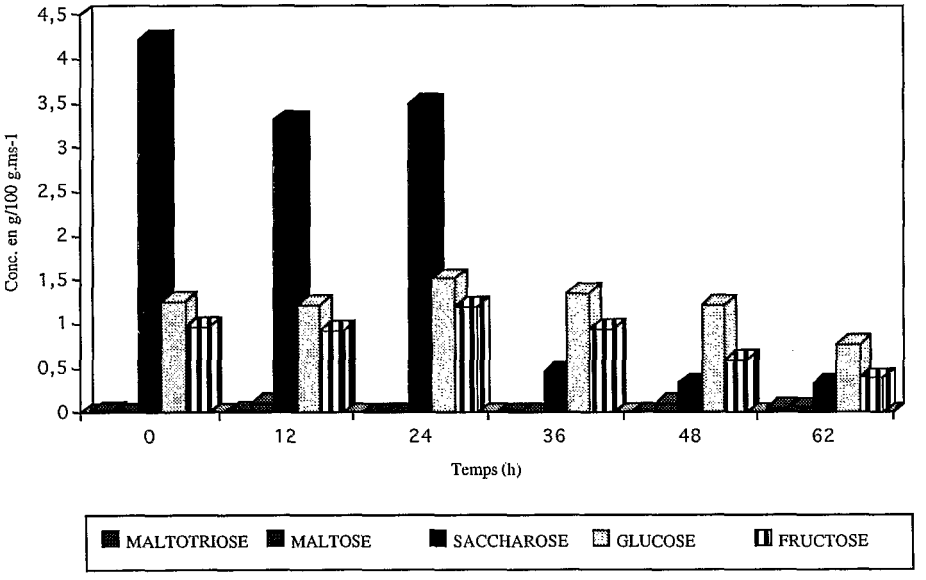


Figure 3b
Évolution de la concentration en oligosaccharides au cours du rouissage

2. Aspects biochimiques du rouissage.

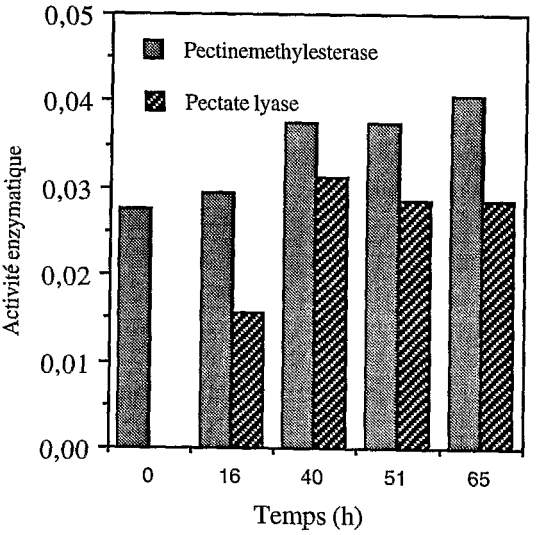
Le principal glucoside cyanogénétique des racines, la linamarine est pratiquement totalement dégradé après 4 jours d'immersion (Figure 2). On constate une baisse de la vitesse de dégradation à partir du deuxième jour de rouissage probablement due à l'acidité du milieu. Cependant, les teneurs résiduelles en cyanures libres en fin de fermentation dans la racine sont comprises entre 10 et 40 ppm (Figure 2).

Cette fermentation se caractérise par une production importante d'acides organiques, en majorité du lactate (~4,5g /100g MS soit 50 à 70 % des acides produits) de l'acétate et du butyrate (~2g/100g MS) (Figure 3a) et de l'éthanol. Ces composés sont produits lors de la dégradation d'oligosaccharides (fructose, saccharose et glucose) (Figure 3b). On constate une faible concentration des sucres issus de l'hydrolyse de l'amidon, tels que le maltose et le maltotriose (Figure 3b).

Le rouissage est caractérisé par la présence d'un complexe de pectinases présent tout au long du processus. La pectinemethylesterase (PME, enzyme déméthoxylante) est déjà présente dans la racine non fermentée (figure 4). Son activité augmente progressivement jusqu'à la fin du processus fermentaire, ce qui pourrait être le signe de la présence d'une pectinestérase d'origine exogène (bactérienne ou fongique) qui apparaîtrait au cours du rouissage. Cependant, ce phénomène pourrait être dû également à une réponse cellulaire de la racine, engendrée par le stress que peut représenter le rouissage. L'activité pectate lyase apparaît, dès le premier jour de rouissage, elle atteint son maximum lors du deuxième jour de rouissage puis reste constante jusqu'à la fin de la fermentation (figure 4). On peut noter une bonne corrélation entre le début du phénomène de ramollissement et le maximum d'activité de la pectate lyase (figure 1b et figure 4). La polygalucturonase a une activité faible et ne semble pas jouer un rôle important dans ce processus. La linamarase, enzyme responsable de la détoxication de la racine est estimée par la mesure de l'activité ß-glucosidase ; des études précédentes ayant montré une homologie de 65% entre l'activité ß-glucosidase et l'activité linamarase (Mkpong *et al.*, 1990). La linamarase a une activité maximum dans la racine fraîche, puis celle-ci décroît tout au long du processus (figure 5).

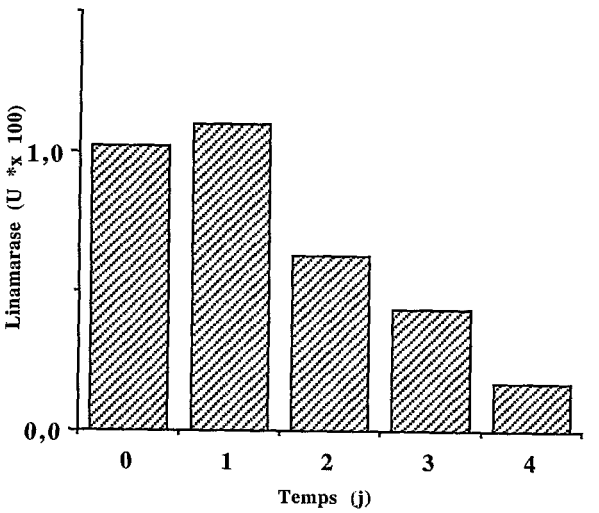
3. Aspects microbiologiques du rouissage.

A l'exception des levures, l'ensemble de la flore dénombrée évolue dans les premières 36h de rouissage (Tableau 1) puis se stabilise jusqu'à la fin du processus. La microflore est constituée de bactéries fermentaires anaérobies facultatives dont le nombre se situe entre 10^9 et 10^{12} cfu/g de manioc dès le deuxième jour du rouissage (Tableau 1); les bactéries lactiques constituent la majorité de ces bactéries fermentaires.



L'activité pectate lyase est exprimée en unité de D.O/mn/200µl d'échantillon
L'activité pectinemethylesterase est exprimée en ml NaOH (O,O1M) /mn/2OO µl d'échantillon

Figure 4
Évolution de l'activité pectinase au cours du rouissage



**Une unité enzymatique correspond à l'apparition d'une µmole de CN- par mn et par ml d'extrait enzymatique*

Figure 5
Évolution de l'activité linamarase au cours du rouissage

Tableau 1
Numération des bactéries fermentaires au cours du rouissage

Temps (h)	0	12	24	36	48	60	Post rouissage
BFG	4,65	nd	9,20	nd	12,20	12,2	13,20
BL	3,60	7,00	7,89	8,80	9,00	8,82	8,37
BMT	3,00	5,38	5,65	6,48	6,40	5,78	nd
LEV	<10	<10	0,55	nd	2,60	3,30	3,38/5,09
BAL	3,54	nd	3,48	nd	3,54	2,95	nd

Résultats exprimés en Log10 Nombres bactéries/g de poids frais de manioc
BFG : Bactéries fermentant le Glucose ; BL : Bactéries lactiques ; BAT : Bactéries aérobies facultatives totales ; LEV : levures ; BAL : bactéries anaérobies fermentant le lactate ; nd : non determiné

La numération entreprise sur un mileu riche non sélectif (BMT sur Plate count Agar), montre la persistance d'une microflore aérobie ou anaérobie facultative comprenant des Entérobactéries type *Klebsellia spp.* Cette flore se stabilise autour de 10^6 bact /g de manioc ce qui représente 0,1 à 1% de la flore lactique et moins de $0,1^0/_{00}$de la flore fermentaire totale.

Des bactéries anaérobies strictes ont été dénombrées sur lactate ; cette flore est difficile à dénombrer sur d'autres substrats comme les sucres car elles est alors supplantée par les bactéries lactiques. La présence de butyrate et la présence de batonnets sporulés dans les tubes de numération sont de bons indices de la présence d'une flore clostridienne. L'isolement d'un *clostridium* dont le phénotype est proche de *butyricum* a depuis confirmé cette hypothèse (E. Miambi, resultats non publiés). Cette flore semble être à l'origine du butyrate produit dans le milieu de rouissage (figure 3a).

Les levures apparaissent seulement après 48h de fermentation, leur nombre augmente lentement juqu'à un maximum de 10^5 cfu/g en fin de rouissage.

Discussion et conclusion

1. Aspect physico chimique

Le rouissage décrit dans ce travail, se caractérise par une acidification progressive (pH 4,5 en 48h) du milieu comparable à celle mesurée par d'autres

auteurs pour la production de foufou (Okafor *et al.*, 1984 ; Oteng Gyang et Anuonye, 1987 ; Oyewole et Odunfa 1990). Dans le cas de la production de gari, l'acidification se produit plus rapidement dans les premières 24h (Ngaba et lee, 1979 ; Meraz *et al.*, 1992). Cette différence semble due au râpage préalable des racines (cas du Gari) avant la fermentation (Okafor, 1977) qui permet une libération plus rapide dans le jus des sucres fermentescibles, substrats des bactéries acidifiantes.

Une des autres principales caractéristiques de ce procédé est l'installation très rapide de conditions anaérobies (moins de 10h), due probablement à la consommation par la flore aérobie éphyphite de l'oxygène dissous dans l'eau de rouissage. L'instauration de conditions réductrices (PO2< 0,1 mg/l) est un paramètre important pour comprendre l'évolution microbiologique de cette fermentation, pourtant ce paramètre est souvent ignoré dans les études concernant les fermentations traditionnelles.

Le rouissage permet l'élimination de plus de 90% des composés cyanés endogènes de la racine. Cette disparition est essentiellement due à l'action de la linamarase endogène du manioc comme l'ont déjà montré de nombreux auteurs (Maduagwu, 1983), mais les bactéries qui grâce à leurs activités pectinasiques, peuvent lyser les cellules végétales, favorisent ce processus (Ampe et Brauman, 1994). La disparition de la linamarine durant le rouissage est plus lente que celle observée dans la fermentation du manioc pour la production de gari où elle est éliminée en moins de 5 heures (Giraud, 1993). Ce phénomène est également dû à l'absence de râpage préalable (cas du gari) ce qui ne permet pas une mise en contact direct de l'enzyme (linamarase), située dans les parois des cellules végétales, et de son substrat (linamarine), situé dans les vacuoles des cellules (Mkong *et al*, 1990). Cependant l'abaissement plus progressif du pH permet par rapport au gari, une dissociation plus importante des cyanhydrines en cyanures libres, processus qui est inhibé à des pH inférieurs à 5,5 (Cooke, 1978). Les taux de cyanures libres totaux mesurés dans la racine rouie en fin de fermentation (10 à 40 ppm) sont comparables à ceux mesurés dans la fermentation pour la production de Miondo (Agbor-Egbe *et al.*, 1995) et de Gari (52 ppm HCN, Onyekwere et Akinrele, 1977, cités dans Steinkraus, 1988). Il sont encore supérieurs à la dose recommandée (10 mg kg-1 PS, norme codex alimentaire 1989 ; Blanshard *et al.*, 1994). Cependant la racine rouie subit un ensemble de transformations ultérieures qui diminue encore la concentration en cyanures libres dans la chikwangue et le foufou (moyenne = 6 à 8 ppm ; Trèche *et al.*, 1995).

2. Aspects microbiologiques et biochimiques

Pour le transformateur, le principal intérêt du rouissage réside dans le ramollissement de la racine qui permet sa préparation ultérieure. Ce ramollissement est dû à la lyse de certaines parois des cellules végétales des racines, composées principalement de pectine et de cellulose. La présence d'activités pectinases importantes et l'absence d'activité cellulase indiquent que les premières sont à l'origine de ce ramollissement. Les pectinases detectées sont composées de trois enzymes (pectinesterase, pectate lyase et polygalacturonase) dont l'origine végétale et bactérienne a été depuis précisée (Ampe et Brauman, 1994). La présence de pectinestérase dans le rouissage a déjà été mentionnée dans le cas d'un rouissage traditionnel (Oyewole et Odunfa, 1990) ou de l'inoculation artificielle du manioc par des *Corynebacterium spp* (Okafor *et al.*, 1984). Le fait que le ramollissement débute le deuxième jour de rouissage dans des conditions acides et anoxiques indique que les bactéries, à l'origine de ce phénomène, sont anaérobies strictes ou facultatives et acido tolérantes. L'isolement récent de *clostridies* et *bacillus* pectinolytiques (Kéléke, résultats non publiés) corrobore cette hypothèse et contredit celle d'Okafor (1984) qui impute l'origine du ramollissement aux *Corynebacterium.* (non détecté dans notre travail). Le rouissage du manioc se caractérise donc, comme celui du lin (Morvan, 1985), par la dissociation des fibres de cellulose de leur ciment pectique due à l'action d'enzymes telles que les hydrolases et les lyases sur les liaisons osidiques des pectines.

Les bactéries lactiques constituent la flore dominante du rouissage (Oyewole et Odunfa, 1989), elles sont responsables des principaux acides organiques détectés au cours du rouissage ; acide lactique, acétique et éthanol qui entrainent l'acidification du milieu. La présence de lactate a des concentrations importantes (Lindgren et Dobrogosz, 1990) ainsi que l'acidité du milieu, expliquent la faible présence de bactéries pathogènes dans le produit roui (données non montrées); cependant la flore aérobie (ou anaérobie facultative) qui semble composée principalement des genres *Bacillus spp* et de *Klebsellia spp* ne semble pas entièrement éliminée par la flore lactique. Okafor (1984) mentionne également la présence des ces bactéries dans le rouissage mais indique qu'elles sont éliminées dès le troisième jour de rouissage. Les enterobactéries type coliformes se retrouve dans les produits finaux au niveau des marchés (Blanshard *et al.*, 1994) démontrant que les transformations post rouissage ou le stockage entraînent souvent une recontamination.

Les bactéries anaérobies strictes détectées sur lactate à 10^4 bactéries par gramme de manioc frais sont sûrement sous-estimées car le lactate ne semble pas constituer leur principal substrat de croissance. Un étude précédente (Trèche *et al.*,

1991) avait pu mesurer, le troisième jour du rouissage, jusqu'a 10^9 bactéries anaérobies. Cette flore semble responsable de la production de butyrate et dans une moindre mesure de propionate, produits caractéristiques des fermentations clostridiennes et qui participent à l'arôme caractéristique du produit final. La présence de clostridies (*Clostridium felcineum*) a déjà été mentionnée dans le rouissage du lin et du chanvre (Chesson, 1978) mais pas dans le cas du rouissage du manioc. Le butyrate comme l'éthanol semble caractéristique du rouissage car ces produits n'ont pas été détectés dans d'autres fermentations du manioc comme celle du gari (Akinrele *et al.*, 1975 citée dans Steinkraus, 1988).

Contrairement à ce qu'indiquent certains auteurs (Okafor ; 1984 ; Oyewole, 1990), les levures ne semblent pas représenter une flore importante du processus. Comme leurs métabolismes leur permet de croître au pH (3,5-4,5) imposé par les bactéries lactiques, elles représentent plutôt une flore caractéristique de la fin du rouissage. Ainsi, leurs rôles pourraient être importants dans le cas d'une conservation prolongée de la pâte rouie.

Les bactéries pectinolytiques, du fait de l'importance de la production de pectine lyase, représentent, à *priori* une flore déterminante dans ce processus ; mais leurs numérations, actuellement en cours, s'avèrent difficile à effectuer pour des raisons méthodologiques, cependant il semble que ces bactéries soient dominées par le genre *Bacillus* (dont *Bacillus polymixa*) et les *clostridies* (Kéléké, publication en cours).

Comme l'avaient déjà suggéré Oteng Gyang et Anuonye (1987), ce sont les mono et disaccharides (saccharose) qui constituent les substrats de la flore fermentaire. Les composés pectiques des parois cellulaires et leurs produits de dégradation (méthanol) pourraient servir de source alternative de carbone pour les bactéries, notamment les *clostridium.*

Le rouissage est donc un fermentation hétérolactique au cours de laquelle des activités microbiennes se combinent à l'action d'enzymes endogènes pour ramollir les racines et dégrader les composés cyanogénétiques. Le goût caractéristique du produit est en partie dû a la production d'acide lactique et d'acétate, produits par les bactéries lactiques, et de butyrate produit par les clostridies. L'influence des levures sur les qualités finales du produit meriterait d'étre précisée.

Cette étude souligne l'importance écologique de tel biotope. En effet, face au risque de diminution du potentiel génétique bactérien dans les pays développés, dû à la standardisation des fermentations, l'étude de biotopes peu explorés comme les fermentations traditionnelles constitue une alternative intéressante pour l' isolement de nouvelles souches biotechnologiquement performantes.

Bibliographie

AGBOR EGBE (T.), LAPE (M. I.), NOUBI (L.), TRECHE (S.), 1995 - « The effectiveness of cyanogen reduction during cassava processing into miondo ». *In :* AGBOR-EGBE (E.), BRAUMAN (A.), GRIFFON (D.) & TRECHE (S.), éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc,*. ORSTOM, Paris.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.),AGOSSOU (A.), 1994 - The fermentation of cassava: optimization by the experimental research methodology. *J. of the Science of Food and Agriculture,* 65 : 355-361.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), 1995 - Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava retting.World. *J.of Microbio.Biot.,* in press

AYERNOR (G.S.), 1985 - Effects of the retting of cassava on product yield and cyanide detoxication. *Journal of Food Technology,* 20 : 89-96.

BLANSHARD (A.F.J.), DAHNIY(A M.T.), POULTER (H.N.), TAYLOR (A.J.), 1994 - Quality of cassava foods in Sierra Leone. *J.Sci. Food Agric.,* 64 : 425-432

BRAUMAN (A.), KELEKE (S.), MALONGA (M.), AMPE (F.), 1995 - « Microbiological and biochemical aspects of cassava lactic fermentation in Central Africa». *In International meeting on cassava flour and starch,* Cali, Columbia, CIAT Seminar, sous presse

CHESSON (A.), 1978 - The maceration of linen flax under anaerobic conditions. *J. Appl. Bacteriol.,* 45 : 219-230

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION, 1989 - In : Part C, Codex Régional Standarts. Rome, Italie, FAO.

COLLARD (P.), LEVI (S.), 1959 - A two-stage fermentation of cassava. *Nature,* 183 : 620-621

COOKE (R.D.), BLAKE (G.G.), BATTERSHILL (J.M.), 1978 - Purification of cassava linamarase. *Phytochemistry,* 17:381-383

DE MAN (J.C.), ROGOSA (M.), SHARPE (M.E.), 1960 - A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bacteriol.,* 23 : 130.

GIRAUD (E.), BRAUMAN (A.), KELEKE (S.), LELONG (B.), RAIMBAULT (M.), 1991 - Isolation and physiological study of an amylolitic strain of *Lactobacillus Plantarum* . *Appl. Microbiol. Biotechnol.,* 36 : 379-383

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992 - Degradation of the cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotech. letters,* 14 (7) : 593-598

GIRAUD (E.), 1993 - *Contribution à l'étude physiologique et enzymologique d'une nouvelle souche de Lactobacillus plantarum amylolytique isolée du manioc fermenté.* Thèse Doct., Univ. Aix -Marseille II, 139 p.

HUNGATE (R. E.), 1969 - « A roll tube method for the cultivation of strict anaerobes » . In Norris (J. R.), Ribbons (D. W.), éd. : *Methods in microbiology,* New York, Academic Press, vol 3 B : 117-132

JAUNEAU (A.), 1985 - *Contribution à la connaissance de la microflore pectinolytique ;* application au rouissage du lin. Thèse Doct., Fac. des sciences, Univ. de Rouen.

MC CRADY (M.H.), 1918 - Tables for rapid interpretation of fermentations tubes results. *Canad. Public health J.,* 9 : 201

MACY (J. M.), SNELLEN (J. E.), HUNGATE (R. E.), 1972 - Use of syringe methods for anaerobiosis. *Am. J. Clin. Nutri.,* 25 : 1318-1323.

MADUAGWU (E.N.), 1983.- Differential effects on the cyanogenic glycoside content of fermenting cassava root pulp by ß-glucosidase and microbial activities. *Toxicology Letters,* 15 : 335-339

MASSAMBA (J), TRECHE (S.) 1995 - « La consommation de manioc au Congo » *In :* Agbor (E), Brauman (A), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc,*. ORSTOM, Paris.

MERAZ (M.), SHIRAI (K.), LARRALDE (P.), REVAH (S.), 1992 - Studies of the bacterial acidification process of cassava (*Manihot esculenta*). *J. Sci. Food. Agric.*

MKPONG (O. E.), YAN (H.), CHISM (G.), SAYRE (R.T.), 1990 - Purification, characterization, and localisation of linamarase in cassava. *Plant Physiol.,* 93 : 176-181

MORVAN (C.) , MORVAN (O.), JAUNEAU (A.), DEMARTY (M.), 1985 - Capacité d'échanges cationique des fibre de lin. *C.R Academie Agric. de France.* 71 (8) : 837-841.

OKAFOR (N.), 1977 - Microorganisms associated with cassava fermentation for Garri production. *Journal of Applied Bacteriology,* 42 : 279-284

ONYEKWERE (O.O.), AKINRELE (I.A.), 1977 - «Nigerian Gari.» *In : Symposium of indegenous fermented foods*, Bankgok, Thailand.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.*, 56 : 1-13

OGUNSA (A.), 1980 - Changes in some chemical constituents during the fermentation of cassava roots (*Manihot esculenta*, Crantz). *Food Chem.* 5 : 249-255.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1988 - Microbiological studies on cassava fermentation for 'lafun' production. *Food Microbiology*, 5 : 125-133

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1990 - Optimization of cassava fermentation for fufu production : effects of single starter cultures. *J. Appl. Bacteriol.*, 68 : 49-54

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1992 - Extracellular enzyme activities during cassava fermentation for 'fufu' production. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 8 : 71-72

OTENG-GYANG (K.O), ANUONYE (C.C.), 1987 - Biochemiocals studies of the fermentation of cassava (*Manihot utilissima* Pohl). *Acta biotechnol.*, 3 : 280-292

SOMOGYI (M.), 1945 - Determination of blood sugar. *J. Biol. Chem.* 160 : 61-68

STEINKRAUS (K.H.), 1983 - «Acid fermented cereal gruels». In Steinkraus (K.H.), éd. : *Handbook of indigenous fermented foods*, microbiology series, vol 9, New York, Marcel Dekker, INC.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1989 - « Transformations traditionnelles, formes de consommation et formes de commercialisation du manioc en milieu rural congolais». *In: Symp. of the International Society for Tropical Root Crops* - African Branch, Kinshasa, Zaïre, 4-9 December, sous presse

TRECHE (S.) 1995 - «Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde» . *In :* Agbor (E), Brauman (A), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc,*. ORSTOM, Paris.

TRECHE (S.), BRAUMAN (A.), FAVIER (R.), 1991 - «Etude et amélioration des modalités d'utilisation du manioc au Congo» *In : Séminaire de la recherche Francaise Agro Alimentaire Tropicale,* Nantes, Décembre 1991.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - «Les procédés traditionnels de transformation du manioc au Congo» .*In :* Agbor Egbe (E.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : Transformation alimentaire du manioc. ORSTOM, Paris.

TINAY EL (A.H.), BURENG (P.L.), YAS, 1984 - Hydrocyanic levels in fermented cassava. *Journal of food technology,* 19 : 197-202

WIDDEL (F.), PFENNIG.(N.), 1984 - « Dissimilatory sulfate or sulfur-reducing bacteria ». *In :* Krieg (N. R.), Holt (J. G.), éd. : *Bergey's manual of systematic bacteriology,* Baltimore, Williams & Wilkins, vol.1 : 663-679.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

The effectiveness of cyanogen reduction during cassava processing into miondo

Efficacité de la diminution des composés cyanés lors de la transformation du manioc en miondo

T. AGBOR-EGBE *, I. L. MBOME **, L. NOUBI **, S. TRECHE **

** Laboratoire d'Etudes et de Contrôle des Aliments, Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition, I.M.P.M., Yaoundé (Cameroun).*
*** Laboratoire de Nutrition Tropicale, Centre ORSTOM, Montpellier (France)*

– Abstract –

A study was undertaken to investigate the effectiveness of village processing techniques in reducing cyanogens to very low levels in a Cameroonian cassava based food, miondo.

The sub-processes used in the production of miondo were highly effective in reducing the total cyanogen content of the freshly harvested and unpeeled cassava (396.2-512.0 mg HCN Kg^{-1}) to very low levels in the final product (1.4-2.8 mg HCN Kg^{-1}) ready for consumption ; this accounted for a mean overall reduction in total cyanogens of 99.5 % (range 99.3-99.6%). On the third day of soaking when the roots had fermented and softened, an appreciable decrease was found in both pH and cyanogen levels which coincided with increases in cyanohydrin contents. In the later stages of processing, most of the residual cyanogens found in the fermented cassava pulp were in the form of cyanohydrins which were partially removed during boiling of the final product. In this study, the most important stages in the production of miondo, with regard to cyanogen reduction, were the soaking, mashing and dewatering sub-processes.

– Résumé –

Cette étude a été entreprise pour mesurer l'efficacité des procédés technologiques traditionnels pour réduire suffisamment les teneurs en composés cyanés lors de la préparation d'un produit dérivé du manioc du Cameroun, le miondo.

L'ensemble des procédés utilisés pour la production de miondo s'est révélé très efficace puisqu'il a permis de réduire les teneurs en cyanures totaux dans les racines entières fraîchement récoltées (396,2 à 512,0 mg HCN/kg) à des niveaux très bas dans le produit fini (1,4 à 2,8 mg HCN/kg) ce qui correspond à une réduction globale de 99,5 % (99,3 % à 99,6%). Au cours du troisième jour d'immersion dans l'eau, après que les racines aient fermenté et se soient ramollies, on a observé une diminution importante au niveau du pH et de la teneur en composés cyanés et, simultanément, une augmentation de la teneur en cyanhydrines. Au cours des dernières étapes de la transformation, la majeure partie des composés cyanés résiduels de la pulpe de manioc fermentée était sous forme de cyanhydrines qui ont disparu partiellement durant la cuisson par ébullition aboutissant au produit fini. Dans cette étude, les étapes les plus importantes de la production de miondo, en regard de la réduction des teneurs en composés cyanés, ont été l'immersion dans l'eau, l'écrasement à la main et l'égouttage.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is a tropical root crop which is a staple food and a major source of calories for over 800 million people in developing countries (Cock, 1985). However, the roots contain cyanogenic glucosides, linamarin and lotaustralin which are responsible for chronic toxicity associated with the continued ingestion of poorly processed cassava products (Howlett *et al.*, 1990 ; Mlingi *et al.*, 1992). Due to the perishability and high cyanogen contents in the roots, several village processing techniques have led to the development of different cassava products for animal feed and human consumption (Lancaster *et al.*, 1982). These village processes which comprise combinations of either soaking, fermentation, drying, dewatering or boiling are meant to reduce toxicity, improve palatability and convert the perishable fresh roots into relatively stable food products.

In Cameroon, cassava roots are processed into a wide range of products (Ambe and Foaguegue, 1988). Miondo is a fermented cassava food widely consumed in the coastal regions of Cameroon. Earlier studies have reported the nutritional changes occurring during the processing of cassava into some food products (Favier *et al.*, 1971 ; Joseph, 1976 ; Oke, 1983 ; Ezeala, 1984 ; Cooke *et al.*, 1985). Despite the importance of miondo as food, there are no studies in the literature on the effectiveness of various sub-processes in reducing cassava cyanogen levels.

The objective of this study was to investigate the effectiveness of village processing techniques in reducing cyanogens to more acceptable levels in a cassava product.

MATERIALS AND METHODS

1. Miondo processing

The processing of cassava roots into miondo was studied at Bikoko Yabaki, a village 5 Km west of Douala in the Littoral Province of Cameroon. Two-year old cassava roots (local red skin variety) were harvested early in the morning, transported from the farms to the village and cleaned of any adhering soil. After cutting away the heads and tails of the roots, the unpeeled cassava was washed and soaked under water contained in large plastic drums. The water was collected from the local stream. During the soaking period under tropical ambient temperatures (28-32.5 °C), the roots had fermented and softened. The fermented roots were removed from the soak-water, peeled and mashed manually to remove central fibres and excess water. The mash was placed in an old fertilizer sack and

pressed between strongly tied wooden poles, overnight. Following dewatering, the mash was ground in a hammer mill, kneaded into long cylindrical shapes (length 15-20 cm, diameter 1.5-2.0 cm), wrapped in large leaves (*Zingiber officinale*) and bound with raffia. Each bundle of the final product contained 20-single pieces of packaged miondo which was steam boiled for 40 to 55 min. The village processing of cassava roots into miondo is schematically shown by a flow-diagram in Figure 1.

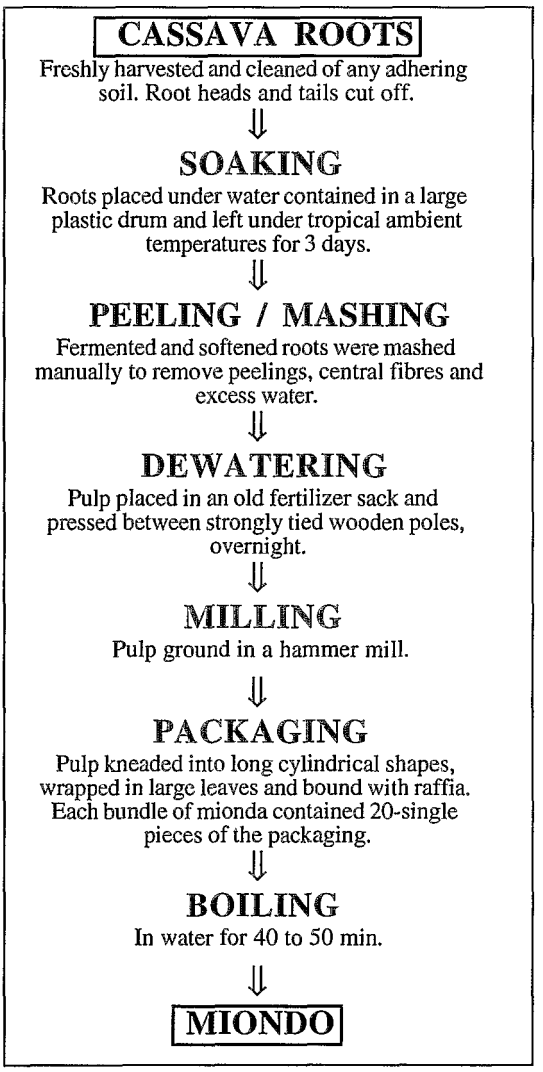


Figure 1
Processing of Cassava into miondo

2. Sampling for chemical analysis

Four market-orientated miondo processors were selected at random for sampling from amongst the households surveyed in a preliminary study on cassava processing. Results obtained in the survey indicated that the processing methods used in the production of miondo did not vary in details from one household to the other and no considerable differences were noticed in other villages found within the studied region.

Samples used this study were obtained from each of the four processors during 4 different miondo preparations. At the beginning of each processing, twenty-five randomly selected cassava roots were collected from each processor. Slices 2 cm-thick were taken from the proximal, centre and distal ends, washed, cut into small cubes, thoroughly mixed together, placed in screw-capped bottles and frozen. At later visits to the village, samples (800 g) were drawn from each sub-process and frozen. When the sampling was over, the frozen samples were stored in an ice-box and transported to the laboratories of the Centre for Food and Nutrition Research, Yaounde in Cameroon for the extraction of cyanogens and subsequent chemical analyses. The temperatures and pHs of the water used in the soaking of the roots were measured daily (1200 and 1600 h), at the surface and bottom of the drums.

3. Chemical analysis

Moisture content was estimated by drying fresh and processed samples (5 g) at 105 °C to constant weight while the pH was determined with a combination electrode on a sample (10 g) homogenised with distilled water (20 ml). The extraction and estimation of cyanogens (cyanogenic glucoside, cyanohydrin and hydrogen cyanide) was by the Cooke (1978, 1979) method as modified by O'Brien *et al.* (1991).

Results and discussion

1. Cyanogen levels in freshly harvested cassava

The total cyanogen content of the freshly harvested and unpeeled cassava roots, expressed on a dry weight basis, ranged from 396.2 to 512.0 mg HCN Kg^{-1} (Table 1). These ranges are similar to those reported for different cassava varieties (137-884 mg HCN Kg^{-1} : Gomez *et al.*, 1984 ; 397.6 mg HCN Kg^{-1} : Sokari *et al.*, 1992 ; 91-1515 mg HCN Kg^{-1} : O'Brien *et al.*, 1992). The major cyanogen found in the freshly harvested roots was in the form of cyanogenic glucoside, linamarin. However, in spite of the rapid preparation of the roots for chemical analysis, a certain amount of enzymic hydrolysis had occurred which resulted in the small quantities of cyanohydrins and hydrogen cyanide (HCN).

Table 1
Variations in cyanogen levels during cassava processing

PROCESSING TECHNIQUES	CYANOGEN LEVEL (mg HCN Kg-1)				pH
	GLUCOSIDES	CYANOHYDRINS	HCN	TOTAL	
Fresh	401.9 ± 50.2 (366.1-474.6)	25.1 ± 2.8 (23.2-29.2)	7.1 ± 0.8 (6.6-8.2)	434.2 ± 53.7 (396.2-512.0)	6.85 ± 0.05 (6.80-6.92)
Soaking 24 h	386.2 ± 48.3 (353.7-456.5)	27.1 ± 2.8 (25.3-31.3)	6.6 ± 0.8 (6.0-7.8)	419.6 ± 51.8 (385.6-495.6)	6.64 ± 0.08 (6.55-6.71)
48 h	338.3 ± 41.1 (310.5-398.3)	33.3 ± 4.5 (30.2-39.9)	6.6 ± 0.5 (6.0-7.0)	378.1 ± 45.6 (347.3-445.1)	6.41 ± 0.08 (6.34-6.51)
72 h	133.7 ± 10.4 (119.7-144.0)	62.3 ± 3.5 (58.9-66.4)	6.9 ± 0.7 (6.3-7.9)	202.8 ± 13.7 (186.4-218.3)	5.73 ± 0.05 (5.68-5.79)
Mashing	18.3 ± 5.9 (10.1-24.1)	33.6 ± 10.4 (21.9-46.4)	3.9 ± 0.7 (3.2-4.7)	55.9 ± 13.9 (44.4-73.9)	4.35 ± 0.02 (4.32-4.37)
Dewatering	5.2 ± 2.1 (3.8-8.3)	10.2 ± 5.4 (7.1-18.2)	2.0 ± 0.2 (1.8-2.2)	17.4 ± 7.6 (13.1-28.7)	4.46 ± 0.06 (4.42-4.54)
Milling	0.9 ± 0.5 (0.8-2.4)	4.3 ± 1.4 (2.2-5.4)	0.7 ± 0.1 (0.6-0.9)	6.4 ± 1.7 (4.4-8.2)	4.51 ± 0.03 (4.47-4.55)
Boiling	0.5 ± 0.3 (0.2-0.8)	1.4 ± 0.6 (0.9-2.3)	0.4 ± 0.1 (0.3-0.4)	2.3 ± 0.6 (1.4-2.8)	4.59 ± 0.08 (4.49-4.67)

Mean values with standard deviations.
Ranges in parenthesis.

2. Effects of processing on cyanogen levels

The sub-processes used in the production of miondo were highly effective in reducing the levels of cyanogens to very low contents (Figure 2). The mean overall reduction in total cyanogens of 99.5 % (range 99.3-99.6%) obtained during the production of miondo corroborate results from other studies that unmodified village processing techniques are capable of effective cassava detoxification (Mahungu *et al.*, 1987 ; Maduagwu, 1979 ; Vasconcelos *et al.*, 1990). Despite the wide range in total cyanogen contents of the freshly harvested roots, it was also observed that during processing similar reduction levels were obtained for the product by all the miondo processors studied (Figure 3). In this study, it was observed that the most important stages, with regard to cyanogen reduction, were the soaking, mashing and dewatering sub-processes. The residual cyanogens in the later stages of processing were in the form of cyanohydrins (Table 1). It has been reported that, in cassava products which have been fermented and processed, most of the residual cyanogen content is likely to be in the form of cyanohydrins and/or HCN (Maduagwu, 1979).

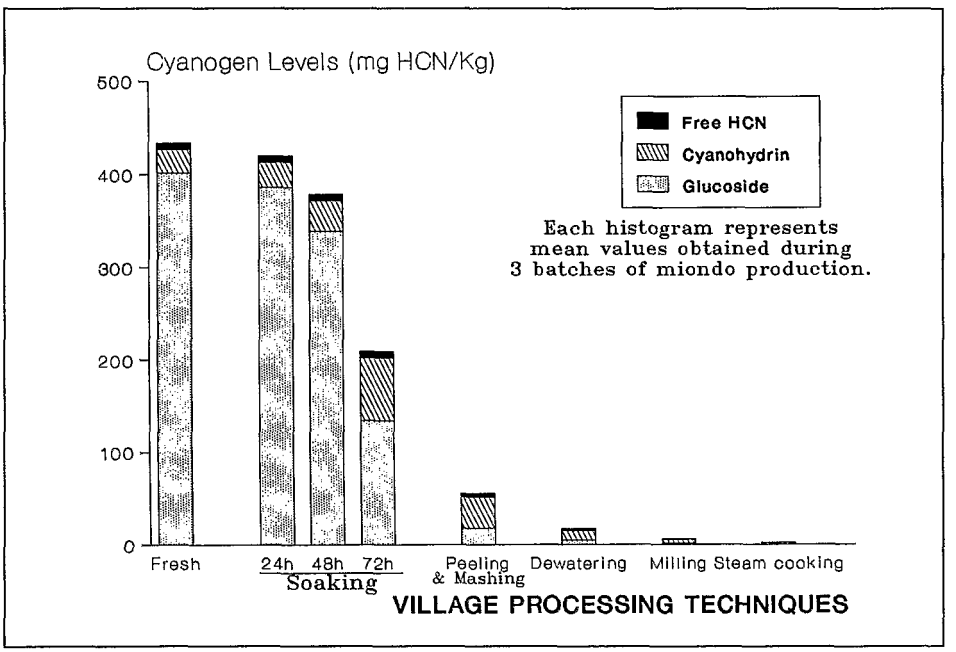


Figure 2
Variations in cyanogen levels during cassava processing into miondo

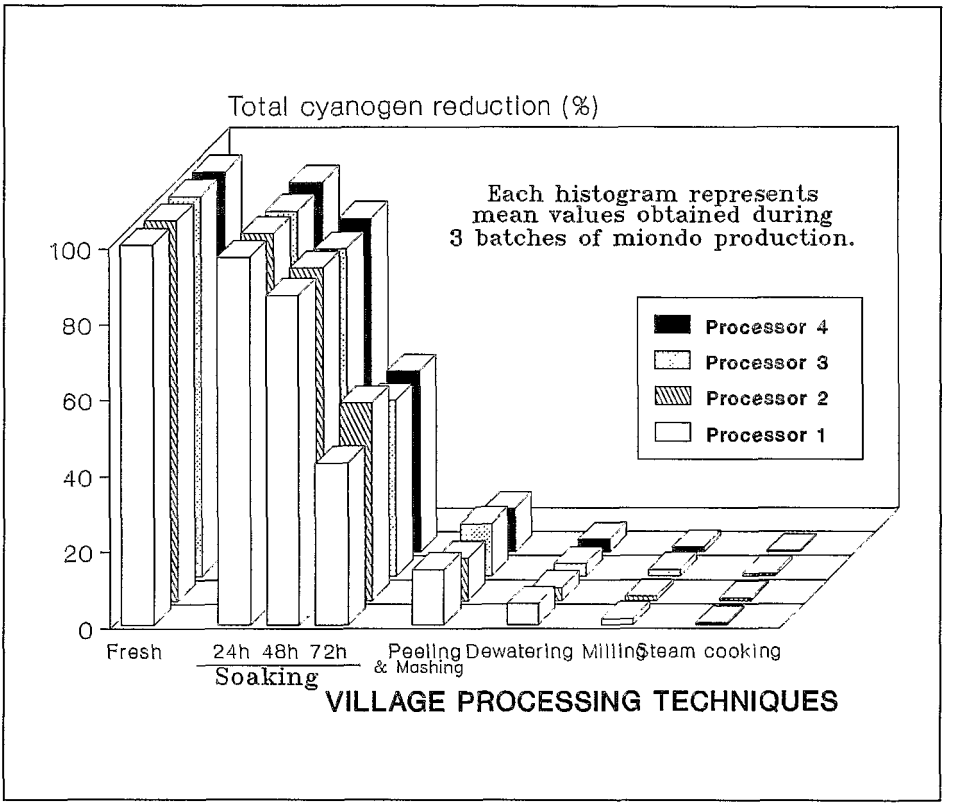


Figure 3
Total cyanogen reduction levels obtained by the miondo processors

2.1 The role of root soaking

The low total cyanogen levels obtained for the miondo samples (1.4-2.8 mg HCN Kg^{-1}) was made possible by the initial submerged fermentation of the cassava roots. After two days of soaking, small changes in pH and cyanogen levels occurred in the cassava samples. However, on the third day when the roots had fermented and softened, an appreciable decrease was found in both pH and cyanogen contents (Table 1). These changes which coincided with significant increases in the levels of the intermediate product of hydrolysis, cyanohydrins, indicate that the roots were more susceptible to the actions of linamarase. Soaking and fermentation of the roots facilitated contact between the endogenous enzyme, linamarase and the cyanogenic glucoside substrate. Cyanogenic glucosides are hydrolysed by the enzyme linamarase to form cyanohydrins, which in turn are hydrolysed by the enzyme hydroxynitrile lyase, to yield HCN (Cooke, 1978).

This hydrolysis occurs spontaneously at pH 4 and above (Fomumyam *et al.*, 1985). The optimum pH of linamarase activity has been shown to be between 5.5 to 6.5 (Cooke, 1978 ; Yeoh, 1989). As shown in Table 2, the temperatures (29-31 °C) and pHs (4.32-6.23) of the soak-waters were conducive in promoting rapid microbial growth and enzyme activity. Results obtained in the Congo have shown that during the production of chikwangue and fufu the reduction of cyanogen levels was fastest when the soak-waters had an optimum temperature of 32 °C (Brauman *et al.*, 1994).

Table 2

pHs and temperatures of soak-waters during cassava processing

PROCESSORS	DAY 0		DAY 1		DAY 2		DAY 3	
	pH	°C	pH	°C	pH	°C	pH	°C
N° 1	6.18	29	5.91	29	5.20	31	4.52	30
N° 2	6.22	29	5.98	30	5.00	30	4.45	31
N° 3	6.14	30	5.88	30	5.18	29	4.42	30
N° 4	6.23	29	5.94	31	4.98	31	4.32	31

Average values of two measurements.
Temperature measured at the surface and bottom of soak-water contained in the large plastic drums.

The rates of roots softening and PH reduction have been shown to be related to the size of the root pieces (Okafor *et al.*, 1984). In this investigation, softening occurred only after three days of soaking whole unpeeled cassava roots. Fermentation of cassava roots has been attributed to lactic acid bacteria (Okafor *et al.*, 1984 ; Regez *et al.*, 1988) while root tissue softening has been associated with an increase in the activity of some cell wall degrading enzymes such as polygalacturonase, pectinase and cellulase (Okolie and Ugochukwu, 1988). The fermentation of roots is essential for preserving and developing the sensory attributes of cassava products (Dougan *et al.*, 1983 ; Oyewole and Odunfa, 1990).

2.2 The effects of the mashing and dewatering stages

During the mashing and dewatering stages a sharp decline occurred in total cyanogen levels with a corresponding steady fall in pH of the softened and fermented samples from 5.68-5.79 to 4.32-4.54. The mild acidic conditions in the samples reduced the rate of cyanogenic glucoside hydrolysis and promoted the spontaneous breakdown of cyanohydrins to yield HCN. The water-solubility and

volatility (the boiling temperature of HCN is 25.7 °C) of hydrogen cyanide provide easy removal from the fermented cassava pulp during the subsequent processing steps in the production of miondo.

Conclusion

The sub-processes used in the village production of miondo were highly effective in reducing the levels of cyanogens to very low contents. It is evident in this study that, the rates of linamarase activity and the breakdown of cyanohydrins were influenced by the pH of the fermented and softened cassava roots during the different production sub-processes. The various stages used in miondo preparation had the effect of reducing pH and cyanogen levels. Boiling of the final product was necessary in removing some of the residual cyanogen content.

Acknowledgments

The authors gratefully acknowledge the funds provided by the International Foundation for Science (IFS) and the Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM).

Bibliography

AMBE (J.T.), FOAGUEGUE (A.), 1988 - The place of cassava in Cameroon. *In* Collaborative Study of Cassava in Africa. Working Paper n° 3, IITA, Ibadan, Nigeria, 4-10th September 1988 : 1-6.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - Cassava retting : Optimisation of traditional fermentation by an experimental research methodology. *J. Sci. Food Agric.*, 66 : 355-361.

COCK (J.H.), 1985 - *Cassava, A New Potential for a Neglected Crop.* (IADS Development Oriented Literature series). Boulder and London, Westview Press.

COOKE (R.D.), 1978 - An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Sci. Food Agric.*, 29 : 345-352.

COOKE (R.D.), 1979 - « Enzymatic assay for determining the cyanide content of cassava and cassava products ». *In* Brekelbaum (T.), Gomez (G.), éd. : *Cassava Information Centre*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Columbia, Series 05EC-6, 14 p.

COOKE (R.D.), RICKARD (J.E.), THOMPSON (A.K.), 1988 - « Nutritional aspects of cassava storage and processing ». Proceed *7th Symp Intern Soc Trop Root Crops*, 1-6 July 1985, Gosier, Guadeloupe, pp 635-648.

DOUGAN (J.), ROBINSON (J.M.), SUMAR (S.), HOWARD (G.E.), COURSEY (D.G.), 1983 - Some flavouring constituents of cassava and of processed cassava products. *J. Sci. Food Agric.*, 34 : 874-884.

EZEALA (D.O.), 1984 - Changes in the nutritional quality of fermented cassava tuber meal. *J. Sci. Food Chem.*, 32 : 467-469.

FAVIER (J.C.), CHEVASSUS-AGNES (S.), GALLON (G.), 1971 - La technologie traditionnelle du manioc au Cameroun : influence sur la valeur nutritive. *Ann. Nutri. Alim.*, 25 : 1-59.

FOMUMYAM (R.T.), ADEGBOLA (A.A.), OKE (O.L.), 1985 - The stability of cyanohydrins. *Food Chem.*, 17 : 221-225.

GOMEZ (G.), VALDIVIESO (M.), CUESTA DE LA (D.), KAWANO (K.), 1984 - Cyanide content in whole-root chips of ten cassava cultivars and its reduction by oven drying or sun drying on trays. *J. Food Technol.*, 19 : 97-102.

HOWLETT (W.P.), BRUBAKER (G.R.), MLINGI (N.L.V.), ROSLING (H.), 1990 - Konzo : An epidemic upper motor neuron disease studied in Tanzania. *Brain*, 113 : 223-235.

JOSEPH (A.), 1976 - Influence de la technologie traditionnelle du manioc sur les teneurs en éléments minéraux et en phosphore phytique. *Ann. Nutri. Alim.*, 27 : 127-139.

LANCASTER (P.A.), INGRAM (J.S.), LIM (M.Y.), COURSEY (D.G.), 1982 - Traditional Cassava-Based Foods : Survey of processing techniques. *Econ. Bot.*, 36 (1) : 12-45.

MADUAGWU (E.N.), 1979 - Cyanide content of gari. *Toxicol. Lett.*, 3 : 21-24.

MAHUNGU (N.M.), YAMAGUCHI (Y.), ALAMAZAN (A.M.), HAHN (S.K.), 1987 - Reduction of cyanide during processing of cassava into some traditional African foods. *J. Food Agric.*, 1 : 11-15.

MLINGI (N.L.V.), ASSEY (V.D.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1992 - « Cyanohydrins from insufficiently processed cassava induces konzo, a newly identified paralytic disease in man ». *In* Westby (A.), Reilly (P.J.A.), éd. : *Proced Regional Workshop on Traditional African Foods-Quality and Nutrition.* Intern. Foundation for Science, 25-29 November 1991 : 163-169.

O'BRIEN (G.M.), TAYLOR (A.J.), POULTER (N.H.), 1991 - Improved enzymic assay for cyanogens in fresh and processed cassava. *J. Sci. Food Agric.*, 56 : 277-289.

O'BRIEN (G.M.), MBOME (L.), TAYLOR (A.J.), POULTER (N.H.), 1992 - Variations in cyanogen content of cassava during village processing in Cameroon. *Food Chem.*, 44 : 131-136.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for fufu production. *J. Appl. Bacterio.*, 56 : 1-13.

OKE (O.L.), 1983 - « Processing and detoxification of cassava ». *In* Delange (F.), Ahluwalia (R.), éd. : *Cassava Toxicity and Thyroid. Research and Public Health Issues IDRC-207 e*, Ottawa, Canada : 129-133.

OKOLIE (P.N.), UGOCHUKWU (E.N.), 1988 - Changes in activities of cell wall degrading enzymes during fermentation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) with *Citrobacter freundii. J. Sci. Food Agric.*, 44 : 51-61.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1990 - Characterization and distribution of lactic acid bacteria in cassava fermentation during fufu production. *J. Appl. Bacterio.*, 68 : 145-152.

REGEZ (P.F.), ZORZI (N.), NGOY (K.), BALIMANDAWA (M.), 1988 - Evaluation de l'importance de quelques souches de *Lactobacillus* spp. pour l'acidification de différents aliments de base de manioc. *Lebensm. Wiss u. Technol.*, 21 : 288-293.

SOKARI (T.G.), KARIBO (P.S.), WACHUKWU (C.K.), 1992 - « Reevaluation of the role of fermentation in cassava detoxification during processing into foods ». *In* Westby (A.), Reilly (P.J.A.), éd. : *Proced Regional Workshop on Traditional African Foods-Quality and Nutrition.* Intern. Foundation for Science, 25-29 November 1991 : 151-155.

VASCONCELOS (A.T.), TWIDDY (D.R.), WESTBY (A.), REILLY (P.J.A.), 1990 - Detoxification of cassava during gari preparation. *Intern J. Food Sci. Technol.*, 25 : 198-203.

YEOH (H.H.), 1989 - Kinetic properties of beta-glucosidases from cassava. *Phytochem*, 28 (3) : 721-724.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Origine et importance de l'activité amylasique dans la fermentation lactique des racines de manioc

Origin and importance of amylase activity in cassava roots during lactic acid fermentation

S. KÉLÉKE, L. KIMPOLO-KIMFOKO, A. BRAUMAN

Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie ORSTOM, Brazzaville (Congo)

– Résumé –

L'objectif de ce travail est d'établir l'importance et l'origine de l'activité amylasique au cours de la fermentation des racines de manioc effectuée en Afrique centrale. Dans ce but, l'activité et la microflore amylolytique ont été suivies au cours de deux fermentations, l'une effectuée en condition standard, l'autre effectuée en condition stérile. L'activité amylasique est présente dans la racine fraîche, demeure constante dans le rouissage stérile mais disparaît après 36 h dans le rouissage standard. La baisse de cette activité semble être corrélée avec l'acidification des racines de manioc. La microflore amylolytique est une microflore épiphyte dont la densité augmente dans les premières 24 h de la fermentation pour se stabiliser (10^8 bact./g de P.F.) après 48 h de fermentation. L'évolution de l'activité amylasique n'est donc pas liée à celle de la microflore amylolytique ce qui démontre l'origine strictement végétale de l'activité amylasique mesurée. Les bactéries amylolytiques présentes semblent utiliser préférentiellement les sucres plus facilement fermentescibles présents dans la racines. Les principales bactéries amylolytiques isolées appartiennent au genre *Klebsellia sp.* et *Bacillus* (*bacillus polymixa*). La microflore lactique amylolytique est beaucoup moins importante, (~ 0,2 % de la microflore amylolytique total après 48 h de rouissage) et diminue progressivement au cours du rouissage. Il s'agit principalement de l'espèce homolactique *Lactobacillus plantarum*, caractéristique des fermentations végétales. Cette étude démontre ainsi la présence d'une activité amylase dans le processus du rouissage, d'origine strictement végétal, mais d'impact négligeable dans la fermentation lactique des racines de manioc.

– Abstract –

The objective of this study was to establish the importance and origin of amylase activity during the fermentation of cassava roots as carried out in Central Africa. With this objective, the Amylolytic microflora and their activities were followed during two fermentations, one performed under traditional conditions and a control performed under sterile conditions.

Amylase activity in fresh roots remained constant in the control fermentation but disappeared after 36 h in the traditional retting. the decline in activity appears to be correlated to cassava root acidification. Amylolytic microflora consist of plant epiphyte bacteria whose numbers increased during the first 24 h of fermentation and remained constant (10^8 bacteria g-1 fresh weight) after 48 h.

The variation in amylase activity is therefore not linked to that of amylolytic microflora which shows the strict plant origin of the estimated amylase activity. Amylolytic bacteria present during fermentation appears to use preferentially the fermentable sugars founds in cassava roots. The principal amylolytic bacteria isolated belong to the genera *Klebsellia sp.* and *Bacillus sp* (*Bacillus polymixa*). The lactic amylolytic microflora was less important (~ 0,2 % of the total amylolytic microflora after 48 h of retting) and decreased progressively during retting. It is mostly the homolactic acid species, *Lactobacillus plantarum* characteristic of plant fermentations.

This study shows the presence of an amylase activity during retting strictly of plant origin but of negligible effect on lactic acid fermentation of cassava roots.

Introduction

Le manioc est un aliment essentiellement énergétique, il peut contenir jusqu'à 86 % d'amidon (Giraud, 1993). La fermentation lactique des racines de manioc permet ; leurs préservations (Okafor *et al.*, 1984), leurs ramollissements (Ampe *et al.*, 1995) et la production d'acides organiques et d'alcools, importants pour les propriétés organoleptiques du produit final (Okafor *et al.*, 1984 ; Ampe *et al.*, 1994). Les études entreprises sur la caractérisation de cette microflore ont démontré l'existence de micro-organismes amylolytiques (Cardenas *et al.*, 1980 ; Amund and Ogunsa, 1987 ; Regez *et al.*, 1989 ; Giraud *et al.*, 1991). Pourtant les grains d'amidon ne semblent pas être attaqués au cours du processus et la perte en matière sèche des racines de manioc reste faible (Brauman *et al.*, 1992). Le présent travail a donc été réalisé afin de déterminer l'origine et la réelle importance de l'amylolyse dans le processus de rouissage des racines de manioc.

Matériel et Méthodes

1. Origine des racines de manioc

Les racines de manioc (*Manihot esculenta* Crantz, var. F 100) utilisées proviennent de la station expérimentale Agricongo. Elles sont récoltées 12 à 15 mois après plantation.

2. Protocole de rouissage

2.1. Rouissage standard [RSt]

Après prélèvement aux champs, les racines de manioc, non altérées, sont lavées, épluchées puis sectionnées en pièces de 4 cm de long et 10 cm de diamètre. Elles sont ensuite immergées dans de l'eau de puits dans un ballon en verre de 10 l bouché avec du coton cardé.

2.2. Rouissage stérile [RS]

Les racines de manioc saines préalablement préparées selon la procédure décrite ci-dessus puis stérilisées pendant 15 mn avec une solution de chlorure de mercure à 0,1 % dans l'éthanol à 70 % (Okafor *et al.*, 1984). Elles sont ensuite rincées et immergées dans de l'eau stérile. Les prélèvements sont effectués sous une hotte à flux laminaire.

3. Analyses physico-chimiques

3.1. Indices de pénétromètrie

Le protocole utilisé pour suivre le ramolissement des racines est celui décrit dans (Ampe *et al.*, 1994).

3.2. pH des racines de manioc au cours du rouissage

Le protocole utilisé pour suivre le pH des racines de manioc est celui décrit dans (Ampe *et al.*, 1994).

4. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques sont réalisées sur les échantillons de manioc prélevés toutes les 12 heures pendant le rouissage.

60 g. de racines de manioc sont homogénéisés dans un broyeur (Warring Blender) en présence de 540 ml d'eau peptonée stérile.

Des dilutions croissantes sont réalisées pour ensemencer différents milieux de culture.

5. Milieu pour numération

5.1. Des bactéries amylolytiques totales (BAT)

Composition en g/l : peptone 5 ; extrait de levure 3 ; agar 15 ; amidon soluble 20.

Eau distillée 1 000 ml Q.S.P., pH ajusté à 6,9.

Le milieu est stérilisé à 120 °C pendant 20 mn puis réparti en boites de Pétri.

Les cultures sont incubées à 30 °C. La révélation des bactéries amylolytiques se fait par visualisation des plages de lyse après exposition des boites de Pétri à des vapeurs d'iode.

Les colonies sont ensuite isolées sur le même milieu et caractérisées à l'aide de critères morphologiques (Gram, observation microscopique) et biochimiques (catalase, oxydase, profils fermentaires à l'aide des galeries API 20, 20 A, 20 E STERP ; Biomerieux France)

5.2. Des bactéries lactiques amylolytiques (BAL)

Le milieu est du MRS (MRS broth, Detroit, Mi, USA) reconstitué avec de l'amidon soluble (Sigma) qui remplace le glucose.

Composition en g/l : peptone 10 ; extrait de viande 5 ; extrait de levure 5 ; amidon soluble 20 ; di-potassium hydrogénophosphate 2 ; tween 80 1 ; di-ammonium hydrogéno-citrate 2 ; sodium acétate 5 ; magnésium sulfate 0,1 ; manganèse sulfate 0,05 ; agar 12

Eau distillée 1 000 ml ; pH ajusté à 6,5.

Le milieu est stérilisé à 120 °C pendant 20 mn, avant la répartition en boites de Pétri, 2 ml d'une solution stérile de bleu d'aniline (25 g/l.) sont ajoutés.

La révélation des bactéries amylolytiques se fait par visualisation des bactéries colorées par le bleu d'aniline et présentant des plages de lyse, après exposition des boites de Pétri à des vapeurs d'iode.

6. Analyse biochimique

6.1. Dosage de l'activité amylase

L'activité amylasique a été estimée par la vitesse d'hydrolyse de l'amidon. Cette activité est mesurée par ajout de 0,1 ml d'extrait enzymatique (extrait de manioc) à 0,8 ml d'une solution contenant 1 % d'amidon soluble (Sigma) dans un tampon citrate phosphate 0,1 M, pH 6,9. La réaction est stoppée par addition de 0,1 ml d'acide sulfurique 2 N.

L'amidon résiduel est dosé à différents temps d'incubation à 30 °C suivant la méthode de Oteng-Gyang (1979), basée sur la propriété de l'amidon soluble à former en présence de réactif iodo ioduré, un complexe brun absorbant à 620 nm. Cette méthode permet de doser des concentrations en amidon allant jusqu'à 10 g/l.

Le réactif iodo ioduré est préparé par dilution à 4 % de la solution suivante : KI 30 g/l ; I_2 3 g/l.

La réaction colorée est obtenue en ajoutant 0,1 ml de l'échantillon convenablement dilué à 2,4 ml de réactif iodo ioduré. La densité optique est lue à 620 nm. Une gamme étalon d'amidon soluble allant de 0 à 10 g/l est réalisée en parallèle pour chaque série de mesures.

Une unité enzymatique (UE) est définie comme étant la quantité d'enzyme nécessaire à l'hydrolyse de 10 mg d'amidon en 30 minutes à 30 °C.

6.2. Dosage des sucres et des métabolites

Dosage effectué en chromatographie liquide haute performance (HPLC) selon le protocole décrit par Brauman (Brauman *et al.*, 1995)

Résultats

1. Rouissage des racines de manioc

On ne constate aucun ramollissement des racines ni production d'acides organiques au cours du rouissage stérile (RS). Ceci confirme nos précédents résultats (Ampe *et al.*,1994) sur l'origine bactérienne du ramollissement des racines au cours du rouissage.

2. Évolution de l'activité amylasique (figure 1)

L'activité amylasique a été mesurée au cours des deux rouissages ; stérile et standard (RSt). Cependant, cette activité déjà présente dans les racines fraîches demeure constante au cours du RS alors qu'elle diminue à partir de 12 heures et disparaît après 36 heures dans le RSt.

Les profils d'élutions obtenues sur chromatographie liquide montrent que l'amidon soluble en présence d'extraits enzymatiques provenant du jus de rouissage est dégradée essentiellement en maltose et glucose.

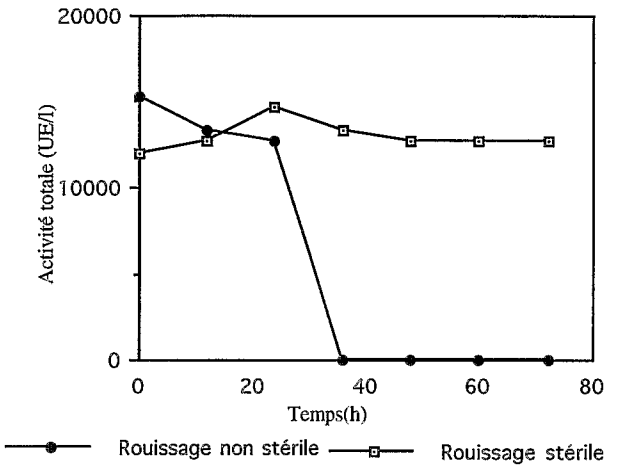


Figure 1
évolution de l'activité amylasique en cours

3. Évolution du pH et de la matière sèche

L'évolution du pH au cours des deux rouissages (figure 2) montre une différence importante entre les deux rouissages. Au cours du RSt, le pH se stabilise autour de 6 après 10 h de fermentation, alors qu'il atteint des valeurs beaucoup plus acides (pH = 4) au cours du RS. Le pH des racines de manioc est plus élevé d'environs une unité, dû à l'effet tampon des racines. Dans le RSt, l'évolution du pH racinaire est très similaire a celui de l'activité amylasique (figure 3) ce qui révèle une étroite corrélation entre l'acidification du milieu et la disparition de l'activité amylase.

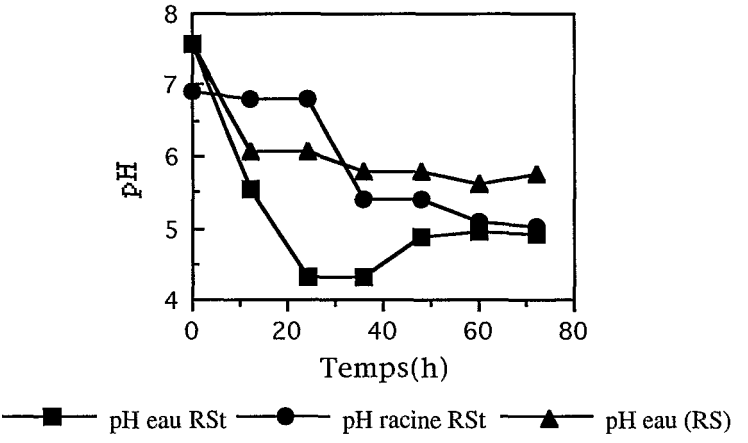


Figure 2
évolution du pH au cours du rouissage

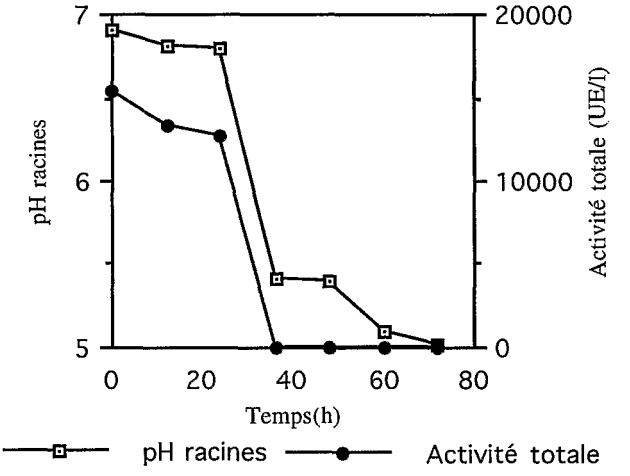


Figure 3
évolution de l'activité amylasique et du pH au cours du rouissage standard

Au cours du processus de rouissage standard, et malgré le ramollissement important des racines, la perte de matière sèche reste très faible (~ 15 % cf. figure 4).

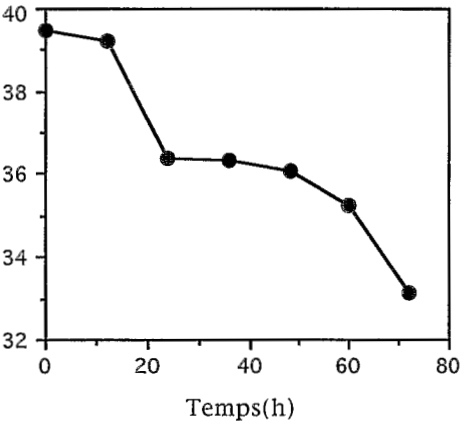


Figure 4
Évolution de l'a matière séche au cours du rouissage traditionnel

4. Numération de la flore amylolytique (figure 5)

Il existe une flore amylolytique (BAT) sur le tubercule frais, celle ci augmente et se stabilise après 36 h du rouissage vers 8 10^7 bact./g PF. Cette microflore est composés principalement de *Bacillus*, dont *Bacillus polymixa* constitue l'espèce la plus représentative et d'*Enterobacteriaceae* dont notamment le genre *Klebsellia sp.*

La densité de la flore lactique amylolytique (BAL) est beaucoup moins importante (figure 6) que celle des BAT, elle atteint son maximum après 24 h de rouissage (18.10^4 ufc/g) et diminue jusqu'à presque disparaître après 72 h. Les BAL constituent la majorité de la flore lactique épiphyte du tubercule (figure 6) composée en majorité de *Lactococcus lactis* et de *Leuconostoc mesenteroides* qui vont devenir la flore lactique majoritaire du processus. A partir du premier jour de fermentation, la densité des BAL densité diminue constamment, dès le deuxième jour de fermentation, elle représente moins de 0,1 % de la flore lactique. La majorité des BAL sont composés de Lactobacilles, dont l'espèce *L. plantarum* semble la plus représentative.

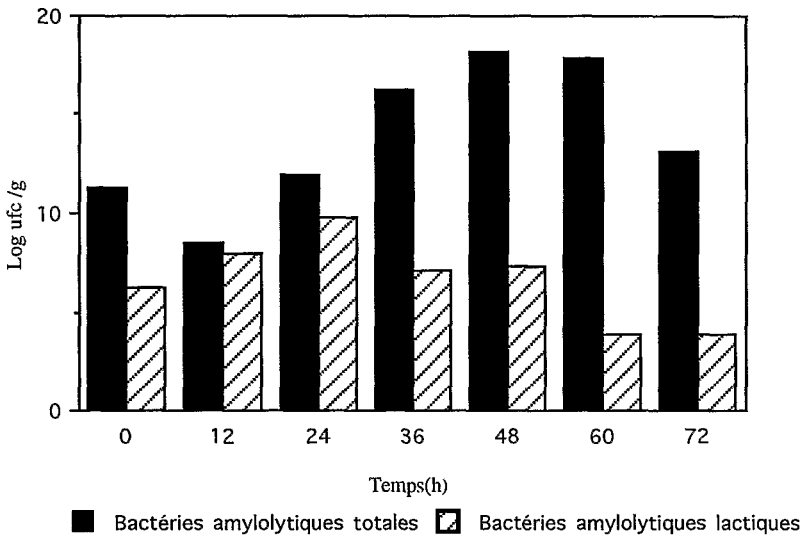


Figure 5
évolution des bactéries amylolytiques au cours du rouissage

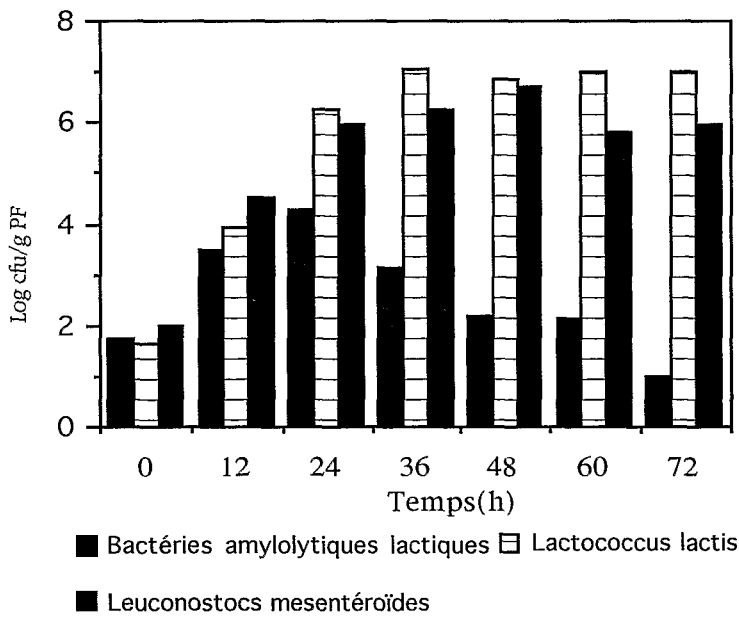


Figure 6
évolution de la microflore lactique au cours du rouissage

Discussion et Conclusion

La présence d'une activité amylasique au cours du rouissage a été déjà mentionnée par Oyewole (1992). Cet auteur attribue cette activité aux bactéries amylolytiques aérobies dont la disparition dans les premières heures du procédé expliquerait la baisse brutale de l'activité amylasique au cours du rouissage. Dans notre étude, l'évolution de la microflore amylolytique atteint sa densité maximum au moment où l'activité amylasique disparaît. Il n'y a donc aucune corrélation entre l'activité amylasique mesurée et la flore amylolytique dénombrée. De plus, la présence d'une activité amylasique dans les racines de manioc fraîches après récoltes et le maintien de cette activité au cours du rouissage stérile démontre l'origine végétale et non bactérienne de l'enzyme. Bien qu'il s'agisse, à notre connaissance de la première mention de la présence d'une amylase dans les racines de manioc, ce résultat n'est pas surprenant car les amylases sont des enzymes très souvent rencontrées dans le règne végétal et notamment dans les plantes à tubercules ou elles assurent un rôle dans la maturation et la germination (Mercier, 1985).

La disparition de cette activité dans le rouissage standard pourrait être attribuée à la dénaturation de l'enzyme suite à l'acidification du milieu par les bactéries lactiques (cf. figure 3). Cependant cette disparition peut avoir d'autres origines comme la production de protéases par les bactéries lactiques (Gripon, 1985) ou la production de métabolites inhibiteurs par la flore fermentaire (Giraud, communication personnelle). La faible activité de cet enzyme et sa disparition rapide au cours du processus explique qu'elle ne peut attaquer les grains d'amidon du manioc.

L'évolution quasi contraire de l'activité amylasique et de la flore amylolytique peut sembler paradoxale De plus, de nombreux auteurs ont mis en évidence la présence des bactéries amylolytiques dans le processus de rouissage des racines de manioc (Collard et Levy, 1959 ; Cardenas et al, 1980 ; Regez et al, 1989 ; Giraud et al,1991 ; Jaime, 1994). En fait, les bactéries amylolytiques présentes semblent utiliser comme substrat de croissance les sucres endogènes, plus facilement fermentescible, du manioc ; saccharose, fructose et glucose (Brauman et al, 1992). Ce qui fut confirmé par l'étude physiologique des bactéries amylolytiques isolées ; en présence de glucose, aucune dégradation de l'amidon n'a pu être mesurée. De plus leurs aptitudes à utiliser l'amidon soluble ne donne aucune indication sur leurs aptitudes à dégrader l'amidon cru du manioc, très réfractaire à la biodégradation (Mercier, 1985).

La présence de *Bacillus sp.* a été préalablement mentionné dans le processus de production de Gari (Ejiofor et Okafor, 1981) et le jus de rouissage pour la production de foufou (Farine de manioc, Okafor et al., 1984). La présence

de *L. plantarum* amylolytique confirme que cette espèce a forte activité amylasique est une bactérie importante du processus de rouissage (Giraud et al, 1991) ; par contre, nous n'avons pas identifié comme d'autres auteurs des levures (Okafor et Ejiofor, 1990) ou des *Corynebacterium* amylolytiques. (Collard et Levy, 1959).

En conclusion, une activité amylasique a été détectée au cours du rouissage, mais celle-ci est de nature endogène aux racines de manioc et disparaît au cours du rouissage. L'amylolyse ne semble donc pas jouer un rôle important dans le processus de rouissage des racines de manioc.

Références

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - The fermentation of cassava : optimization by the experimental research methodology. *J. Sci. Food. Agric.*, 65 : 355-361.

AMUND (O.O.), OGUNSA, (O.A.), 1987 - Extracellular amylase production by cassava fermenting bacteria. *Journal of industrial Microbiology*, 2 : 123-127.

BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), LEGROS (O.), *et al.*, 1992 - *Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc. Opération Congo.* Rapport de fin d'études dans le cadre du programme CEE-STD2 (Contrat n° TS2A-O226), 54 p.

CARDENAS (O.S.), DE BUCKLE (I.S.), 1980 - Sour cassava starch production : A preliminary study, *Journal of Food Science.*, vol 45 : 1509-1512.

CIAT, 1993 - *Cassava : the latest facts about an ancient crop. A summary of information on 52 major cassava producing and consuming countries in Africa, Asia, Oceania, Latin America, and the Caribbean.* CIAT, October 1993.

COLLARD (P.), LEVIS (S.), 1959 - A two stage fermentation of cassava. *Nature*, 183 : 620-621.

EJIOFOR (M.A.N.), OKAFOR (N.), 1981 - « Comparaison de la pulpe de manioc comprimée et non comprimée pour la préparation du gari ». *In* Terry, (E.R.) *et al.*, éd. : *Tropical Root Crops : Research Strategies for the 1980s* : 163-168.

GIRAUD (E.), BRAUMAN (A.), KELEKE (S.), LELONG (B.), RAIMBAULT (M.), 1991 - Isolation and physiological study of an amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 36 : 379-383.

GIRAUD (E.), 1993 - *Contribution à l'étude physiologique et enzymomogique d'une nouvelle souche de* lactobacillus plantarum *amylolytique isolée du manioc fermentée.* Thèse de biologie cellulaire, Université de Provence Aix-Marseille I, 137 p.
GRIPON (J.C.), 1985 - « Les enzymes protéolytiques des industries laitières ». *In* Mouranche (A.), Costes (C.), éds., *Hydrolases et dépolymérases*, collection Biochimie Appliquée dirigée par C. Costes. Gauthier-Villars : 239-278.

JAIME ARANRO (A.L.), 1994 - *Evaluacion de bacterias lacticas amiloliticas aisladas de la fermentacion del amidon de yuca y su effecto en la calidad del amidon agrio.* Mémoire de fin d'étude. Universidad del valle. 66 pages.

MERCIER (C.), 1985 - « Les enzymes amylolytiques ». *In* Mouranche (A.), Costes (C.), éds., *Hydrolases et dépolymérases*, collection Biochimie Appliquée dirigée par C. Costes. Gauthier-Villars : 109-142.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.*, vol 56 : 1-13.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (A.O.), 1990 - Rapid detoxification of cassava mash fermenting for gari production following inoculation with a yeast simultaneously producing linamarase and amylase. *Proc. Biochem. Int.* : 82-86.

OTENG-GYANG (K.), 1979 - *Etude de levures amylolytiques en vue de production de protéines d'organismes unicellulaires.* Thèse de doctorat de 3e cycle, Université Montpellier II, 120 p.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1992 - Extracellular enzyme activities during cassava fermentation for « fufu » production. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, vol. 8 : 71-72

REGEZ (P.F.), RIGAMONTI (C.), GEIGES (O.), 1989 - Evaluation de l'activité amylolytique et de la formation de biomasse de quelques champignons isolés de la pulpe de manioc et du pain de manioc (chikwangue) au Zaïre. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 1988, vol. 7 : 17-24.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

The role and origin of pectin degrading enzymes during cassava retting

F. AMPE, S. KELEKE , H. ROBERT, A. BRAUMAN

Laboratoire de microbiologie et de biotechnologie,
Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (CONGO)

- Abstract -

The origin of root softening during cassava retting was investigated.Two rettings in controlled conditions were performed. A "natural" retting in a bioreactor was used as a control and pH and dissolved oxygen were monitored. These conditions were then simultaneously imposed on a retting performed in sterile conditions. With this experimental set up, the role of pectic enzymes on the destruction of cellular walls evidenced. High pectin methyl esterase activities were assayed in cassava extracts and shown to be endogenous. Depolymerizing enzymes were also found, but only when microbial activity was present. A microbial lyase was found that depolymerized both methoxylated and non methoxylated substrates, with a slight preference for pectin. The pectinases involved in retting were then purified and partially characterized. Partially purified pectinemethylesterase had optimal pH and temperature of 7.0 an 30°C respectively, and the activity of the enzyme was stimulated by the presence of NaCl. The pectate lyase was inhibited by NaCl, but Ca2+ increased the specific activity. Optimal pH and temperature were 9.0 and 50°C respectively. The activity of these enzymes was further confirmed *in vitro* as they allowed the softening of cassava roots. However, the role of polygalacturonases was not clearly shown as their presence in retting was sporadic.

Therefore, root softening is due to the combined action of both endogenous pectin methyl esterase and exogenous depolymerizing enzymes - mainly lyase(s).

- Résumé -

L'origine du ramollissement au cours du rouissage a été étudiée à l'aide de deux rouissages effectués en conditions contrôlées. Le premier rouissage, dit "naturel", considéré comme rouissage témoin, est effectué en bioréacteur dans lequel le pH et la pression d'oxygène dissoute sont suivis en continu. Ces mêmes conditions (pH, T° et pO2) sont alors imposées à un rouissage effectué en conditions stériles. Ce dispositif expérimental a permis de déterminer le rôle des pectinases dans la destruction des cellules végétales. Des activités pectinemethylesterase ont été mesurées sur les racines fraîches et en cours de rouissage, cette activité est donc de nature endogène. Des enzymes dépolymérisantes (pectine lyase et polygalacturonase) ont été également mesurées mais seulement en présence de la flore bactérienne du rouissage. Une lyase d'origine bactérienne a été détectée qui dépolymérise mieux les pectines méthylées que les pectines non méthylées. Les pectinases du rouissage ont été alors purifiées et partiellement caractérisées. La pectinemethylesterase, partiellement purifiée, a un pH et une température optimum de respectivement 7 et 30°C. L'activité de l'enzyme est stimulée en présence de NaCl. En revanche, la pectate lyase est inhibée en présence de NaCl mais son activité spécifique est stimulée en présence de Ca2+. Le pH et la température optimale de cette enzyme sont respectivement de 9 et de 50°C. L'activité de ces enzymes dans le ramollissement de tranches de racines de manioc a été depuis confirmée par des essais *in vitro*. Cependant le rôle des polygalacturonases dans le ramollissement n'a pas été élucidé car leur présence dans le rouissage ne semble pas complétement établie. Le ramollissement des racines de manioc dans le rouissage est donc due à l'action combinée d'une pectinemethylesterase d'origine végétale et de pectinases bactériennes dépolymérisantes, principalement des pectines lyases.

Introduction

Retting, a spontaneous fermentation of cassava in Central Africa, is traditionally performed to soften the roots, degrade endogenous cyanogenic compounds and to give cassava-based foods their specific flavour. Microbiological, physico-chemical, and some biochemical aspects of this fermentation have already been extensively described (Brauman *et al.*, 1995 ; Okafor *et al.*, 1984 ; Oyewole, 1990), and the process has been optimized (Ampe *et al.*, 1994). However, the enzymatic mechanisms of root softening are not yet understood and the origin of detoxication is still controversal (Maduagwu, 1983 ; Okafor and Ejiofor, 1990 ; Ketiku *et al.*, 1978).

Degradation of plant cell wall can be due to the combined action of pectic enzymes as shown for flax (Chesson, 1980). This involves demethoxylating (pectinesterase) and depolymerizing enzymes (polygalacturonases and lyase). Pectate lyase (PAL) and polygalacturonase (PG) need deesterification before the degradation of natural pectic substances (e.g. those that cement plant cell walls) whereas pectin lyase (PNL) can degrade high methoxyl pectic substances. Pectin esterase (PE) are found in most vegetables but also - as inducible enzymes - in bacteria and fungi (Baterman and Millar, 1966). PG are mainly microbial, but are sometimes found in fruits and vegetables where they become active during maturation. PNL and PAL have only been described as microbial enzymes (Rexova-benkova and Marcovic, 1976).

Previous results have shown that cassava softening seems to be mediated by bacteria (Okafor *et al.*, 1984 ; Oyewole, 1990 ; Brauman *et al.*, 1995). Sterile roots soaked into sterile water did not ret, whereas microorganisms isolated from a previous retting could induce cell wall degradation. The presence of pectinesterase and lyase was only evidenced when cassava was inoculated with *Corynebacterium* spp. However, no pectolytic activity (and especially no pectinesterase) was found in fresh roots. More surprisingly, Okafor *et al.* (1984) found no pectolytic activity when inoculating with *Bacillus* sp. whereas retting could be completed. More recently, Oyewole and Odunfa (1992) have evidenced the presence of extracellular pectin methyl esterase during retting. However, these results do not allow any conclusion on the mechanisms of root softening, and the origin of these enzymes is not clearly understood yet.

Therefore, the present work attempts to define the role and origin of pectolytic enzymes in retting in order to elucidate the mechanism of root softening, with the scope of elaborating a bacterial starter to standardize this traditional fermentation. A "natural" fermentation used as a control, and a sterile one were performed simultaneously ; pH and oxygen pressure of sterile fermentation were

set on those of control fermentation during all the processing. Two pectinases involved in retting were then purified and partially characterized.

Materials and Methods

1. Origin of the plant material

Cassava roots (*Manihot esculenta* var. MM86 - "Ngansa") were harvested 18 months after planting, around the Brazzaville region in the Congo.

2. Fermentation conditions.

In order to determine the origin (vegetable, bacterial) of cell wall degradation and cassava detoxication, two fermentations were performed. A "natural" retting in a bioreactor (CF) was used as a control and to give indications on "natural" evolution of pH and dissolved oxygen. These conditions were simultaneously imposed onto a retting performed in sterile conditions. For both fermentations, 1.5 kg of peeled roots cut into cubes (1 cm3) were soaked in 2.5 litres of well-water in a 4.5 l bioreactors (SET 004M, Setric, Toulouse, France). Temperature was 32°C and agitation performed by medium recirculation (PPV peristalitic pump, SGI, Toulouse, France).

For sterile "fermentation" (SF), cassava roots cubes were sterilized with 0.1% HgCl2 in ethanol according to the procedure of Okafor et al. (1984). pH and partial oxygen pressure of the sterile fermentation were set on that of the control fermentation with the addition of 1 N HCl and nitrogen respectively.

Penetrometry index : Penetrometry was used as an indicator of roots softening during retting. A previous study has shown that a penetrometry index of 3 mm/s corresponds to the end of a retting as it is traditionally evaluated (Ampe et al., 1993). A Penetrometer (PNR 10 - SUR Berlin) was used to measure the consistency of the roots. 6 root sections were randomly chosen ; for each section, penetrometry depth was estimated with six repetitions.

Enzyme extracts. 80 ml of 0.1 M citrate buffer (pH 6.5) was added to 40 g of cassava mash and homogeneized in a Waring blender. The mixture was allowed to rest overnight at 4°C and the following day it was centrifuged at 20 000 rpm for 30 min. Supernatant was lyophilized and resuspended in 1/10 volume of citrate buffer.

3. Enzyme assays

Pectinemethylsterase (PE) activity was assayed by titration of 1 ml of enzyme extract in 1% pectin (Grindsted RS400 - DM 74%) containing 0.1 M NaCl and 1 mM NaN3 with 0,01 N NaOH at pH=7. One unit correponds to one µmol of NaOH/mn.

Pectate lyase (PAL) *and Pectin lyase activities* (PNL) were assayed following the procedures of Starr *et al.* (1977). with citrus Pectin (DM > 70%) for PNL and pectate for PAL.

Polygalacturonase (PG) was assayed by viscosimetry. 0.5 ml of enzyme extract was added to 40 ml of 1% pectin. Rate of reduction in viscosity was measured at pH 4 and at 25°C by a Haake VT 500 viscosimeter (rotation : 150.93 s-1 and system MV-MV1). One unit corresponds to one µmol of hexose released/mn.

Total activities are expressed as units per 100 g of cassava.

Cellulase and xylanase activities were assayed using the Somogyi-Nelson procedure (Nelson, 1944 and Somogyi, 1945). Substrates were respectively microcristallin cellulose (100 mg) and xylan (18 mg/ml). Temperature was 37°C and pH 5.8.

Protein content was evaluated using Lowry's procedure as modified by Bensadoun and Weinstein (1976).

4. Protein electrophoresis

For pectinase activities, PAGE was performed by incorporating pectin (Grindsted RS400 - DM 74 %) in acrylamide gels and subsequent staining with ruthenium red according to the Cruickshank and Wade (1980) method. Ruthenium-red stains polygalacturonic acid and the presence of polygalacturonase was shown by the presence of clear zones on the gel.

For ß-glucosidase activities, polyacrylamide gel was stained with 5mM PNPG in citrate buffer pH 6.5 for 1 hour. A positive yellow coloration was shown by alkalinisation with borate buffer pH 9.8.

5. Analytical methods

Action of pectic enzymes in vivo. Slices of cassava, sterilized as previously described, were inoculated with enzyme extracts and purified pectolytic enzymes purchased from SIGMA. 50µl of either enzyme extracts or 5µl of pure enzymes were adsorbed on root slices half-deeped in 0,01 M pH 5 citrate buffer. Softening of the plant material was estimated after 24 and 48 hours at 30°C.

6. Enzyme Partial Purification

Crude extracts were precipitated with 80 % ammonium sulfate, dialysed overnight again a tris HCL 20 mM buffer, pH 8.5 and concentrated. 20 ml samples were applied on DEAE Sepharose Fast flow column (20 ml) equilibrated with the same buffer. Evolution was performed by a NaCl gradient ; 2.5 ml fractions were collected for analysis. The active fractions were further purified with Q-Sepharose.

Results

1. The Origin of Softening

In control fermentation (CF), retting was completed in two days, but no softening was evidenced in sterile fermentation (SF) (Fig. 1). Despite the physicochemical changes imposed on SF (pH drop, anaerobiosis), cell walls were not degraded as shown by microscopic observation.

Significant PE activity was found in cassava fresh roots (465 U/100 g of cassava dry matter. Figure 2a). Total activity in CF and SF decreased all along the process. Activity in CF was slightly higher than in SF.

Depolymerizing enzymes were found in CF from 20 hours onto the end of fermentation, but not in SF. Total polygalacturonase activity in control fermentation ranged from 92 to 135 U/100 g cassava dry matter (Figure 2b). Non denaturing electrophoresis of enzyme extracts followed by specific staining with ruthenium red confirmed the presence of polygalacturonase.

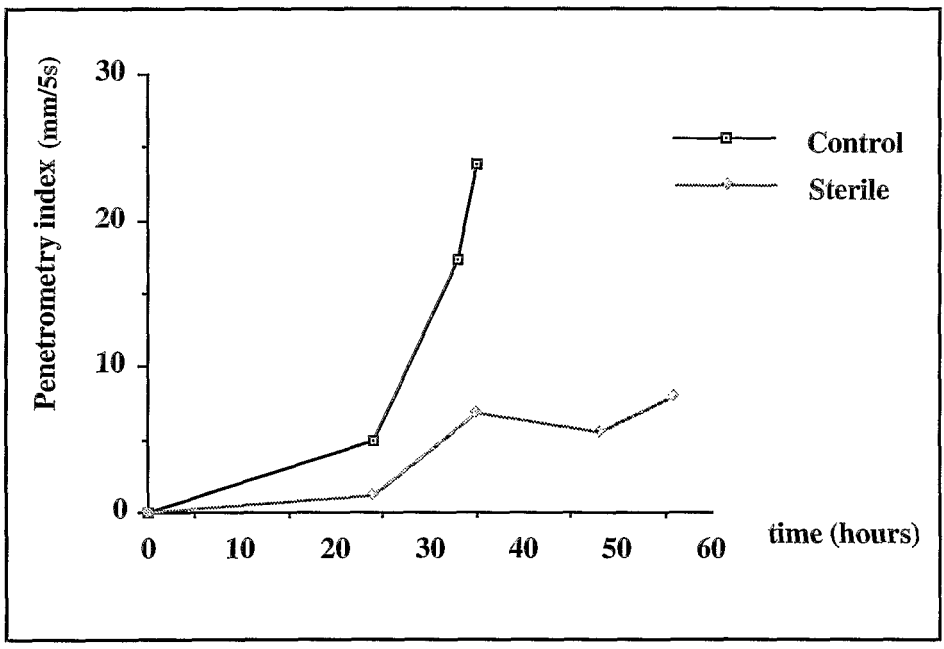


Figure 1
Evolution of pnetrometry index of both Control and Sterile Fermentation

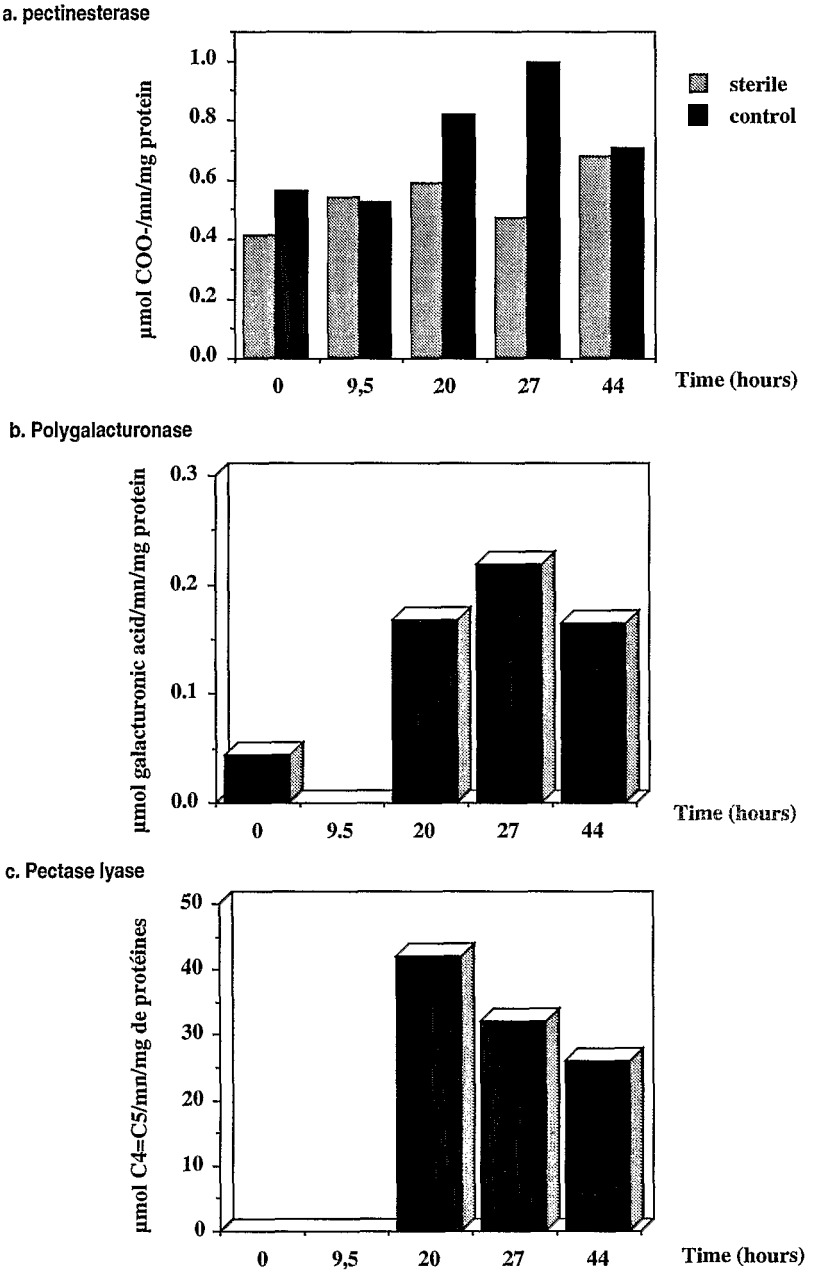


Figure 2

Pectinases activities in sterile and control retting. a : pectinesterase ; b : polygalacturonase ; c : pectate lyase. Black boxes stand for control retting and grey ones for sterile one

Clear zones are very intense for samples from 20 hrs to the end of CF whereas gel was not decolorated for samples from sterile retting and with fresh cassava. Decoloration of ruthenium red was very intense showing a high activity on pectin compared to that of purified enzymes. Distance of migration was the same for all positive samples, and very low compared to the control enzyme from *A. niger*.

PAL activity (79 to 184 U/100 g of cassava dry matter) was found in CF after 20 hours of fermentation and stayed stable until the end of the process (Figure 2c). No activity was detected in SF. The presence of PNL, not present in this experiment is confirmed ; PNL are present during retting, but the activities assayed in this study were very low at acid pH (unpublished results).

In vivo (Figure 3) Pectolytic activity on cassava cells was confirmed by inoculating fresh sterile cassava with commercial enzymes. After 24 hours at 30°C, tissues inoculated with PE+PG, PE+PAL and PE+PAL+PG were almost totally degraded. No other depolymerizing enzyme as xylanase or cellulase were found in either retting.

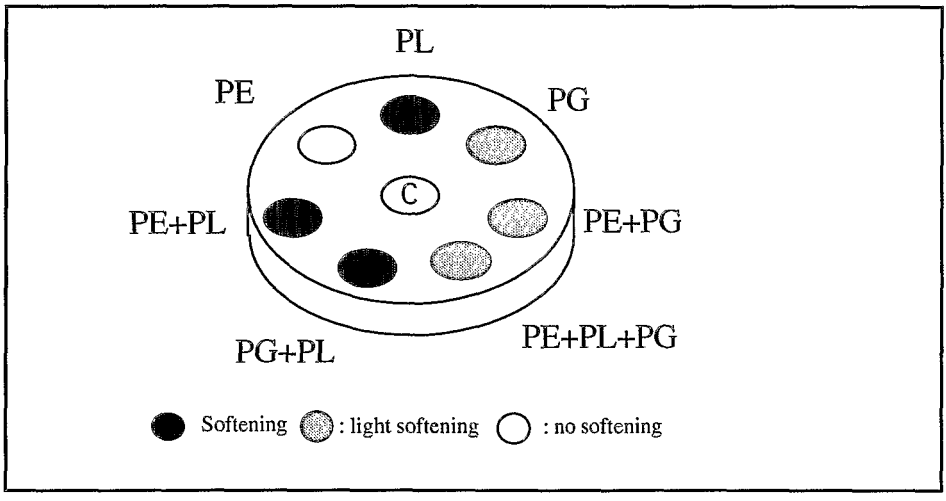


Figure 3
Activity of pectic enzymes on fresh cassava slices

2. First Steps towards Purification of a Pectinesterase and a Lyase

Cassava pectinesterase and a depolymerizing fraction characterized as pectin lyase were partially purified using ion exchange chromatography with NaCl as gradient. Purification yields were 17.45 and 9.83 respectively and final specific activities reached 29.68 and 2.90 units/mg protein respectively (Table 1).

Table 1

Purification of pectinesterase (1.a) and Pectin lyase (1.b) during cassava retting. Legends: Total Act.: Total Activity; S.A.: Specific Activity; Purif.: Purification; Activities are given in ml of NaOH/mn/0.2 ml of extract for pectineesterase, U.O.D/mn/0.2 ml of extract for Pectin lyase, volume in ml and specific activity (S.A.) in units/mg protein

a: Pectinesterase

Sample	Activity	Volume	Total Act.	S.A.	Purif. Factor	Yield
Crude extract	0.019	100	9.5	1.70	1.0	100 %
$(NH_4)2SO_4$	0.43	3	6.45	2.26	1.33	68 %
conc. & dialysed	0.1575	4	3.15	2.38	1.40	33 %
DEAE Sepharose	0.095	2.5	1.19	29.7	17.45	13 %

b: Pectin lyase

Sample	Activity	Volume	Total Act.	S.A.	Purif. Factor	Yield
Crude extract	0.0033	100	1.66	0.295	1.0	100 %
$(NH_4)2SO_4$	0.057	3	0.86	0.30	1.02	52 %
conc. & dialysed	0.0213	4.5	0.48	0.32	1.08	29 %
DEAE Sepharose	0.0093	2.5	0.12	2.9	9.85	7 %

3. First Characterization of Retting Pectinases

Pectinesterase and pectin lyase identified during retting were partially characterized. The activities are shown in Figures 4 and 5.

Pectinesterase has an optimal pH at 7, but was still active in the retting pH range of 4.5-6. On the other hand, alkaline pH were best for pectin lyase, and the enzyme kept only 10 % of its maximal activity for pH values below 6.

Temperature profiles were found to be quite different in this study. The optimal temperature for pectinesterase activity was consistent with that of processing (around 30°C), whereas pectin lyase was more active at a higher temperature (around 50°C).

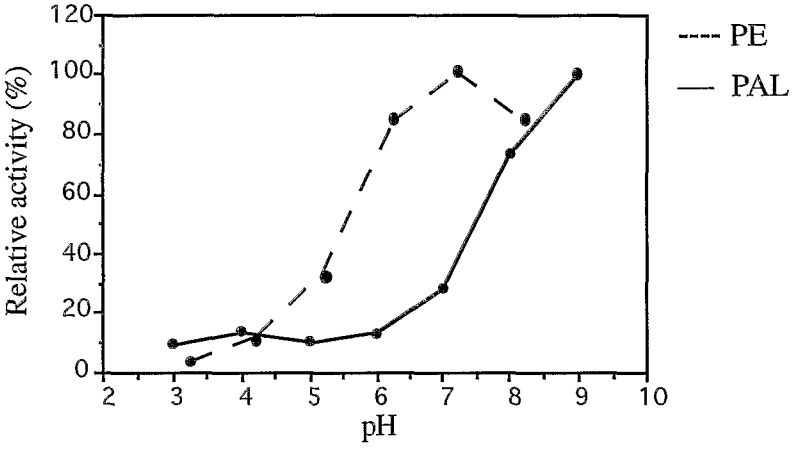


Figure 4
Relative activity of pectinesterase and pectin lyase as a function of pH.

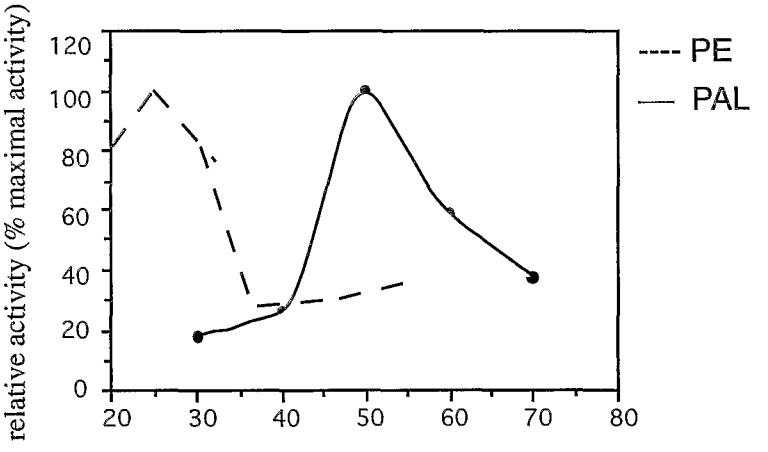


Figure 5
Relative activity of pectinesterase and pectin lyase as a function of pH.

Besides, the role of salts on lyase activitiy was investigated. Calcium chloride increased enzyme activity by two-fold, whereas EDTA had almost no effect and NaCl (100 mM) decreased the activity by 75 %. Lyase substrate specificity was also tested (Figure 6). Methylated pectin was degraded more than polygalacturonic acid; all pectins tested could be used for this broad substrate enzyme.

Discussion

From these results, it can be assessed that softening is not due to a chemical stress, and that microbial enzymes are indispensible for retting to be completed.

The high activity of PE in fresh cassava confirms its plant origin. It is bound to cell wall intracellular space by high ionic strengths (Versteeg, 1979), and might be released by the soaking of roots in water.

On the other hand, depolymerizing enzymes (PG, PA or PNL) were not detected in fresh roots and SF. In CF, significant enzyme activities were assayed after 20 h of fermentation, as the microbial population was already fully established (Brauman et al., 1995), thus indicating their microbial origin. PG optimal activity was compatible with the low pH of the fermentation (4 to 5). PAL was also active at pH 5 but retained only 10% of its maximum activity (optimum pH 9.0).

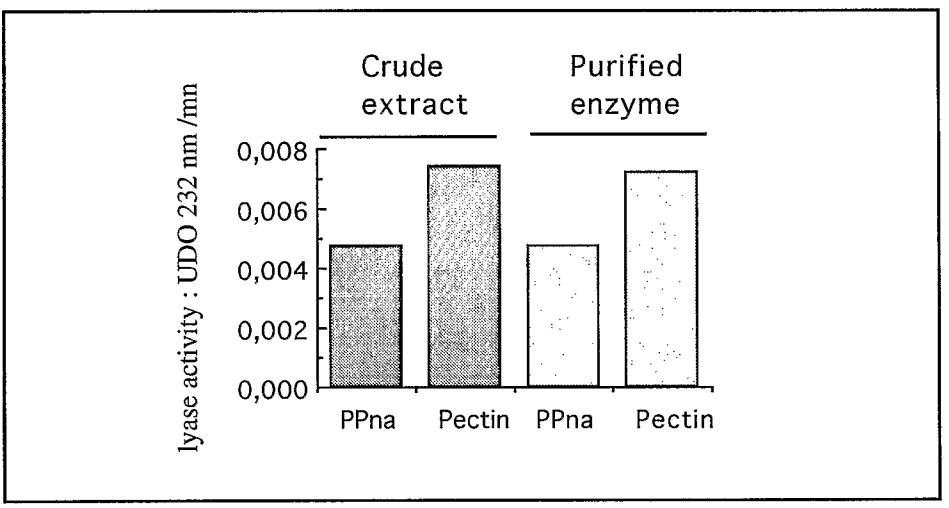


Figure 6

Pectin lyase activity on pure and crude extract substrates. Dark boxes stand for crude extract and clear ones for purified enzyme.
Legends: ppNa: Non Methylated pectine
Pectin: Methylated Pectin (75%)

These results suggest that cell wall degradation is due to pectolytic enzymes from both plant and bacterial origin. It should be noted that the absence of lyase activity in SF corroborates results from other studies that pectate lyases are only from microbial origin (Fogarty and Ward, 1974).

The combined actions of pectinesterase, polygalacturonase and/or lyase was confirmed by inoculating pure enzymes on fresh cassava roots. Cassava softening can therefore be compared to cucumber or flax cells degradation (CHESSON, 1980). It could be suggested that the destruction of pectic chains starts with demethoxylation by PE followed by the action of depolymerizing enzymes; polygalacturonase and/or lyase, the former being the more active at low pH.

Various bacteria are able to produce pectinases, some lactic acid bacteria such as *L.plantarum* and *L.mesenteroides* - two main bacteria of the cassava retting (Malonga *et al* ,1995)- possess polygalacturonase or pectate lyase activities (Sakellaris et al., 1989 ; Juven et al., 1985). But other bacteria involved in the process such as *clostridia* could be responsible for pectin degradation, as previously described for potatoes softening (Lund, 1972). Lactic bacteria, as well as other bacteria isolated from previous rettings, will be further screened for polygalacturonase and lyase activities in order to select strains for the elaboration of a bacterial starter. At the same time, the enzymes will be purified from retted mash, and their mode of action characterized.

This work supports the first evidence for the presence of PG in retting. PE was found by Oyewole and Odunfa (1992) but its plant origin was not demonstrated. Besides, the only description of lyase activity in retting was made after the inoculation of cassava with *Corynebacterium spp.* (Okafor *et al.*, 1984), and its role in retting remains unclear.

The specific action of purified lyase has to be confirmed, especially as a function of pH and the mode of action (endo or exo) also has to be defined.

Conclusion

Retting is a spontaneous fermentation in which endogenous and microbial enzymes co-act to soften the roots. The results obtained in this study suggest that cell wall degradation is initiated by endogenous pectin esterase located in intercellular space and released by pH decrease, followed by the action of microbial polygalacturonase and pectate lyase that depolymerize pectic chains. Pectin lyase could also act directly on methylated pectins.

These results provide precious informations for the elaboration of bacterial starter. Experiments are in progress for the characterization of pectinolytic microorganisms with ecological relevance to retting.

Acknowledgements.

The authors acknowledge the technical assistance of E.AVOUAMPO, A.AGOSSOU and G.EBOUNGABEKA. This work was partly supported by EEC program STD 2 from DG XII, grant n°TS2A-0226.

References

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.),AGOSSOU (A.), 1993 - Cassava retting : Optimisation of traditional fermentation by an experimental research methodology. *J. Sci. Food. Agric.*, 65 : 355-361.

BATERMAN (D.F.), MILLAR (R.L.), 1966 - Pectic enzymes in tissue degradation. *Annual review of phytopathology*, 4 :119-146.

BENSADOUN (A.), WEINSTEIN (D.), 1976 - Assay of protein in the presence of interfering materials. *Anal. Biochem.*, 70 : 241-250.

BRAUMAN (A.), KÉLÉKÉ (S.), MAVOUNGOU (O.), AMPE (F.), MIAMBI (E.), 1995 - «Étude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo)» *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.) & Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc.* Paris, ORSTOM.

CRUICKSHANK (R.H.), WADE (G.C.), 1980 - Detection of pectic enzymes in pectin-acrylamide gels. *Analytical Biochemistry.* 107 : 177-181.

FOGARTY (W.M.), WARD (O.P.), 1974 - Pectinases and pectic polysaccharides. *Progress in Industrial Microbiology*, 13 : 59-119.

GIRAUD (E.), 1993 - *Contribution à l'étude physiologique et enzymologique d'une nouvelle souche de Lactobacillus plantarum amylolytique isolée du manioc fermenté.* Thèse Doct., Univ. Aix -Marseille II, 139 p.

JUVEN (B.J.), LINDNER (P.), WEISSLOWICZ (H.), 1985 - Pectin degradation in plant material by *Leuconostoc mesenteroides.* J. Appl. Bacteriol., 58 : 533-538.

LUND (B.M.), 1972 - Isolation of pectolytic *clostridia* from potatoes. *J. Appl. Bacteriol.*, 35 : 609-614.

NELSON (N.), 1944 - Photometric adaptation of Somogyi method for determination of glucose. *J. Biol. Chem.*, 153 : 375-380.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.*, 56 : 1-13.

OYEWOLE (O.B.), 1990 - Optimization of cassava fermentation for fufu production : effects of single starter cultures. *J. Appl. Bacteriol.*, 68 : 49-54.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1992 - Extracellular enzyme activities during cassava fermentation for 'fufu' production. *World J. Microbiol. Biotechnol.*, 8 : 71-72.

REXOVA-BENKOVA (L.), MARKOVI (C.), 1976 - Pectic enzymes. *Adv.Carbohydrate Chem.Biochem.*, 33 : 323-385.

SOMOGYI (M), 1945 - Determination of blood sugar. *J. Biol. Chem.*, 160 : 61-68.

STARR (M.P.), CHATTERJEE (A.K.), STARR (P.B.), BUCHANAN (G.E.), 1977 - Enzymatic degradation of polygalacturonic acid by *Yersinia* and *Klebsiella* species in relation to clinical laboratory procedures. *J. Clin. Microbiol.*, 6 : 379-386.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Screening of local isolates of *Lactobacillus* for characters useful in African food fermentations

Détermination de certaines activités des bactéries lactiques, importantes pour les fermentations traditionnelles

D. K. OLUKOYA

Genetics Division, Nigerian Institute of Medical Research, Lagos (Nigeria)

- Abstract -

Lactobacilli are known to be involved in the production of many locally fermented foods; especially cereal and cassava based foods. It is therefore desirable to develop improved cultures for use as starter inoculum. Such starter cultures will be designed for use in small or village scale operations, as well as medium size commercial operations. The use of starter cultures would provide improved control of fermentation and lead to the production of high quality standardized products.

Lactobacilli species were isolated from 9 Nigerian fermented foods and screened for amylase production, linamarase and bacteriocin productions. Isolates of *Lactobacillus* which expressed useful characters and potentials for use as starter cultures in cassava or cereal fermentations were identified as *L. plantarum, L. pentosum and L. fermentum.*. Preliminary attempts to optimize these activities are programmed.

- Résumé -

Les *Lactobacilles* sont connus pour être impliqués dans de nombreuses fermentations alimentaires locales en particulier celles des produits à base de ceréales ou de manioc. Il est donc important d'améliorer les cultures bactériennes pour qu'elles puissent être utilisées en tant qu' inoculum de départ. Ce type d'inoculum pourra être utilisé au niveau villageois ou au niveau d'unités commerciales de taille moyenne.

L'utilisation d'inoculum de départ permettra, à la fois, de mieux controler la fermentation et conduira à la production d' aliments standards de haute qualité.

Les *lactobacilles* ont été isolés à partir de 9 aliments fermentés Nigérians. Nous avons déterminé leurs capacités à produire de l'amylase, de la linamarase et des bactériocines. Les souches de *lactobacilles* possédant ces caractères et ayant les potentialités pour être utilisées comme inoculum de départ ont été identifiées comme appartenant aux espèces suivantes : *L. plantarum, L. pentosum et L. fermentum.* Des essais préliminaires pour optimiser ces activités sont programmés.

Introduction

Many African foods are fermented before consumption. The Micro-organisms involved in African food fermentation are restricted to a few groups of yeasts and bacteria (Odunfa, 1985). Lactic acid bacteria particularly *Lactobacillus* are involved in the fermentation of many African foods. In general, acid cereal and cassava fermentation in Africa have *Lactobacillus spp.* as the predominant micro-organisms. They have been reported to be involved in the production of a wide range of products.

The indigenous fermentation operation is plagued with many problems, which include non-reproducible quality of products, lack of uniformity in taste and flavour and short shelf life. This is mainly because fermentation generally depends on chance inoculation from the environment and starter cultures are not used thus encouraging spoilage organisms, contamination and unhygienic products. In addition, cereals and cassava are generally low in nutrients. For example, cereals like corn are low in minerals. The antimetabolite phytic acid is common and condensed tannins are high in sorghum. Corn is deficient in lysine and in tryptophan (Austin, 1979). In corn meal, phytate is believed to complex with some metallic ions to form insoluble compounds. Phytate also complexes with proteins making them less soluble. The other problem with cereal-based foods in Africa is the loss of important nutrients during processing.

Cassava contains 90% fermentable carbohydrate whereas the protein content is 3.60% (Oyenuga, 1968). Since cereals and cassava play an important role in African diets, it is essential to improve their nutritive values. The inoculation of cassava or batters of cereal with one or several selected strains of bacteria would provide improved control of fermentation and lead to the production of a high quality and standardized products. The present work is aimed at improving fermented foods by screening for properties amongst useful *Lactobacillus spp.* in fermentation strains.

Materials and methods

1. Source of materials and isolation procedure

The *Lactobacillus* isolates were obtained from 9 locally fermented foods and beverages. These were *Ogi* (fermented maize or sorghum), *fufu* (fermented cassava), *Ogiri* (fermented melon seeds), *iru* (fermented African locust bean), *pito'* (fermented guinea corn and maize), *burukutu* (fermented guinea corn and maize), *nono* (fermented stimmed cow milk), *ugba* (fermented oil bean) and *kunu zarki'* (fermented millet). These foods were carbohydrate and milk based.

Samples were taken at 24h intervals under aseptic conditions or from finished products. One gram of each food item was weighed and placed into 9ml of sterile 0.1% peptone water to form a solution. Serial dilutions were then made from the solution and plated. The total viable counts were on plate count agar (PCA) (Oxoid). Yeast and mould counts were determined on Malt Extract Agar (MEA) containing 100U ml^{-1} streptomycin. Lactic acid bacteria were isolated on de Man Rogosa Sharpe (MRS) agar incubated under anaerobic conditions (BBL Gas Pak). Plates were incubated at 30°C for 24h for the PCA and MRS media and for 4-5 days for the MEA medium.

2. Characterization and identification

Isolates were picked randomly at varying times from the PCA plates and subcultured before being subjected to physiological and biochemical tests (Harrigan and McCance, 1976; Barnett *et al.*, 1983; Sneath, 1986). Identification was based mainly on the following (1) configuration of the lactic acid produced using an enzymatic method with dehydrogenase L and D (Boehringer, Mannheim, FRG), (2) homolactic or heterolactic character; determined by acetic acid or ethanol production (3) absence of catalase (4) microscopic and macroscopic examination of morphology, mobility and spores (5) Gram stain (6) arginine deamination (7) growth at 15 and 45°C (8) fermentation of different carbob sources (AP) 50CH N°. 5030 strips, Biomerieux, Charbonnières les Bains, France). *Lactobacilli spp.* were taxonomically classified following the discriminatory schemes of Kandler and Weiss (1986) and Hammes *et al.* (1992).

2.1. Bacteriocin assay

Bacteriocin producing *Lactobacilli spp.* were identified by the formation of a clear halo on BSM in the agar drop assay as described by Tichaczek *et al.* (1992) and Olukoya *et al.* (1993). In this medium the inhibitory activity caused by organic acids and hydrogen peroxide was excluded by the low sugar content and buffering while hydrogen peroxide was removed by the inclusion of catalase. The inhibitory spectrum and sensitivity to heat and autoclaving of the bacteriocin were investigated as described by Tichaczek *et al.* (1992) and Olukoya *et al.*, (1993). Screening for general antimicrobial activity against other bacteria were done using the same procedure but on ordinary MRS agar. Most of the strains used as indicators have already been listed (Tichaczek *et al.*, 1992; Olukoya *et al.*, 1993). The other strains were from own collections.

2.2. Screening for α-amylase

This was by the addition of 1% soluble starch to MRS agar plates. After incubation at 30°C for 2-4 days, the plates were stained with iodine (0.33%

12,0.66%KI) and screened for halos. Partial characterization of the α-amylase produced was carried out as described by Amund and Ogunstina (1987).

2.3. Screening for phytase activity

This was as described by Lopez *et al.* (1983).

2.4. Screening for Fungicidal activity

Lactobacillus spp. was grown overnight on MRS agar incubated anaerobically at 37°C. This and was scraped with a sterile loop into a bijou bottle containing 3ml sterile MRS broth. *Aspergillus niger* was introduced into the MRS broth and the bottle was closed and mixed thoroughly. The lid was lightly unscrewed and the bottle was incubated at 37°C. Incubated bottles were monitored daily for appearance of fungal sprouts. Aliquots were taken at intervals and cultured on SDA for fungal viability. Alternatively, the test *Lactobacillus spp.* was grown overnight in the centre of a MRS agar plate incubated anaerobically at 37°C.

This was then overlaid with soft sterile SDA (4%) seeded with *Aspergillus niger.* Plates were observed for the formation of clear halo of fungal inhibition zones around plate centres. Controls were treated in the same manner as in experiments, except that no *Lactobacillus spp.* was introduced into the medium.

Determination of the contribution of H_2O_2 and lactic acid to fungal inhibition: The test organisms were screened for catalase production. The plate assay for anti-fungal activity was done as earlier described. However, BSM (bacteriocin screening medium) containing catalase was substituted for MRS agar. In BSM the inhibitory activity caused by organic acids was excluded by the low sugar content and buffering while hydrogen peroxide was removed by catalase. (Tichaczek *et al.*, 1992).

2.5. Screening for linamarase production

The procedures described by Okafor and Ejiofor (1988) and Oyemifoe (1990) were followed for screening linamarin utilizers through hydrogen cyanide production. Because of the high cost of purified linamarin, microquantities were used in this investigation. The basal medium used was M.R.S. broth without glucose and meat extract but containing 0.05% chlorophenol red. Medium contained in a flask (250ml) and empty Eppendorf tubes were separately sterilized (121°C, 15 min.). With the aid of a micropipetter (Pipetman F - Gilson, France) with sterilized tips, 9 µl of the basal medium was pipetted into each of the sterilized Eppendorf tubes under aseptic conditions.

Purified linamarin was purchased from Sigma Chemie GmbH, München, Germany. A stock solution of linamarin (1 µg in 10 µl) was prepared and filter-sterilized through 0.45 µm pored cellulose nitrate filter (Sartorius GmbH, Göttingen, West Germany). Linamarin solution (1 µl) was aseptically added to 9 µl basal medium. The Eppendorf tubes containing the medium were inoculated with 1 µl of the overnight culture which had earlier been washed in sterile distilled water.

Uninoculated tubes served as controls. The Eppendorf tube lids were secured with strips of filter paper (2mm width) immersed in alkaline picrate with the paper strips hanging above the inoculate media as in the modified procedure of Okafor and Ejiofor (1986) where alkaline picrate strips were placed on the inside of the top of Petri dishes containing linamarin agar. The tubes were incubated at 30°C for 24-96 hours. Change in colour of the linamarin-basal medium from red to yellow were taken as indicators of linamarin hydrolysis to produce hydrogen cyanide and acid.

Results

Of the 126 *Lactobacillus* species isolated from 9 African fermented foods, 36 (28.6%) were found to be *L. plantarum*; 25 (19.8%) *L. fermentum;* 22 (17.5%) L. brevis; 8 (6.3%) *L. cellobiosus*; 2 (1.6%) *L. pentosus*; 8 (6.3%) *L. acidophilus*; 2 (1.6%) *L. del. delbrueckii*; and 8 (6.3%) Lactobacillus species.

These isolates were screened for their (i) amylolytic activity (ii) bacteriocin production (iii) linamarase production (iv) antifungal activity (v) phytase production.

Results obtained were as follows:

- Linamarase producers 48 (38%);
- Amylase producers 4 (3.2%);
- Bacteriocin producers which showed inhibition towards one or more indicator strains were 15 (11.9%).
- Phytase producers 38 (30.2%) and
- antifungal activities 5 (3.9%).

Conclusion

Lactic acid bacteria fermentation is common in African fermented foods (Odunfa, 1985; Olukoya, 1993). Lactobacillus are known to possess some activities useful in local fermentation and beneficial to health. These beneficial values could be harnessed so as to improve African fermented foods (Olukoya, 1994). These

characteristics have been identified in this study and studies are presently in progress to maximize and exploit these useful characteristics. Already two fermented foods have been improved using a combination of starter cultures. These foods are Ogi (Olukoya, 1994) and Wara (Olukoya *et al.*, unpublished).

References

AMUND (O. O.), OGUNSHINA (O. A.), 1987 - Extra cellular amylase production by cassava - fermenting bacteria. *J. Ind. Microbiol.*, 2 : 123-127.

AUSTIN (J. E.), 1979 - *Global Malnutrition and cereal fortification.* Ballinger Publishing Company. Cambridge. M.A.

BARNETT (J. A.), PAYNE (R.W.), YARROW (D.), 1983 - *Yeasts: Characteristics and identification.* Cambridge University Press.

GAWEHN (K.), BERGMEYER (H.U.), 1974 - «D(-) Lactate». *In* Bergmayer (H.U.), éd. : *Methoden der enzymatischen Analyse II,* Verlag Chemie, Weinheim : 1538-1541.

GUTMANN (J.), WAHLEFELD (A.W.), 1974 - «L(+) Lactate: Bestimmung unit Lactate Dehydrogenase and NAD». *In* Bergmayer (H.U.), éd. : *Methoden der enzymatischen Analyse II,* Verlag Chemie, Weinheim : 1510-1514.

HAMMES (W.P.), WEISS (N.), HOLZAPTEL (W.), 1992 - «The genera *Lactobacillus* and *Carnobacterium*». *In* Albert (B.), Truper (H.G.), Dworkin (M.), Harder (W.), Schleifer (H.K.), éd. : *Prokaryotes.* 2nd Eds., Vol. II. New York Inc. Springer-Verlag.

HARRIGAN (W. F.), MCCANCE (M.E.), 1976 - *Laboratory methods in food and diary microbiology.* London. Academic Press.

KANDLER (O.), WEISS (N.), 1986 - «Regular, non-sporing gram-positive rods». *In* Sneath (P.H.A.), Mair (N.), Sharpe (M.E.), Holt (J.G.), éd. : *Bergey's Manual of systematic bacteriology.* Vol.II. Baltimore. Williams and Wilkins: 1208-1234.

LOPEZ (V.), CORDON (D. T.), FIELDS (M. L.), 1983 - Release of phosphorous from phytate by natural lactic acid fermentation. *Journal of Food. Science,* 48 : 953.

ODUNFA (S. A.), 1985 - «African fermented foods». *In* Wood (B.J.), éd. : *Microbiology of fermented foods.* Vol. 2. London and New York. Elsevier Applied Science Publishers : 151-191.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (M.A.N.), 1986 - The microbial breakdown of linamarin in fermenting pulp of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). *MIRCEN J.*, 2 : 327-318.

OLUKOYA (D.K.), TICHACZEK (P.S.), BUTSCH (A.), VOGEL (R.E.), HAMMES (W.P.), 1993 - Characterization of the bacteriocins produced by *Lactobacillus pentosus* Dk 7 isolated from ogi and *L. plantarum* Dk 9 from fufu. *Chem. Mikrobiol. Technol. Lebenson.*, 15 : 65-68.

OLUKOYA (D.K.), EBIGWEI (S.J.), OLASUPO (N.A.), OGUNJIMI (A.), 1994 - Production of Dogik: An unproved ogi (Nigerian fermented weaning food) with potentials for use in diarrhoea control. *Journal of Tropical Pediatrics*, 40 : 108-113.

OYENUGA (V.A.) ,1968 - *Nigerian's foods and feeding stuffs: Their chemistry and nutritive values.* 3rd edn. Ibadan University Press, Nigeria.

OYEWOLE (O.B.), 1990) - *Microbiological studies on cassava fermentation for 'lafun' and 'fufu' production.* Ph.D. Thesis. Dept. of Botany and Microbiology, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria.

SNEATH (P.H.A.), 1986 - *Bergey's Manual of Systematic Bacteriology,* Vol. 2. Baltimore. Williams and Wilkins.

TICHACZEK (P.S.), NISSEN-MEYER(J.), NES (I.F), HAMMES(W.P), 1992 - Characterization of the bacteriocins curvacins from *Lactobacillus curvatus* LTH1174 and sakacin P from *L. sake* LTH673. *Syst. Appl. Microbiol.*, 15 : 460-468.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Contrôle de la fermentation du manioc pour un meilleur gari : utilisation d'un starter de *Lactobacillus plantarum* à activité linamarase et amylase

Control of cassava fermentation for better gari: Use of Lactobacillus plantarum A6 *starter culture with linamarase and amylase activities*

E. GIRAUD*, A. BRAUMAN**, S. KELEKE**, L. GOSSELIN*, M. RAIMBAULT.***

** Laboratoire de Biotechnologie, Centre ORSTOM, Montpellier (France)*
*** Laboratoire de Microbiologie, Centre DGRST/ORSTOM, Brazzaville (Congo)*
**** ORSTOM, Cali (Colombie)*

- Résumé -

La maîtrise de l'étape fermentaire pour la production du gari necessite la mise au point d'inoculum constitué de bactéries lactiques ayant des propriétés physiologiques particulières (acido-tolérance, caractère homolactique, production de linamarase, amylase...). Cette étude concerne essentiellement une bactérie lactique, *Lactobacillus plantarum A6*, isolée au Congo à partir de manioc fermenté. Cette souche a été selectionnée initialement pour sa capacité exceptionnelle à dégrader l'amidon. Au cours de ces travaux, il a été montré que les bactéries lactiques résistaient à des concentrations importantes de cyanure et que certaines étaient capables de dégrader la linamarine. Ainsi *L. plantarum A6* cultivée sur un milieu à base de cellobiose, présentait à la fois une activité linamarase (76.4 U/g de cellules) et une activité amylasique (36 U/ml). La synthèse de ces 2 enzymes est réprimée par le glucose.

Enfin, des essais préliminaires d'inoculation du manioc avec la souche *L. plantarum A6* ont été réalisés pour la production de Gari. Cette inoculation a pour effets : le passage du profil fermentaire hétérolactique, observé pour la fermentation naturelle, à homolactique ; une baisse plus importante et rapide du pH et une production bien supérieure d'acide lactique. Les résultats obtenus n'ont montré cependant aucune amélioration notable dans la détoxication du manioc, dû à une une forte activité linamarase endogène. En revanche, cette souche pourrait jouer un rôle significatif dans le développement des qualités organoleptiques et dans dans la conservation et la standardisation du produit obtenu, grâce aux quantités élevées d'acide lactique produites et à la baisse rapide et importante du pH qui en résulte.

- Abstract -

In most cassava root processing techniques, a lactic acid fermentation stage is involved which is directly or indirectly associated with detoxification, preservation and the production of organoleptic qualities of the various foods obtained. However, as this fermentation is linked to the development of an epiphyte microflora in uncontrolled conditions, the quality of these foods are particularly variable. The inoculation of cassava with a lactic acid bacteria starter culture characterised by special physiological and metabolic properties (acid tolerance, homolactic nature, linamarase and amylase production) would ensure perfect control of the fermentation stage.

Studies were essentially on a lactic acid bacteria *Lactobacillus plantarum A6,* isolated from fermented cassava, in the Congo. This strain was initialy selected for its exceptional capability to break down starch. The physiology and the produced alpha-amylase characteristics have been studied.

During this investigation, it was also shown that lactic acid bacteria were resistant to high cyanogenic glucoside levels and were, for some of them, able to hydrolyse linamarin. In particular, *L. plantarum A6* strain cultured on cellobiose based culture medium was found to have linamarase (76.4 U/g cells) and amylase (36 U/ml) activities. The synthesis of these two enzymes was suppressed by glucose.

Lastly, preliminary tests on cassava inoculation with *L. plantarum A6* strain have been carried out for the production of gari (West African food). Such an inoculation had two main effects: a move from a heterolactic profile, as observed in natural fermentation, to an homolactic profile; a more important and rapid decrease in pH and a marked higher production of lactic acid. Results obtained showed no notable improvement in the detoxification of cassava due to the presence of a high endogenous linamarase activity. However, with regard to the high levels of lactic acid produced and the resulting very rapid decrease in pH, this strain could be used in the development of organoleptic qualities, preservation and standardisation of products .

Introduction

Le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) compte plus de 500 millions de consommateurs et constitue ainsi l'aliment de base de nombreux pays tropicaux d'Afrique, d'Asie et d'Amérique. A ce titre, il est considéré comme un élément clé de la lutte contre les problèmes de nutrition qui sévissent dans les pays africains et cela, malgré une certaine toxicité liée à la présence de glucosides cyanogénétiques dans ses racines (linamarine principalement) et son caractère hautement périssable après récolte.

Les populations autochtones ont su élaborer toute une série de traitements permettant de stabiliser ce produit et de réduire sa toxicité. Le problème majeur de l'ensemble de ces procédés traditionnels se situe au niveau de la qualité des différents aliments obtenus qui est très fluctuante. En effet, le processus fermentaire qui s'effectue spontanément grâce au développement de la microflore épiphyte, peut conduire à des produits d'une qualité organoleptique, microbiologique ou toxicologique indésirable. L'inoculation du manioc avec un starter de bactéries lactiques se caractérisant par des propriétés physiologiques et métaboliques particulières permettrait d'assurer la maîtrise de l'étape de fermentation. Dans le cas du gari, pour lequel on recherche principalement une détoxication et une acidification importante associée à une production élevée d'acide lactique, nous pouvons définir un ensemble de critères que devrait présenter le starter utilisé :

- développement rapide afin de s'imposer sur le développement de la microflore naturelle et surtout sur celui des microorganismes indésirables ;
- acido-tolérance et diminution du pH le plus rapidement possible ;
- production de forte quantité d'acide lactique et principalement l'isomère L(+) lactate qui est le seul métabolisable par l'homme ;
- hydrolyse des glucosides cyanogénétiques du manioc afin d'en réduire la toxicité ;
- capacité à métaboliser l'amidon (principale source de carbone disponible)
- stabilité génétique de la souche.

Dans ce travail, notre objectif a été d'une part de trouver la souche qui répondrait le mieux à ces différents critères et d'autre part d'étudier l'effet d'un tel inoculum sur la fermentation naturelle du manioc.

Matériel et méthodes

1. Isolement et identification des souches

Les racines épluchées sont immergées dans de l'eau de pluie. Le prélèvement s'effectue après 4 jours de fermentation par tirage au sort de 6 racines

qui sont découpées en petit dés de 0,5 cm puis mélangés dans des conditions stériles. 60 g sont prélevés et dilués dans 540 ml d'eau peptonée stérile. 0,1 ml de différentes dilutions décimales ont été étalés sur boîte de Pétri sur milieu JP2 (Giraud *et al.*, 1991). Après incubation pendant 48 h à 30°C, les boîtes sont exposées à des vapeurs d'iode pour mettre en évidence les zones d'hydrolyse de l'amidon. La production d'acide lactique est recherchée par analyse par HPLC, du surnageant de culture des différentes souches sur milieu MRS contenant 20 g/l d'amidon. L'identification des microorganismes repose sur les examens suivants : 1) configuration de l'acide lactique produit, déterminée par une méthode enzymatique avec des déshydrogénases L et D (Boehringer Mannheim), 2) caractère homolactique ou hétérolactique, recherché par la production d'acide acétique ou d'éthanol, 3) présence de catalase, 4) examen microscopique et macroscopique : morphologie, mobilité, spore 5) coloration de gram, 6) désamination de l'arginine, 7) croissance à 15° et 45°C, 8) fermentation de différentes sources d'hydrates de carbone (galerie . API 50CH (# 5030) (Biomerieux, France). L'évaluation des résultats et l'identification des différentes souches ont été faites d'après le manuel Bergey (Sneath, 1986).

2. Milieux et conditions de culture

Un milieu de base de composition identique au milieu MRS (de Man *et al.* 1960) est utilisé. Le glucose est remplacé selon l'expérience par 50 g d'amidon (Prolabo). Les souches sont cultivées en fermenteurs de 2 l (Biolaffite, Poissy, France) à 30°C et agité à 200 rpm. Le pH est régulé à 6,0 par addition de NaOH 5N. L'inoculation à 10% (v/v) est réalisée avec une préculture de 20 h dans un milieu de composition identique à celui utilisé pour la fermentation.

3. Méthodes analytiques

La biomasse, les concentrations en acides organiques, glucose et les sucres totaux sont déterminés selon les méthodes décrites par Giraud *et al.* (1991). L'activité amylasique, est déterminée sur le surnageant de culture selon la méthode décrite par Giraud *et al.* (1993). L'activité linamarase est déterminée sur les cellules entières selon la méthode décrite par Giraud *et al.* (1992).

4. Etudes sur le gari

Le manioc en provenance du Cameroun a été obtenu par Anarex (Paris, France). Les racines ont été épluchées, coupées en cubes et congelées à -80°C. Le gari a été obtenu par broyage des cubes dans un mixer ménager après décongélation. La pulpe ainsi obtenue est homogénéisée et répartie en pots de 50 ml complètement remplis, fermés hermétiquement et placés à 30°C. Trois séries ont

été préparées : (a) Fermentation naturelle avec la microflore présente; (b) Fermentation après inoculation de *L. plantarum A6* (10^8 cellules/g de manioc sec) préalablement cultivé en fermenteur sur MRS cellobiose; (c) Fermentation après inoculation avec *L. plantarum* Lacto-labo (108 cellules/g de manioc sec) préalablement cultivé en fermenteur sur MRS cellobiose. Les cellules ont été lavées dans de l'eau physiologique avant inoculation du manioc.

Un pot de chaque série est prélevé à différents temps pour effectuer les analyses suivantes :

- Le pH est mesuré sur un échantillon de 10 g homogénéisé avec 20 ml d'eau distillée. La matière sèche est déterminée sur un échantillon de 10 g séché à 105°C pendant 24 h.
- La flore lactique est estimée sur un échantillon de 10 g, par numération sur boîte de Pétri, sur milieu MRS après 48 h à 30°C.
- Pour l'analyse des composés cyanurés et des acides organiques, 10 g de gari sont broyés 1min à l'Ultra-Turax dans 10 ml d'H2SO4 0,1 N. Le surnageant du broyat récupéré par centrifugation est utilisé pour les analyses.

Les acides sont dosés par HPLC selon la méthode décrite par Giraud *et al.* (1991). Les différentes formes de cyanures sont dosées à partir d'une méthode dérivée de celle décrite par Cooke (1978) : les cyanures totaux sont dosés après hydrolyse de la linamarine par l'action d'un culot de 1ml d'une culture de *L. plantarum A6*, les cyanures libres sont dosés après passage en milieu basique et les ions CN- sont dosés à l'aide d'un Kit Merk Spectroquant (ref. 14800). La concentration en linamarine est alors déterminée par différence des concentrations en cyanures totaux et libres, et celle de l'acétone cyanohydrine par différence des concentrations en cyanures libres et HCN.

Résultats et discussion

1. Recherche de bactéries lactiques amylolytiques

Plusieurs considérations nous ont amenés à penser que le choix d'une bactérie lactique capable de dégrader l'amidon était primordial :

- Les racines de manioc sont constituées de plus de 80% d'amidon, l'amidon représente ainsi la principale source de carbone disponible ;
- l'hydrolyse de l'amidon doit fournir aux microorganismes des sucres facilement métabolisable en acide lactique, ce qui devrait permettre d'augmenter la teneur en cette acide dans la pulpe de manioc fermentée ;
- une bactérie amylolytique devrait s'imposer plus facilement sur la microflore non amylolytique.

Sept microorganismes amylolytiques ont pu être isolés sur milieu JP2 à partir de racines de manioc roui. Parmi les 7 souches, 2 ont été sélectionnées pour leur capacité à produire de l'acide lactique à partir d'amidon (mise en évidence par HPLC). Selon leurs caractéristiques morphologiques, physiologiques et biochimiques, ces 2 microorganismes ont été identifiés comme des souches de *L. plantarum*. Les 2 souches, A6 et A43 présentant exactement le même profil de dégradation des sucres sont probablement identiques. La souche A6 dénommée *L. plantarum* A6 a été sélectionnée pour la suite de notre étude.

2. Cinétique de croissance de *L. plantarum A6*

Il est observé que la croissance de *L. plantarum A6* sur MRS glucose 50 g/l (figure 1) est très comparable à celle de *L. plantarum* (Lacto-labo). Le taux de croissance (0,43 h-1) et la productivité en biomasse (0,75 g/l/h) sont légèrement plus faibles que ceux de la souche standard mais les rendements en biomasse et en lactate sont pratiquement identiques. Ainsi, La souche A6 ne semble pas présenter d'exigence nutritionnelle spécifique différente de celle de Lacto-labo, ce qui permet d'envisager sa production massive.

Sur MRS amidon, la souche A6 conserve un taux de croissance élevé et les mêmes rendements de production en biomasse et en lactate (figure 2). La vitesse d'hydrolyse de l'amidon est supérieure à sa vitesse d'assimilation, ce qui conduit à l'apparition d'un pic de maltose pouvant atteindre 3 g/l à la septième heure de

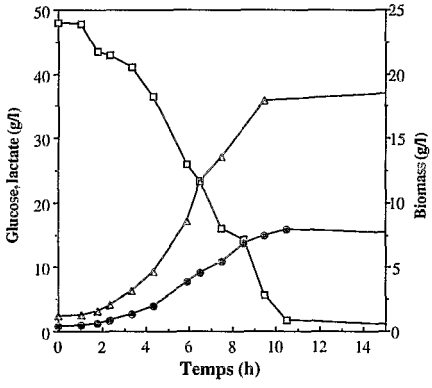


Fig. 1.
Fermentation de L. plantarum A6 *sur MRS glucose (glucose, ❑ ;acide lactique, Δ ; biomasse, ●). Température 30°C, pH 6.*

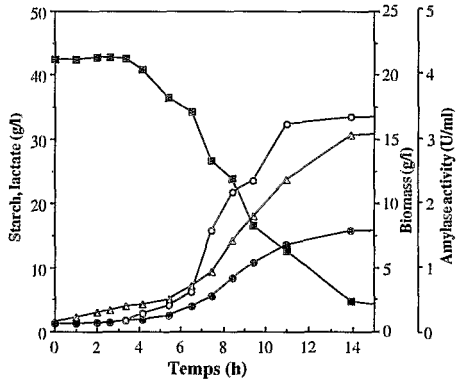


Fig. 2.
Fermentation de L. plantarum A6 *sur MRS amidon (amidon, ■ ; acide lactique, Δ; biomasse, ● ; activité amylase, ○). Température 30°C, pH 6.*

fermentation (résultat non montré). La vitesse d'hydrolyse de l'amidon n'apparaît donc pas comme un facteur limitant de la vitesse de croissance du microorganisme.

Outre sa forte capacité amylolytique, nous avons pu observer que *Lactobacillus plantarum* était un microorganisme fortement acidotolérant (pH limite de croissance 3,4) pouvant provoquer dans des conditions de pH non contrôlé, une acidification rapide du milieu associée à une production élevée d'acide lactique. Il apparaît ainsi que *Lactobacillus plantarum A6* présente la majorité des critères initialement définis.

3. Dégradation de la linamarine par les bactéries lactiques

Comme nous nous sommes précédemment interrogés sur l'intérêt de rechercher une bactérie lactique amylolytique, nous pouvons nous interroger à présent sur l'intérêt de rechercher une bactérie lactique capable de dégrader la linamarine. Trois éléments nous amènent à considérer l'importance d'une telle propriété : il a été tout d'abords montré que la quantité de linamarase endogène du manioc était insuffisante pour permettre une dégradation complète de la linamarine (Ikediobi et Onyike, 1982) ; Par ailleurs, il a été observé par les mêmes auteurs, que l'ajout de linamarase exogène durant la fermentation permettait de réduire la toxicité des aliments et enfin, il a déjà été mis en évidence que certains microorganismes (levures, bactéries, champignons) étaient capables de dégrader la linamarine (Ikediobi et Onyike, 1982 ; Okafor et Ejiofor, 1986 et 1990).

Ainsi, l'inoculation du manioc avec une bactérie lactique possédant une activité linamarase devrait permettre d'améliorer les performances d'hydrolyse de la linamarine durant la fermentation et diminuer ainsi la toxicité des aliments obtenus.

L'activité linamarase a été recherchée après culture sur MRS cellobiose de 10 bactéries lactiques dont 7 de collection choisies arbitrairement (Tableau 1). Le cellobiose a été choisi comme substrat pour induire chez ces bactéries la synthèse de ß-glucosidase (la linamarase étant une ß-glucosidase). Parmi les 10 souches testées, 6 présentent une activité linamarase (L. *plantarum* Lacto-labo, L. *plantarum* A6, L. *plantarum* A43, *Streptococcus lactis, Leuconostoc mesenteroides, Pediococcus pentosaceus*). Cette activité enzymatique a été retrouvée dans tous les cas sur le culot cellulaire, aucune activité n'ayant été mise en évidence sur le surnageant de culture. Comme nous pouvons le constater, la capacité des bactéries lactiques à dégrader la linamarine n'apparaît pas comme une caractéristique exceptionnelle. Parmi ces 6 souches, celles de *L. plantarum* semblent les plus intéressantes, elles présentent en effet les plus fortes activités linamarases mesurées (supérieure à 30 U/g).

4. Effet de l'inoculation de *L. plantarum A6* sur la fermentation du manioc

Comme nous l'avons précédemment observé, la souche *L. plantarum A6* présente des potentialités intéressantes : souche acido-tolérante, produisant de l'acide lactique en forte quantité, ayant un taux de croissance élevé avec un

Tableau 1.
Mesure de l'activité linamarase sur différentes bactéries lactiques cultivées sur milieu MRS cellobiose (10 g/l).

Microorganisme	Biomasse g/l	Linamarase U/g de biomasse
L. plantarum A6	2,5	35,5
L. plantarum A43	2,4	31,4
L. plantarum (Lacto labo)	3,0	30,5
L. brevis	0,3	*
L. amylophilus	0,3	*
S. lactis	0,5	19,0
S. equinus	0,4	*
L. mesenteroides	0,5	4,4
L. cremoris	0,3	*
P. pentosaceus	1,1	26,6

* = non détecté.

rendement en biomasse/substrat important, capable de dégrader l'amidon ainsi que la linamarine. Bien qu'elle ne produise pas principalement l'isomère L(+) lactate, la souche présente la majorité des critères que nous avions considérés comme nécessaires pour constituer un starter efficace pour la fermentation du manioc en vue de la production de gari. Il paraissait donc intéressant d'étudier l'effet de l'inoculation d'une telle souche sur la fermentation du manioc.

Trois fermentations ont été réalisées simultanément : a) fermentation naturelle du manioc, b) inoculation avec *L. plantarum A6* , c) inoculation avec une souche témoin *L. plantarum* Lacto-labo. Les souches utilisées comme starter ont été préalablement cultivées en fermenteur sur milieu MRS-cellobiose, puis récoltées après la phase exponentielle de croissance, lavées et conservées à 4°C dans de l'eau physiologique jusqu'au moment de l'inoculation (24 h). Au cours de ces fermentations, nous avons suivi l'évolution du pH, de la flore lactique, des acides organiques, des différents composés cyanés (linamarine, cyanohydrines et HCN), et de l'activité linamarase endogène du manioc.

5. Evolution du pH, des acides organiques et de la flore lactique

Nous constatons dans les trois essais réalisés, une diminution rapide du pH dès le premier jour de fermentation (figure 3). Le pH chute de 6,2 à 4,3 dans le cas de la fermentation naturelle et de 6,2 à 3,9 avec inoculation. Cette variation du pH est corrélée avec la production d'acide lactique qui est le principal métabolite formé (figure 4). Ceci confirme que la flore lactique est la microflore fermentaire prédominante, elle atteint dans les trois cas un maximum de 5 10^9 cfu/g de MS après 24 h (figure 4).

Dans le cas de la fermentation naturelle, nous observons durant les 24 premières heures, une production simultanée d'acide lactique et d'acide acétique et, à l'état de traces, d'acide propionique, d'acide butyrique et d'éthanol. On note cependant, que la teneur en acétate est maximale dès la vingtième heure de fermentation (1 g/100 g MS) et reste constante ensuite, alors que la concentration en lactate augmente régulièrement à partir du deuxième jour, pour atteindre 3,3 g/100 g MS au quatrième jour de fermentation.

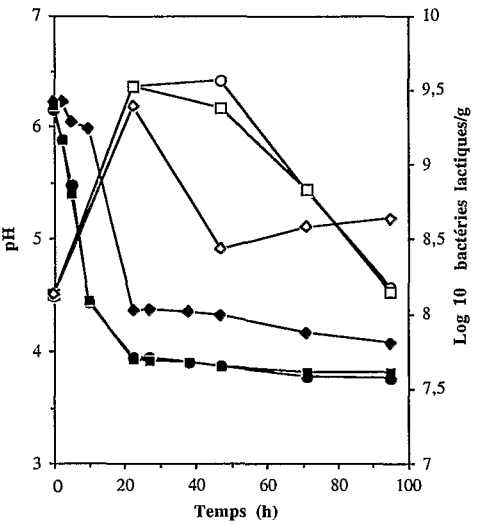


Fig. 3.

Evolution du pH et du nombre de bactéries lactiques (LAB) durant la fermentation du manioc. Fermentation naturelle (◆ , pH ; ◆, LAB) ; Inoculation avec L. plantarum A6 (●, pH ; ○ , LAB) ;

On peut ainsi supposer que la fermentation serait liée dans un premier temps au développement d'une flore hétérolactique, supplantée dans un deuxième temps par une flore homolactique plus tolérante aux pH acides. Cette hypothèse

est en accord avec les résultats d'Oyewole et Odunfa (1990) qui observent, durant la préparation du foufou, un développement majoritaire de *L. mesenteroides* supplanté dans un deuxième temps par *L. plantarum*. Ils suggèrent que cette succession serait liée à une incapacité de *L. mesenteroides* à tolérer l'augmentation d'acidité. Pour McDonald *et al.* (1990), la capacité de *L. plantarum* à maintenir un gradient de pH (entre l'intérieur et l'extérieur de la cellule) en présence de fortes quantités d'acétate et de lactate, expliquerait, dans la plupart des cas, que ce microorganisme intervienne en dernier lieu dans les fermentations des végétaux. Par opposition, l'incapacité de *L. mesenteroides* à maintenir ce gradient de pH, expliquerait son élimination dès le premier stade de la fermentation.

Dans le cas des fermentations réalisées avec inoculation, la production de lactate est très supérieure à celle observée pour la fermentation naturelle, avec cependant des différences au niveau des cinétiques de production de cet acide selon la souche considérée. On observe en effet que la teneur en lactate atteint son maximum (4 g/100 g MS) et reste stable après un jour de fermentation pour la souche témoin alors que dans le cas de l'utilisation d'une souche amylolytique (*L. plantarum A6*), la production de lactate se poursuit et augmente encore de plus de 25%.

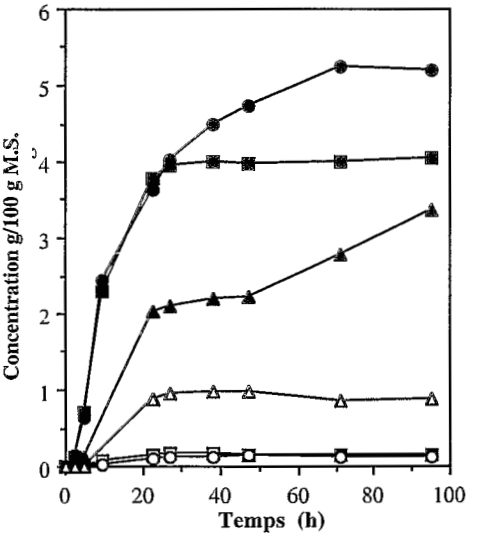


Fig 4 .

Evolution des concentrations en lactate et acétate durant la fermentation du manioc. Fermentation naturelle (▲, lactate; Δ , acétate) ; Inoculation avec L. plantarum A6 (●, *lactate ;* ○, *acétate) ; Inoculation avec* L. plantarum *Lacto-labo* (■ , *lactate ;* ❑ , *acétate).*

La faible production d'acétate observée au cours des essais avec inoculation suggère que l'inoculation massive du manioc avec une souche de *L. plantarum* permet à ce microorganisme de supplanter le développement de la microflore naturelle hétérolactique dés les premières heures de fermentation.

6. Évolution des composés cyanurés et de la linamarase endogène

Dans les trois traitements réalisés, les cyanures initialement présents sous forme de linamarine sont transformés, en moins de 5 heures, en acétone cyanohydrine et en HCN (résultats non montrés, Giraud *et al.*, 1993). La quantité de cyanures libres n'évolue plus alors jusqu'à la fin de la fermentation. On note cependant que dans les essais avec inoculation, la proportion d'acétone cyanohydrine est supérieure. Ce phénomène serait lié à la diminution plus rapide du pH qui entraîne, comme Cooke (1978) l'a démontré, un ralentissement de la dissociation de l'acétone cyanohydrine en acétone et HCN. Il apparaît ici que la quantité de linamarase endogène du manioc, libérée lors de l'étape de râpage, est suffisante pour permettre une hydrolyse très rapide et totale de la linamarine, malgré la diminution de cette activité enzymatique observée au cours du temps (résultats non montrés, Giraud *et al.*, 1993). Dans le cas des fermentations avec inoculation, cette diminution est plus significative. Elle peut être associée à une hydrolyse de la linamarase par des protéases produites par *L. plantarum* ou à la baisse de pH plus importante et plus rapide pouvant entraîner une dénaturation supérieure de la linamarase endogène du manioc.

Conclusion

L'utilisation de *Lactobacillus plantarum* A6 comme starter de la fermentation du manioc, semble améliorer le profil d'acidification et nous permet d'envisager de raccourcir la durée de la fermentation à 24 h. Cependant, cela ne semble pas apporter d'amélioration significative au niveau de la détoxication du manioc, et présente même un effet antagoniste. Il ressort de notre étude, que la quantité de linamarase endogène libérée lors de l'étape de râpage est suffisante pour permettre une dégradation totale et rapide de la linamarine. Ce résultat rejoint celui de Vasconcelos *et al.* (1990), qui observaient que 95% de la linamarine initiale étaient hydrolysés trois heures après l'étape de râpage. Néanmoins, il diffère de ceux présentés par Ikediobi et Onyike (1982) et Okafor et Ejiofor (1990) qui montraient que l'ajout de linamarase ou l'inoculation avec une souche ayant une activité linamarase pouvait améliorer la détoxication, ainsi que de ceux de Maopoog *et al.* (1989) qui mettaient en évidence que la quantité de linamarase endogène était insuffisante pour permettre l'hydrolyse complète des glucosides cyanogénétiques.

Ces différences peuvent s'expliquer par l'utilisation de variétés de manioc possédant des niveaux plus ou moins importants en linamarase endogène, ou bien encore par l'utilisation d'une technique non traditionnelle de préparation du manioc. L'étape de râpage des racines, réalisée dans notre étude à l'aide d'un mixer, a probablement provoqué une destruction plus complète de la structure végétale et favorisé la mise en contact de l'enzyme avec la linamarine. Le rôle exact de *L. plantarum* dans le processus de détoxication du manioc, devrait donc être apprécié à partir d'essais réalisés dans des conditions traditionnelles de préparation.

En ce qui concerne les autres paramètres physico-chimiques et microbiologiques, il apparaît que l'inoculation du manioc avec une souche de *L. plantarum* entraîne : le passage d'un profil fermentaire hétérolactique caractéristique de la fermentation naturelle, à un profil homolactique ; une baisse plus importante et rapide du pH (pH 3,8) ; une production supérieure d'acide lactique. Le caractère amylolytique de *L. plantarum A6* permet d'augmenter la teneur finale en acide lactique jusqu'à 5 g /100 g MS.

Ces derniers points suggèrent que l'utilisation de *L. plantarum A6* comme starter, pourrait jouer un rôle significatif dans le développement des qualités organoleptiques mais aussi dans la standardisation et la préservation du produit final obtenu, grâce aux fortes quantités d'acide lactique produites par la souche et la baisse plus rapide et importante du pH qui en résulte.

Bibliographie

COOKE (R.D.), 1978 - An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). *J. Sci. Food Agric.*, 29 : 345-352.

GIRAUD (E.), BRAUMAN (A.), KELEKE (S.), LELONG (B.), RAIMBAULT (M.), 1991 - Isolation and physiological study of an amylolytic strain of *Lactobacillus plantarum. Appl. Microbiol. Biotechnol,* 36 : 379-383.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992 - Degradation of cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotechnol. Lett.,* 14 : 593-598.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1993 - Production of a *Lactobacillus plantarum* starter with linamarase and amylase activities for cassava fermentation. *J. Sci. Food Agric.*

IKEDIOBI (C.O.), ONYIKE (E.), 1982a - Linamarase activity and detoxification of cassava (*Maniohot esculenta*) during fermentation for gari production. *Agric. Biol. Chem.,* 46 : 1667-1669.

MAOPOOG (O.), CHISM (G.), SAYRE (R.), 1989 - «Isolation of cassava linamarase : evidence that endogenous levels are insufficient for effective hydrolysis of linamarin, » *In Report on the founding workshop for the cassava biotechnology research Network,* CIAT document, 52 : 25p.

MCDONALD (L.C.), FLEMMING (H.P.), HASSAN (H.M.), 1990 - Acid tolerance of *Leuconostoc mesenteroides* and *Lactobacillus plantarum. Appl. Environ. Microbiol.,* 56 : 2120-2124.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (A.O.), 1990 - Rapid detoxification of cassava mash fermenting for gari production following inoculation with a yeast simultaneously producing linamarase and amylase. *Process Biochem.,* juin : 82-86.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (M.A.N.), 1986 - The microbial breakdown of linamarin in fermenting pulp of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), *MIRCEN J.,* 2 : 327-338.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1990 - Characterization and distribution of lactic acid bacteria in cassava fermentation during fufu production. *J. Appl. Bacteriol.,* 68 : 145-152.

SNEATH (P.H.A.), 1986 - *Bergey's manual of systematic bacteriology.* Baltimore, Williams and Wilkins, Vol. 2.

VASCONCELOS (A.T.), TWIDDY (D.R.), WESTBY (A.), REILLY (P.J.A.), 1990 - Detoxification of cassava during gari preparation. *Int. J. Food Sci. Technol,* 25 : 198-203.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Les moisissures toxinogènes impliquées dans le ramollissement des racines tubéreuses du manioc en fermentation sèche

Toxigenic molds involved in the softening of cassava roots during low-moisture fermentation

D.L. YANDJU *, K.L. MATONDO, B. MUNYANGANIZI**

** Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, Laboratoire de Biotechnologie, Kisangani (Zaïre)*
*** Institut Facultaire Agronomique de Yangambi, Kisangani (Zaïre)*

- Résumé -

Ce travail concerne la cinétique d'apparition des aflatoxines produites par des espèces toxinogènes d'*Aspergillus*. En effet, ces espèces sont très importantes dans le processus de ramollissement du manioc par fermentation sèche. Cette étude se propose de préciser la cinétique de production des aflatoxines par les souches d'*Aspergillus*.

Cette étude a révélé que la production des aflatoxines intervient vers le 3ème jour pour l'espèce *A. flavus (LINK)* suivi de *A. flavus oryzae*, *A. niger. A. fumigatus* et *A. glaucus chevalieri.*

Cette production des aflatoxines au cours du ramollissement du manioc présente un danger permanent dans la consommation du manioc fermenté par voie sèche. Ainsi donc, l'amélioration de la technologie traditionnelle du manioc doit surtout viser la sélection d'espèces ne produisant pas d'aflatoxines et qui soient efficaces du point de vue technologique.

- Abstract -

This report is on the rate of aflatoxin production by toxigenic strains of different *Aspergillus* species. As a matter of fact, these mold species have an important role in cassava softening during low-moisture fermentation.

This study has shown that aflatoxins are produced towards the third day of fermentation by *A. flavus oryzae* followed by *A. niger, A. fumigatus* and *A. glaucus chevalieri.*

The production of aflatoxins during the softening of troots is a permanent danger to the consumer of low-moisture fermented cassava-based foods. Improvement of traditional cassava fermentation must therefore, be directed towards selection of non-producing aflatoxin species which are at the same time efficient in the softening process.

Introduction

Les racines tubéreuses de manioc peuvent, moyennant un certain degré d'humidité, subir une fermentation sèche ou fermentation à l'air libre. Ce procédé de fermentation du manioc est pratiqué couramment dans les régions du Nord-Kivu, du Sud-Kivu, de l'Ituri et dans les pays limitrophes, à l'est du Zaïre. Cette fermentation aboutit à la réduction du taux de cyanures des cossettes et à l'élaboration des propriétés organoleptiques de la farine et d'autres pâtes *(Fufu)* produites de cette manière.

L'importance des moisissures dans le processus de fermentation a été établie (Yandju, 1989). Les espèces *Mucor muceolo, Rhizopus nigricans, Aspergillus flavus* LINK, *A. niger, A. amstelodami, A. fumigatus, A. flavipes* et *A. Sparsus* ramollissent les tubercules ce qui peut entraîner dans certains cas la séparation de l'amidon des fibres.

Cependant, la production d'aflatoxines par certaines espèces, comme *A. flavus* LINK, *A. niger* et *A. fumigatus* a été confirmée (Moreau, 1974 ; Masimango, 1978 ; Mongi, 1979 ; Cock et Wheatley, 1984). Une relation entre la consommation d'aliments souillés par ces moisissures et le développement de cancer de foie a été établie (Shank *et al.*, 1972 ; Lovelace *et al.*, 1989).

La présente étude a cherché à déterminer le moment où des aflatoxines sont produits chez quelques espèces d'*Aspergillus* lors de la fermentation sèche des racines tubéreuses du manioc.

Matériel et méthodes

1. Préparation du matériel biologique

Des racines de manioc frais (7 à 9 mois) épluchées et nettoyées sont sectionnés en "cossettes" de 15 cm de longueur. A l'aide d'un marqueur noir, des limites concentriques de 0,5 à 1 cm de distance sont tracées pour obtenir les échantillons à analyser. Après désinfection à l'alcool éthylique à 70 %, des souches pures d'*Aspergillus* sont inoculées par étalement à la surface des tubercules.

Les racines ainsi traitées sont recouvertes de feuilles de bananier désinfectées, et sont placées dans des conditions de fermentation sèche. Les tests de détection des aflatoxines sont effectués toutes les 24 heures jusqu'au ramollissement complet des racines.

L'extraction des aflatoxines se fait au chloroforme (Moreau, 1974) ; la détection des aflatoxines est réalisée par méthode chimique ainsi que par méthode biologique (Moreau, 1974).

La détection chimique consiste en la réduction du nitrate de potassium ou nitrate d'argent ammoniacal en nitrite. 2 ml d'extrait de l'échantillon de manioc fermenté sont placés dans un petit tube ; on ajoute 1 ml de nitrate d'argent et on y mélange successivement 3 à 6 gouttes des réactifs de Griess 1 et 2.

La présence des aflatoxines dans l'extrait se traduit par l'apparition d'une coloration rose ou rouge. En cas de réaction négative, on ajoute quelques cristaux de zinc. Si l'extrait reste incolore, c'est que la réduction est allée jusqu'au stade de l'azote moléculaire.

Pour la détection biologique, notre choix a porté sur l'inhibition de la croissance bactérienne par les aflatoxines (Moreau, 1974 ; Auril, 1977). Une préculture de la souche Escherichia coli c_{600} (Collection Université Libre de Bruxelles) est placée dans 5 ml de bouillon nutritif après étuvage à 44 °C pendant 2 à 5 heures. Des dilutions décimales successives de cette culture sont effectuées et étalées respectivement à l'aide d'un écouvillon à la surface de la gélose nutritive. Après quelques minutes de séchage à la température ambiante, des disques stériles (de 5 mm de diamètre) préalablement imbibés de l'extrait chloroformique sont, après évaporation du solvant, déposés aseptiquement sur la gélose.

La lecture des résultats intervient après 18 à 24 heures d'incubation à 37 °C. Elle est effectuée en mesurant les diamètres des zones d'inhibition au moyen d'une latte graduée. L'inhibition de la croissance de *E. coli* C_{600} signifie qu'il y a présence d'aflatoxines dans l'extrait.

Résultats et discussions

Les prélèvements des échantillons effectués au cours du temps d'expérimentation nous ont permis de constater que la production des aflatoxines commence pendant la fermentation. Le taux d'aflatoxines exprimé en diamètre des zones d'inhibition par le temps est représenté dans la figure 1.

Ces résultats sont révélateurs de la production d'aflatoxines par les espèces *A. flavus LINK, A. flavus oryzae, A. niger, A. glaucus chevalieri* lors de la fermentation sèche du manioc.

Cette production débute 48 heures après incubation pour l'espèce *A. flavus LINK*, alors que pour les autres espèces, elle a lieu après le 3e jour.

L'étude des échantillons prélevés d'abord par raclage du manioc fermenté, puis à 0,5 cm de la surface, puis vers 1 cm du milieu et au centre de la rondelle a montré que la diffusion des aflatoxines suit le ramollissement. Elle commence à la surface puis, progressivement, si le processus n'est pas arrêté à temps par séchage, les aflatoxines atteignent le centre des racines.

La mesure des diamètres des zones d'inhibition bactériennes produites par la présence d'aflatoxines révèle une forte production par *A. flavus LINK* (1,2 cm au 4e

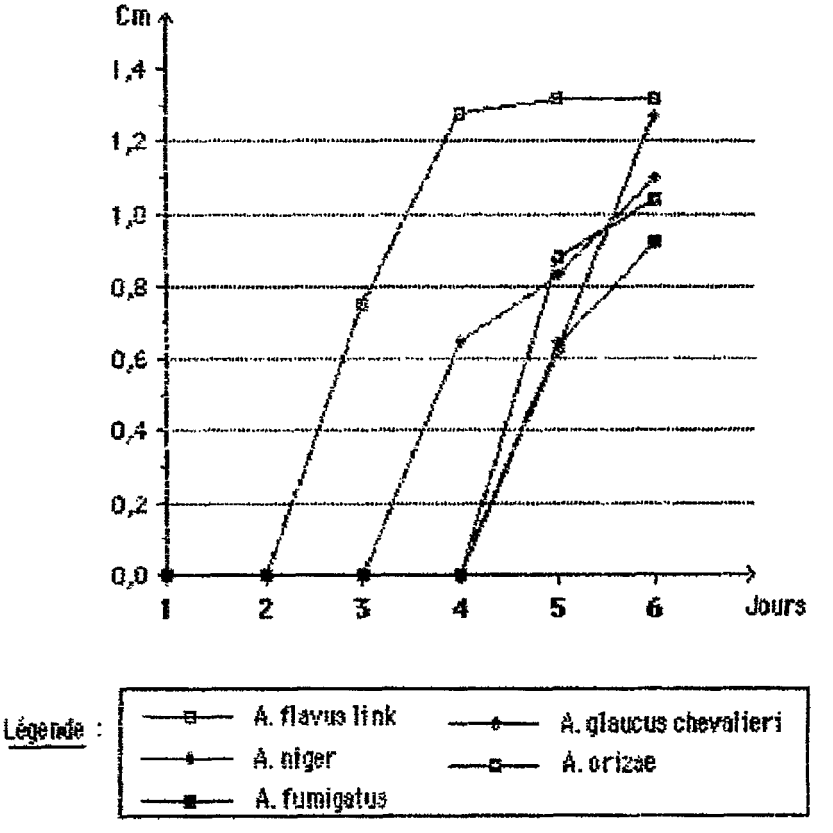


Figure 1

*Taux de production des aflatoxines par différentes espèces d'*Aspergillus *(diamètre en cm/jour)*

jour, alors que le diamètre correspondant pour *A. niger* est de 0,8 cm). La production la plus faible a été relevée pour *A. glaucus chevalieri* (0,9 cm au 6e jour).

Dans la fermentation sèche traditionnelle, le ramollissement du manioc s'obtient entre le 3e et le 4e jour. C'est pratiquement dans le même intervalle de temps que commence la production des aflatoxines.

Ce résultat révèle le danger que présente pour l'homme le ramollissement du manioc par les espèces étudiées. Ce danger est d'autant plus important que dans la technologie traditionnelle, ignorante des microorganismes impliqués, la durée de fermentation n'est pas limitée.

En effet, le séchage, qui commence au 4e jour, se fait au soleil à l'air libre : ce qui ne permet pas d'interrompre rapidement la fermentation.

Conclusion

Parmi les moisissures responsables du ramollissement du manioc par fermentation sèche, les espèces *A. flavus (LINK), A. niger, A. flavus oryzae, A. glaucus chevalieri* et *A. fumigatus* produisent des aflatoxines. Cette production débute vers le 3e jour et se poursuit jusqu'au 6e si le processus n'est pas arrêté à temps par séchage.

Alors que dans le cas d'autres plantes alimentaires (riz, maïs, arachide, etc.) la production d'aflatoxines a lieu pendant le séchage, dans le cas du manioc elle se produit pendant la fermentation.

L'amélioration de la technologie traditionnelle du manioc doit viser surtout à la sélection de souches microbiennes responsables du ramollissement et de la détoxication et qui soient en même temps inoffensives pour les consommateurs.

Bibliographie

BIOMERIEUX, 1977 - Additif au manuel - Bactériologie, virologie - culture cellulaire.

COCK (J.H.), WHEATLEY (C.), 1984 - Aflatoxin in cassava... - is it a real problem ? *Cassava Newsletter,* 8 (2) : 14.

COCK (J.H.), WHEATLEY (C.), MARCY, 1984 - L'Etoile 69260 Charbonnière

LOVELACE (C.E.A.), AALBERSBERG (W.G.L.), 1989 - Aflatoxin levels in foodstuff in Fiji and Tonga Islands Plant, *Foods for Human Nutrition,* 39(4) : 393-399.

LOVELACE (C.E.A.), AALBERSBERG (W.G.L.), 1989 - Les bains, France 19 p.

MARCHAL (N.), BOURDON (J.L.), 1973 - *Milieu de culture et identification biochimique des bactéries.* France, DOIN p. 179.

MASIMANGO (N.), RAMAUT (J.L.), REMACLE (J.), 1978 - Aflatoxine et champignons toxinogènes dans des denrées alimentaires zaïroises. *Fermentation et industries alimentaires. Bruxelles,* 32(6) : 165-170.

MONGI (J.), 1979 - Les moisissures et leurs toxines. *La Recherche,* 102 : 732-742.

MOREAU (CI.), 1974 - *Moisissures toxiques dans l'alimentation.* 2e éd. Paris, Masson et Cie, p. 263.

SHANK (RC.), WOGAN (G.N.), GIBSON (J.B.), 1972 - Dietary aflatoxins and human liver cancer. Toxigenic moulds in foods and foodstuffs of tropical South East Africa, *Food and cosmetics Toxicology.* 10(1) : 51-60

YANDJU (D.L.), 1989 - *L'importance des moisissures dans le ramollissement du manioc en fermentation sèche.* Mémoire de D.E.S. Fac. Sc. UNIKIS, Kisangani, Zaïre.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Formation of aflatoxins by *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* isolates from cassava products

Formation d'aflatoxines par Aspergillus flavus et A. parasiticus *isolés de produits dérivés du manioc*

A. WESTBY, P.W. WAREING, J.A. GIBBS, S.M. DALLIN

Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Chatham, Kent (United Kingdom)

- Abstract -

Isolates of *Aspergillus flavus* and *parasiticus* from dried cassava products were tested for their ability to produce aflatoxins in sterile rice with additional nutrients and in sterile cassava chips at 40% moisture content. In rice, 5 out of 7 isolates of *A. flavus* produced significant amounts of aflatoxin B_1 and one isolate of *A. parasiticus* produced large amounts of aflatoxins B_1 and G_1. In sterile cassava, all isolates of *A. flavus* and *A. parasiticus* grew, but none produced aflatoxins. Aflatoxin formation by *A. parasiticus* could be stimulated by the addition of extra nutrients. *A. parasiticus* also produced large amounts of aflatoxins on processed cassava products at 40% moisture content.

- Résumé -

L'aptitude à produire des aflatoxines d'isolats d'*Aspergillus flavus* et d'*A. parasiticus* provenant de produits séchés à base de manioc a été testée sur deux milieux stérilisés constitués, pour le premier, de riz additionné de nutriments et, pour le second, de cossettes de manioc contenant 40% d'eau.

Avec le riz, 5 des 7 isolats d'*A. flavus* ont produit des quantités significatives d'Aflatoxine B_1 et un isolat d'*A. parasiticus* a produit de grandes quantités d'aflatoxines B_1 et G_1. Sur le manioc stérile, tous les isolats *d'A. flavus et d'A. parasiticus* se sont développés mais aucun n'a produit d'aflatoxine. La production d'aflatoxines par *A. parasiticus* a pu être stimulée par l'addition de nutriments. *A. parasiticus* a produit également de grande quantité d'aflatoxines sur des produits transformés dérivés du manioc contenant 40% d'eau.

Introduction

Sun dried pieces and flours processed from cassava are one of the most important classes of processed products in Sub-Saharan Africa. Recent data from the Collaborative Study of Cassava in Africa (COSCA) (Natural Resources Institute, 1992) has shown that, in the six study countries, flours and dry pieces accounted for 45% of the three most important products in the 233 villages surveyed. Drying times are usually long; in COSCA 55% of the flours/dry pieces were dried for between 6 and 10 days (Natural Resources Institute 1992). Mould growth during drying of these products is common (Clerk & Caurie, 1968; Mota & Lourenco, 1974; Essers & Nout, 1989).

Confusion exists in the literature over the ability of cassava to support aflatoxin production by *Aspergillus flavus* or *parasiticus* because scopoletin, a coumarin accumulating naturally in cassava roots after harvest, has a similar R_f value to aflatoxin B_1 on chromatography plates and gives an intense blue fluorescence (Wheatley, 1984). To clarify the situation and to determine whether toxicogenic *Aspergilli spp* were present on cassava products, isolates from several cassava products were tested for their ability to produce aflatoxins in rice (a known good substrate), sterile cassava and three cassava products. Scopoletin contamination was avoided by using bi-directional high performance thin layer chromatography (HPTLC).

Materials and Methods

1. Cultures

Aspergillus flavus (7 isolates) were isolated from samples of makopa and miette normale from Zaire. *Aspergillus parasiticus* (1 isolate) was isolated from a sample of konkonte from the Ivory Coast. *A. parasiticus* IMI 89717 was a known toxicogenic isolate from groundnut.

2. Growth of cultures on rice, cassava and cassava products

White rice (40% moisture content) was prepared according to Shotwell et al. (1966). Modified Czapek solution was added prior to sterilization according to Schroeder (1969). Imported Colombian cassava, preserved by the method described by Centro Internacional de Agricultura Tropical (1989), was peeled, chipped and dried at 50°C for 24 h. This was divided into 30 g amounts (average chip weight 0.47 g) and sterilized by ionising radiation at 25 kGy (Isotron, Swindon). Samples were hydrated to 40% moisture content with sterile distilled

water. When modified Czapek solution (Schroeder, 1969) and 3% sucrose were added to cassava, it was dissolved in an appropriate amount of distilled water and the solution was used to hydrate the cassava to 40% moisture content.

Gari was purchased from a roadside market north of Accra, Ghana. Acid fermented pieces were made from waxed cassava bought locally in the UK. This was prepared by soaking peeled and chopped roots in water for 2 days at 30°C, breaking up the pieces by hand and drying for 2 x 8 h under artificial sunlight (550-600 kJ/m2; 35-45°C). Dry chips were prepared by chopping cassava (3-4 cm length) and sun drying for 6 x 24 h as described for acid fermented pieces. In each case, pieces were stored at 30°C overnight between drying times (except between days 4 and 5 when stored for 2 days at 18°C). Processed products were hydrated to 40% moisture content in the same way as sterile cassava chips.

Inoculum was prepared by adding a 1 cm2 block from a 7 day old sporing culture on Malt Extract Agar (Pitt & Hocking, 1985) to 10 ml of 0.1% sterile agar + 0.01% sodium lauryl sulphate and mixing vigorously. Duplicate 500 ml conical flasks of each growth substrate were inoculated with 1 ml of spore suspension.

Cultures on sterile rice and cassava were incubated in a shaking incubator (120 rpm) at 30°C for 5 days. Cassava products were incubated for 19 days at 30°C without agitation.

3. Extraction and analysis of aflatoxins

Cultures were damped down with chloroform (50 ml) and left to soak for at least 1 h. The mixture was transferred to 1 l blender (Christison Scientific, Gateshead) using chloroform (100 ml), blended at high speed for 90 s and filtered on a Whatman 541 filter paper. The filtrate and filter paper were re-blended with chloroform and filtered. The volume of chloroform was measured and any water present removed. Samples (50-5000 µl) were evaporated to dryness under N_2 at 45°C and dissolved in benzene/acetonitrile (9:1). Extracts were diluted in the same solvent and spotted on a 100x200 mm HPTLC plate (Merck 5547, Poole). Mixed aflatoxin and scopoletin standards in the same solvent were spotted on the same plate. For extracts from cassava, scopoletin was removed by developing the plate in the reverse direction with ether (20 ml) containing about 0.2% water in a vertical metal tank for 6 minutes and cutting off the bottom 16 mm of the plate. Plates were developed using 20 ml chloroform:xylene:acetone (6:3:1) in two stages each of 20 min with 20 min drying period between developments. Spots of aflatoxins were read densitometrically at 365 nm in fluorescent mode and quantified by comparison with standards.

Results and Discussion

All the species of *Aspergillus* grew well on rice. Five of the seven strains of *A. flavus* produced significant amounts of aflatoxin B_1 and two also produced G_1 on rice with additional nutrients (Table 1). *A. parasiticus* C7 produced large amounts of aflatoxins B_1 and G_1 (Table 1).

Although good visible growth of *A. flavus* and *A. parasiticus* was observed on cassava, aflatoxins were not detectable (probable limit of detection 0.2 mg/kg). Sterile cassava, in comparison with rice, therefore represents a poor substrate for aflatoxin formation by pure cultures of toxigenic *A. flavus* and *A. parasiticus* under the conditions used.

Addition of nutrients (modified Czapek solution and sucrose) stimulated aflatoxin formation on cassava by *A. parasiticus* $C7_7$, but aflatoxin formation by isolates of *A. flavus* was not stimulated (Table 2). Amounts of aflatoxins produced by *A. parasiticus* C7 on cassava with added nutrients were far less than those produced on rice under the same growth conditions (cassava: mean total aflatoxin 17.4 mg/kg of which B_1 1.7 mg/kg and G_1 15.7 mg/kg; rice: mean total aflatoxin 672.4 mg/kg of which B_1 163.0 mg/kg and G_1 277.8 mg/kg). Various nutritional factors are known to affect the ability of *Aspergillus* spp. to produce aflatoxins, but

Table 1

Ability of isolates of Aspergillus flavus and parasiticus from processed cassava products to produce aflatoxins on sterile rice plus nutrients, sterile cassava and sterile cassava plus nutrients

Isolate	Rice + nutrients (**)		Cassava		Cassava + nutrients (**)	
	Aflatoxins		Aflatoxins		Aflatoxins	
	B1	G1	B1	G1	B1	G1
A. flavus A38	+	-	-	-	-	-
A. flavus A39	++	-	-	-	-	-
A. flavus A40	-	-	-	-	-	-
A. flavus A41	++	++	-	-	-	-
A. flavus A42	+	+	-	-	-	-
A. flavus A43	-	-	-	-	-	-
A. flavus A44	+	-	-	-	-	-
A. parasiticus C7	+++	+++	-	-	++	++
A. parasiticus MO39	+++	+++	-	-	ND	ND

** (-) less than 0.2 mg/kg ; (+) 0.2-1 mg/kg ; (++) 1-5 mg/kg ; (+++) > 5 mg/kg ; ND not determined*
Results are means of triplicate determinations on duplicate cultures

the mechanisms that trigger cells into aflatoxin formation are not fully understood (Luchese & Harrigan, 1993). Clearly, there are additional nutritional factors that can stimulate aflatoxin formation by *A. parasiticus*s C7 in pure culture on cassava.

In processed cassava products (gari, acid fermented pieces and dry cassava pieces), *A. flavus A39* was unable to produce aflatoxin after incubation for 19 days at 30°C (40% moisture content). *A. parasiticus*s, however, produced significant amount of aflatoxin particularly after incubation for 19 days (Table 2). It can be hypothesized that the additional nutrients for aflatoxin formation were available for *A. parasiticus* in the processed products. Aflatoxin formation by *A. parasiticus* was greatest on gari which could either be because gari contains gelatinised starch or because the cassava was of different variety.

Confusion has existed in the literature over the ability of cassava to support aflatoxin production because of contamination of assays with scopoletin (Wheatley, 1984; Wheatley and Cock, 1985). In this study it has been demonstrated that isolates of *Aspergillus* spp. from cassava can produce aflatoxins on a suitable substrate (rice with additional nutrients). However, in pure culture on sterile cassava their ability to produce aflatoxin is limited in that none of the *A. flavus* isolates produced aflatoxin under the conditions used and production by *A. parasiticus* could only be stimulated by additional nutrients. Natural means of supplying these additional nutrients such as the growth of other microorganisms during processing is a possibility and could account for aflatoxin formation by *A. parasiticus* on processed cassava products. A potential problem therefore could exist with aflatoxin production in cassava products when conditions are suitable for the growth of *Aspergillus* spp. These laboratory experiments give some indication of the potential for aflatoxin formation, but they do not totally reproduce the real field situation and there is a need to screen naturally contaminated processed products with reliable analytical techniques.

Table 2

Aflatoxin production (mg/kg wet weight basis) by Aspergillus flavus and parasiticus on dried cassava products after incubation for 19 days at 40% moisture content

Isolate	Gari		Acid fermented dry pieces		Dry chips	
	Aflatoxins		Aflatoxins		Aflatoxins	
	B1	G1	B1	G1	B1	G1
A. flavus A39	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2	< 0.2
A. parasiticus C7	53.8	194.5	12.8	45.5	5.0	63.3

References

CENTRO IINTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1989 - Conservation of cassava roots in polythene bags (Series 04SC-07.06), CIAT: Cali, Colombia.

CLERK (G.C.), CAURIE (M.), 1968 - Biochemical changes caused by some Aspergillus species in root tuber of cassava (*Manihot esculenta Crantz*). *Tropical Science*, 10 : 149-154.

ESSERS (A.J.A.), NOUT (M.J.R.), 1989) - The safety of dark moulded cassava flour compared to white - a comparison of traditionally dried cassava pieces in North East Mozambique. *Tropical Science*, 29 : 261-268.

LUCHESE (R.H.), HARRIGAN (W.F.), 1993 - Biosynthesis of aflatoxin - the role of nutritional factors. *Journal of Applied Bacteriology*, 74 : 5-14.

MOTA (T.P.), LOURENCO (M.C.), 1974 - Farinha da mandioca de Mocambique. *Agronomica Mocambicana*, 8 : 47-59.

NATURAL RESOURCES INSTITUTE, 1992 - COSCA Phase I *Processing Component.* COSCA Working Paper no. 7. Chatham, United Kingdom.

PITT (J.I.), HOCKING (A.D.), 1985 - *Fungi and Food Spoilage.* Sydney. Academic Press.

SCHROEDER (H.W.), 1969 - Factors influencing the development of aflatoxins in some field crops. *Journal of Stored Products Research*, 5 : 187-192.

WHEATLEY (C.), COCK (J.), 1985 - Methods of aflatoxin analysis with particular reference to cassava samples. *International Journal of Epidemiology*, 14 : 185.

WHEATLEY (C.), 1984 - Aflatoxin in cassava - is it a real problem? *Cassava Newsletter*, 8 : (2) : 14.

Chapitre 3

Influence des opérations unitaires sur les caractèristiques physico-chimiques et la qualité des produits



Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Les dérivés du manioc dans une banque de données et dans un système international de codification descriptive des aliments

Cassava based products in a data bank and in an international system for the descriptive codification of foods

J.C. FAVIER*, J. IRELAND-RIPERT**, M. FEINBERG**, R.M. MOUREL***

**ORSTOM, **INRA, ***INA-PG*
Centre Informatique sur la Qualité des Aliments
(CNEVA-CIQUAL) , Paris (France)

- Résumé -

Pour enregistrer et retrouver un aliment dans une banque de données, il est nécessaire de lui donner, sous forme codée, une définition et une dénomination qui permettent de le distinguer sans ambiguïté des autres et de le retrouver aisément au sein d'une banque qui contient des milliers d'aliments. Cette nécessité est encore plus impérieuse si la banque est destinée à des échanges d'informations au niveau international. C'est pourquoi un système de codification descriptive des aliments est en cours d'élaboration entre plusieurs pays. Ce système, dénommé "LANGUAL", est basé sur le principe d'un thésaurus à facettes, où chaque aliment à coder est décrit par un ensemble de termes descripteurs standardisés. Chaque facette représente un sous-ensemble de caractéristiques, telles que l'origine biologique, les traitements technologiques, les méthodes de cuisson et de conservation, qui spécifient la qualité nutritionnelle et/ou hygiénique d'un aliment. Une trentaine de dérivés du manioc ont été ainsi codifiés et enregistrés dans la banque de données REGAL, avec leur composition établie à partir des informations actuellement disponibles au CIQUAL. Les données de la banque REGAL sont destinées à être diffusées soit sous forme de tables de composition et de disquettes pour micro-ordinateur, soit directement "en ligne" par voie télématique. Sur le plan nutritionnel, quelques observations peuvent être tirées de l'ensemble des données relatives aux produits du manioc ; (i) de tous les traitements technologiques traditionnels, la simple cuisson à l'eau de la racine de manioc doux est celui qui diminue le moins la valeur nutritionnelle, (ii) la fermentation qui se produit au cours du rouissage de la racine ou de l'égouttage de la pulpe entraîne un net enrichissement en riboflafine (vit.B_2), (iii) éplucher les racines après rouissage est plus intéressant, sur le plan nutritionnel, que les éplucher avant, (iiii) contrairement aux autres nutriments solubles, la riboflavine est mieux protégée par le séchage-fumage que par le séchage au soleil.

-Abstract -

In order to record and retrieve a food in a data bank, it is necessary to give it, in a coded form, a definition and a name that will allow distinguishing it without ambiguity from others. Retrieval of information in a data bank which contains thousands of foods should be easy. These conditions are imperative if the bank is destined for the exchange of information at the international level. In view of this necessity, a system of descriptive codification is being created in collaboration with many countries. This system, called 'LANGUAL ' is based on the principle of a facetted thesaurus, where each food to be codified is described by a group of standardised terms. Each facet represents a sub-group of characteristics, such as the biological origin, processing methods, cooking and storage methods which define the nutritional and/or hygienic quality of the food.

About 30 cassava based products have been codified and registered in the 'REGAL' data bank, with their composition established from information presently available at 'CIQUAL'. Data in the 'REGAL' bank are destined to be published either in the form of food composition tables and computer disquettes or directly 'ON LINE' by telecommunication networks.

On nutritional basis, some observations could be drawn from all the data available on cassava products:

- Amongst the traditional processing methods, boiling reduces least the nutritional value of sweet cassava roots;
- Fermentation which occurs during soaking of roots or the dewatering of cassava mash cause marked increases in riboflavin (Vit B2);
- Peeling of cassava roots after soaking and fermentation is more nutritionally appropriate than when peeling is done later;
- Unlike to other soluble nutrients, riboflavin is better retained by drying/smoking than by sun drying.

1. Intérêt des banques de données sur la composition des aliments

Les informations relatives à la composition des aliments sont utilisées par un grand nombre de professionnels, d'institutions gouvernementales et d'organisations non gouvernementales pour l'évaluation et la planification des besoins alimentaires des populations, l'éducation des consommateurs et les conseils diététiques individuels. Les décideurs des secteurs d'activité de la santé, de l'agriculture et de la gestion des ressources naturelles tiennent compte de ces informations pour élaborer leur politique d'intervention. A l'opposé, le manque de données fiables sur la composition des aliments dans maints pays en développement présente un danger: il peut conduire à des erreurs très coûteuses pour ces pays.

Dans le domaines des industries agro-alimentaires, il existe également un réel besoin de données fiables, obtenues au moyens de méthodes analytiques validées. L'information sur les teneurs et leurs variations est utilisée lors de la production pour suivre le processus de fabrication et contrôler les caractéristiques du produit. Elle est la base de l'étiquetage informatif sur la composition du produit et ses spécifications, qui indique sa conformité aux normes du commerce international et qui présente, éventuellement, des allégations nutritionnelles.

Enfin, avec l'élévation du niveau d'éducation, des particuliers de plus en plus nombreux s'intéressent à la composition de leurs aliments.

C'est pourquoi un nombre croissant de pays sont en train de se doter de banques de données sur la composition des aliments. Ces banques prennent généralement en compte non seulement la définition et la composition des aliments mais également leur description précise (origine, traitements subis, caractéristiques diverses etc.) et la réglementation à laquelle ils sont soumis; l'extension à d'autres caractéristiques peut même être envisagée. Leur création se justifie, en premier lieu, par les possibilités nouvelles offertes par l'informatique et par l'obsolescence des informations contenues dans les tables de composition disponibles jusqu'à présent. En effet, les nombreuses mises à jour de ces dernières n'ont pas toujours tenu compte des nouveaux aliments et des progrès des méthodes d'analyse. De plus, ces banques de données sont devenues des outils indispensables pour régir les rapports entre administrations, producteurs, transformateurs, distributeurs et consommateurs non seulement à l'intérieur d'un même pays mais également en dehors des frontières (Favier, 1982; Feinberg *et al.*, 1987).

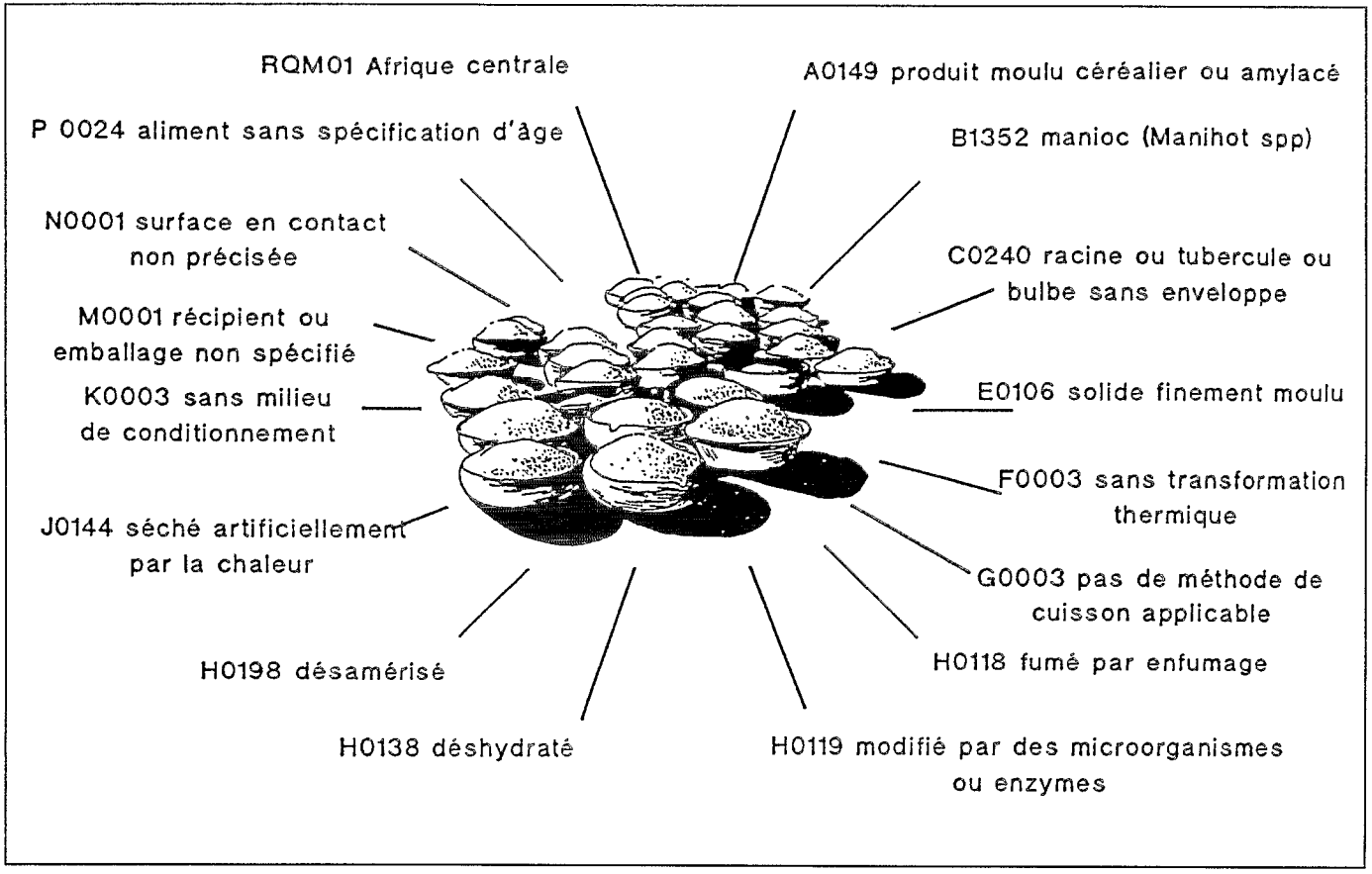


Figure 1
Manioc, farine fermentée (foufou) fumée séchée

2. LANGUAL : un système international de codage descriptif des aliments. Application au manioc

Pour enregistrer et retrouver un aliment dans une banque de données, il est nécessaire de lui donner, sous forme codée, une définition et une dénomination qui permettent de le distinguer sans ambiguïté des autres et de le retrouver aisément au sein d'une banque qui peut contenir des milliers d'aliments. Cette nécessité est encore plus impérieuse si la banque est destinée à des échanges d'informations au niveau international. C'est pourquoi un système international de codification descriptive des aliments a été créé et adopté en commun par plusieurs pays (Smith, 1989; Feinberg *et al.*, 1991).

Dénommé "LANGUAL", ce système, est basé sur le principe d'un thésaurus à facettes; chaque aliment à coder est décrit par un ensemble de termes descripteurs standardisés, eux-mêmes regroupés en facettes. La figure 1 illustre, par exemple, la description codifiée de la farine de manioc fermentée fumée-séchée. Chaque facette représente un sous-ensemble de caractéristiques, telles que l'origine biologique, les traitements technologiques, les méthodes de cuisson et de conservation, qui spécifient la qualité nutritionnelle et/ou hygiénique d'un aliment (tableaux 1, 2 et 3). Chaque descripteur fait l'objet d'une définition précise ainsi que le montrent les quelques exemples du tableau 4. Conçu aux Etats-Unis, le système LANGUAL est fortement marqué par la culture américaine et les objectifs spécifiques de ses concepteurs. Mais il est évolutif. Son adoption par différents organismes à l'extérieur des Etats-Unis permet de tester son application à toutes sortes d'aliments, en particulier en Europe et dans les pays tropicaux. Les tableaux 5, 6, 7, et 8 présentent par exemple la codification de quelques dérivés du manioc fréquemment rencontrés en Afrique. Lorsque certaines denrées ne trouvent pas dans le thésaurus, en son état actuel, les descripteurs aptes à décrire leur spécificité, il est toujours possible de proposer la création de nouveaux descripteurs. C'est ainsi que la définition du descripteur B1352 " Manioc (*Manihot spp.*) " n'est pas satisfaisante car elle est trop succincte et imprécise (tableau 4). Il conviendrait de la compléter. Un comité technique international LANGUAL est chargé d'examiner la pertinence des propositions et de veiller à ce que les modifications du système et les apports de nouveaux descripteurs enrichissent le thésaurus dans des limites raisonnables sans en compliquer l'utilisation.

En France le CIQUAL a reçu des pouvoirs publics la mission d'élaborer REGAL, une banque de données sur la composition des aliments produits ou consommés en France. Mais REGAL peut également être étendu aux aliments tropicaux. Ses données sont destinées à être diffusées sous forme de tables de composition et de disquettes pour micro-ordinateur, ainsi que par voie télématique, directement "en ligne". Des logiciels permettent d'exploiter les données pour en extraire des observations qui viennent confirmer - ou infirmer- des connaissances anciennes ou qui apportent des informations nouvelles.

Tableau 1
Les facettes de LANGUAL

Code	Facette	Définition
A	Type de produit	Famille ou groupe d'aliments défini à partir des propriétés de fabrication, d'utilisation ou encore des habitudes culturelles
B	Ingrédient principal	Espèce végétale ou animale ou produit chimique utilisé comme base de l'aliment
C	Partie utilisée	Sous-ensemble ou sous produit de l'ingrédient principal utilisé pour fabriquer l'aliment (viande, lait, oeuf, racine)
E	Etat physique	Etat se référant à l'aliment dans son entier (solide, liquide)
F	Traitement thermique	Sert à préciser si l'aliment a subit une cuisson quelconque lors de sa préparation (cru, cuit. ..)
G	Méthode de cuisson	Décrit la méthode utilisée (cuit dans l'eau, à la vapeur, par extrusion, ...)
H	Traitements technologiques	Tous traitements physiques ou chimiques employés pour modifier la composition de l'aliment. Sert aussi à décrire les additifs, les auxiliaires de fabrication et les ingrédients
J	Méthode de conservation	S'applique au traitement primaire utilisé pour conserver l'aliment et décrit la technologie
K	Milieu de conditionnement	Précise le milieu physique employé lors du traitement de conditionnement (huile, sirop, azote)
M	Récipient ou emballage	Matériau et genre d'emballage
N	Surface en contact	Type de surface en contact avec l'aliment
P	Utilisations	Aliment 1er Age, ou sans spécification, ou régime particulier: hyposodé, etc....
R	Lieux et régions géographiques	
Z	Caractéristique complémentaire	Critère de qualification de la partie utilisée (label de qualité, nom des découpes de la viande, particularité...)

Tableau 2
Extrait du Thesaurus LANGUAL : facette A

...	
...	
A0125	produit céréalier ou amylacé
A0106	produit préparé à partir de céréale ou amylacé
A0149	produit moulu céréalier ou amylacé
A0191	produit de boulangerie ou de viennoiserie
A0135	produit de biscuiterie-pâtisserie
A0210	gâteau
A0203	biscuit sec sucré
A0248	beigne ou beignet
A0151	boulangerie non sucrée
A0178	pain
A0242	biscuit sec non sucré
A0258	céréale pour petit déjeuner
A0275	pâte alimentaire
A0217	viande ou produit carné ou poisson ou assimilé
A0150	viande ou dérivé de mammifère
A0273	volaille ou dérivé
A0303	viande ou dérivé de reptile ou d'insecte
A0267	produit de la pêche ou dérivé
A0306	amande ou noix ou graine ou dérivé
...	
...	

3. Valeur nutritionnelle du manioc; influence des traitements technologiques

Parmi plusieurs milliers d'aliments que compte REGAL, une trentaine de dérivés du manioc ont été codifiés et enregistrés, avec leur composition établie à partir des informations actuellement disponibles. Ces informations proviennent de préférence de laboratoires où des aliments ont été récemment analysés et, en second lieu, de la littérature scientifique.

A partir de l'ensemble des données relatives aux produits du manioc et aux autres aliments, les constatations suivantes peuvent être faites, dans le domaine de la nutrition :

1. Il se confirme que la racine de manioc est un aliment essentiellement énergétique, très pauvre en tous les nutriments autres que l'amidon.

2. De tous les traitements technologiques traditionnels, la simple cuisson à l'eau est celui qui diminue le moins la valeur nutritionnelle (mais seul le manioc doux peut être consommé sans risque de toxicité directement après ce traitement).

3. Les lavages à l'eau longs et répétés constituent les traitements les plus éprouvants pour les nutriments hydrosolubles dont la majeure partie est éliminée. Les dérivés nutritionnellement les plus pauvres sont ainsi le manioc bouilli lavé *(meduame-mbong)* et le tapioca.

Tableau 3
Extrait du Thesaurus LANGUAL : facette H

...	
...	
H0119	modifié par des micro-organismes ou enzymes
H0128	modifié par fermentation complexe
H0107	modifié par fermentation complexe essentiellement lactique
H0230	fermenté par un procédé simple
H0256	fermenté au niveau des glucides
H0300	fermentation acétique
H0232	fermentation alcoolique
H0123	fermentation alcoolo-acétique
H0101	fermentation lactique
H0127	fermentation lipolytique
H0102	fermentation protéolytique
H0190	mariné ou conservé dans le vinaigre
H0130	modifié par un procédé physico-chimique
H0178	aéré ou fouetté
H0206	alcalinisé
	.../..
H0270	distillé
H0306	homogénéisé ou émulsionné
	.../..
H0238	constituant éliminé
H0198	désamerisé
H0225	ingrédient ajouté
H0117	arôme ajouté
H0172	fumé ou au goût fumé
H0118	fumé par fumage
H0110	fumé par un concentré de fumée
H0254	Teneur en eau modifiée
H0259	réhydraté
H0138	déshydraté
...	
...	

4. Au cours du rouissage, la diffusion et l'élimination des nutriments hydrosolubles sont atténuées par le maintien en place de l'écorce autour de la racine. Eplucher les racines après rouissage est donc plus intéressant, sur le plan nutritionnel, que les éplucher avant.

5. La préparation de bâton (ou de chikwangue) et de gari ne diminue que très modérément la valeur nutritionnelle du manioc fermenté.

Tableau 4
Exemples de définition de descripteurs

A0106	**Produit préparé à partir de céréale ou de produit amylacé**
Définition :	Aliment préparé par le séchage et/ou cuisson d'un mélange de céréale broyée ou de produit amylacé avec un liquide et d'autres ingrédients tels que corps gras ou édulcorant.
voir aussi :	produit de boulangerie, pâte alimentaire, céréale pour petit déjeuner
B1352	**manioc (*Manihot ssp.*)**
C0200	**feuille**
Définition :	Partie plate ou charnue (limbe) incluant un pétiole petit et insignifiant, mais excluant un pétiole volumineux et charnu tel celui du céleri.
F0014	**Transformation thermique complète**
Définition :	Utilisé quand la chaleur a été appliquée suffisamment longtemps pour modifier l'arôme et/ou la texture, les caractéristiques chimiques et/ou détruire l'activité enzymatique ou microbienne
G0012	**cuit par chaleur humide**
Définition :	Cuit dans une quantité variable d'eau ou de liquide aqueux ou de vapeur. Si l'aliment absorbe une quantité d'eau significative, ajouter aussi l'index "Réhydraté" ou "eau ajoutée"
H0259	**réhydraté**
Définition:	Utilisé pour un produit qui est préparé par addition d'eau ou d'un liquide aqueux à un produit déshydraté ou concentré
P0024	**aliment sans spécification d'âge**
Définition :	Aliment pour l'homme sans spécification d'âge ou de régime diététique spécifique
...	

6. La fermentation qui se produit au cours du rouissage de la racine ou de l'égouttage de la pulpe (fabrication du gari) provoque une important biosynthèse de riboflavine. Calculé par rapport à la racine crue et sur la base de la matière sèche, l'enrichissement peut atteindre 65% dans le cas du bâton de manioc et 80% dans celui de la farine fumée-séchée .

7. Le séchage de la farine de manioc au soleil détruit une part importante de la riboflavine qui est photosensible. En revanche, il provoque un net enrichissement en fer par apport extérieur; mais ce fer n'est probablement pas utilisable par l'organisme. Les autres nutriments sont peu affectés par ce mode de préparation. Le séchage-fumage est moins destructeur pour la riboflavine mais il cause d'importantes pertes en d'autres vitamines, en minéraux et en protéines.

Tableau 5
Exemples de codification LANGUAL : farine de manioc (foufou)

Manioc, farine fermentée (foufou); fumée, séchée

A0149	produit moulu céréalier ou amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou bulbe sans enveloppe
E0106	finement divisé ou moulu
F0003	sans transformation thermique
G0003	pas de méthode de cuisson applicable
H0118	fumé par enfumage
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0138	déshydraté
H0198	désamerisé
J0144	séché artificiellement par la chaleur
K0003	sans milieu de conditionnement
M0001	récipient ou emballage non spécifié
N0001	surface inconnue en contact avec l'aliment
P0024	aliment sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Manioc, farine fermentée (foufou); séchée au soleil

A0149	produit moulu céréalier ou amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou bulbe sans enveloppe
E0106	finement divisé ou moulu
F0003	sans transformation thermique
G0003	pas de méthode de cuisson applicable
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0138	déshydraté
H0198	désamerisé
J0141	séché naturellement
K0003	sans milieu de conditionnement
M0001	récipient ou emballage non spécifié
N0001	surface inconnue en contact avec l'aliment
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Tableau 6

Exemples de codification LANGUAL : pâtes de manioc, (bâton, chikwangue, foufou)

Manioc, pâte (foufou); cuite à l'eau

A0106	produit préparé à partir de céréale ou d'amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou bulbe sans enveloppe
E0119	semi-solide à consistance lisse
F0014	transformation thermique complète
G0012	cuit par chaleur humide
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0259	réhydraté
J0003	sans traitement de conservation
K0003	sans milieu de conditionnement
M0001	récipient ou emballage non spécifié
N0001	surface inconnue en contact avec l'aliment
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Manioc, bâton (ou chikwangue à une cuisson)

A0106	produit préparé à partir de céréale ou d'amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou oignon sans enveloppe
E0147	entier façonné
F0014	transformation thermique complète
G0012	cuit par chaleur humide
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0198	désamerisé
H0039	laminé
J0120	conservé par traitement thermique
K0003	sans milieu de conditionnement
M0205	emballage de feuilles végétales
N0048	feuilles végétales
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Tableau 7
Exemples de codification LANGUAL : chikwangues diverses

Manioc, chikwangue traditionnelle à deux cuissons

A0106	produit préparé à partir de céréale ou d'amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou oignon sans enveloppe
E0147	entier façonné
F0014	transformation thermique complète
G9003	cuisson en deux temps
G0012	cuit par chaleur humide
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0198	désamerisé
H0039	laminé
J0120	conservé par traitement thermique
K0003	sans milieu de conditionnement
M0205	emballage de feuilles végétales
N0048	feuilles végétales
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Manioc, chikwangue à la pâte d'arachide

A0106	produit préparé à partir de céréale ou d'amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou oignon sans enveloppe
E0147	entier façonné
F0023	transformation thermique multiple
G9003	cuisson en deux temps
G0012	cuit par chaleur humide
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0124	arachide ou pâte d'arachide ajoutée
H0198	désamerisé
H0039	laminé
J0120	conservé par traitement thermique
K0003	sans milieu de conditionnement
M0205	emballage de feuilles végétales
N0048	feuilles végétales
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale

Tableau 8
Exemples de codification LANGUAL : chikwangue mécanisée, gari

Manioc, chikwangue, fabrication mécanisée

A0106	produit préparé à partir de céréale ou d'amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou oignon sans enveloppe
E0147	entier façonné
F0014	transformation thermique complète
G9003	cuisson en deux temps
G0014	cuit à l'eau bouillante
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0198	désamerisé
H0039	laminé
J0120	conservé par traitement thermique
K0003	sans milieu de conditionnement
M0145	emballage dans une gaine plastique pour cuisson
N0036	plastique en contact avec l'aliment
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique Centrale
Z0112	préparation industrielle

Manioc, semoule fermentée (gari, atiéké)

A0149	produit moulu céréalier ou amylacé
B1352	manioc (Manihot spp)
C0240	racine ou tubercule ou bulbe sans enveloppe
E0117	moulu grossièrement
F0018	transformation thermique partielle
G0004	cuit à sec
H0119	modifié par des microorganismes ou des enzymes
H0138	déshydraté
H0198	désamerisé
H0345	huile de palme
J0144	séché à chaud mécaniquement
K0003	sans milieu de conditionnement
M0001	récipient ou emballage non spécifié
N0001	surface inconnue en contact avec l'aliment
P0024	sans spécification d'âge
RQM01	Afrique de l'Ouest

Conclusion

Ces quelques exemples, à propos du manioc, donnent un aperçu de la contribution au développement que peuvent apporter le système LANGUAL et une banque de données telle que REGAL, quand ils sont appliqués aux aliments tropicaux. Sur le plan de la santé, LANGUAL et REGAL constituent des instruments précieux dans l'action pour améliorer la situation nutritionnelle des populations. Sur le plan économique, ils font partie des moyens mis à la disposition des producteurs et des transformateurs pour mieux satisfaire les besoins des consommateurs et pour participer au commerce international.

Bibliographie

FAVIER (J.C.), 1982. - Banque de données sur la composition des aliments. *Sci.Aliments*, 2, n°hors série II: 229-232.

FEINBERG (M.), FAVIER (J.C.)., IRELAND-RIPERT (J.), 1987 - Le concept "REGAL": une banque de données sur les aliments, pour quoi faire ? *Sci. Aliments*, 7, n°hors-série VIII: 355-360.

FEINBERG (M.), IRELAND-RIPERT (J.), FAVIER (J.C.), 1991 - Langual : un langage international pour la description structurée des aliments. *Sci. Aliments*, 11: 193-214.

SMITH (E.C.), 1989 - «Update on factored food vocabulary: Langual». *In : 14th National Nutrient Databank Conference*, 19-21 juin. University of Iowa, USA.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Influence de la fermentation et du séchage solaire sur l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre de manioc

Influence of fermentation and sun-drying on the breadmaking capacity of cassava sour starch

D. DUFOUR* **., *C. BRABET* *, *N. ZAKHIA* *, *G. CHUZEL* * & **

** Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Montpellier (France)*
*** Centro Internacional de Agricultura Tropical, Utilización de Yuca, Cali (Colombia)*
**** Universidade Estadual Paulista, Facultade de Ciencias Agronomicas, Botucatu (Brazil)*

— Résumé —

L'amidon aigre de manioc, traditionnellement fermenté et séché au soleil, présente un pouvoir de panification. Cette étude porte sur l'évolution des propriétés physico-chimiques et fonctionnelles de l'amidon aigre de manioc, au cours de la fermentation et du séchage au soleil, afin de corréler ces propriétés au pouvoir de panification. La mesure de pH, le dosage d'acidité totale et d'acide lactique produit, l'établissement des viscoamylogrammes et la détermination du pouvoir de panification ont été réalisés sur des échantillons d'amidon prélevés en cours de fermentation et de séchage.

Les résultats montrent que tant la fermentation que le séchage solaire ont une grande influence sur la modification des propriétés physico-chimiques et rhéologiques de l'amidon de manioc. Celles-ci sont directement corrélées à l'acquisition du pouvoir de panification. La teneur en acide lactique reste constante au cours d'un séchage artificiel en étuve, alors qu'elle diminue fortement lors d'un séchage solaire à des températures équivalentes. Le séchage au soleil semble induire des réactions photochimiques qui consomment de l'acide lactique et confèrent à l'amidon aigre son pouvoir de panification.

– Abstract: –

Cassava sour starch, traditionally fermented and sun-dried, has a breadmaking capacity. This paper presents the evolution of the physicochemical and functional properties of cassava starch during fermentation and sun-drying, with the aim of correlating these properties with breadmaking capacity. Starch samples collected during fermentation and sun-drying were submitted to pH, total acidity and lactic acid measurements; viseoamylograms were plotted and breadmaking capacity was determined.

The study shows that both fermentation and sun-drying induce great changes in the physicochemical and functional properties of cassava strach. These changes are directly correlated with the acquisition of breadmaking capacity. The lactic acid content remained steady during oven-drying whereas it decreased sharply during sun-drying at a similar temperature. Sun-drying appeared to favour photochemical reactions involving lactic acid, which may give sour starch its breadmaking capacity.

Introduction

L'amidon aigre de manioc, produit traditionnellement en Amérique Latine par l'agro-industrie rurale, est utilisé pour la fabrication de pains tels que le *pandebono* et le *pan de yuca* en Colombie, le *pão de queijo* au Brésil et des produits industriels de type « snack » (Cereda, 1973 ; Chuzel, 1990). L'amidon aigre (*polvilho azedo* au Brésil ; *almidón agrio* en Colombie) voit actuellement son marché croître en zone urbaine. Cependant, le pouvoir d'expansion de cet amidon aigre, considéré par les boulangers et les industriels, comme le critère principal de qualité, est très irrégulier sur le marché. Cette étude vise à comprendre l'acquisition du pouvoir de panification au cours du procédé traditionnel afin de proposer des recommandations pour l'obtention d'amidon aigre de meilleure qualité. (Chuzel et Muchnick, 1993)

Le procédé traditionnel consiste à extraire l'amidon des racines de manioc par voie humide et à le stocker dans des bacs de 0,5 à 5 tonnes. L'amidon fermente pendant 20 à 60 jours en fonction des conditions climatiques (15 °C à 25 °C suivant les régions) (Pinto, 1978) (Jory, 1989). Il subit une fermentation de type lactique et atteint un pH voisin de 3,5 à 4 (Cardenas *et al.*, 1980). Il est ensuite séché au soleil sur des claies (au Brésil) ou sur des bâches de plastique noir disposées sur le sol (en Colombie).

La fermentation et le séchage au soleil permettent à l'amidon de manioc d'acquérir un pouvoir de panification (Chuzel, 1992). La fermentation induit des modifications importantes des caractéristiques organoleptiques et des propriétés physico-chimiques de cet amidon (Nakamura *et al.*, 1975 ; Cereda, 1985 ; Camargo *et al.*, 1988). Les producteurs d'amidon aigre en Colombie insistent sur le fait qu'un séchage par faible ensoleillement donne un amidon aigre de mauvaise qualité ayant un pouvoir de panification très faible. Varsonneur (1993) a obtenu un pouvoir d'expansion optimal en exposant des couches fines (0,5 à 1 cm) d'amidon aigre au soleil (environ 1200 W/m^2 d'intensité solaire) sur des bâches de plastique noir et en les remuant fréquemment. Par ailleurs, les grands industriels au Brésil sèchent l'amidon aigre sur des claies au soleil (parfois jusqu'à 12 km) alors qu'ils disposent de différents séchoirs artificiels (air chaud, flash dryer, tambour...) classiquement utilisés pour la production d'amidon doux de manioc. En effet, les essais industriels réalisés ont montré que l'amidon aigre ainsi séché ne présentait aucun pouvoir d'expansion.

L'amidon aigre est utilisé comme ingrédient principal (en association avec matières grasses ou fromage, œufs, sel) pour la fabrication de pains traditionnels à forte expansion. La spécificité de ces pains réside dans le fait qu'ils sont exempts de farine de blé et ne subissent aucune fermentation par des levures avant cuisson. De plus, aucun additif de panification n'est ajouté à la pâte qui est cuite sans repos, immédiatement après mélange. L'expansion de ces pains n'est donc liée ni à la présence d'un réseau protéique de gluten ni à la production de gaz carbonique par des levures comme en panification classique (cas du pain français) (Godon, 1981).

Cette étude montre l'influence de la fermentation et de l'exposition au soleil sur l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre de manioc, ce pouvoir de panification étant lui même corrélé à la modification des propriétés physico-chimiques et rhéologiques (pH, acidité totale, teneur en acide lactique, viscosité Brabender). Le rôle particulièrement important de l'acide lactique dans l'acquisition du pouvoir de panification est également mis en évidence.

Matériel et Méthodes

1. Matière première

L'amidon de manioc est extrait dans une unité de production traditionnelle (« La Agustina ») à Santander de Quilichao (département du Cauca, Colombie). Pour le suivi des cinétiques de fermentation et de séchage solaire, la variété de manioc « Amarga » (amidon A) a été utilisée. D'autres cultivars de manioc (« CMC 40 » noté amidon B et « Algodona » noté C) poussant dans cette zone ont été utilisés pour confirmer les cinétiques de séchage solaire. Les noms mentionnés correspondent aux dénominations traditionnelles de ces clones par les agriculteurs de la zone et ne correspondent pas à la codification internationale des clones de manioc.

L'amidon extrait est mis en fermentation dans des bassins carrelés (0,95 m × 0,82 m × 0,79 m) de 0,5 m^3 de capacité. La température moyenne de la zone est de 20 °C avec une faible amplitude entre le jour et la nuit (de 18 à 22 °C).

2. Echantillonnage

Un échantillon de lait d'amidon (amidon non fermenté) a été prélevé juste après extraction. Tout au long de la fermentation, des prélèvements ont été réalisés (à 3, 7, 9, 13, 19, 26 et 33 jours de fermentation) dans le bassin de fermentation, à l'aide d'une tarière de géologue. Avant chaque prise d'échantillon, un quadrillage est tracé à la surface du bassin de fermentation et le prélèvement est réalisé au centre de chaque carré. Tous les prélèvements effectués au même temps de fermentation sont mélangés pour obtenir un échantillon homogène, représentatif de l'ensemble du bassin de fermentation à cet instant. Les échantillons sont ensuite ramenés au laboratoire du CIAT dans une glacière et congelés à – 20 °C puis soumis aux essais de séchage et aux analyses.

3. Conditions de séchage

Tous les échantillons étudiés ont été séchés au soleil sur des bâches en plastique noir pendant 8 heures, de façon similaire aux conditions traditionnelles de séchage de l'amidon aigre en Colombie (1 à 1,5 cm d'épaisseur, agitation toutes les 2 heures). Les échantillons de la variété « Amarga » (amidon A) prélevés au cours de la cinétique de fermentation ont été tous séchés au soleil le même jour (même exposition aux radiations solaires).

4. Influence du temps d'exposition au soleil

L'amidon prélevé en fin de fermentation (33 jours) lors du suivi de fermentation précédemment décrit, est séché au soleil avec différents temps d'exposition (2, 4, 6, 8 heures) puis séché en étuve à 40 °C afin d'obtenir une teneur en eau finale autour de 11 %. Un témoin est uniquement séché en étuve à 40 °C. Le choix de cette température (40 °C) tient au fait qu'elle n'entraîne pas la gélatinisation de l'amidon tout en étant représentative de la température diurne moyenne mesurée pour un bon ensoleillement. Les prélèvements sont effectués selon le plan d'échantillonnage de la figure 1 :

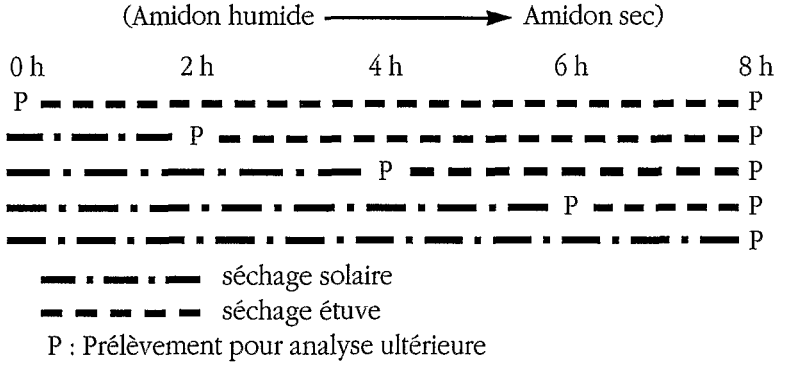


Figure 1

Analyses rhéologiques et physico-chimiques (toutes ces analyses ont été doublées sur les amidons A, B et C)

5. Viscoamylogrammes

Les propriétés rhéologiques sont déterminées à l'aide d'un viscoamylographe Brabender. L'amidon aigre est préalablement broyé et tamisé (65 mesh). 500 ml d'une suspension aqueuse d'amidon aigre (5 % base sèche) sont utilisés pour établir le viscoamylogramme. La vitesse de rotation du module d'analyse est de 75 rpm ; la température du mélange réactionnel augmente progressivement de 25 °C à 90 °C, à raison de 1,5 °C par minute. La température de 90 °C est maintenue stable pendant 20 minutes, puis un refroidissement progressif est programmé (1,5 °C par minute) jusqu'à une température de 50 °C maintenue constante pendant 10 minutes. Les viscosités sont exprimées en unités Brabender.

6. Mesure du pH

Une suspension aqueuse à 10 % (m/v) d'amidon aigre est agitée à température ambiante (20 °C ± 2 °C) pendant 30 minutes puis centrifugée à 15 000 g pendant 15 min. Le pH est mesuré sur le surnageant.

7. Dosage de l'acidité totale

L'acidité totale est dosée sur 50 ml du surnageant précédemment décrit par titration avec une solution de NaOH 0,1N, en présence de la phénolphtaléine alcoolique à 1 %. Les résultats sont exprimés en moles d'acide par gramme de matière sèche d'amidon aigre.

8. Dosage de l'acide lactique

20 g d'amidon de manioc sont ajoutés à 10 ml de H_2S0_4 0,006 M et agités pendant 1 mn. Cette suspension est homogénéisée pendant 1 min. dans un Ultraturrax à 24 000 rpm, agitée au vortex pendant 1 mn puis centrifugée à 5 000 g pendant 25 min. Le surnageant est filtré à 0,45 mm puis analysé par HPLC. 20 ml de filtrat sont injectés dans une colonne Aminex HPX87H (Biorad) thermostatée à 65 °C. Le principe de séparation de cette colonne est basée sur une combinaison d'échanges ioniques, de tamisage moléculaire et d'échanges hydrophobes. L'éluant utilisé est une solution de H_2S0_4 0,006 M avec un flux de 0,8 ml/mn^{-1} (Giraud et Raimbault, 1991). Le pic d'acide lactique est détecté en UV à 210 hm. Les résultats obtenus sont exprimés en g d'acide lactique total (lactique + lactate) pour 100 g de matière sèche d'amidon aigre initial.

9. Mesure du pouvoir de panification

Les protocoles de panification de l'amidon aigre et d'évaluation de son pouvoir d'expansion ont été développés par Escobar et Molinari (1990) et modifiés par Laurent (1992) et Larsonneur (1993). L'amidon aigre est broyé au mortier et tamisé pendant 10 mn sur un tamis de 65 mesh. 85 g (en base sèche) de cette fraction sont mélangés à 100 g de fromage colombien (Campesino, Ets. Alpina) dans un pétrin Hobart à faible vitesse (165 rpm) pendant 1 minute. Une quantité d'eau est ajoutée de façon à obtenir un volume total de 65 ml d'eau dans la masse. Celle-ci est alors pétrie à vitesse moyenne (300 rpm) pendant 2 min. 6 pâtons de 30 g chacun sont préparés en forme d'anneau de diamètre intérieur égal à 2 cm. Ces pâtons sont cuits pendant 17 min à 280 °C puis refroidis à température ambiante pendant 2 h. Chaque pain est alors pesé et son volume déterminé à l'aide du volumètre de Vanhamel *et al.* (1991). Le volume spécifique du pain est ensuite exprimé en $cm^3.g^{-1}$.

Résultats et discussion

Tous les résultats obtenus pour l'amidon A sont présentés ici ; cet échantillon ayant été suivi depuis le début de la fermentation. Les amidons B et C (prélevés en fin de fermentation) ont uniquement servi à confirmer l'influence du séchage solaire sur l'acquisition du pouvoir de panification, mise en évidence sur l'amidon A.

Des essais antérieurs ont montré que la congélation n'avait aucun effet sur les propriétés viscoélastiques de l'amidon ni sur le pouvoir de panification de l'amidon aigre (Larsonneur,1993). Tous les échantillons prélevés en cours de fermentation ont donc été congelés avant d'être séchés au soleil le même jour (avec la même exposition aux radiations solaires), afin de mettre en évidence les modifications physicochimiques de l'amidon spécifiquement liées à la fermentation.

1. Effet de la fermentation

La figure 2 montre qu'au cours de la fermentation, le pH de l'amidon diminue de 6,8 jusqu'à une valeur finale voisine de 3,7. L'acidité totale augmente (de 0,8 à 7 × 10^{-5} mole d'équivalent H^+ par gramme d'amidon aigre) en corrélation directe avec la baisse du pH au cours de la fermentation.

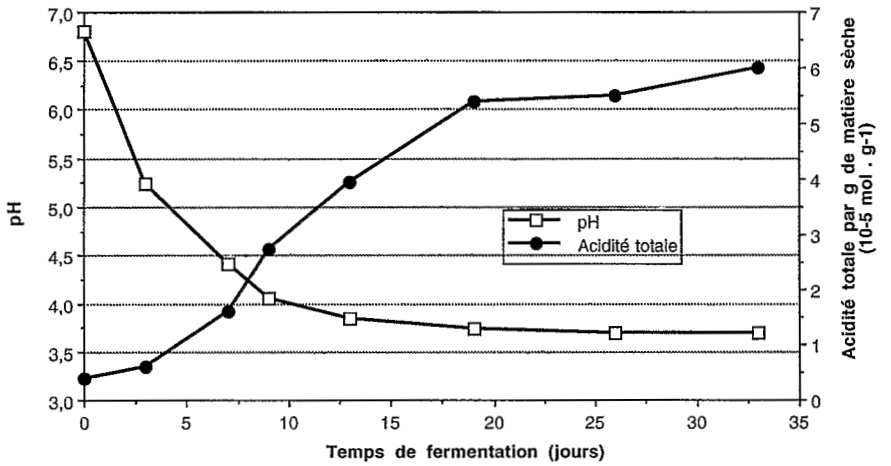


Figure 2
Evolution du pH et de l'acidité totale de l'amidon A au cours de la fermentation.

Le pH final de la fermentation étant voisin du pKa de l'acide lactique (3,45), ceci confirme que l'acidité du milieu est principalement liée à la production d'acide lactique due au métabolisme de la flore lactique. Au cours de la fermentation, le rapport molaire (lactate/acide lactique) tend vers 1. Au voisinage du pKa (en fin de fermentation), l'acide lactique se comporte comme un tampon avec la coexistence des formes (lactique) et (lactate) en proportions égales. La vitesse de production de l'ensemble (acide lactique + lactate) est constante pendant les 20 premiers jours de fermentation. Elle est en moyenne de 3×10^{-6} mole d'acide lactique par gramme de matière sèche et par jour de fermentation (figure 3).

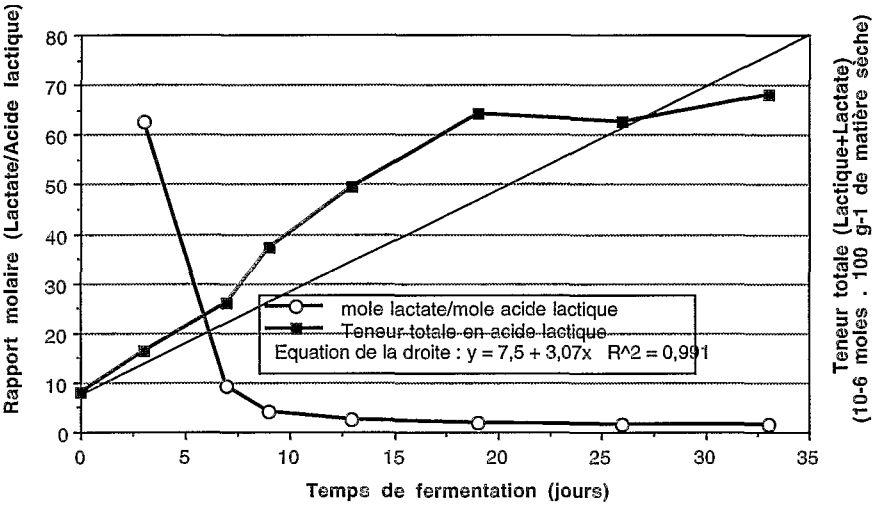


Figure 3
Evolution de la teneur en acide lactique de l'amidon A au cours de la fermentation.

Brabet *et al.* (1994) montrent que la flore lactique se développe pendant les 5 premiers jours puis reste constante jusqu'à la fin de la fermentation. Cet arrêt de la croissance pourrait être dû à des carences du milieu en lipides, acides aminés ou vitamines ; les bactéries lactiques étant connues pour leurs exigences en éléments essentiels. Malgré cet arrêt de la croissance, la flore lactique continue de cataboliser les hydrates de carbone et produit de l'acide lactique à vitesse constante.

La figure 4 présente les viscoamylogrammes de 5 échantillons représentatifs des 8 prélèvements réalisés au cours de la fermentation. Ces viscoamylogrammes mettent en évidence une modification importante des propriétés rhéologiques de l'amidon aigre au cours de la fermentation. Les températures d'empesage (62,5 °C) et de viscosité maximale (70 °C) sont similaires pour tous les échantillons. La fragilité des granules croit avec le temps de fermentation, cette modification

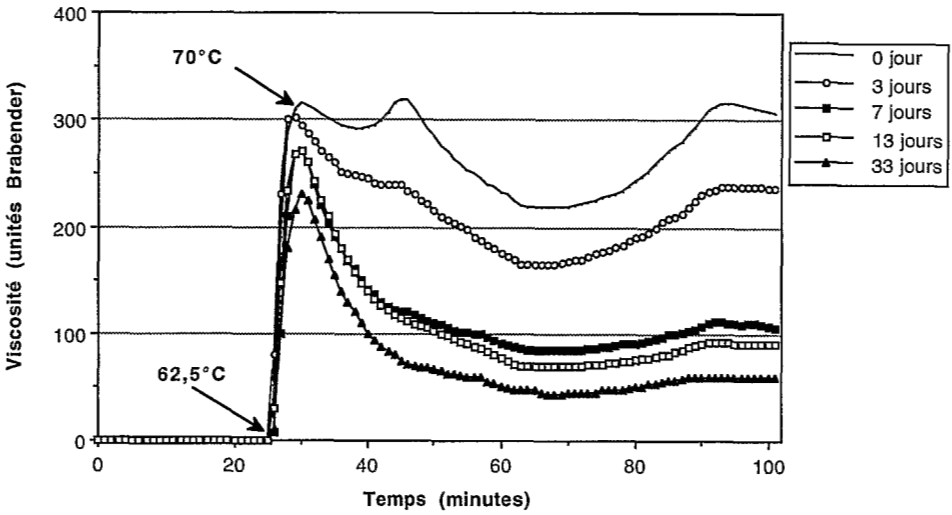


Figure 4

Evolution des propriétés rhéologiques de l'amidon A au cours de la fermentation (prélèvements séchés 8 h au soleil avant analyse).

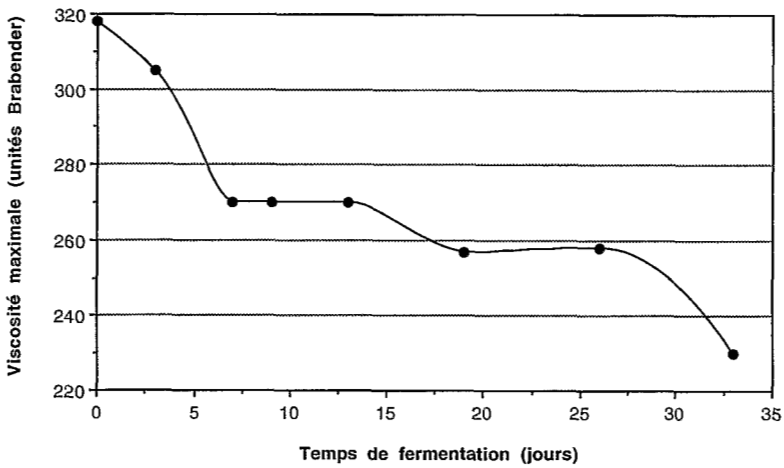


Figure 5

Evolution de la viscosité maximale de l'amidon A au cours de la fermentation.

survenant principalement dans les 7 premiers jours. Ces résultats rejoignent ceux de Nakamura et Park (1975). Le pic de viscosité maximale décroît avec le temps de fermentation (figure 5). Cette diminution pourrait s'expliquer par la réduction de la taille des molécules d'amidon au cours de la fermentation suite à leur dégradation par des amylases bactériennes (Camargo *et al.*, 1988).

La figure 6 montre l'acquisition du pouvoir de panification au cours de la fermentation. Le volume spécifique des pains passe de 3,5 à 6,5 cm^3/g^{-1}. Pour l'amidon utilisé dans ce suivi de fermentation, le pouvoir de panification maximal est atteint au bout de 20 jours de fermentation. L'évolution du pouvoir de panification est la plus remarquable au cours des 10 premiers jours de fermentation, ce qui est directement corrélé avec les modifications rhéologiques observées (chute de la viscosité maximale, fragilisation des granules et faible tendance à la gélification).

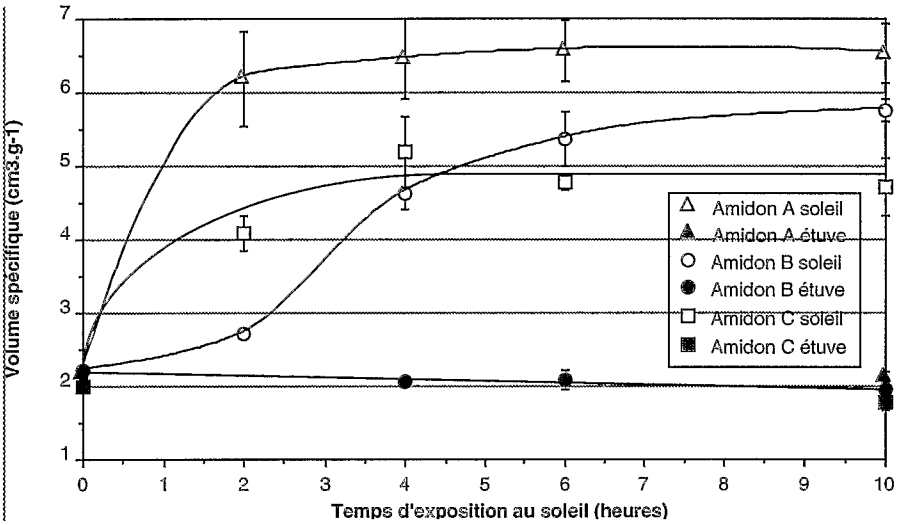


Figure 6
Evolution du pouvoir de panification de l'amidon A au cours de la fermentation.

2. Effet de l'exposition au soleil

La figure 7 montre que l'exposition directe au soleil (8 h dans les conditions équatoriennes) d'un amidon fermenté pendant 33 jours induit une très forte modification de ses propriétés rhéologiques. En effet, le viscoamylogramme de cet amidon est très différent de ceux du même amidon fermenté et analysé avant séchage (amidon humide) et après un séchage modéré à l'étuve (40 °C). Par ailleurs, les viscoamylogrammes de l'amidon fermenté non séché (amidon humide) et séché à l'étuve à 40 °C sont similaires, ce qui montre que le séchage en étuve à 40 °C ne modifie pas les propriétés physicochimiques de l'amidon aigre. Notons qu'avec une exposition au soleil, une forte tendance à la rétrogradation et une forte diminution de la viscosité maximale (de 320 à 220 unités Brabender) apparaissent.

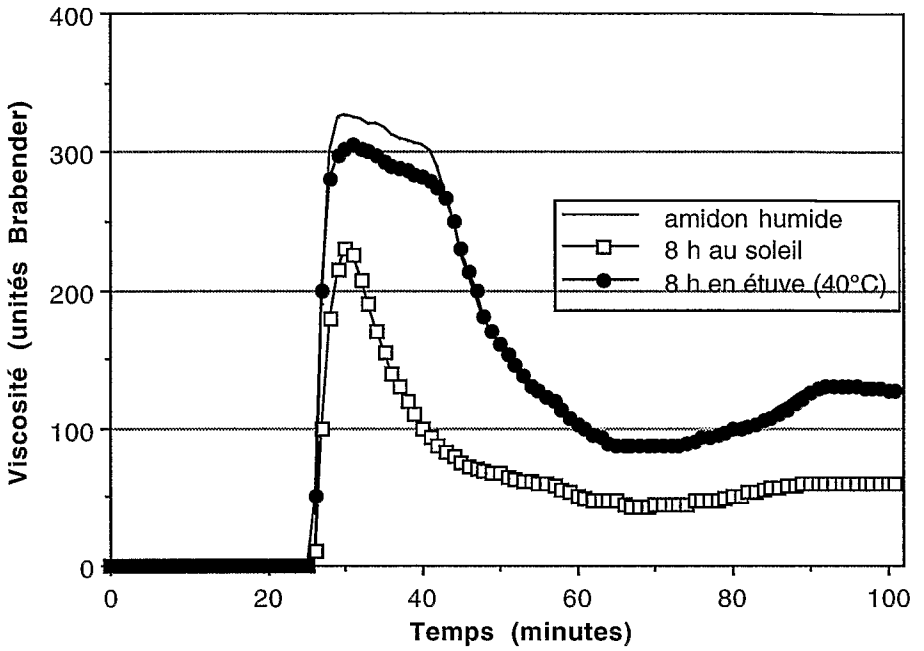


Figure 7
Influence du type de séchage sur les propriétés rhéologiques de l'amidon A (prélevé à 33 jours de fermentation).

La cinétique de séchage au soleil réalisée sur l'amidon prélevé après 33 jours de fermentation met en évidence une augmentation rapide de la tendance à la gélification (au bout de 3 heures d'exposition au soleil) (figure 8). Par contre, la diminution de sa viscosité maximale est linéaire (R2 = 0.93) en fonction du temps d'exposition au soleil (figure 9). La comparaison de ces résultats avec l'évolution du pouvoir de panification au cours de cette cinétique de séchage (figure 10) montre que l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon semble plus directement corrélée avec l'augmentation de sa tendance à la gélification. En effet, le pouvoir de panification maximal a été atteint dès les trois premières heures de séchage (figure 10). D'autre part, ce même amidon séché à l'étuve (40 °C) ne présente aucune augmentation du pouvoir de panification. La figure 11 montre des cinétiques de séchage au soleil réalisées sur d'autres cultivars de manioc (amidons B et C), celles-ci confirment que le pouvoir de panification est acquis lors de l'exposition au radiations solaires et non après un séchage en étuve.

Le suivi du pH de l'amidon A (prélevé après 33 jours de fermentation) au cours du séchage (figure 12) montre que le pH initial (3.45) de l'amidon humide augmente jusqu'à 3,7 en fin de séchage au soleil et jusqu'à 3,5 en fin de séchage à l'étuve (40 °C). Les amidons B et C montrent une tendance similaire avec une augmentation respective du pH de 3,48 à 3,55 (B) et de 3,45 à 3,55 (C).

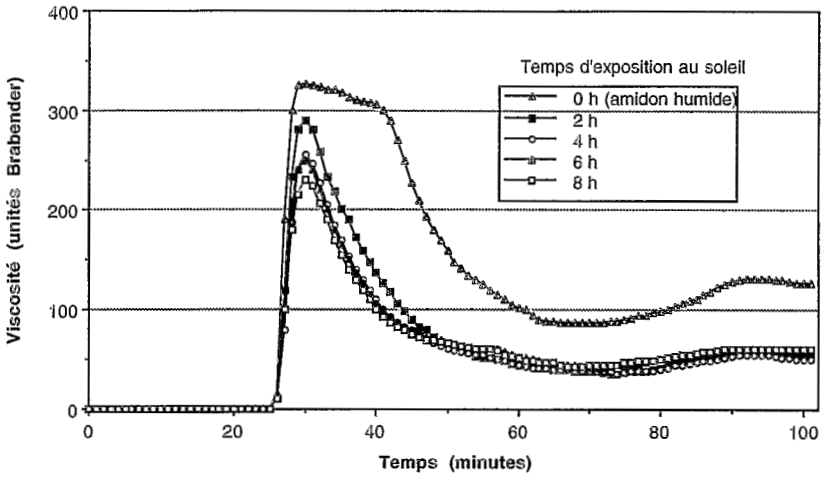


Figure 8

Influence de la durée d'exposition au soleil sur les propriétés rhéologiques de l'amidon A (prélevé à 33 jours de fermentation).

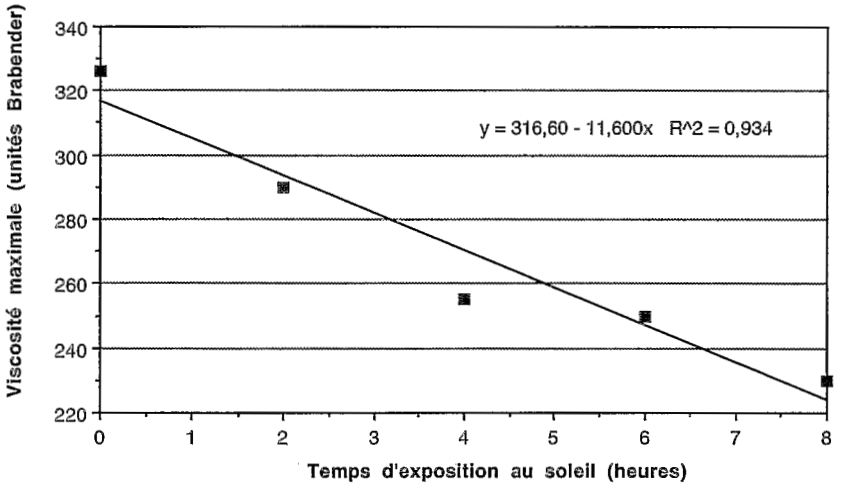


Figure 9

Evolution de la viscosité maximale de l'amidon A (prélevé à 33 jours de fermentation) en fonction de la durée d'exposition au soleil.

Le pH initial de 3,45 (avant séchage) correspondant au pKa de l'acide lactique, le milieu est donc fortement tamponné à ce pH et les formes (lactique) et (lactate) y sont en proportions égales. De ce fait pour l'amidon A, la faible variation du pH (0.25 unité) au cours du séchage au soleil (de 3.45 à 3.7) suggère des variations importantes des proportions (acide lactique) et (lactate), du fait de la relation chimique (pH = pKa + log base/acide) pour les solutions tampons.

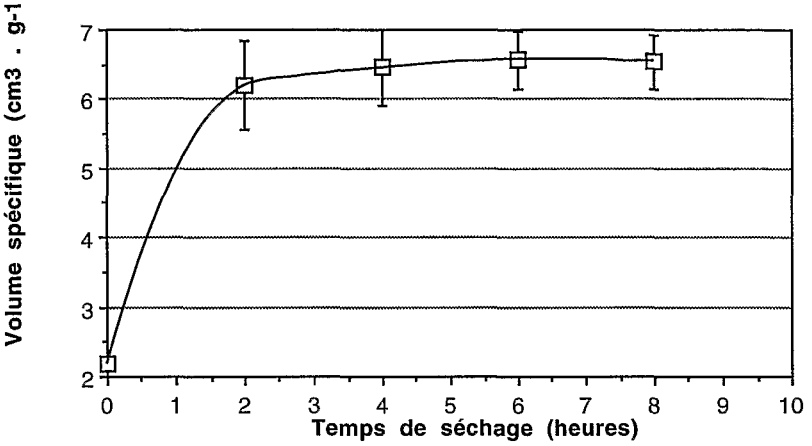


Figure 10
Evolution du pouvoir de panification de l'amidon A

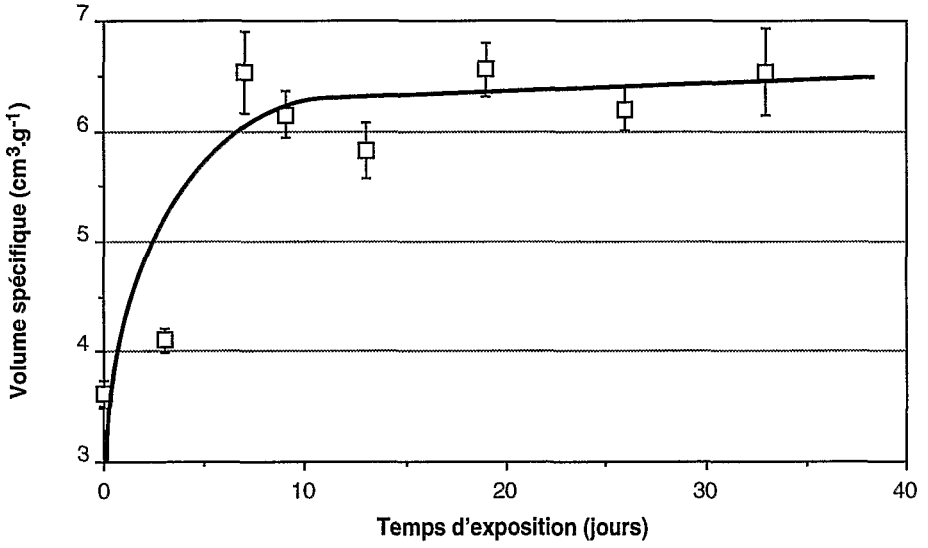


Figure 11
Evolution du pouvoir de panification des amidons (A, B, C) en fonction de la durée d'exposition au soleil.

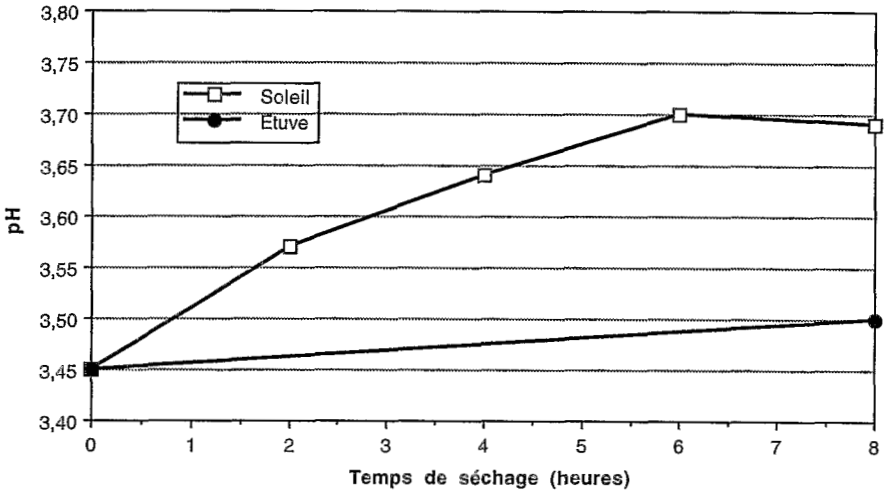


Figure 12
Evolution du pH de l'amidon A en fonction du temps de séchage (soleil et étuve).

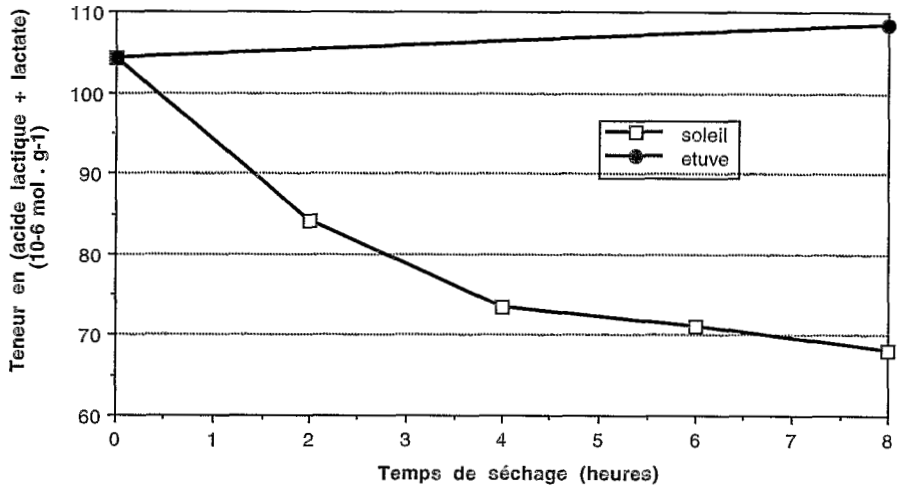


Figure 13
Evolution de la teneur en acide lactique de l'amidon A en fonction du temps de séchage (soleil et étuve).

Le dosage d'acide lactique dans les échantillons d'amidon A (fermenté 33 jours) séchés au soleil et à l'étuve (figure 13) montre que la teneur initiale en (acide lactique + lactate) est voisine de 105×10^{-6} mole par gramme de matière sèche (cette quantité correspondant à la conversion de 1 % d'amidon initial en acide lactique au cours de la fermentation). Cette teneur diminue jusqu'à 68×10^{-6} mole par gramme de matière sèche (soit une diminution de 35%) au cours du séchage au soleil mais reste inchangée pour un séchage en étuve de 8 h. La température de séchage au soleil étant voisine de celle du séchage en étuve (40 °C), cette disparition d'acide lactique ne peut pas s'expliquer par une volatilisation. Les amidons B et C montrent une même tendance avec une diminution respective de la teneur en (lactique + lactate) de 104 à 94. 10^{-6} mole g^{-1} base sèche (B) et de 77 à 67. 10^{-6} mole g^{-1} base sèche (C), soit une baisse de 10 % (B) et 13 % (C). La baisse plus importante (35%) de la teneur en acide lactique de l'amidon A semble corrélée avec son acquisition d'un pouvoir de panification supérieur à celui de B et C (respectivement de 6,5 contre 5,8 et 4,7) (figure 10). Notons que les différences observées entre les amidons A, B et C pourraient être accentuées par la diversité des cultivars utilisés ; ceci rejoint les travaux de Chuzel (1992).

D'autre part, l'augmentation du pH du milieu suggère que l'acide lactique est consommé par une réaction chimique lors du séchage. Le milieu étant très fortement tamponné, la disparition de 35 % des moles d'acide lactique présentes dans le milieu n'occasionne donc qu'une variation de 0,25 unité de pH. Notons que la méthode HPLC utilisée ne permet pas de doser les formes combinées de l'acide lactique et ne permet donc pas de mettre en évidence les formes polymérisées ou les liaisons covalentes pouvant survenir au cours du séchage. Celles-ci pourraient être mises en évidence après hydrolyse totale de l'amidon.

En panification classique, le gluten du blé forme un réseau tridimensionnel permettant la rétention des bulles de gaz au cours de la cuisson. Pour les farines non panifiables, des adjuvants de panification (gommes xanthane) sont ajoutés aux farines pour augmenter leur pouvoir de panification (Godon, 1981 ; Eggleston, 1992). Dans l'amidon aigre, la seule macromolécule prédominante étant l'amidon (absence de protéines et de cellulose), la formation d'un réseau tridimensionnel pourrait être due à une réaction photochimique mettant en jeu l'acide lactique et l'amidon fermenté. Ce réseau serait responsable de l'aptitude à la panification de l'amidon aigre de manioc fermenté et séché au soleil.

Cette nécessité de sécher en présence de radiations solaires pour obtenir une bonne expansion corrobore les enquêtes réalisées auprès des producteurs. Il est ainsi impossible de produire de l'amidon aigre panifiable en utilisant les séchoirs classiques, ce qui confirme les témoignages des industriels brésiliens n'ayant pas pu obtenir de l'amidon aigre panifiable après séchage dans les séchoirs traditionnellement utilisés pour la production de l'amidon doux.

Conclusions et perspectives

Cette étude met en évidence l'importance de la fermentation associée au séchage solaire pour obtenir un amidon aigre présentant une forte expansion et des caractéristiques organoleptiques. Le pH en fin de fermentation est proche de 3,45 suite à une production d'acide lactique correspondant à la conversion de 1 % environ de l'amidon initial. La fermentation confère à l'amidon des propriétés physico-chimiques indispensables à l'acquisition du pouvoir de panification lors de son exposition aux radiations solaires. La combinaison de la fermentation et du séchage solaire modifie les propriétés rhéologiques de l'amidon (tendance à la gélification plus marquée, viscosité maximale plus faible) de façon à augmenter son aptitude à l'expansion. Au cours du séchage solaire, la teneur en acide lactique libre diminue de 35 %, ce qui suggère qu'il pourrait intervenir dans une réaction photochimique avec certaines macromolécules (amidons, polysaccharides...) pour former un réseau tridimensionnel permettant la rétention des bulles de gaz au cours de la cuisson. Cette réaction serait à l'origine de l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre. L'influence variétale sur l'obtention d'un amidon aigre de bonne qualité est également mise en évidence.

Une fermentation en anaérobie stricte est nécessaire pour favoriser le développement de la flore lactique et optimiser ainsi la production d'acide lactique. En effet, l'inhibition des flores aérobies ou microaérophiles (non productrices d'acide lactique) permettent d'obtenir un amidon de bonne qualité. Pour cela, les tanks de fermentation doivent être profonds et recouverts d'eau ou d'une couche isolante réduisant les échanges d'oxygène avec l'extérieur.

De plus, l'utilisation traditionnelle d'inocula lactiques issus de fermentations précédentes permet un bon déroulement de la fermentation et une production d'acide lactique en quantité maximale.

La caractérisation des radiations solaires intervenant dans l'acquisition du pouvoir de panification devrait conduire à la conception d'un séchoir artificiel, combinant le séchage à l'air et l'irradiation. Ceci permettrait de s'affranchir des aléas climatiques, de diminuer les coûts de main d'œuvre et les superficies de séchage et de réduire les pertes de produit (vent, manutention, contaminations extérieures...). Les industriels brésiliens sont très favorables au développement d'un séchoir artificiel permettant l'obtention d'un amidon aigre industriel de très bonne qualité.

Une bonne pratique de la fermentation et du séchage solaire, combinée à l'utilisation de cultivars de manioc sélectionnés pour la production d'amidon aigre, permet donc d'obtenir un produit de bonne qualité, recherché en boulangerie ou en industrie.

Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Marney Cereda Pascoli (UNESP ; Botucatu ; Brésil) pour ses conseils, son accueil au Brésil et sa grande connaissance de l'amidon aigre.

Les travaux ont pu être réalisés grâce à l'infrastructure mise à disposition et à l'appui du laboratoire « Utilización de la Yuca » du CIAT, Cali, Colombie.

Un remerciement spécial à Sandra Larsonneur (UTC, Compiègne, France) et Freddy Alarcon Morante (CIAT, Cali, Colombie) pour leur participation active aux essais.

Bibliographie

BRABET (C.), CHUZEL (G.), DUFOUR (D.), RAIMBAULT, M., GUIRAUD (J.), 1994 - « Sour cassava starch production improvement in Colombia ». *In International Meeting on Cassava Flour and Starch, 11-15 January.* CIAT, Cali, Colombia. 10 p.

CAMARGO (C.), COLONNA (P.), BULEON (A.), RICHARD-MOLARD (D.), 1988 - Functional properties of sour cassava (*Manihot utilissima*) starch : polvilho azedo. *J. Sci. Food Agric. 45* : 273-289.

CARDENAS (O.S.), DE BUCKLE (T.S), 1980 - Sour cassava starch production : a preliminary study. *J. Food Sci. 45* : 1509-1512.

CEREDA (M.P), 1973 - *Alguns aspectos sobre a fermentaçao da fécula de mandioca.* Tese doutorado, Faculdade de ciencias médicas e biologicas de Botucatu, Brasil, 89 p.

CEREDA (M.P), 1985 - *Avaliaçao da qualidade da fécula fermentada comercial de mandioca (polvilho azedo). I. Caracteristicas viscograficas e absorçao de agua.* R.B.M., Cruz das Almas (BA), 3 (2): 7-13.

CHUZEL (G.), 1990 - Cassava starch : current and potential use in Latin America. *Cassava Newsletters*, 15 (1) : 9-11.

CHUZEL (G.), 1992 - « Amélioration technique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc ». *In* DUFOUR (D.), GRIFFON (D.), éd. : *Amélioration de la qualité des aliments fermentés à base de manioc.* Rapport final du contrat CEE/STD2 TS2A-0225, CIRAD, Montpellier, France.

CHUZEL (G.), MUCHNICK (J.), 1993 - « La valorisation des ressources techniques locales. L'amidon aigre de manioc en Colombie ». *In* MUCHNICK (J.), ed. : *Alimentation. Techniques et innovations dans les régions tropicales.* Editions L'Harmattan : 307-337

EGGLESTON (G.), 1992 - Es posible elaborar un pan comercial de yuca sin usar trigo ?. *Yuca boletin informativo*, 16 (1) : 7-8.

ESCOBAR (C. A.), MOLINARI (J. E.), 1990 - *Obtención de parametros para la evaluación de la calidad de un almidón agrio de yuca.* Tesis de grado, plan de estudios de ingeneria quimica, universidad del Valle, Cali, Colombia, 75 p.

GIRAUD (E.), RAIMBAULT (M.), 1991 - « Utilización de la cromatografia liquida de alta resolución (HPLC) para la caracterización bioquimica de la fermentación del almidon de yuca ». *In Avances sobre almidón de yuca, 17-20 Junio*, CIAT, Cali, Colombia.

GODON (B.), 1981 - Le pain. *Pour la Science*, 50 : 74-87.

JORY (M.), 1989 - *Contribution à l'étude de deux processus de transformation du manioc comportant une phase de fermentation : le gari au Togo, l'amidon aigre en Colombie.* Mémoire de mastère en technologie alimentaire régions chaudes, ENSIA/CIRAD, Montpellier, France, 45 p.

LARSONNEUR (S.), 1993 - *Influence du séchage solaire sur la qualité de l'amidon aigre de manioc.* Mémoire Ingénieur UTC, Cali, Colombie, 114 p.

LAURENT (L.), 1992 - *Qualité de l'amidon aigre de manioc : validation d'une méthode d'évaluation du pouvoir de panification et mise en place d'une épreuve descriptive d'analyse sensorielle.* Mémoire Ingénieur UTC, Cali, Colombie, 88 p.

PINTO (R), 1978 - Extraccion de almidón de yuca en rallanderias. *Ica-informa* 12 (9) : 3-6.

NAKAMURA (I.M.), PARK (Y.K.), 1975 - Some physico-chemical properties of fermented cassava starch (« polvilho azedo »). *Die Stärke*, 27 (9) : 295-297.

VANHAMEL (S.), VAN DEN ENDE (L.), DARIUS (P.L.), DELCOUR (J.A.), 1991 - A volumeter for breads prepared from 10 grams of flour. *Cereal Chem.*, 68 (2) : 170-172.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Etude du procédé traditionnel de cuisson-séchage du gari

Study of the traditional cooking-drying of gari

***G. CHUZEL* * & **, *N. ZAKHIA* *, *D. GRIFFON* ***

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
*** UNESP-FCA, Botucatu (Brésil)*

– Résumé –

Le gari est une semoule de manioc, fermentée et séchée, très répandue en Afrique de l'Ouest. L'opération unitaire de cuisson-séchage joue un rôle majeur dans le procédé de transformation du manioc en gari, étant donné son impact sur la qualité nutritionnelle et organoleptique de ce produit.

Des suivis de l'opération traditionnelle de cuisson-séchage du gari ont été réalisés au Togo, afin d'analyser les mécanismes mis en jeu lors de cette opération. Des échantillons de gari ont été prélevés tout au long de la cuisson-séchage ; la qualité de leur cuisson a été évaluée par le taux de gélatinisation de l'amidon.

Le « tour de main » des opératrices au Togo consiste à alimenter le canari de cuisson avec un chargement progressif de pulpe de manioc. En effet, ceci permet de maintenir la pulpe dans des conditions de température et de teneur en eau favorables au processus de gélatinisation de l'amidon, au début de l'opération. L'agitation ultérieure vise à briser les grumeaux formés et donc à favoriser l'élimination de l'eau du produit et l'obtention d'un aspect granulaire.

Le couple température-teneur en eau est prépondérant dans l'opération de cuisson-séchage du gari. Cependant, compte tenu du chargement progressif de la pulpe, aucune corrélation n'a pu être mise en évidence entre la teneur en eau moyenne de la pulpe et l'évolution de son taux de gélatinisation. Il semble que les phases inter-dépendantes de cuisson (gélatinisation) et de séchage ne soient pas dissociables sur l'ensemble de l'opération. Ainsi, le savoir-faire traditionnel vise, de façon empirique, à réduire le caractère limitant du séchage vis-à-vis du phénomène de gélatinisation.

– Abstract –

Gari is a fermented and dried cassava coarse flour (semolina) widely spread in West Africa. In gari processing, the cooking-drying step has a great influence on the nutritional quality and organoleptic characteristics of gari.

Traditional cooking-drying of gari in Togo was studied, in order to understand the mechanisms involved in this operation. Gari samples were taken along the cooking-drying and their « cooking » stage was assessed by measuring starch gelatinization.

Traditionally, togolese gari processors (women) progressively load cassava pulp into the cooking clay vessel (canary). Indeed, this enables maintaining such favourable conditions of temperature and water content that starch undergoes gelatinization, especially in the beginning of « cooking ». Subsequent stirring then breaks the lumps and allows the water to go out of the product, which gives to gari its granular form.

Both of temperature and water content play a major role in the cooking-drying of gari. However, according to the progressive loading of cassava pulp to be cooked, no correlation has been found between the average water content and the gelatinization evolution of cassava pulp. Cooking (gelatinization) and drying steps seem to be strongly inter-dependent and not clearly dissociable throughout the whole operation. The traditional know-how of gari processing appears to be an empirical manner for equilibrating the experimental conditions in such a way that drying could not rank before gelatinization has completely set up.

1. Introduction

Le gari, une semoule de manioc fermentée et séchée, tient une place prépondérante dans la ration alimentaire des populations du golfe du Bénin (Odigboh, 1983). Il est préparé par les femmes, suivant le procédé traditionnel suivant, dont le diagramme est donné à la figure 1 (Odigboh, 1983, Chuzel *et al*, 1986, 1988) : les racines de manioc fraîchement déterrées sont décolletées puis épluchées à la main avec des machettes. Elles sont ensuite lavées puis mises sous forme d'une pulpe à l'aide d'une râpe artisanale constituée d'une plaque métallique perforée ayant des excroissances pointues. La pulpe est versée dans des paniers en tresse de paille, ou dans des sacs de jute sur lesquels on dispose de lourdes pierres pour faciliter l'égouttage du produit. La pulpe est laissée ainsi pendant 2 à 6 jours, suivant l'acidité recherchée ; c'est en effet au cours de cette phase de pressage que se développe une fermentation naturelle de la pulpe. Le gâteau de presse est alors émietté à la main pour redonner à la pulpe une structure granulaire et passé au travers d'un tamis traditionnel constitué de lianes tressées pour en éliminer fibres et inrâpés. La pulpe est déposée dans des canaris d'argile, chauffés sur un feu de bois, jusqu'à ce qu'un degré suffisant de gélatinisation de l'amidon soit atteint, et que la teneur en eau du produit soit suffisamment basse pour assurer une bonne conservation du produit. Les femmes doivent continuellement agiter la pulpe avec une calebasse pour éviter la formation de grumeaux ou de crêpes, ou un trop fort toastage du gari. Cette dernière opération de cuisson-séchage est appelée « garification ». Elle constitue avec la fermentation un étape importante dans l'obtention des qualités requises au niveau du produit final : couleur, granulométrie, degré de cuisson, pouvoir de gonflement, digestibilité... (Favier, 1969 a, b ; Ikediobi et Onyike, 1983, a, b ; Ajibola *et al.*, 1987 a, b).

La qualité de cuisson du gari peut être appréciée par son taux de gélatinisation (Zakhia, 1985, Chuzel, 1989), dont la valeur doit être supérieure à 65 % pour une bonne acceptabilité du produit par les consommateurs. Le traitement thermique lors de la garification avec des teneurs en eau initiales de la pulpe entre 1,0 et 1,2 kg d'eau/kg m.s., largement en dessous des conditions d'excès d'eau, affecte les conditions de gélatinisation (Donovan, 1979, Duprat *et al.*,1980, Van Den Berg, 1981) : augmentation de la température de début de gélatinisation, limitation de l'attaque hydrothermique, gonflement limité, masse solubilisée faible..., dont les répercussions se retrouvent au niveau de la qualité finale du gari.

Cette cuisson traditionnelle constitue un tour de main, que nous nous proposons d'analyser pour mieux appréhender les procédés mis en jeu lors de cette opération.

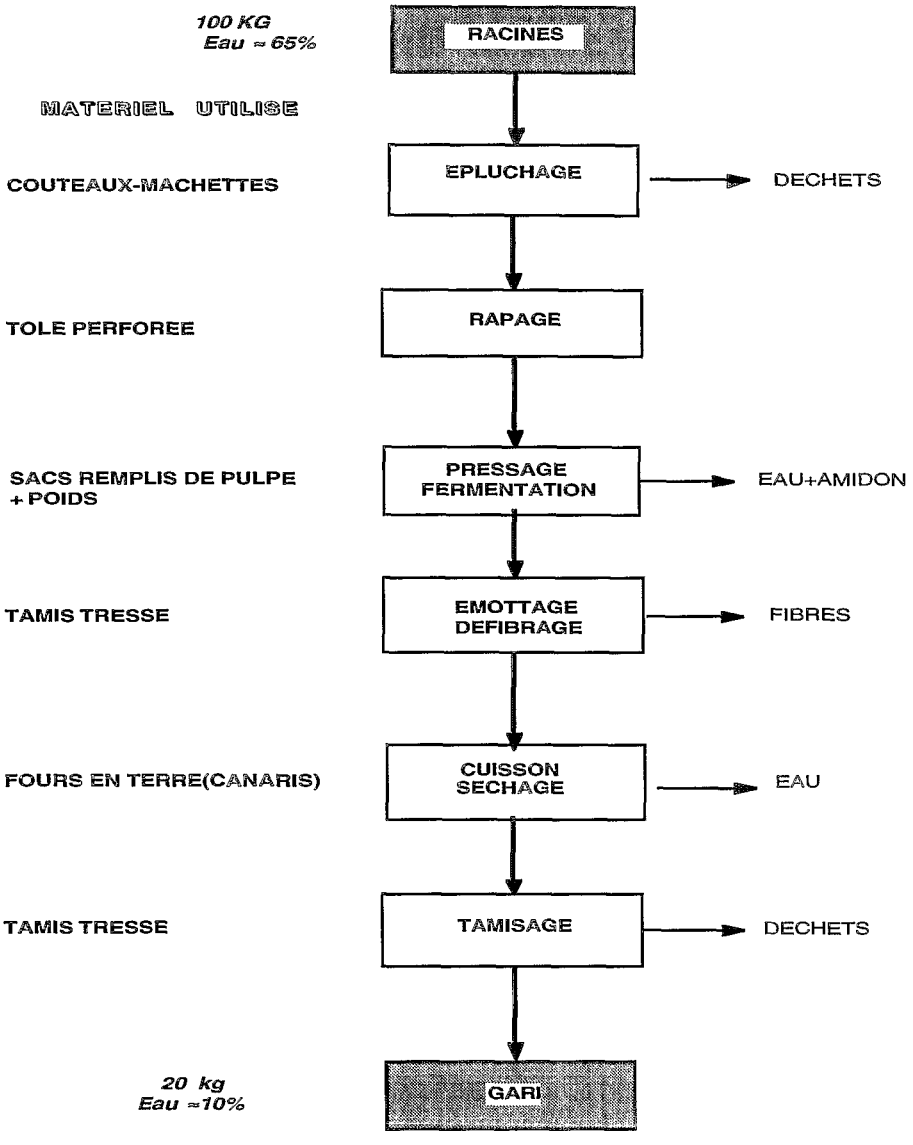


Figure1
Diagramme du procédé traditionnel de fabrication du gari

2. Matériels et méthodes

2.1 Conditions expérimentales

Un suivi en parallèle de cuisson-séchage du gari avec deux opératrices reconnues localement pour leur savoir-faire, a été réalisé à Davié (Togo).

Les canaris de cuisson utilisés sont des bacs en terre cuite de 3 à 4 cm d'épaisseur en forme de calotte sphérique évasée de 1 m de diamètre. Les canaris sont déposés sur un foyer trois pierres alimenté en bois de feu. Une instrumentation minimale a été mise en place pour déterminer les températures de parois en quatre points et celle de la pulpe (sondes de température de contact et d'ambiance reliées à un thermomètre à affichage numérique AOIP à 6 voies).

La pulpe utilisée pour ces essais de cuisson a été préparée sur une ligne semi-mécanisée dans les conditions normales du procédé avec une durée de fermentation de 48 heures à partir d'un manioc de variété togolaise 512/324. La teneur en eau initiale de la pulpe était voisine de 1 kg d'eau par kg de matière sèche.

Les échantillons une fois prélevés ont été séchés à l'étuve à 30 °C jusqu'à une teneur en eau de l'ordre de 10 % (b.h.) pour la détermination ultérieure de leur taux de gélatinisation.

2.2 Méthodes analytiques

La détermination de la teneur en eau a été faite par dessiccation dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures avec trois répétitions.

Le taux de gélatinisation est déterminé par la méthode de Mestres (1986) de digestibilité de l'amidon à l'amyloglucosidase, dont le protocole est dérivé des méthodes de Chiang & Johnson (1977) et de Kainuma *et al* (1981) ; il est exprimé par le rapport :

$$Tg\ (\%) = \frac{E - N}{G - N} \times 100$$

où E, N et G sont les pourcentages d'amidon hydrolysé respectivement dans l'échantillon, l'échantillon natif et l'échantillon complètement gélatinisé, le glucose libéré par l'hydrolyse étant dosé par la méthode de Bergmeyer & Bernt (1975) à la glucose-oxydase-peroxydase-ABTS.

Le test de Wilcoxon du classement des différences d'observations appareillées a été utilisé pour comparer la distribution des variables observées sur les deux cuissons.

3. Résultats et discussions

Le suivi du chargement de la pulpe de manioc lors de la cuisson traditionnelle présentée à la figure n° 2 met en évidence un chargement progressif, qui s'étale sur près de la moitié de l'opération, ce qui conduit donc à une dispersion du temps de séjour du produit dans le rapport de 1 à 2, dont, a priori, les conséquences peuvent être importantes sur l'homogénéité du produit fini.

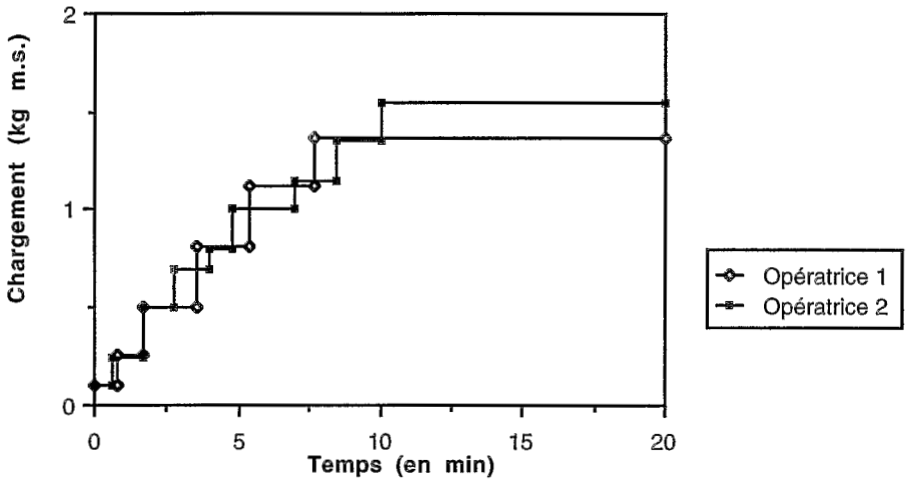


Figure 2
Chargement de la pulpe de manioc au cours de la cuisson traditionnelle

Nous notons également sur cette figure la similitude du mode de chargement pour les deux opératrices. Le test de Wilcoxon montre qu'il n'y a pas de différence significative au seuil de 5 % sur les valeurs de la variable chargement.

La principale conséquence de ce chargement progressif est de permettre le maintien de la surface du canari à une température pratiquement constante aux alentours de 90 à 95 °C, comme le montre la figure 3. Ces températures de plaque sont inférieures aux valeurs citées dans la littérature (120 à 130 °C), (Muchnik et Vinck, 1984; Vinck, 1982).

Là encore, un test de Wilcoxon sur les variables température de plaque et température du produit permet de conclure à l'identité des distributions de ces deux variables pour les deux opératrices.

La température de pulpe, tant lors du premier chargement que lors des différents chargements ultérieurs successifs, atteint très rapidement des valeurss entre 60 et 80 °C, pour lesquelles le phénomène de gélatinisation à une teneur en eau de 1 kg d'eau/kg m.s. peut intervenir. Chuzel (1989) donne une valeur de l'ordre de 65 °C comme température de début de gélatinisation pour une teneur en eau entre 1,2 et 0,45 kg/kg.

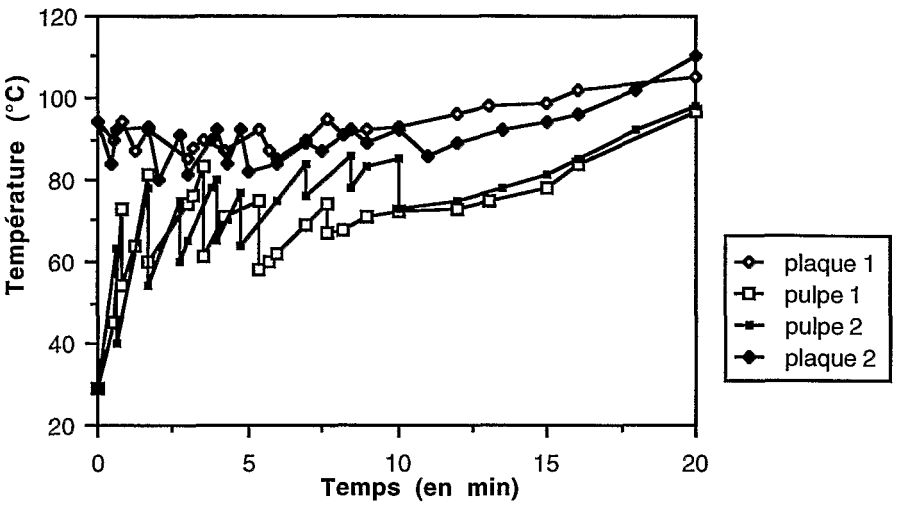


Figure 3
Evolution des températures de plaque (moyenne sur quatre points) et de pulpe

Nous signalerons également qu'entre deux chargements successifs, la pulpe est par intermittence rassemblée en tas sur un coté du canari ; cette pratique doit permettre d'améliorer les transferts de chaleur dans la couche du produit comme entre le produit et la paroi, contribuant ainsi à une augmentation de la température au cœur du produit. De plus, cette phase statique limite également le départ d'eau vers l'atmosphère ambiante, ce qui, conjugué à l'augmentation de température, offre des conditions plus favorables pour le phénomène de gélatinisation de l'amidon dont l'étendue dépend du couple température-teneur en eau,

L'agitation du produit qui suit cette phase vise avant tout à briser les grumeaux formés adhérant à la plaque sous forme de « crêpes » ou à l'intérieur même de la couche ; en effet, du fait de la gélatinisation de l'amidon, la pulpe devient collante et d'une certaine manière visqueuse avec une forte tendance des particules à s'agglomérer.

En fin d'opération, nous relevons une élévation de température de la plaque (100-105 °C) et de la pulpe (80-90 °C), l'énergie fournie étant alors utilisée principalement sous forme de chaleur sensible. Cette élévation de température conjuguée à une faible teneur en eau de la pulpe conduit à un toastage du produit.

L'agitation de la pulpe au cours de l'opération doit conduire à une certaine homogénéisation de la teneur en eau du produit dans le canari après les chargements successifs de la pulpe. Si nous représentons les points expérimentaux, des teneurs en eau en fonction du temps, nous sommes loin de retrouver les allures

connues de courbes de séchage, les points paraissant alignés. Le lissage de ces points expérimentaux par une régression linéaire (figure n° 4) confirme ce constat, où nous avons une bonne représentation des allures de séchage avec des coefficients de corrélation de 0,98 et 0,99 ($p < 0,05$).

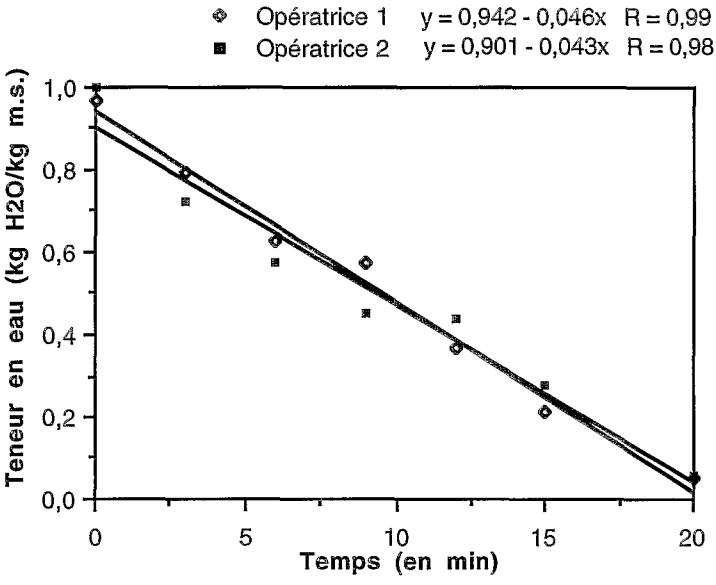


Figure 4
Lissage des courbes de séchage par une régression linéaire

Le chargement progressif a également pour conséquence de conserver la vitesse de séchage constante au cours de l'opération de cuisson séchage et donc de maintenir plus longtemps des conditions de teneurs en eau plus élevées, favorisant ainsi le processus de gélatinisation.

En retenant l'hypothèse de la constance de la vitesse de séchage, nous pouvons calculer à partir des valeurs de la masse de matière sèche chargée, la masse de matière fraîche dans le canari en fonction du temps. Les courbes correspondantes données à la figure n° 5 montrent que la quantité maximale de produit se trouvant dans le canari est de l'ordre de 2,2 kg pour quelques 3 kg de pulpe traitée.

Les productions de gari pour les deux opératrices sont voisines, de l'ordre de 1,5 kg par cuisson, soit une capacité horaire pour une opératrice aux environs de 4,5 kg de gari.

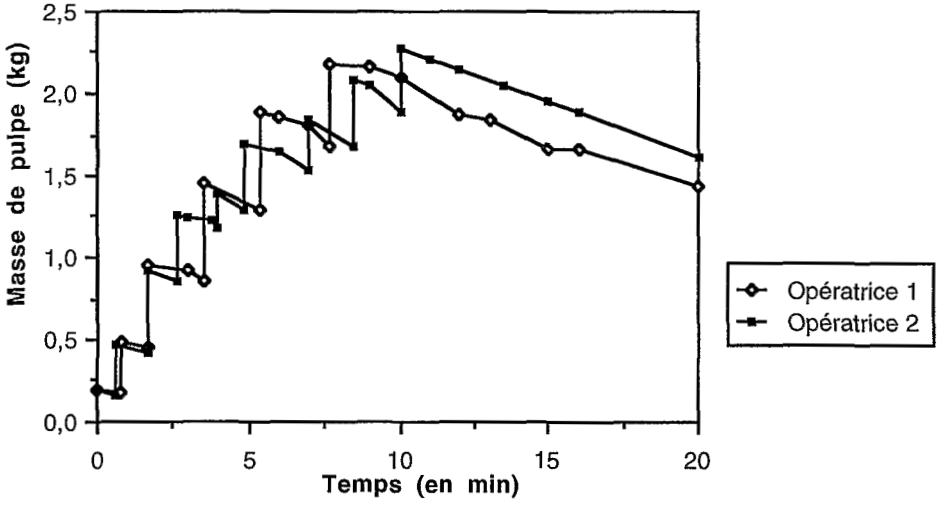


Figure 5
Evolution de la matière fraîche dans le canari en fonction du temps

Les courbes d'évolution du taux de gélatinisation et de la teneur en eau de la pulpe en fonction du temps sont données à la figure n° 6. Le taux final obtenu de l'ordre de 70 % correspond aux valeurs requises pour l'acceptabilité du produit.

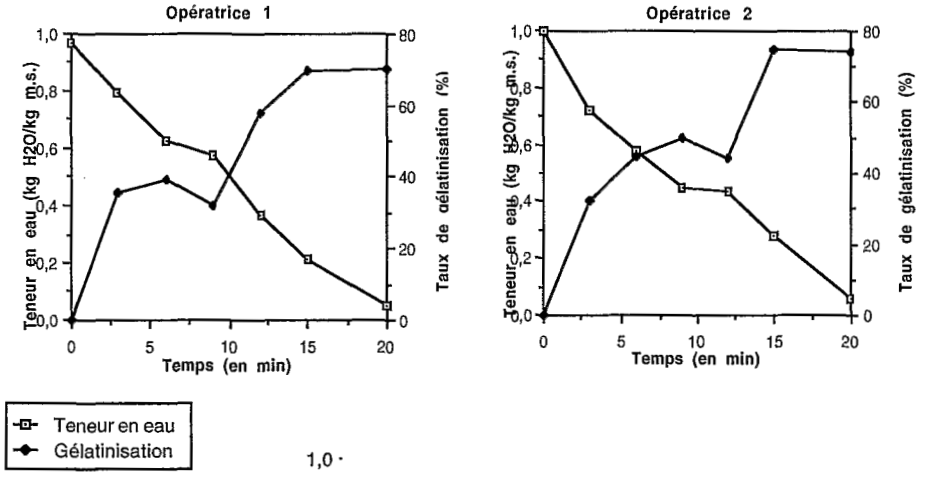


Figure 6
Teneurs en eau et taux de gélatinisation en fonction du temps

Compte tenu des conditions de chargement progressif, nous ne pouvons mettre en évidence aucune corrélation entre la teneur en eau moyenne de la pulpe et l'évolution du taux de gélatinisation, les phases de gélatinisation et de séchage n'étant en fait en fait pas dissociables sur la quasi totalité de l'opération.

En effet, dans les deux cas, sur les 20 minutes de la durée de l'opération, quelques 15 minutes sont nécessaires pour atteindre le taux de gélatinisation final. La teneur en eau au bout de ces 15 minutes est de l'ordre de 0,3-0,25 kg d'eau/kg m.s., pour laquelle le phénomène de gélatinisation de l'amidon. est inhibé : Gévaudan (1989) et Chuzel (1989) donne une valeur limite de 0,36 Kg d'eau/kg m.s., pour l'amidon de manioc qui est voisine de celle rencontrée pour d'autres amidons, Anderson (1979) pour la pomme de terre, Lund (1984) pour le riz.

4. Conclusion

Nous disposons d'une description précise de la technique utilisée lors du procédé traditionnel de cuisson de la pulpe de manioc. Toutefois, compte tenu du mode de chargement progressif de la pulpe, qui constitue d'ailleurs l'un des « tours de main » de l'opératrice, le suivi des paramètres de cuisson (température, teneur en eau) et des principaux critères liés à cette opération (taux de gélatinisation) ne permet pas de faire ressortir des corrélations entre ces différents paramètres.

Cette technique de chargement progressif permet en fait à l'opératrice d'éviter une chute brutale de la température de plaque et de maintenir ainsi la pulpe dans le canari tout au long de la phase de chargement dans des conditions de température et de teneur en eau favorables au développement du processus de gélatinisation, dont l'étendue est fonction de ce couple teneur en eau-température. De ce fait, les deux phénomènes sont interdépendants et le savoir-faire traditionnel mis en œuvre vise à réduire le caractère limitant du séchage vis-à-vis du phénomène de gélatinisation.

Dans l'optique d'une mécanisation de cette opération, où il est difficile de vouloir reproduire cette technique traditionnelle, il convient de disposer des domaines de teneurs en eau et de températures permettant d'assurer un taux de gélatinisation du gari suffisant, et de maîtriser l'influence du séchage du produit sur l'étendue du processus de gélatinisation de l'amidon.

Bibliographie

AJIBOLA (O.O.), IGE (M.T.), MAKANJUOLA (G.A.), 1987a - Preliminary studies of a new technique of cassava mash gelatinization. *Journal of Agr. icultural Engineering Research*, 36 : 97-100.

AJIBOLA (O.O.), MAKANJUOLA (G.A.), ALMAZAN (A.M.) 1987b - Effects of processing factors on the quality of gari produced by a steam gelatinization technique. *Journal of Agr. icultural Engineering Research*, 38 : 313-320.

ANDERSON (R.A.), CONWAY (H.F.), PFEIFFER (V.F.), GRIFFIN (E.L.), 1979 - Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. *Cereal Science Today*, 14, (1) : 4-7.

BERGMEYER (H.U.) BERNT (E.), 1975 - In : *Methods of enzymatic analysis.* Bergmeyer, H. U., Ed, volume 3, Academic Press, New-York : 205.

CHIANG (C. J.) JOHNSON (J. A.), 1977 - Measurement of total and gelatinized starch by glucomylase and o-toluidine reagent. *Cereal Chemistry*, 54, (3) : 429-435.

CHUZEL (G.), 1989 - *Etude des traitements technologiques intervenant lors de la transformation du manioc en gari.* Thèse de Docteur-ingénieur, ENSAM, Montpellier, 195 p.

CHUZEL (G.), GAUTHIER (P.) GRIFFON (D.), 1986 - Un cas concret de coopération industrielle au Togo pour la transformation du manioc en gari. *Machinisme Agricole Tropical*, 96 : 57-66.

CHUZEL (G.), GEVAUDAN (A.) GRIFFON (D.), 1988 - *Cassava processing for gari production.* Agricultural Engineering International Conference, Paris, March 2-5-1988.

DONOVAN (J. W.), 1979 - Phase transitions of the starch - water system, *Biopolymers*, 18 : 263-275.

DUPRAT (F.), GALLAND (D), GUILBOT A.), MERCIER C.) ROBIN (J.P.), 1980 - *L'amidon dans les polymères végétaux*, Ed. Bernard Monties, Gauthier-Villars.

FAVIER (J.C.), 1969a - Etudes de la digestibilité « in vitro » de l'amidon de diverses plantes alimentaires du Sud-Cameroun, *Ind. Alim. Agric.*, 3 : 239-248.

FAVIER (J. C.), 1969b - Valeur alimentaire de deux aliments de base africains : le manioc et le sorgho. *Ind. Alim. Agric.*, 86, (1) : 9-13.

GEVAUDAN (A.), 1989 - *Etude du séchage par contact des milieux granulaires agités. Application à l'opération de cuisson-séchage de la pulpe de manioc.* Thèse, Institut des sciences appliquées, Lyon, 182 p.

IKEDIOBI (C. O.), ONYIKE (E.), 1982a - Linamarase activity and detoxification of cassava (*Manihot Esculenta* Crantz) during fermentation of gari production. *Agr. Biol. Chem.*, 44, (6) : 1667-1669.

IKEDIOBI (C.O.), ONYIKE (E.), 1982 b - The use of linamarase in gari production. *Process Biochemistry*, 17, (4) : 2-5.

KAINUMA (K.), MATSUNAGA (F.), ITAGAWA (M.), KOBAYACHI (S.), 1981 - New enzyme system beta-amylase-pullulanase to determine the degree of gelatinization and retrogradation of starch and starchy products. *Journal of Japan Society of Starch Science*, 31, (9) : 293-300.

LUND (D.), 1984 - Influence of time, temperature, moisture, ingredients and processing conditions on starch gelatinization. *CRC Critical Revieus in Fd Sc. Nutrition*, 20, (4) : 249-271.

MESTRES (C.), 1986 - *Gélification d'amidons de maïs modifiés thermiquement. Application à la fabrication de pâtes alimentaires sans gluten.* Thése, UFR des sciences de la nature, Nantes, France, 156 p.

MUCHNIK (J.) VINCK (D.), 1984 - *La transformation du manioc - Technologies autochtones.* ACCT Paris, 172 p.

ODIGBOH (E.U.), 1983 - Cassava : production, processing and utilization. In : *Handbook of tropical foods.* Chan, H.I. Jr, Ed, Marcel Dekker, INC., N.Y. : 168.

VAN DEN BERG (C.), 1981 - *Vapour sorption equilibria and other water interactions ; a physical approach.* Thèse, Un. Wageningen (Pays-Bas).

VINCK (D.), 1982 - *La transformation du manioc en gari.* Thèse. Fac. sc. agr. Gembloux, Belgique : 220 p.

ZAKHIA (N.), 1985 - *Etude de l'operation de cuisson-séchage du gari.* Memoire ENSIA-SIARC, Montpellier, France.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur l'aptitude à la transformation des racines de manioc

Effects of variety and sequence of performing peeling and retting on cassava root processing

E. AVOUAMPO *, G. GALLON **, S. TRECHE ***

** Département de Transformation Agro-alimentaire, Agricongo, Brazzaville (Congo)*
*** Laboratoire de Nutrition Tropicale (UR 44), Centre ORSTOM, Montpellier (France)*
**** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR 44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville, Congo.*

– Résumé –

Afin de comparer les aptitudes à la transformation en chikwangue et en farine à foufou de huit variétés de manioc cultivées au Congo, nous avons mesuré, sur des lots de racines épluchées avant ou après rouissage, les durées d'épluchage et les bilans massiques des transformations et comparé les caractéristiques organoleptiques des foufous et chikwangues obtenus.

La durée d'épluchage peut varier du simple au triple selon la variété. Pour trois variétés, l'épluchage était plus rapide lorsqu'il était réalisé après rouissage, mais pour deux autres il s'est avéré plus facile d'éplucher avant rouissage.

Les rendements réels (kg de matière sèche récupérée pour 100 kg de MS comestible) de la transformation en chikwangues varient de 26 à 51 selon les variétés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 32 à 61 dans le cas contraire. Pour six variétés sur huit, ce rendement s'est révélé meilleur quand l'épluchage était effectué après rouissage. Les rendements réels de la transformation en foufou sont très nettement supérieurs à ceux de la transformation en chikwangue : ils varient de 56 à 69 lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 71 à 79 dans le cas contraire.

Pour toutes les variétés, on a pu mettre en évidence un effet favorable, plus marqué pour les foufous que les chikwangues, de l'épluchage avant rouissage sur les caractéristiques organoleptiques des produits transformés.

En définitive, la pénibilité de l'épluchage, le rendement des transformations et la qualité des produits finis varient en fonction des variétés et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

– Abstract –

In order to compare the ability of 8 cassava varieties cultivated in the Congo to be processed into chikwangue and cassava flour, the duration of time used in peeling the roots before or after retting and mass balance during processes were determined and the organoleptic characteristics of fufu and chikwangue obtained from roots peeled before or after retting were compared.

The duration of time used in peeling could vary from once to triple according to the variety. For 3 varieties out of 8, peeling was faster when it was done after retting, but for 2 others it was found to be easier before retting.

The net ouput (kg dry matter recovered $100g^{-1}$ dry edible material) during processing into chikwangue varied from 26 to 51 according to the varieties when the roots were peeled before retting and 32 to 61 when the roots were peeled after. For 6 out of 8 varieties the net output was better when peeling was done after retting. The net outputs during processing into fufu were higher than those of chikwangue : it varied from 56 to 69 when the roots were peeled before retting and from 71 to 79 when they were peeled after.

For most of the varieties, peeling before retting had an positive effect, which was more accentuated for foufou than chikwangue, on organoleptic qualities of processed products.

The duration of time used in peeling, the processing yields and the quality of final products therefore varied as a function of variety and order in which peeling and retting was done. Moreover, certain processing methods were more or less adapted to the type of variety according to the order in which peeling and retting were done.

A strict collaboration between agronomists who select and multiply varieties and food technologists capable of defining their ability to undergo technological processes is therefore indispensable.

Introduction

Le rendement de la transformation des racines de manioc en produits transformés et la qualité de ces derniers dépendent de nombreux facteurs. Parmi ceux-ci l'origine variétale et les modalités de rouissage sont couramment citées par les préparatrices traditionnelles.

Compte tenu de l'existence au Congo de nombreuses variétés de manioc tant dans les stations agronomiques qu'en milieu paysan et compte tenu de la diffusion progressive de la technique d'épluchage des racines après rouissage (Trèche et Massamba, 1995), nous avons étudié l'influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les durées d'épluchage, les bilans massiques des transformations et les caractéristiques organoleptiques des produits transformés les plus couramment obtenus au Congo : les farines à foufou et les chikwangues (Massamba et Trèche, 1995).

Matériels et méthodes

1. Matériels

Les racines utilisées ont été récoltées 12 mois après leur plantation ; elles proviennent d'essais inter-variétaux de rendement menés en 1989 dans le cadre d'un projet financé par le Fond français d'aide et de coopération (FAC) sur la ferme d'état de Mantsoumba dans la vallée du Niari à 250 km au sud-ouest de Brazzaville.

Huit variétés d'origines locale ou importée ont été comparées : Moudouma (V1), Gantsa (V2), Zanaga 2 (V3), Dikonda (V4), F100 (V5), Pembé (V6), 42M8 (V7) et TMS30507 (V8).

Pour chaque variété, deux tas de racines de 30 à 40 kg ont été constitués aussitôt après la récolte. Le premier a été transformé en farine à foufou sur le site même de Mantsoumba (sauf pour la variété F100 pour laquelle la quantité de racines disponible était insuffisante) ; le second a été transporté jusqu'à la station Agricongo de Kombe (17 km de Brazzaville) dans les 24 heures qui ont suivi la récolte et transformé en chikwangue.

Chaque tas a été divisé en deux lots : les racines du premier ont été épluchées avant le rouissage qui a duré 5 jours ; celles du second ont été épluchées après le rouissage qui s'est prolongé pendant 7 jours de façon à obtenir des racines dont l'état de ramollissement était comparable à celui des racines de l'autre lot. A l'exception de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et de la durée de rouissage, les autres techniques utilisées pour transformer les deux lots de chacune des variétés ont été identiques. Les modes de transformations utilisés tant pour la production de farine que celle de chikwangue sont ceux qui mettent en œuvre les procédés et les techniques les plus couramment utilisés au Congo (Trèche et Massamba, 1995).

2. Mesure des durées d'épluchage et bilans massiques

La détermination des durées d'épluchage a été effectuée dans des conditions standardisées sur les lots de racines de 25 à 30 kg ayant servi à la production de chikwangues : 4 ouvrières bénéficiant de temps de repos entre deux mesures ont été chronométrées pendant qu'elles épluchaient les racines en utilisant l'outil de leur choix (couteau ou machette). Le nombre de racines et le poids de chaque lot ont été mesurés de façon à calculer le poids moyen des racines de chaque lot.

Les bilans massiques sur la base de la matière brute (rendements bruts) ont été réalisés en pesant à 10 g près les produits finis et les produits intermédiaires à différentes étapes des transformations : racines épluchées, rouies et égouttées dans des conditions standards pour les deux modes de transformation ; farines dans le cas de la transformation des racines en farine à foufou ; pâte défibrée et égouttée, d'une part, et chikwangues, d'autre part, dans le cas de la transformation des racines en chikwangue.

Des déterminations de teneur en matière sèche dans les produits intermédiaires et les produits finis ont permis de calculer des rendement réels qui ramènent la quantité de matière sèche encore disponible à la quantité de matière sèche comestible contenue dans les racines brutes.

3. Préparation et prélèvement des échantillons

Tant dans les lots de racines restés à Mantsoumba que dans ceux transportés à Brazzaville, 6 racines ont été prélevées au hasard pour détermination de leur teneur moyenne en matière sèche.

Par ailleurs, des échantillons représentatifs ont été prélevés aux niveaux des produits intermédiaires et des produits finis aux différentes étapes des transformations précisées dans le paragraphe précédent.

Les farines prélevées ont fait, en outre, l'objet de déterminations du pH, de l'acidité totale et de teneurs en protéines, fibres, cendres et cyanures totaux.

4. Analyses chimiques

Les teneurs en matière sèche ont été déterminées par dessiccation à l'étude à 105 °C pendant 48 heures de prises d'essais d'environ 50 g.

La détermination de la composition chimique des 14 farines obtenues a été réalisée selon les méthodes suivantes :

- les protéines brutes par la méthode Kjeldahl (N × 6,25) ;
- les cendres par incinération au four à 540 °C ;
- les fibres (cellulose + lignine) par la méthode au détergent acide de Van Soest (1963) ;
- les composés cyanés totaux par la méthode de Cooke (1979) ;
- le pH et acidité totale par mesures au pHmètre et titrimétrie effectuées en double sur une solution obtenue après filtration de suspension de 10 g de farine dans un volume final de 100 ml.

5. Tests d'évaluation sensorielle

Ces tests ont été réalisés dans l'unité d'évaluation sensorielle installée sur la station Agricongo de Kombe en utilisant 12 panélistes entraînés.

Les farines ont été comparées après préparation, selon les techniques traditionnelles, sous forme de foufous. Ceux-ci ont été obtenus en jetant les farines dans de l'eau bouillante, en remuant énergiquement sur le feu pendant une quinzaine de minutes et en rajoutant éventuellement un peu d'eau pour amener les foufous à la consistance désirée. Les foufous testés ont eu une teneur en matière sèche moyenne de 35,7 g/100 g MS (de 31,3 à 39,1). Les chikwangues ont été découpées en morceaux de taille comparable à ceux distribués dans les assiettes lors des repas pris dans les ménages.

Les tests ont consisté en des épreuves de notation. A l'occasion de plusieurs séances et dans un ordre aléatoire pour éviter la fatigue des panélistes, les portions de foufou (14 foufous différents) ou les morceaux chikwangues (16 chikwangues différentes) correspondant à chaque variété et à chaque ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage ont été présentés à deux reprises aux 12 panélistes entraînés. Les panélistes devaient donner des appréciations qui étaient ensuite transformées en notes allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon) pour la couleur, son élasticité et l'impression générale laissée par le produit.

Les notes ont ensuite été comparées par analyse de variance en utilisant le logiciel STATITCF : le dispositif utilisé pour la comparaison des foufous est un dispositif factoriel 2 × 7 × 12 (ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage ; variété ; panéliste) en 2 blocs correspondant à la première et à la seconde fois que chaque produit était présenté aux panélistes ; celui ayant servi à la comparaison des chikwangues est un dispositif factoriel 2 × 8 × 12 en 2 blocs.

Résultats

1. Durée et rendement de l'épluchage

Les durées moyennes (± écart-type de la moyenne) d'épluchage sont, respectivement, pour les racines épluchées avant et après rouissage de 194 ± 21 et 151 ± 23 secondes/Kg. Bien que relativement importante, cette différence n'est pas significative (test de Student sur valeurs appariées) dans la mesure où il existe une grande variabilité entre variétés (de 106 à 270 s/kg lorsque les racines sont épluchées avant ; de 87 à 298 s/kg lorsqu'elles sont épluchées après) et que pour 2 d'entre elles (V2 et V8), l'épluchage avant rouissage s'est révélé plus rapide que l'épluchage après (figure 1).

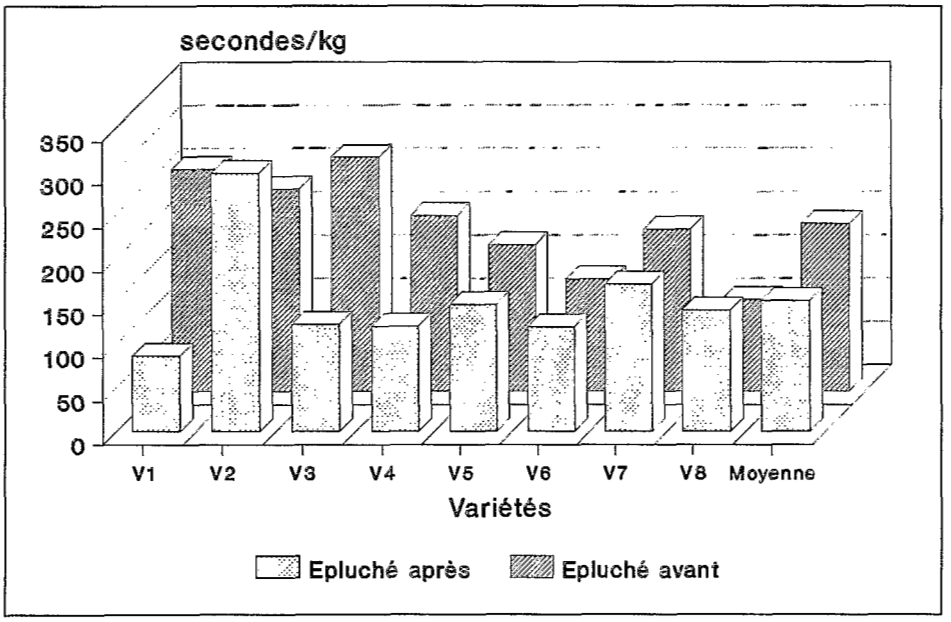


Figure 1
Variation de la durée d'épluchage des racines en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

En moyenne, les rendements à l'épluchage sont significativement ($P < 0,01$) plus élevés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage (80,5 ± 1,4) qu'après un rouissage de 7 jours (73,6 ± 1,3), mais pour une variété (V5) sur les 8 étudiées l'inverse a été observé (figure 2). Toutefois, les rendements mesurés avant et après rouissage sont difficilement comparables dans la mesure où, même si les rendements mesurés après rouissage correspondent au rapport entre le poids des racines épluchées et celles des racines rouies égouttées, l'état d'hydratation superficielle des racines est différent de celui des racines épluchées avant rouissage. Il est cependant probable que, pour la plupart des variétés, l'écorce interne se détache plus facilement du cylindre central lorsque la racine est ramollie.

Pour des modalités de rouissage identiques, le rendement peut varier de façon relativement importante selon la variété puisque les valeurs calculées s'échelonnent entre 71,9 et 84,0 pour les racines épluchées avant rouissage et entre 69,8 et 79,4 pour les racines épluchées après.

Si l'on recherche les liaisons existant entre la durée d'épluchage, le rendement à l'épluchage et le poids moyen des racines, les seules corrélations significatives mises en évidence sont une corrélation négative (– 0,66) entre la durée d'épluchage et le poids moyen des racines lorsqu'elles sont épluchées avant rouissage et une corrélation négative entre la durée d'épluchage et le rendement à l'épluchage lorsqu'elles sont épluchées après rouissage. Il semble donc que les racines non rouies sont d'autant plus longues à éplucher qu'elles sont plus petites et que les rendements à l'épluchage après rouissage sont d'autant plus faibles que les racines sont plus longues à éplucher.

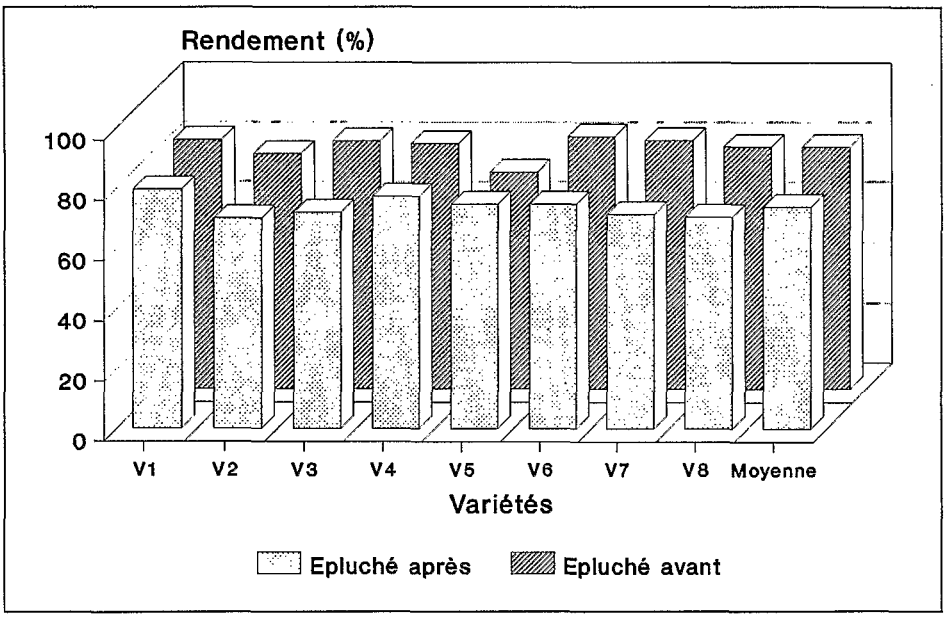


Figure 2
Variation du rendement à l'épluchage des racines en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

2. Bilans massiques

2.1. Transformation en chikwangue

Les rendements bruts de la transformation des racines en chikwangue sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées après rouissage (tableau 1 ; figure 3). On constate que les rendements de la phase d'épluchage et de rouissage sont identiques mais que les opérations ultérieures (défibrage et cuissons/malaxages) semblent occasionner pour la plupart des variétés moins de pertes lorsque les racines ont été épluchées après 7 jours de rouissage que lorsqu'elles ont été épluchées avant un rouissage de 5 jours.

Les différences observées entre les différentes variétés sont beaucoup plus importantes au niveau de la phase de défibrage/égouttage que pendant celle de rouissage/épluchage et elles se répercutent au niveau du bilan global de la transformation : celui ci varie de 24,8 à 42,5 lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 28,1 à 50,0 lorsqu'elles sont épluchées après (figure 3).

Les teneurs en matière sèche des racines brutes, des racines rouies et égouttées, des pâtes défibrées et égouttées et des chikwangues sont peu différentes les unes des autres et ne varient pas significativement avec l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage (tableau 1). En fonction de la variété, elles varient dans les racines brutes entre 35,8 (V8) et 41,5 (V1) g/100 g de racines.

Moyenne ± écart-type de la moyenne.

Nds : niveau de signification.

Tableau 1

Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les rendements de la transformation des racines en chikwangue

	Epluchage/ rouissage	Rouissage/ épluchage	NdS
Rendements bruts			
Epluchage + rouissage	68,4 ± 1,4	67,7 ± 0,8	ns
Défibrage + égouttage	52,4 ± 5,0	57,8 ± 3,9	ns
Cuissons + malaxages	90,6 ± 2.5	92,9 ± 2,8	ns
Global	32,0 ± 2,8	36,6 ± 3,2	p < 0,01
Teneur en matière sèche			
racines brutes	38,6 ± 0,7	-	
racines rouies, égouttées	40,2 ± 0,4	39,9 ± 1,0	ns
pâte défibrée, égouttée	40,9 ± 1,7	39,7 ± 1,1	ns
chikwangue	39,4 ± 0,6	39,2 ± 0,4	ns
Rendements réels			
Epluchage + rouissage	88,1 ± 2,9	87,0 ± 2,5	ns
Défibrage + égouttage	53,9 ± 5,5	57,4 ± 3,1	ns
Cuissons + malaxages	87,4 ± 3,1	92,8 ± 3,7	p < 0,05
Global	40,5 ± 3,2	46,3 ± 3,7	p < 0,05

Les différences observées au niveau des rendements réels des transformations sont comparables à celles observées au niveau des rendements bruts (tableau 1 ; figure 3). Compte tenu des faibles variations des teneurs en matière sèche, les valeurs observées ne sont qu'environ 20 % supérieures au rendements bruts ce qui correspond aux pertes à l'épluchage. En fonction des variétés, le bilan réel global varie de 25,5 (V2) à 51,6 (V3) lorsque les racines sont épluchées avant rouissage et de 32,5 à 61,3 lorsqu'elles sont épluchées après (figure 4).

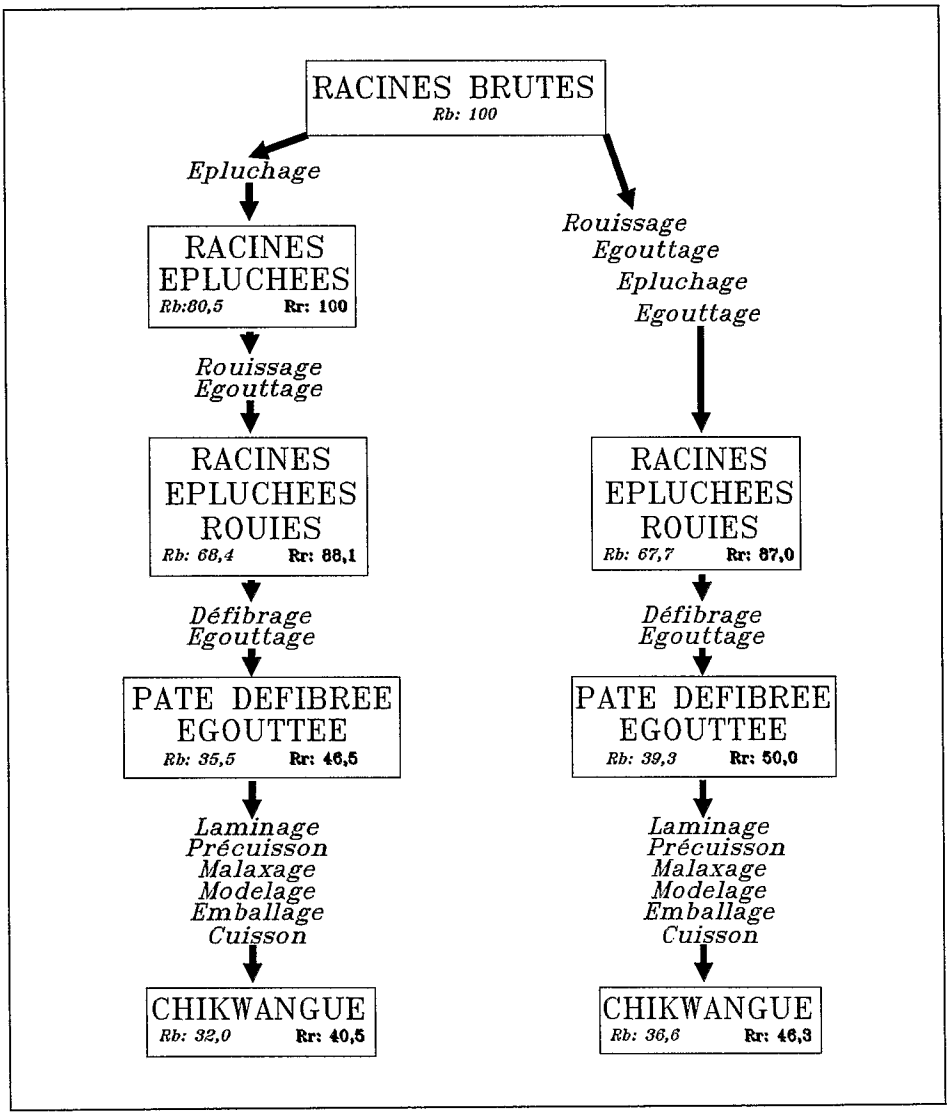


Figure 3

Bilan massique de la transformation des racines en chikwangue.

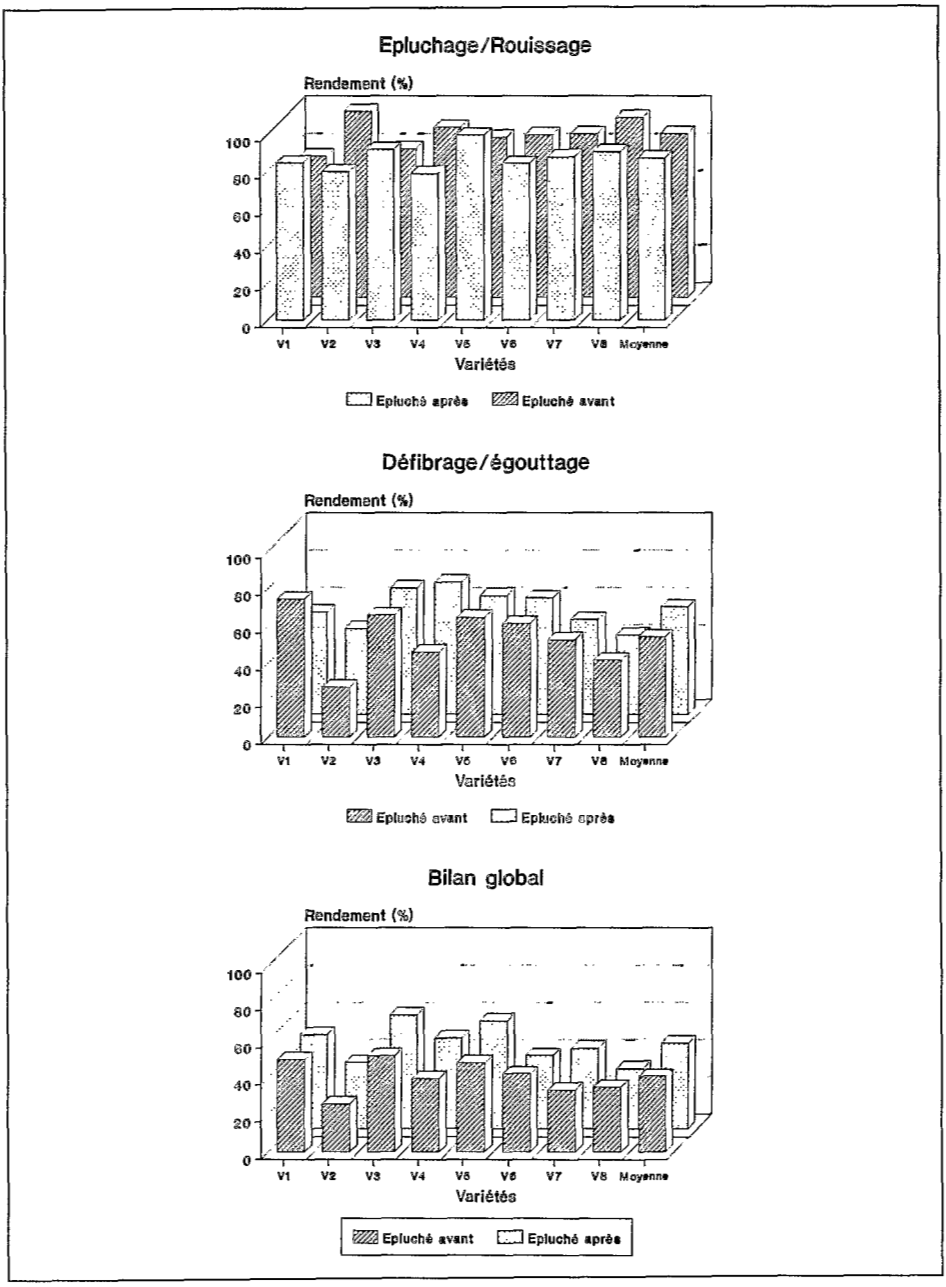


Figure 4

Influence de la variété sur les rendements réels de l'épluchage/rouissage, du défibrage/égouttage et de l'ensemble de la transformation en chikwangue.

2.1. Transformation en farines à foufou

Les rendements bruts et réels de la transformation des racines en farines sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées après rouissage (tableau 2 ; figure 5). En raison des très importants écarts de teneur en matière sèche entre les racines et les farines, les rendements réels après la phase de séchage sont, contrairement à ce que nous avons observé pour les chikwangues, deux à trois fois plus élevés que les rendements bruts.

Tableau 2

Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur les rendements de la transformation des racines en farine

	Epluchage/ rouissage	Rouissage/ épluchage	NdS
Rendements bruts :			
Epluchage + rouissage	72,3 ± 2,6	65,8 ± 0,6	p < 0,05
Séchage + broyage	32,0 ± 0,8	40,4 ± 0,8	ns
Global	23,2 ± 1,1	26,7 ± 0,7	p <0,05
Teneur en matière sèche :			
racines brutes	37,7 ± 1,8	-	
racines rouies, égouttées	32,6 ± 0,8	37,1 ± 0,6	p <0,01
farine	85,5 ± 0,4	85,6 ± 0,2	ns
Rendements réels :			
Epluchage + rouissage	78,5 ± 3,1	81,3 ± 1,6	ns
Séchage + broyage	82,5 ± 2,3	93,4 ± 1,4	p <0,001
Global	64,6 ± 2,5	75,9 ± 1,1	p <0,01

Moyenne ± écart-type de la moyenne.
Nds : niveau de signification.

Si l'on observe séparément ce qui se passe au cours de la phase d'épluchage/rouissage et au cours de la phase de séchage/broyage, on constate que :

- les rendements bruts des procédés utilisés au cours de la phase d'épluchage/rouissage sont significativement plus élevés lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, mais dans la mesure où il existe des différences importantes de teneur en matière sèche au niveau des racines en fonction de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage, cette différence ne se retrouve pas au niveau des rendements réels ;
- tant au niveau des rendements bruts que des rendements réels, il existe des différences importantes au niveau des rendements du séchage/broyage en fonction

de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage : il semblerait que les cossettes provenant de racines épluchées après rouissage se broient plus facilement que celles préparése à partir de racines épluchées avant et que, par conséquence leur passage au moulin occasionne moins de pertes.

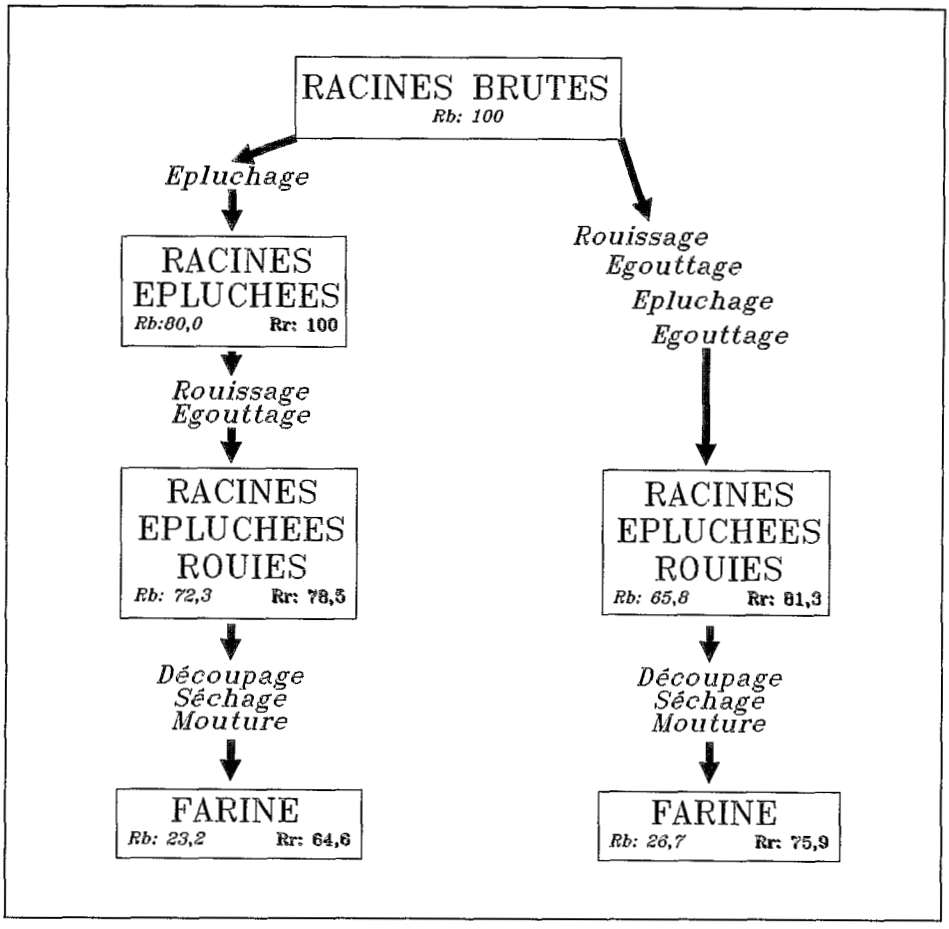


Figure 5

Bilan massique de la transformation des racines en foufou.

Les différences de rendements entre les différentes variétés sont relativement moins importantes que celles observées pour la transformation en chikwangue (figure 6). Les rendements réels varient, respectivement pour les racines épluchées avant et après rouissage, entre : 70,1 et 90,0 % et 75,2 et 88,1 % pour les opérations d'épluchage et de rouissage ; 77,7 et 90,6 % et 87,7 et 96,8 % pour les opérations de séchage et de broyage ; 55,7 et 72,3 % et 71,4 et 78,9 % pour l'ensemble de la transformation.

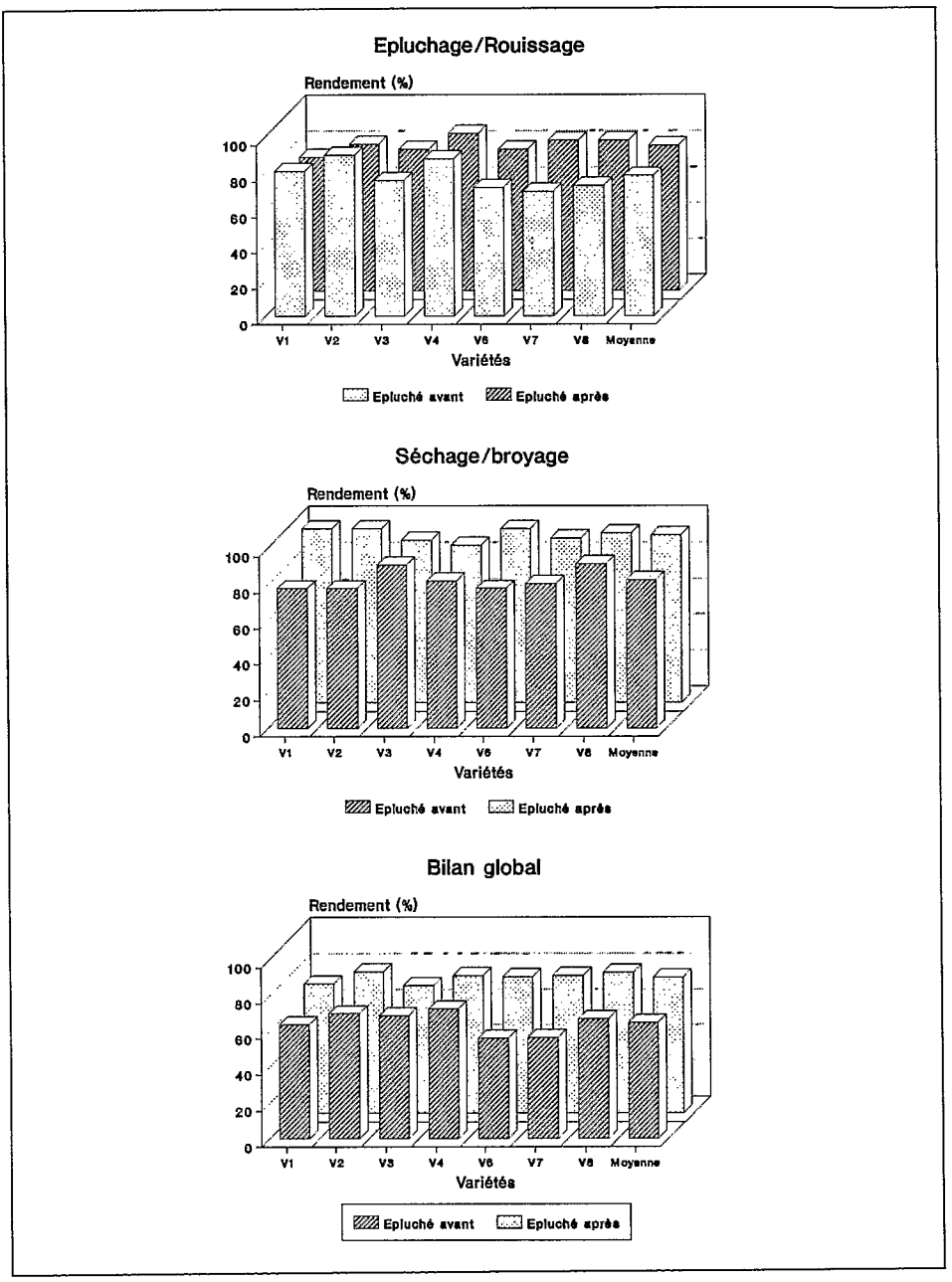


Figure 6

Influence de la variété sur les rendements réels de l'épluchage/rouissage, du séchage/broyage et de l'ensemble de la transformation en foufou.

3. Composition chimique des farines

La composition chimique moyenne des farines est donnée dans le tableau 3. On constate que les teneurs en protéines brutes sont significativement plus faibles lorsque les racines sont épluchées avant rouissage. Par ailleurs, les farines produites à partir de racines rouies entières sont plus acides que celles provenant de racines épluchées avant rouissage.

Tableau 3
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur la composition chimique des farines.

	Epluchage/ rouissage	**Rouissage/ épluchage**	**NdS**
Teneur en :			
Protéines brutes (1)	1,52 ± 0,10 (1,24 – 1,97)	1,70 ± 0,09 (1,28 – 1,92)	$p < 0,05$
Fibres (1)	2,11 ± 0,09 (1,77 – 2,50)	2,42 ± 0,26 (1,89 – 3,89)	ns
Cendres (1)	1,20 ± 0,06 (1,00 – 1,38)	1,22 ± 0,06 (1,09 – 1,47)	ns
Cyanures totaux (2)	7,94 ± 0,50 (6,6 – 10,2)	7,64 ± 0,33 (6,7 – 8,9)	ns
Acidité totale (3)	0,56 ± 0,19 (0,0 – 1,53)	1,81 ± 0,37 (0,37 – 3,41)	$p < 0,01$
pH	7,83 ± 0,27	6,64 ± 0,29	$p < 0,01$

Moyenne ± écart-type de la moyenne (valeurs extrêmes).
Nds : niveau de signification.
(1) en g/100 gMS - (2) en mg/kgMS - (3) en mmole/100 gMS

Les différences entre variétés sont plus importantes pour les fibres que pour les autres constituants. On note également des différences d'acidité relativement importantes.

4. Caractéristiques organoleptiques

4.1. Chikwangues

Les résultats de l'épreuve de notation montrent que, quelle que soit la variété considérée, l'impression générale laissée par les chikwangues produites à partir de racines épluchées avant rouissage s'est révélée significativement plus élevée que celle laissée par les chikwangues provenant de racines épluchées après rouissage (tableau 4). On constate en outre que l'effet favorable de l'épluchage préalable des racines se manifeste significativement pour quatre variétés sur huit au niveau de la couleur et pour cinq variétés sur huit au niveau de l'élasticité.

Par ailleurs, on observe un effet variétal et une interaction entre le facteur variétal et le facteur ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage hautement significatifs ce qui signifie que certaines variétés permettent la production de chikwangues qui sont mieux appréciées que d'autres et que l'ordre de préférence n'est pas le même selon que les racines sont épluchées avant ou après rouissage. Lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, ce sont les variétés V8 et à un moindre degré V7 et V4 qui se sont révélées les meilleures tandis que c'est la variété V2 suivie de V3, V4 et V7 qui ont été les plus appréciées lorsque l'épluchage a eu lieu après rouissage.

4.2. Farines

Que ce soit au niveau de la couleur, de l'élasticité ou de l'impression générale et quelle que soit la variété considérée, les foufous préparés à partir de racines épluchées avant rouissage ont toujours été significativement mieux appréciés que ceux produits à partir des racines épluchées après rouissage (tableau 5).

Les niveaux de signification de l'effet variétal et de l'interaction entre le facteur variétal et le facteur ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sont hautement significatifs ce qui signifie que les différentes variétés ne sont pas appréciées de la même manière après transformation en foufous et que l'ordre de préférence n'est pas le même selon que les racines ont été épluchées avant ou après rouissage. Lorsque les racines sont épluchées avant rouissage, ce sont les variétés V6, V2, V3 et V7 qui sont les plus appréciées alors que les variétés jugées comme les meilleures sont V4 et V7 lorsque les racines sont épluchées après rouissage.

On constate par ailleurs que les variétés les plus appréciées lorsqu'elles sont préparées sous forme de foufou ne sont pas les mêmes que celles qui ont été préférées lorsqu'elles sont transformées en chikwangue.

Tableau 4

Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et de la variété sur les caractéristiques organoleptiques des chikwangues.

Variétés	Couleur			Elasticité			Impression générale		
	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds
V1	$5,17^{ab}$	$3,13^{q}$	1 %	$4,71^{abc}$	$3,75^{r}$	1 %	$4,71^{c}$	$3,50^{r}$	1 %
V2	$4,71^{bc}$	$4,04^{p}$	NS	$4,63^{abc}$	$4,04^{r}$	NS	$4,67^{c}$	$4,13^{p}$	1 %
V3	$4,29^{bc}$	$4,42^{p}$	NS	$4,13^{c}$	$3,79^{r}$	NS	$4,25^{d}$	$3,71^{qr}$	1 %
V4	$3,88^{c}$	$3,08^{q}$	NS	$5,08^{b}$	$4,04^{qr}$	1 %	$5,25^{b}$	$3,96^{qr}$	1 %
V5	$5,17^{ab}$	$4,13^{p}$	1 %	$4,58^{bc}$	$2,54^{s}$	1 %	$4,58^{c}$	$2,33^{t}$	1 %
V6	$4,58^{bc}$	$2,08^{r}$	1 %	$4,29^{c}$	$5,29^{p}$	1 %	$4,71^{c}$	$2,29^{t}$	1 %
V7	$4,75^{bc}$	$4,25^{p}$	NS	$4,83^{abc}$	$4,04^{qr}$	NS	$5,17^{b}$	$3,71^{qr}$	1 %
V8	$5,79^{a}$	$3,13^{p}$	1 %	$5,46^{a}$	$3,00^{s}$	1 %	$5,71^{a}$	$2,67^{s}$	1 %
Total	4,79	3,53	1 %	4,71	3,81	1 %	4,79	3,53	1 %
NdS des effets	variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001		

Nds : niveau de signification - NS : non significatif - E/R : épluché avant rouissage - R/E : épluché après rouissage

Dans chaque colonne, les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

Conclusion

Les rendements bruts de la transformation des racines de manioc en chikwangue et farine sont, respectivement, de l'ordre de 35 et 25 kg de produit transformé pour 100 kg de racines brutes. Compte tenu des états d'hydratation très différents de ces deux produits et de l'existence de pertes obligatoires constituées par l'écorce interne et l'écorce externe des racines, il est préférable de réaliser les comparaisons à l'aide du rendement réel des transformations qui peut se définir

Tableau 5
Influence de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et de la variété sur les caractéristiques organoleptiques des foufous.

Variétés	Couleur			Elasticité			Impression générale		
	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds	E/R	R/E	Nds
V1	5,29^{bc}	4,58^{p}	1 %	4,33^{c}	2,67^{u}	1 %	4,92^{d}	3,08^{s}	1 %
V2	5,50^{b}	4,38^{q}	1 %	4,96^{b}	3,67^{r}	1 %	5,46^{b}	3,25^{rs}	1 %
V3	5,33^{bc}	3,83^{r}	1 %	5,46^{a}	3,42^{s}	1 %	5,33^{b}	3,42^{r}	1 %
V4	5,29^{bc}	3,54^{s}	1 %	5,21^{a}	4,79^{p}	1 %	5,13^{c}	4,83^{p}	1 %
V6	5,75^{a}	4,33^{q}	1 %	5,42^{a}	3,13^{t}	1 %	5,63^{a}	3,25^{rs}	1 %
V7	5,00^{d}	3,50^{s}	1 %	4,08^{c}	3,79^{r}	1 %	5,42^{b}	3,83^{q}	1 %
V8	5,08^{cd}	3,58^{s}	1 %	4,88^{b}	4,13^{q}	1 %	5,17^{c}	3,42^{r}	1 %
Total	5,32	3,96	1 %	4,90	3,65	1 %	5,29	3,58	1 %
NdS des effets	variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001			variété : P < 0,0001 ordre R/E : P < 0,0001 Interaction : P < 0,0001		

Nds : niveau de signification - NS : non significatif - E/R : épluché avant rouissage - R/E : épluché après rouissage
Dans chaque colonne, les valeurs non suivies par une même lettre sont significativement différentes au niveau 5 %

comme le rapport de la quantité de matière sèche contenue dans un produit après transformation sur la quantité de matière sèche comestible contenue dans les racines avant transformation. On constate alors que le rendement réel de la transformation en foufou (65 à 75 %) est très nettement supérieur à celui de la transformation en chikwangue (40 à 45 %). Ces rendements varient en fonction de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage : pour les deux modes de transformation, l'épluchage après rouissage, qui a par ailleurs tendance à diminuer la durée de l'épluchage et à limiter les pertes en certains nutriments, permet de récupérer en moyenne de 10 à 20 % de matière comestible de plus que l'épluchage avant rouissage.

Concernant l'influence sur les qualités organoleptiques des produits transformés, l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage est un facteur hautement déterminant. Quelle que soit la variété étudiée, l'épluchage avant rouissage permet d'obtenir des produits davantage appréciés que l'épluchage après rouissage ; les effets sont significatifs pour les deux types de produits transformés mais plus marqués pour le foufou que pour la chikwangue, probablement en raison d'un nombre d'opérations postérieures au rouissage plus faible dans le cas de la préparation de farines. La nature de la variété influe également significativement sur les qualités organoleptiques des produits mais de manière plus confuse dans la mesure où les variétés les plus appréciées ne sont pas les mêmes selon le type de produit transformé considéré et selon l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage.

Comme d'autres essais l'ont montré (Ampe *et al.*, 1994 ; 1995), l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage joue donc un rôle prépondérant sur la qualité des produits transformés. L'ordre adopté par les transformatrices dépend de la réponse qu'elles donnent au dilemme suivant : produire plus vite et avec de meilleurs rendements des produits de moins bonne qualité ou privilégier la qualité aux dépens des efforts à fournir. Dans la réalité, il semble que la première alternative soit de plus en plus adoptée aux alentours des villes par les transformatrices qui commercialisent la plus grande partie de leur production.

S'il est indéniable que les différentes variétés que nous avons prises en compte ont présenté dans nos essais, tant au niveaux des rendements des transformations que de la qualité des produits, des aptitudes différentes aux deux modes de transformation étudiés, il est néanmoins difficile de désigner les variétés les plus appropriées pour tel ou tel mode de transformation dans la mesure où les procédés et techniques utilisés ont été identiques et n'ont pas tenu compte des particularités éventuelles de certaines variétés : en particulier, une durée de rouissage, plus ou moins longue selon les variétés, aurait probablement permis d'obtenir pour certaines variétés à la fois des rendements de transformation plus élevés et des produits finis de meilleure qualité. Quoiqu'il en soit, compte tenu de l'influence des facteurs variétaux sur les rendements des transformations et sur la qualité des produits transformés, une collaboration étroite entre agronomes qui sélectionnent et multiplient les variétés et technologues capables de définir leurs aptitudes à subir les traitements technologiques est indispensable.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le fonds français d'Aide et de Coopération (FAC).

Références

AMPE (F.), AGOSSOU (A.), TRECHE (S.), BRAUMAN (A.), 1995 - « Etude des facteurs influencant la durée du rouissage et la qualité du foufou en Afrique Centrale ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM. sous presse

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - Cassava retting : optimisation of a traditional fermentation by an experimental research methodology. *J. Sci. Food Agric.*, 65 : 355-361.

COOKE (R.D.), 1985 - « Les incidences du traitement du manioc sur le cyanure résiduel ». *In* Delange (F.), Ahluwalia (R.), éd : *La toxicité du manioc et la thyroïde : recherches et questions de santé publique*, Ottawa, IDRC-207f : 151-155.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris,Editions ORSTOM. sous presse

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM.

VAN SOEST (P.S), 1963 - Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. of Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 46 : 829-835.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Facteurs de variation de la qualité des farines de manioc fabriquées traditionnellement au Congo

Variation factors in the quality of cassava flours produced at the village level in the Congo

S. TRECHE*, R. TCHILOEMBA-POBA*, G. GALLON**, J. MASSAMBA***

**Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo).*
*** Laboratoire de Nutrition Tropicale (UR44), Centre ORSTOM, Montpellier (France).*
****Laboratoire d'Etudes sur la Physiologie, l'Alimentation et la Nutrition, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, Brazzaville (Congo).*

– Résumé –

L'objectif de ce travail a été de rechercher les facteurs susceptibles d'influer sur la qualité des farines de manioc préparées au Congo. Pour cela 276 échantillons de farines ont été prélevés au cours d'une enquête réalisée en 1989 en zones rurales congolaises. Pour chaque farine, des informations ont été recueillies aux niveaux des pratiques culturales et des modalités de rouissage, de séchage et de broyage. Ramenées au laboratoire, les farines ont fait l'objet de déterminations de pH, d'acidité totale et de teneurs en matière sèche, protéines, fibres, cendres et cyanures totaux.

Le pH et l'acidité totale des farines étaient en moyenne de 6,37 et de 3,6 mmole/100 gMS. La teneur moyenne en matière sèche était de 84,2 g/100 g de farine, celles en protéines, fibres et cendres, respectivement de 1,03 g/100 gMS, 2,1 g/100 gMS et 1,1 g/100 gMS. La teneur moyenne en cyanures totaux était de 8,9 ppm avec seulement 4 % de farines contenant plus de 20 ppm.

Les principaux facteurs de variation identifiés ont été la zone écologique d'origine, l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage, la nature du milieu de rouissage et la durée de séchage.

En général, les teneurs résiduelles en cyanures totaux sont faibles ce qui témoigne de l'efficacité des rouissages et explique la faible prévalence au Congo des maladies liées à la consommation de produits dérivés du manioc mal transformés. En revanche, l'humidité résiduelle des farines est relativement élevée et peut être reliée au mauvais état apparent de conservation de certaines d'entre elles.

– Abstract –

Cassava flours used mostly in the preparation of *fufu* are produced, in more or less important quantities, in all rural areas of the Congo. The production methods vary at the level of the characteristics of the roots used (variety, age), the retting unit operation and the peeling and milling techniques. In order to identify the factors susceptible to influence the quality of these flours, samples were taken with reference to their production methods and some qualitative parameters were determined in the laboratory.

Samples were drawn during a survey carried out in 1989 on women who usually prepare food in 1 200 representative Congolese rural households. 272 flours, for which their methods of production had been described by questionnaire, were collected. Brought to the laboratory, the pH, total titratable acidity, moisture, total cyanogens, crude protein, fibre (Acid Detergent Fibre) and ash contents were determined.

The mean pH and total titratable acidity of the flours was 6.37 and 3.6 mmole 100 g^{-1} (on dry weight basis), respectively. Mean dry matter content of the flours was 84.2 g 100 g^{-1} and those of crude protein, fibres and ash were respectively, 1.02, 2.1 and 1.1 g 100 g^{-1}. The mean total cyanogen content was 8.9 ppm with only 4 % flours with a total cyanogen level over 20 ppm.

The main factors of variation identified were the ecological zone, the order in which peeling and retting were done and the drying period.

In general, the residual levels in total cyanogens was low which indicated the effectiveness of retting techniques and explains the low incidence in the Congo of diseases linked to to the consumption of insufficiently processed cassava products. On the other hand, the residual moisture content of the flours was relatively high and may be linked to the poor conditions of some of the flours.

Introduction

Au Congo, les farines de manioc qui, consommées sous forme de foufou, constituent l'aliment de base le plus répandu dans les villes (Massamba et Trèche, 1995) sont essentiellement produites en zones rurales (Ikama et Trèche, 1995). Les modes de transformation des racines en farines varient essentiellement au niveau des techniques utilisées pour le rouissage, le séchage et le broyage (Trèche et Massamba, 1995).

Dans le but d'établir si les techniques utilisées aux différentes étapes de la transformation ainsi que différents autres facteurs (caractéristiques écologiques des zones de production ; âge des racines ; durée de stockage des farines) pouvaient influer sur la qualité des farines, nous avons recherché pour chaque facteur de variation s'il existait, pour plusieurs de leurs caractéristiques chimiques, des différences significatives entre valeurs correspondant à différents niveaux ou modalités. Les caractéristiques chimiques prises en considération sont : la teneur en matière sèche qui est un bon indicateur de l'aptitude des farines à la conservation ; la teneur en protéines brutes en raison de son intérêt nutritionnel ; la teneur en fibres qui indique l'importance apportée aux opérations de défibrage ; la teneur en cendres qui permet d'estimer le degré de contamination de la farine par de la terre ; la teneur en composés cyanés qui permet d'identifier les farines pour lesquelles les techniques utilisées n'ont pas permis de réduire suffisamment les teneurs en composés potentiellement toxiques ; l'acidité et le pH qui témoignent de l'intensité de la phase de fermentation. Les échantillons de farines ont été recueillis au cours de l'enquête nationale sur les modalités d'utilisation du manioc effectuée en zones rurales congolaises en 1989.

Matériels et méthodes

1. Prélèvement des échantillons de farines

Les farines ont été recueillies au cours d'une enquête par questionnaire réalisée à domicile en 1989 auprès d'un échantillon de femmes préparant habituellement la nourriture dans 1 200 ménages représentatifs des ménages des zones rurales du pays (ensemble du pays à l'exception des villes de Brazzaville, Pointe-Noire, Dolisie, Nkayi) (Massamba et Trèche, 1995).

Dans chacune des 75 localités visitées, des prélèvements ont été effectués dans ceux des 16 ménages enquêtés dans lesquels était disponible de la farine préparée par un des membres de famille. Toutefois le nombre d'échantillons de farines a été limité à 6 lorsque, dans une localité donnée, plus de 6 ménages possédait de la farine au moment de l'enquête ; dans ce cas, les 6 ménages ont été

tirés au sort. Selon la fréquence de ce mode de transformation dans la localité considérée (Trèche et Massamba, 1991), le nombre de farine prélevé par localité a varié entre 0 et 6. Au total 276 échantillons ont été récupérés.

Pour chaque échantillon prélevé, un questionnaire a été rempli ; les informations utilisées pour cet article concernent :

- deux facteurs environnementaux : la zone écologique en distinguant les zones de forêt dense, de forêt clairsemée, de savane arbustive et de savane herbacée ; la taille de l'agglomération en distinguant les villages (< 3000 habitants) et les centres secondaires ;
- la durée du cycle végétatif (plus ou moins de 12 mois) ;
- les modalités de rouissage : moment de réalisation de l'épluchage (avant, après ou pendant le rouissage) ; milieu de rouissage utilisé (rivière, étang, eaux contenues dans des récipients) ; exposition du lieu de rouissage (à l'ombre ou au soleil) ; durée de rouissage ;
- les modalités de séchage : forme sous laquelle les racines sont mises à sécher (cossettes ou miettes) ; disposition des racines (sur le sol, en hauteur) ; nature du support (tôle, matériel végétal, natte en plastique) ; durée de séchage ;
- modalités de broyage et de tamisage (passage dans un moulin ; pilonnage et tamisage manuel ; écrasement à l'aide d'une meule sur un plateau en bois suivi d'un tamisage manuel) ;
- durée de conservation de la farine.

2. Analyses chimiques

La détermination de la composition chimique des 276 farines a été réalisée selon les méthodes suivantes :

- la matière sèche par dessiccation à l'étude à 105 °C pendant 48 heures ;
- les protéines brutes par la méthode Kjeldahl (N x 6,25) ;
- les cendres par incinération au four à 540°C ;
- les fibres (cellulose + lignine) par la méthode au détergent acide de Van Soest (1963) ;
- les composés cyanés totaux par la méthode de Cooke (1979) ;
- le pH et acidité totale par mesure au pHmètre et titrimétrie effectuées en double sur une solution obtenue après filtration d'une suspension de 10 g de farine dans un volume final de 100 ml.

3. Traitement des données

Les données d'enquête et les résultats des analyses ont été saisis sous Dbase III et traités à l'aide du logiciel BMDP (1984). Les analyses statistiques ont consisté à :

- tester la normalité des distributions des différentes teneurs étudiées par le test W (Shapiro et Wilk, 1965) ;
- évaluer l'effet des différents facteurs pris en compte sur chacune des teneurs étudiées en comparant deux à deux par le test non paramétrique de Mann-Whitney les valeurs correspondant, pour un même facteur, à différents niveaux ou traitements ;
- évaluer l'effet des différents facteurs pris en compte sur l'ensemble des teneurs étudiées en testant par le test T de Hotelling le niveau de signification de la différence entre regroupements de farines considérés deux par deux.

Résultats

1. Caractéristiques générales des farines

Les distributions des teneurs mesurées ne suivent pas la loi normale (figure 1). Celles de la matière sèche et des fibres sont très regroupées, respectivement, autour de 84 g/100 g de farine et 2,0 g/100 gMS alors que celles en protéines brutes et en cendres sont beaucoup plus dispersées. La teneur en composés cyanés totaux et l'acidité totale ont des distributions très asymétriques qui témoignent du fait que, pour un certain nombre de farines, les mécanismes biochimiques mis en jeux ne se sont pas déroulés de la même manière que pour la grande majorité des autres farines. En particulier, pour les 10 farines sur 257 (soit 3,9 %) qui ont des teneurs résiduelles en composés cyanés supérieures à 20 mg/kgMS, il semblerait que les réactions conduisant à la réduction de leurs teneurs aient été incomplètes.

2. Mise en évidence des facteurs influant significativement sur la qualité des farines

Les niveaux de signification des effets des différents facteurs de variation pris en compte sur les teneurs en matière sèche, protéines brutes, fibres, cendres et composés cyanés et sur l'acidité totale et le pH des farines ainsi que ceux des comparaisons portant sur l'ensemble des paramètres sont donnés dans le tableau 1. Les facteurs les plus influents sont :
- la zone écologique qui influe sur l'acidité totale et sur les teneurs en protéines brutes et en cendres ;
- l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage qui influe sur l'ensemble des paramètres étudiés à l'exception de la teneur en fibres ;
- la nature du milieu de rouissage qui fait varier les différentes teneurs mais n'influe pas sur l'acidité totale et sur le pH ;
- la durée de séchage qui a un effet significatif sur les teneurs en protéines brutes, l'acidité totale et le pH.

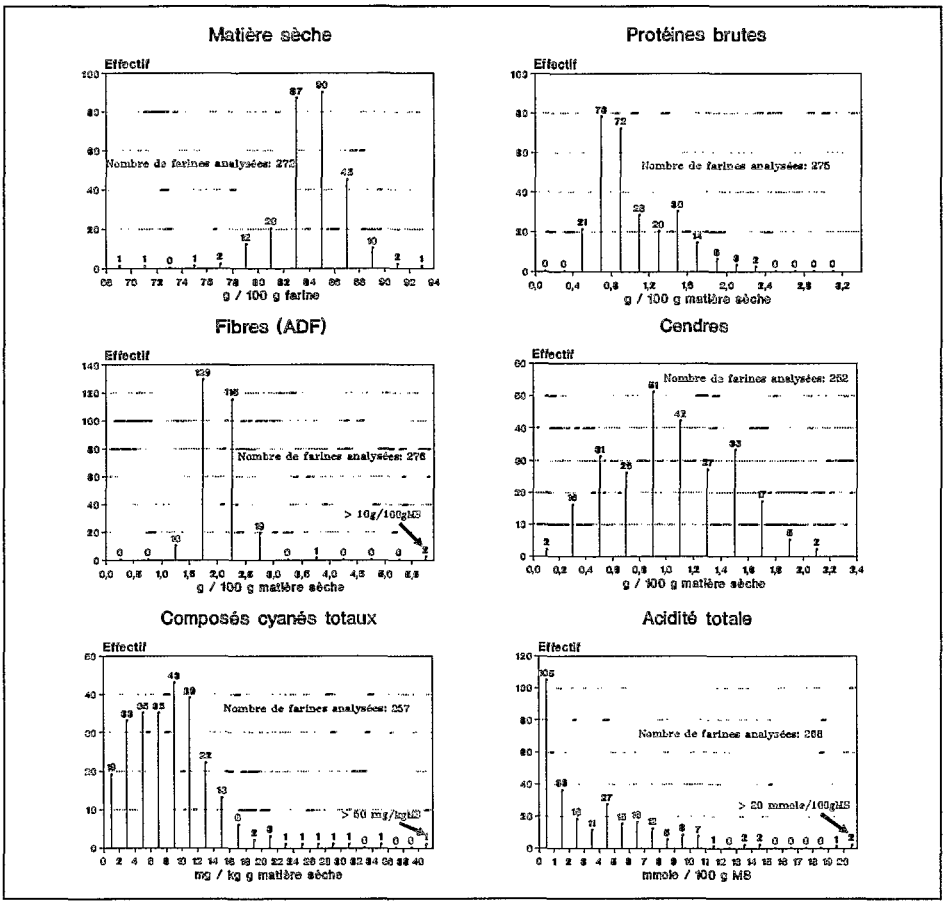


Figure 1

Distribution des teneurs mesurées dans les farines

D'autres facteurs, en particulier la durée de rouissage, la forme sous laquelle les racines sont mises à sécher et les modalités de broyage, influent sur un nombre limité de variables tandis que certains facteurs (durée du cycle végétatif ; disposition des racines et nature du support au moment du séchage ; durée de conservation des farines) n'ont que très peu, ou pas, d'effet.

Si l'on considère les effets sur l'ensemble des paramètres chimiques étudiés, les niveaux de signification des tests T de Hotelling montrent que ce sont les modalités de rouissage et la durée de séchage qui ont le plus d'effet.

Ce sont les teneurs en matière sèche et en protéines brutes qui sont les plus sensibles aux différents facteurs de variation. On constate qu'aucun des facteurs étudiés n'a d'effet sur la teneur en fibres et que seul l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage et la nature du milieu utilisé influent significativement sur les teneurs en composés cyanés.

Tableau 1

Identification des facteurs de variation influant sur la qualité des farines de manioc (le niveau de signification de l'effet de chaque facteur est obtenu en comparant deux à deux pour les différentes modalités de ce facteur, d'une part, les valeurs obtenues pour chacune des variables considérées individuellement à l'aide du test non paramétrique de Mann-Whitney et, d'autre part, les valeurs obtenues pour l'ensemble des variables à l'aide du test de Hotelling).

	Teneur en :							
Facteurs de variation environnementaux	**MS** (1)	**Pb** (2)	**Fb** (3)	**Cen** (4)	**CT** (5)	**AT** (6)	**pH**	**Ens.** (7)
- Zone écologique	ns	5 %	ns	5 %	ns	5 %	ns	5 %
- Taille agglomération	ns	ns	ns	1 %	ns	ns	ns	ns
Durée du cycle végétatif	ns	5 %	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Modalités de rouissage								
- Moment de l'épluchage	1 %	5 %	ns	1 %	5 %	1 %	1 %	1 %
- Milieu utilisé	5 %	5 %	ns	1 %	1 %	ns	ns	1 %
- Exposition du lieu	1 %	ns	ns	ns	ns	ns	ns	5 %
- Durée	5 %	5 %	ns	ns	ns	ns	ns	5 %
Modalités de séchage								
- Forme	5 %	1 %	ns	ns	ns	ns	ns	5 %
- Disposition	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
- Nature du support	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
- Durée	ns	1 %	ns	ns	5 %	5 %	5 %	1 %
Modalités de broyage	5 %	5 %	ns	ns	ns	ns	ns	5 %
Durée de conservation	5 %	ns	ns	ns	ns	ns	ns	5 %

(1) Matière sèche - (2) Protéines brutes - (3) Fibres - (4) Cendres - (5) cyanures totaux
(6) acides totaux - (7) Ensemble des variables
ns : non significatif

3. Analyse des effets de certains facteurs sur la qualité des farines

3.1. Facteurs environnementaux

L'influence de la zone écologique dans laquelle s'est effectuée la transformation s'exerce sur les teneurs en protéines brutes et en cendres des farines et sur leur acidité totale : les transformations réalisées en forêt dense et en savane herbeuse sont à l'origine de pertes moins importantes en protéines brutes et en cendres que celles réalisés en forêt clairsemée ou en savane arbustive (tableau 2). On constate, par ailleurs, que les farines produites en zone de savane arbustive sont significativement moins acides que celles produites dans les zones caractérisées par d'autres types de végétation (tableau 3).

L'influence de la taille de l'agglomération sur les produits finis ne s'exerce que sur la teneur en cendres (tableau 2) : dans les villages, les farines obtenues ont une teneur en cendres plus élevée, probablement due à une contamination par de la terre plus importante, que celles produites dans les centres secondaires.

Les racines récoltées avant 12 mois permettent l'obtention de farines ayant une teneur en protéines brutes significativement plus fortes que celles des racines récoltées plus précocement (tableau 2).

3.2. Modalités de rouissage

L'épluchage avant rouissage se traduit par des teneurs en matière sèche et en protéines plus faibles et un pH plus fort que dans les farines provenant de racines épluchées après rouissage (tableau 2). Lorsque les racines sont épluchées en cours de rouissage, les farines ont des teneurs en cendres et en composés cyanés totaux plus faibles et une acidité plus forte que celles obtenues en utilisant les autres techniques de rouissage.

Les teneurs en matière sèche, en protéines brutes, en cendres et en cyanures totaux des farines dépendent du milieu de rouissage utilisé (tableaux 2 et 3). Les rouissages en étang et en bordure de rivière sont à l'origine de teneurs en protéines brutes et en cendres moins élevées que les rouissages en récipient. La réduction des teneurs en composés cyanés dans les racines est plus complète en bordure de rivière qu'en étang.

L'exposition de l'étang de rouissage est significativement liée à la teneur en matière sèche des farines (tableau 2) : lorsqu'elles sont rouies à l'ombre, les racines conduisent à l'obtention de farines ayant un degré d'hygrométrie moindre que celles rouies au soleil.

Les farines produites à partir de racines ayant subi un rouissage de moins de 4 jours ont des teneurs en matière sèche et en protéines brutes supérieures à celles provenant de racines ayant roui plus longtemps (tableau 2).

3.3. Modalités de séchage et de réduction en farines

Faire sécher sous forme de miettes au lieu de cossettes permet l'obtention de farines ayant des teneurs en matière sèche et en protéines brutes plus élevées (tableau 2).

Des durées de séchage inférieures à 6 jours permettent l'obtention de farines ayant des teneurs en protéines brutes et en cyanures totaux plus élevées et une acidité plus forte que les farines résultant d'un séchage plus long.

Les modalités de broyage n'influent que sur les teneurs en matière sèche et en protéines brutes : le passage dans un moulin permet l'obtention de farines ayant une humidité résiduelle plus faible et un teneur en protéines brutes plus élevée que celles obtenues par d'autres modes de broyage.

Une durée de conservation des farines supérieure à 2 semaines se traduit par une augmentation de leur humidité.

Tableau 2

Influence de différents facteurs sur la composition chimique des farines.

Facteurs de variation	n	Matière sèche (1)	Protéines brutes (2)	Cendres (2)
Ensemble				
- Moyenne ± ETM	*272*	84,22 ± 0,16	1,03 ± 0,03	1,03 ± 0.02
- valeurs extrêmes		(69,5 - 92,2)	(0,43 - 3,27)	(0,20 - 2,19)
Zone écologique		ns	P < 0,05	P < 0,05
- Forêt dense	46		1,22 ± 0,08^{a}	1,05 ± 0,08^{ab}
- Forêt clairsemée	81		0,95 ± 0,04^{b}	0,91 ± 0,05^{b}
- Savane arbustive	74		0,91 ± 0,05^{b}	1,07 ± 0,06^{a}
- Savane herbacée	58		1,10 ± 0,05^{a}	1,16 ± 0,04^{a}
Agglomération		ns	ns	P < 0,001
- Village	182			1,09 ± 0,04
- Centre secondaire	90			0,90 ± 0,05
Durée cycle végétatif		ns	P < 0,05	ns
- < 12 mois	96		1,11 ± 0,05	
- > 12 mois	95		0,95 ± 0,04	
Mode d'épluchage		P < 0,01	P < 0,05	P < 0,01
- Avant rouissage	147	83,9 ± 0,3^{b}	1,01 ± 0,04^{b}	1,03 ± 0,04^{a}
- Après rouissage	36	85,5 ± 0,4^{a}	1,34 ± 0,07^{a}	0,93 ± 0,07^{a}
- autres	15	86,4 ± 0,7^{a}	1,08 ± 0,09^{b}	0,67 ± 0,08^{b}
Milieu de rouissage		P < 0,05	P < 0,05	P < 0,01
- Etang	36	84,0 ± 0,4^{b}	1,00 ± 0,05^{b}	0,92 ± 0,08^{b}
- Bord de rivière	139	83,9 ± 0,3^{b}	0,97 ± 0,04^{b}	0,98 ± 0,04^{b}
- Récipient	57	84,9 ± 0,3^{a}	1,19 ± 0,07^{a}	1,18 ± 0,05^{a}
Exposition du rouissage		P < 0,01	ns	ns
- à l'ombre	54	84,9 ± 0,3		
- au soleil	145	83,2 ± 0,3		
Durée de rouissage		P < 0,05	P < 0,05	ns
- < = 3 jours	131	84,5 ± 0,3	1,07 ± 0,04	
- > 3 jours	110	83,8 ± 0,3	0,96 ± 0,04	
Forme de séchage		P < 0,05	P < 0,01	ns
- Cossettes	156	83,9 ± 0,3	0,95 ± 0,04	
- Miettes	89	84,6 ± 0,3	1,11 ± 0,05	
Durée de séchage		ns	P < 0,001	ns
- < = 5 jours	108		1,14 ± 0,04	
- > 5 jours	110		0,91 ± 0,03	
Modalités de broyage		P < 0,05	P < 0,05	ns
- Moulin	90	84,7 ± 0,2^{a}	1,12 ± 0,05^{a}	
- Mortier + pilon	132	83,8 ± 0,3^{b}	0,98 ± 0,04^{b}	
- Plateau + meule	20	83,3 ± 0,9^{b}	0,74 ± 0,04^{c}	
Durée de conservation		P < 0,05	ns	ns
- < = 2 semaines	115	84,7 ± 0,3		
- > 2 semaines	*98*	84,0 ± 0,3		

(1) en g pour 100 g de matière brute - (2) en g pour 100 g de matière sèche.
Moyenne ± écart-type de la moyenne. Pour un facteur de variation donné, les moyennes non suivies d'une même lettre sont significativement différentes.

Tableau 3
Influence de différents facteurs sur la teneur en composés cyanés, en acides totaux et le pH des farines.

Facteurs de variation	n	Cyanures totaux (1)	Acidité totale (2)	pH
Ensemble				
- Moyenne ± ETM	272	8,91 ± 0,41	3,60 ± 0,27	6,37 ± 0.12
- valeurs extrêmes		(0,20 - 66,7)	(0,00 - 44,5)	(3,33 - 10,3)
Zone écologique		ns	P < 0,05	ns
- Forêt dense	46		$3,85 \pm 0,72^{ab}$	
- Forêt clairsemée	81		$3,47 \pm 0,65^{ab}$	
- Savane arbustive	74		$2,52 \pm 0,34^{b}$	
- Savane herbacée	58		$3,88 \pm 0,55^{a}$	
Mode d'épluchage		P < 0,05	P < 0,01	P < 0,01
- Avant rouissage	147	$9,11 \pm 0,66^{ab}$	$3,27 \pm 0,43^{b}$	$6,41 \pm 0,15^{a}$
- Après rouissage	36	$9,39 \pm 0,51^{a}$	$4,60 \pm 0,69^{b}$	$5,39 \pm 0,23^{b}$
- autres	15	$7,37 \pm 0,71^{b}$	$7,66 \pm 0,49^{a}$	$4,17 \pm 0,15^{c}$
Milieu de rouissage		P < 0,01	ns	ns
- Etang	36	$10,52 \pm 1,03^{a}$		
- Bord de rivière	139	$7,75 \pm 0,43^{b}$		
- Récipient	57	$10,00 \pm 1,29^{ab}$		
Durée de séchage		P < 0,05	P < 0,05	P < 0,05
- < = 5 jours	108	9,99 ± 0,56	4,32 ± 0,53	5,92 ± 0,16
- > 5 jours	110	7,90 ± 0,73	2,93 ± 0,32	6,55 ± 0,20

(1) en mg/100 g MS - (2) en mmole/100 g MS.
Moyenne ± écart-type de la moyenne. Pour un facteur de variation donné, les moyennes non suivies d'une même lettre sont significativement différentes.

Discussion et conclusion

Plusieurs des facteurs pris en compte influent de manière significative sur les teneurs en matière sèche, en protéines brutes, en cendres et en cyanures totaux ainsi que sur l'acidité totale et le pH des farines. En revanche, aucun d'entre eux n'influe significativement sur leur teneur en fibres.

Sur la base des teneurs en matière sèche et en protéines brutes, les foufous de meilleure qualité nutritionnelle sont obtenus à partir de transformations effectuées en forêt dense ou en savane herbeuse, à partir de racines de moins de

12 mois, à partir de rouissages de moins de 4 jours effectués en récipient plutôt qu'en rivière ou en étang, après séchage de moins de 5 jours sous forme de miettes plutôt que de cossettes et après passage dans un moulin plutôt que pilonnage ou écrasement. Toutefois, compte tenu de la faiblesse des teneurs en nutriments, les critères de qualité les plus importants sont la teneur en matière sèche et celle en composés cyanés totaux.

Concernant les teneurs en matière sèche qui conditionnent l'aptitude au stockage ultérieur des farines, bien que significatifs, les effets observés ne sont pas suffisants pour que les facteurs pris en compte puissent être considérés comme ayant un rôle déterminant. S'il est indéniable que certains facteurs, en particulier l'état de ramollissement des racines, la forme sous laquelle elles sont mises à sécher et la durée de séchage, influent sur son efficacité, les conditions climatiques jouent un rôle déterminant et, en fin de compte, c'est la manière dont tous ces éléments seront intégrés par le producteur qui conditionnera sa décision d'arrêter le séchage et, par voie de conséquence, la plus ou moins forte humidité résiduelle des farines.

Concernant les teneurs résiduelles en composés cyanés, la première constatation est qu'elles sont relativement basses : les deux tiers des farines ont des teneurs inférieures à 10 ppm et seulement 4 % ont des teneurs supérieures à 20 ppm. Les valeurs obtenues, nettement inférieures à celles observées au Zaïre (Banea *et al.*, 1995) sont suffisamment basses pour que tout risque de toxicité aiguë soit écarté dans la mesure où l'on considère que les doses mortelles sont de l'ordre de 50 mg (Cooke, 1985). Toutefois, les risques d'implication dans l'apparition de certaines maladies lorsque les teneurs résiduelles sont supérieures à 10 ppm ne sont pas exclure (Codex alimentarius, 1988) et 5 à 30 % des farines prélevées peuvent poser problème à ce niveau là. Si certaines modalités au niveau de certaines étapes de la transformation semblent être associées à des teneurs résiduelles en cyanures totaux légèrement plus faibles (rouissage en rivière, durée de séchage supérieure à 5 jours), en revanche il ne nous a pas été possible d'identifier les facteurs responsables des fortes teneurs résiduelles dans les 10 farines ayant des teneurs en cyanures totaux supérieures à 20 ppm ; leur seule particularité est de provenir de seulement 3 localités distinctes puisque ces farines sont originaires de Kumutsanga pour les 4 premières et de Mossendjo pour les 4 suivantes situées dans la vallée du Niari et de Sasolo dans le district de Loukolela (région de la cuvette) pour les deux dernières. Des observations complémentaires y seraient nécessaires pour mettre en évidence les facteurs à l'origine de ces teneurs élevées.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226).

Références

BANEA (M.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1995 - « Modifications des procédés traditionnels de transformation du manioc et risque d'exposition au cyanure au Zaïre ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM : sous presse.

BMDP, 1984 - *BMDP Statistical software*, 3rd edn. University of California Press, Los Angeles.

COOKE (R.D.), 1985 - « Les incidences du traitement du manioc sur le cyanure résiduel ». *In* Delange (F.), Ahluwalia (R.) éd : *La toxicité du manioc et la thyroïde : recherches et questions de santé publique*, Ottawa, IDRC-207f : 151-155.

Codex Alimentarius Commission, 1988 - *Report of the eight session of the Codex Coordinating Committe for Africa.* Cairo, FAO/WHO.

IKAMA (R.), TRECHE (S.), 1995 - « Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM : sous presse.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM : sous presse.

SHAPIRO (S.S.), WILK (M.B.), 1965 - An analysis of variance test for normality. *Biometrika*, 52 : 591-611.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions ORSTOM : sous presse.

VAN SOEST (P.S), 1963. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. *J. of Assoc. Offic. Anal. Chem.*, 46 : 829-835.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Analysis of traditional food technology : case studies in cassava processing

Analyse de technologies alimentaires traditionnelles : études de cas dans le domaine de la transformation du manioc

G. S. AYERNOR

Department of Nutrition and Food Science
University of Ghana, Legon (Ghana)

- Abstract -

Various indigenous techniques have been developed and practised over the years by rural communities for the processing and preservation of foods. The need to improve indigenous food processing techniques calls for the understanding of the scientific and technological principles involved. This work presents a mode of technology analysis that identifies resources, sub-processes, products; scientific and technological principles in a given process and points in the processing line for improvement. Case studies of cassava processing are selected and analyzed to produce technology profiles that expose bottlenecks in a process and suggest alternative operations for improvement. It is hoped that the technology profiling would facilitate the identification of problem areas for innovations.

- Résumé -

Diverses techniques autochtones pour la transformation et la préservation des aliments ont été développées et mises en pratique au cours des années par les communautés rurales. La nécessité d'améliorer les procédés de transformation traditionnels oblige à essayer de comprendre les principes scientifiques et technologiques mis en jeu. Ce travail présente une méthode d'analyse des technologies qui identifie les ressources, les opérations unitaires, les produits et les principes scientifiques et technologiques mis en oeuvre pour chaque type de transformation et examine l'ensemble en vue d'une amélioration.

Des études de cas dans le domaine de la transformation du manioc sont réalisées en vue de dresser des profils technologiques qui identifie les goulots d'étranglement pour chaque type de transformation et suggèrent des procédés alternatifs pour améliorer les opérations unitaires. L'objectif visé est que ces profils technologiques facilitent l'identification des obstacles aux innovations.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) is one of the major staple foods in Sub-Saharan Africa. It is estimated that Africa produces about 42 % of the total tropical world production of the crop (FAO, 1978).

Fresh cassava has a very short post-harvest storage life, and it must be used or processed into durable forms soon after harvest (Ayernor, 1981). It is documented that one of the main reasons for cassava processing is the removal of the toxic cyanide from the products (Ayernor, 1981 and 1985; Coursey, 1973). Various traditional techniques had been developed and practised over the years by African people for the transformation and preservation of food including cassava.

The need to upgrade the indigenous food processing techniques calls for the understanding of the fundamental scientific and technological principles involved (Ayernor, 1981; Sefa-Dedeh, 1989). This would be useful in fostering technology improvement.

The modes of food utilization of cassava appear in many varied forms across diverse ethnographies in Africa. However, in the processed and durable forms, two major products stand out prominently: cassava flour and gari (Ayernor, 1981). These two products are durable, and contain a reduced amount of cyanide, depending on the processing (Ayernor, 1981 and 1985; Coursey, 1973).

This work presents cassava flour and gari for case studies in the analysis of traditional food technology. The method of approach is to present in a format that identifies: resources, processes, products, scientific and technological components in a given process and identification of points in the processing line that need upgrading for more acceptable products.

1. Production of cassava flour

The variants of cassava flours are cassava products that have undergone various degrees and modes of pretreatments of the raw material prior to sundrying. Dried products are milled into a flour. Three main process variants are illustrated in Figure 1. The end-product of the dried cassava in the rural areas is a flour produced by pounding the dry pieces in a mortar with a pestle, and sieved through a mesh. In recent times, the availability of mechanical milling has facilitated the production of fine cassava flours (Ayernor, 1981) (Figure 1).

In the second pathway of cassava flour production [Figure 1 (II)] grating basically reduces the tissue into particles. It facilitates contact between cyanogenic glucosides and the hydrolytic enzyme, linamarase, to release hydrogen cyanide (Ayernor, 1981 and 1985; Coursey, 1973). This technique is traditionally practised.

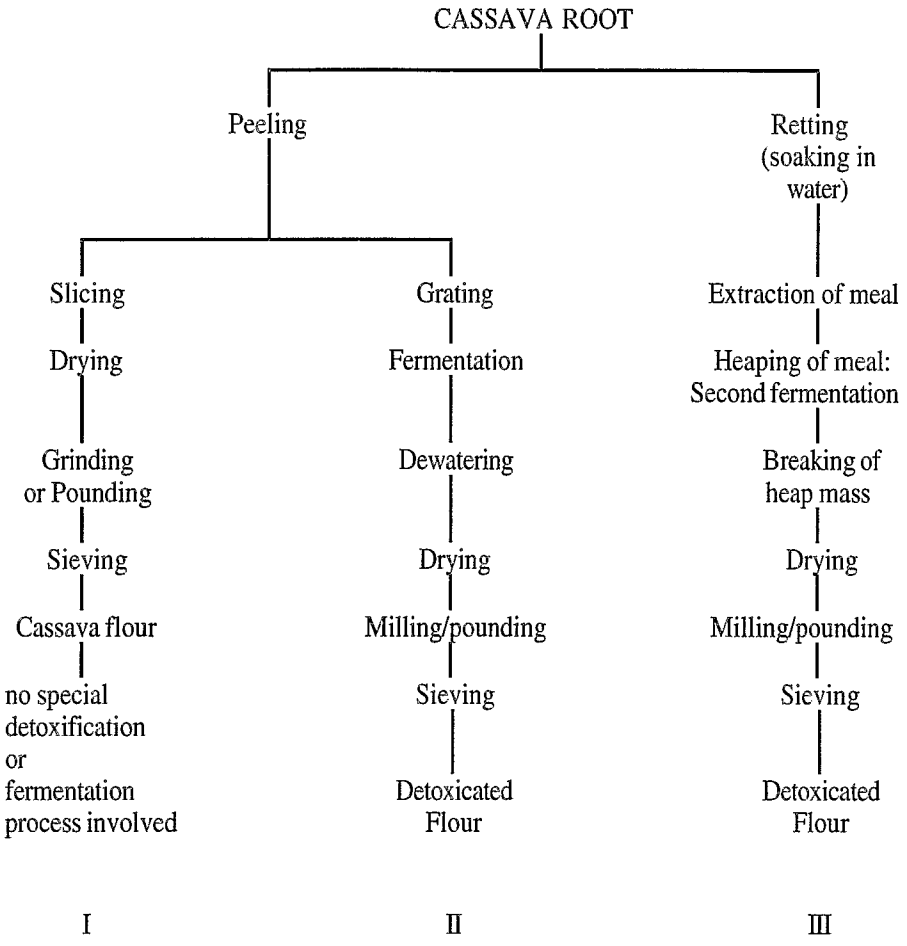


Figure 1
Flow diagram of village production of cassava flours

The retting of cassava, a technique of soaking cassava root in water to effect the breakdown of tissues and extraction of starch [Figure 1 (III)] has been investigated. It was found to effectively reduce cyanide content of cassava flour (Ayernor, 1985). Retting followed by sundrying was found to have removed up to 97% of the initial cyanide in the cassava and was over 20-fold more efficient than simple sundrying of cassava roots (Ayernor, 1985). The upgrading of processing facilities for cassava retting by improving material handling and raising production capacities have been achieved to some degree in the Congo (Nziffe, 1983).

At rural level grating is done manually by robbing the peeled root against the raised surface of nail-pierced metallic sheets (Ayernor, 1981). Mechanized grating is done by wet-grinding of the root in specially adjusted corn mills. Normally the fermentation process is carried out by placing the cassava pulp into jute bags weighted with heavy stones to drain excess water (dewatering). Fermentation and dewatering takes 2 to 5 days (Ayernor, 1981).

The upgraded mechanized processes use hydraulic processes or centrifuge to remove water after fermentation which is carried out in batches in large plastic tanks. A good dewatered cassava pulp has an intermediate moisture content of 40 to 50% (Ayernor, 1981; F.I.I.R.O.). After dewatering, the mash has to be broken and sieved to remove excess fibres from the semi-pulverized material before drying. (cf. the gari process).

2. Problems in the production of flours (Table 1)

The processing of non-gelatinized flours by sundrying is suitable only for small-scale household production. To scale up this operation, artificial drying (dehydration) has to be applied at industrial level. It must be noted that large-scale sundrying operations are difficult to manage especially when the product is intended for human consumption and quality requirements are expected to be high and in which case sundrying on floors or on the ground may not be permissible.

The basic problems of drying applies to roots and tubers, and any development to introduce efficient dehydration mechanisms can generally have a wide application.

In order to produce a cyanide-free cassava flour, the cassava roots have to be grated or reduced into a pulp so as to release the toxic principle [Figure 1(II)].

The drying of grated pulp, in the case of cassava presents a special problem. Sundrying is efficient on small scales but special dryers are needed to handle this form of material to produce a non-gelatinized flour at industrial levels.

Research and development is needed to improve rural sundrying operations so as to ensure good quality products. Dehydration techniques must also be developed especially in machinery design and temperature control where temperatures should not exceed 50°C to handle the dehydration of both slices and grated forms.

Table 1
Technology Profile of cassava processing into Flours

TECHNOLOGY ANALYSIS:	TECHNOLOGY PROFILE
Reference:	
SUBJECT	DEFINITION/DESCRIPTION
Resource	Cassava
Identification	Processing of cyanide-free cassava flour.
Objectives	To process toxin-free cassava flour of high quality, suitable for the various forms of cassava flour utilization in Africa.
Technologies	Available cottage technologies: Simple sundrying of roots Fermentation followed by drying of material Milling, pounding.
The Process	See Figure 1 Up-graded process based on village models must be developed.
Principles	Transformation principles: Detoxification Dehydration Size reduction/milling.
Inputs	Inputs regarding processing hardware to be upgraded or developed: Processing machinery Energy requirements Levels of manpower
Manpower	Various: Research and development capabilities Unskilled, semi-skilled Highly skilled.
Remarks (example)	(a) Cottage operations are unsuitable for modern industrial production (b) The retting process is upgraded to intermediate level (c) Process II (Figure 1) is adaptable for upgrading.

3. Gari production and product (Table 2)

Gari is a popular product and its production is the most improved technology in cassava processing. It is a pre-gelatinized grit with particle size ranging from below 0 µm (fines) to over 2000 µm (coarse) (Ayernor, 1981; F.I.I.R.O.). The process involves peeling, grating, fermentation, dewatering and finally roasting. All the unit operations involved contribute to the detoxification of cassava (Ayernor, 1981; Coursey, 1973). Gari with a moisture content of 6 to 10% has a long shelf-life when appropriately packaged. Another variant of gari is *attieke* which is produced in the Ivory Coast.

Gari was mainly a product of cottage industries. Modern high capacity gari processing plants had appeared on the West African industrial market in the last two decades (Ayernor, 1981; Idusogie *et al.*, 1977). The adaptability of traditional processes to modern and advanced technologies is a positive factor in industrialization based on local raw materials and products. The unit operations used in the processing of cassava into gari are many and each of them needs a careful control in order to yield a product of good quality (Figure 2).

The first operation is peeling of the roots which at the rural industrial level is done by hand. On a relatively large scale, hand peeling is labour-intensive.and attempts have been made to mechanize cassava peeling with varying degrees of success (Ayernor, 1981).

After peeling and trimming, the roots are thoroughly washed to remove dirt which would otherwise impair the quality of the end-product. Mechanization of washing on a large scale does not present problems. It is done in rottery drums with large quantities of water (Ayernor, 1981).

4. State of the art on Gari production

The technology profiles on the production of gari and industrial peeling of cassava are to illustrate the state of the art on a major cassava transformation process and to point out some of the constraints, especially the peeling of cassava (Table 3).

The peeling of cassava, the first stage in cassava processing in general, remains a bottleneck. Hand-peeling is slow and labour-intensive though it yields the best results. Attempts made to mechanize cassava peeling as a means to increase the production rate and minimise labour intensity have met only with marginal success (Ayernor, 1981). Particular attention must be given to machinery design that would facilitate not only batch but also continuous feeding of material into the peeling machine, efficient peeling in terms of rate and quality as well as continuous discharge of the peeled material from the machine. The feasibility of chemical peeling or the combination of chemical treatment and mechanical peeling should also be investigated.

Table 2
Technology Profile of Gari production

TECHNOLOGY ANALYSIS:	TECHNOLOGY PROFILE
Reference:	
SUBJECT	DEFINITION/DESCRIPTION
Resource	Cassava
Identification	Gari Processing
Objectives	Efficient processing of cassava into Gari to achieve high product yield, quality, storability, proper packaging and marketing.
Technologies	Available technologies: Village cottage technologies Intermediate technologies Advanced technologies.
The Process	Raw cassava root i Peeling ii washing iii grating (rasping, granulation) iv fermentation v dewatering vi decaking vii garification viii drying (dehydration) ix size-sorting x packaging.
Principles	Major principles: Granulation, particulation Starch gelatinization Dehydration Removal of toxic cyanogenic glucosides.
Inputs	Physical inputs: Cottage processing assemblage Tools, implements Equipment, processing plant Energy (sources): fuelwood, charcoal, coal, gas Energy (requirements), e.g. Kilocalorie per tonne of gari produced: i.n.a. (information not available). Packaging: Traditional, cloth, papersacks, flexible packaging "polythene bags".
Manpower	Varied: Household (Mother and children) Intermediate and advanced processes need more labour.
Remarks	PEELING: needs technological improvement ENERGY: more information needed. See technology profile of cassava peeling See comparison of peeling efficacy by (a) traditional (b) intermediate and (c) advanced technologies See comparison of technologies.

Table 3
Technology Profile of Cassava Peeling

TECHNOLOGY ANALYSIS:	TECHNOLOGY PROFILE
Reference:	Sub-analysis - Peeling of Cassava
SUBJECT	DEFINITION/DESCRIPTION
Resource	Cassava
Identification	Peeling of Cassava.
Objectives	Efficacious peeling of cassava for industrial processes.
Technologies	Available technologies/experiments: Hand peeling Mechanical peeling Lye-peeling.
The Process	Available processes: Hand (manual) peeling Rotary drum: abrasive attritive peeling with metallic brushes Chemical - (lye) treatment followed by abrasive peeling.
Principles	Underlying principles: Complete removal of peel via cambium layer Systematic removal of peel by abrasion Chemical digestion of peel followed by abrasion.
Inputs	Various: Labour intensive (manual) Mechanical, electrical Chemical/Mechanical.
Manpower	Unskilled, semi-skilled.
Remarks	The peeling processes require upgrading and promotion.

The grating process is far from standardized. It is the step that establishes the granulation and the particular nature of the gari products. Industrial processes need to standardize this mechanical operation to ensure particulate uniformity of the product.

Fermentation relies on natural microflora. In processing industries it may be necessary to identify the important micro-organisms and use them to develop cultures for inoculation and to minimise the range of microbes, especially contaminants. This would ensure a product of standardized flavour and acidity.

The degree of dewatering of cassava pulpand the roasting stage have a rather complex interplay. Moisture content in the cassava grits, the amount of material to be garified as a batch unit, and temperature control have a combined effect on the quality of the product. Process improvement programmes in industries must take note of the above factors that are relative to material and energy balance in these unit operations.

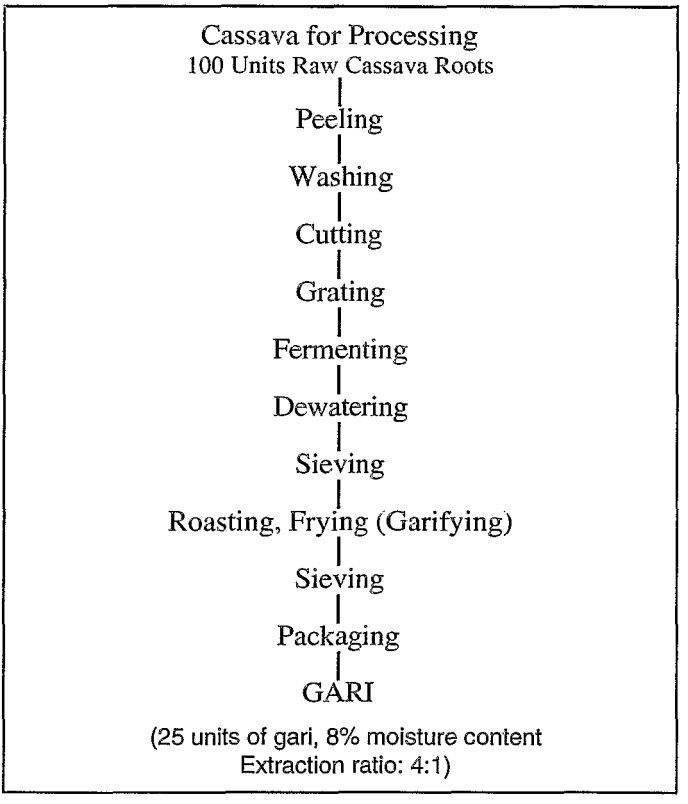


Figure 2
Flow sheet of gari production
100 units raw cassava roots

Conclusion

We have examined the state of the art in the production of cassava flour and gari and especially the peeling operation. The technology profiles are intended to point out general and critical points on the process line. The objectives of each unit operation in the overall process have been illustrated.

Any upgrading of a given unit operation in the traditional process must be linked with the objectives of process and product improvement. The production of cassava flour and gari brings about a reduction in moisture content from over 65% to below 10%, and cyanide reduction to innocuous levels (Ayernor, 1981, 1985) (Tables 4 & 5). Thus, any improvements in upgrading the village technologies must aim at production facilitation. In general, peeling the first stage in cassava processing remains a bottleneck. Its upgrading will contribute to process facilitation in modern industrial productions.

The processing of a generally acceptable cassava flour suitable for various forms of food utilization would be commendable. Production of cassava flour by simple sundrying does not effect considerable reduction in cyanogenic glucosides from the product as compared to the retting process (Ayernor, 1985). However, the alternative retting process leaves a strong fermentation odour in the product. The other pathway (Figure 1 (II)), where the grated cassava is fermented can be improved through enzymatic action to effect cyanide detoxification with minimal fermentation.

Gari as mentioned above, is a product obtained from one of the most advanced technologies in cassava processing. It appears that the major thrust in technological innovation is mechanization. There is a need for the design and manufacture of intermediate-capacity processing equipment for gari processing in rural industries.

Collective endeavours in upgrading cassava processing must critically examine the state of the art in the traditional setting. This would make it possible to identify the areas that needed upgrading to meet modern demands for agro-industrial processing in rural development.

Table 4
Changes in moisture content during Gari production

Operation	Product	Moisture (%)
Grating	Slurry (pulp)	60-65
Fermentation	Fermented pulp	-
Dewatering	Pulp	47-50
Roasting	Semi-dry gari	30-35
Final drying	Gari	8-10

Table 5
Cassava detoxification during Gari production

Process	Material	HCN (µg/kg)	% Detoxification
-	Whole cassava root	306	-
Peeling	Peeling	660	-
	Peeled root	184	-
Grating	Pulp	104	16-92
Dewatering	Pulp	52	71.74
Fermentation	Pressed juice	86	53.26
Roasting	Gari	10	94.56

References

AYERNOR (G.S.), 1981 - Analysis of Indigenous Post-harvest technologies on roots and tubers. *FAO Technical Document*, Rome : 1-92.

AYERNOR (G.S.), 1985 - Effects of the retting of cassava on product yield and cyanide detoxication. *Journal of Food Technology*. 20 : 89-96.

COURSEY (D.G.), 1973 - «Cassava toxicity and processing» *In* Nestel (B.), Mclntyre (R.), éd., *Chronic Cassava Toxicity*, Ottawa, Canada. IDRC-010e: p. 27.

F.A.O, 1978 - Food and Agriculture Organization Year Book, Rome.

F.I.I.R.O. : Federal Institute of Industrial Research Oshodi, Lagos, Nigeria. Personal Communications.

IDUSOGIE (E.O.), OLAYIDE (S.O.), 1977 - *Post-harvest Crop Losses : The Nigerian case.* FAP/WHO/OAU. Regional Food and Nutrition Commission for Africa. Special Paper N° 11. F.A.O, Rome.

NZIFFE (A.), 1983 - Cassava processing. *In: Processing of cassava and other root crops.* workshop, Abidjan, 28 November - 2 December, 1983. F.A.O., Rome.

SEFA-DEDEH (S.), 1989 - Traditional Food Processing Technology in Ghana : Some indices. *In: Harnessing Traditional Food Technology for Development.* Proceedings of a workshop. University of Ghana, Legon, Ghana.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

La préparation artisanale du gari au Bénin : Aspects technologiques et physico-chimiques

Artisanal Gari production in Benin. Technological and physico-chemical aspects

C. M. NAGO

Faculté des Sciences Agronomiques, Université Nationale du Bénin, (Bénin)

– Résumé –

Le gari est un produit sec (taux d'humidité : 8 à 10%), acide (pH : 4,3 à 5,0) et hautement énergétique (environ 335 kcal/100 g de gari) se présentant sous la forme d'une sorte de semoule de couleur blanchâtre à jaune. Compte tenu de son l'importance socio-économique, différentes études ont été menées au Bénin sur la préparation et la caractérisation du gari.

La transformation est artisanale, villageoise et exécutée par les femmes selon une technologie entièrement manuelle comportant plusieurs opérations : lavage, équeutage, épluchage, râpage, fermentation, pressage, émiettage, tamisage, cuisson (garification) et calibrage.

Pour faire face aux principales insuffisances de cette technologie traditionnelle (durée, pénibilité, faible productivité), une variante technologique (procédé dit amélioré) a été mise au point ; elle consiste notamment en une mécanisation du râpage et du pressage et en l'utilisation de foyers de cuisson améliorés. La comparaison de la technologie traditionnelle et de la technologie améliorée montre que leurs rendements sont quasiment identiques (environ 21 kg de gari pour 100 kg de racines brutes) et que les profils granulométriques des produits sont assez proches. Les innovations introduites ont surtout permis d'accroître les rendements horaires des opérations concernées et de réduire ainsi la durée (3-4 jours au lieu de 6-8 jours) et la pénibilité du travail.

La cuisson du gari est une opération grande consommatrice d'énergie. La consommation spécifique de bois de filao (masse de bois par kg de gari produit) varie de 1,30 à 2,40 kg/kg selon le type de foyer. Les différents types de foyer de cuisson testés, qu'ils soient traditionnels ou améliorés, se sont révélés très peu performants puisque leur rendement énergétique est inférieur à 12 %. Par ailleurs, l'utilisation de poêles de cuisson en argile cuite plutôt qu'en fonte diminue encore le rendement énergétique de l'opération.

Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les études pour accroître réellement l'efficacité technique et la rentabilité économique de cette transformation.

– Abstract –

Gari constitutes one of the major staple foods for the population of Benin and other West African countries (Nigeria, Togo, Ghana). Its' area of consumption is extending, from year to year, towards many other countries due to the migration of the population and the establishment of technological and commercial exchanges.

It is a dry product (moisture content 8-10%), acidic (pH 4.3-5.0) high in energy level (around 335 kcal/100 g gari) and is either a whitish or yellowish semolina-like product. Gari is obtained by processing cassava roots following the techniques adopted from those used for the production of Brazilian « farinha de mandioca » which were introduced in Benin at the beginning of the 19th century. In view of its socio-economic importance, various studies have been carried out in Benin on the preparation and characterization of gari ; the principal results are presented in this paper.

Gari production is done by women at the artisanal and village levels following a fully manual technology comprising of several unit operations : washing, dewatering, peeling, grating, fermentation, pressing, mashing, sieving, cooking (garification) and grading. Various studies have characterised the different physicochemical mechanisms occurring during these unit operations and their contribution in the detoxification of the products and the development of their organoleptic and nutritional properties.

Faced with the short-comings of this traditional technology (time, laborious, low productivity), a technological variant (so-called improved processing) has been introduced : It mostly consist of mechanized grating and pressing and improved gari fryers. A comparison of the traditional and improved technologies shows that their yields are almost identical (about 21 kg gari produced from 100 kg fresh roots) and the granule sizes of the products are quite similar (70 % of products < 1 mm). These improvements have rather increased the yields per unit processing time of the unit operations mentioned and have reduced the processing time (3-4 days instead of 6-8 days) and the work load necessary for gari production.

Roasting is a unit operation that consumes a lot of energy. The specific consumption of fire wood, expressed as weight of wood per kilogramme of gari produced, varies from 1.30 to 2.40 according to the type of fryer. The different types of gari fryers tested, whether traditional or improved, showed very little difference in their performance since their energy yields were less than 12 %. Moreover, the use of clay rather than cast-iron fryers decreased the energy yield of the operation.

It appears therefore necessary to carry out further studies and technological development tests so as to increase its' absolute technical efficiency and economic profitability.

Introduction

Le gari constitue l'un des principaux aliments de base des populations au Bénin. Il se présente sous la forme d'une semoule de couleur blanchâtre à jaune, à grains secs et durs et se caractérise par un goût acidulé. Il est obtenu par la transformation du manioc (*Manihot esculenta* Crantz), selon un procédé qui s'inspire de la technologie de fabrication de la « *farinha de mandioca* » brésilienne introduite au Bénin dans les années 1800 à la faveur du retour du Brésil des esclaves affranchis.

Le gari est également préparé et consommé dans d'autres pays de la sous-région ouest-africaine (Nigeria, Togo, Ghana). Depuis quelques années, son aire de consommation s'est étendue à de nombreux autres pays d'Afrique grâce aux migrations de populations et aux échanges technologiques et commerciaux.

Le gari fait donc actuellement l'objet de transactions fort importantes, particulièrement en Afrique de l'ouest et du centre. Toutefois, l'essentiel de la production est encore assuré par le secteur artisanal dans la plupart des pays concernés où différentes variantes technologiques sont utilisées à cet effet.

Compte tenu de l'importance socio-économique du produit au Bénin, différents travaux ont été consacrés à l'étude de sa préparation et de ses caractéristiques par une équipe de la faculté des sciences agronomiques de l'université nationale du Bénin (Nago et Oceni, 1985). Dans ce cadre, des enquêtes technologiques et socio-économiques, des essais et mesures en milieu réel et différentes analyses de laboratoire ont été réalisés. Le présent article fait le point des résultats obtenus en les complétant par quelques données bibliographiques. Il sera présenté en quatre parties principales :

- le contexte socio-économique de la production du gari au Bénin ;
- la technologie de préparation ;
- les mécanismes physico-chimiques à la base de la transformation ;
- les caractéristiques et les utilisations du gari.

1. Le contexte socio-économique de la production du gari au Bénin

Au Bénin, l'évolution de la production et de la consommation du gari a étroitement suivi celle de la culture du manioc. En effet, la majeure partie de la production de manioc du pays a toujours été consacrée à la préparation du gari.

Le manioc dont l'origine se situe en Amérique Latine, fut introduit en Afrique de l'ouest par les Portugais au XVI^{e} siècle. Sa facilité d'intégration à divers systèmes de production agricole, sa tolérance aux contraintes écologiques difficiles, son efficacité à produire de l'énergie alimentaire et la possibilité de l'étalement de sa

récolte sur plusieurs mois expliquent sans doute l'adoption et l'extension rapides de sa culture en Afrique en général et au Bénin en particulier. Dans un premier temps, la culture s'est développée dans le sud, puis elle s'est progressivement installée et renforcée dans le centre et le nord du pays à partir des années 1970.

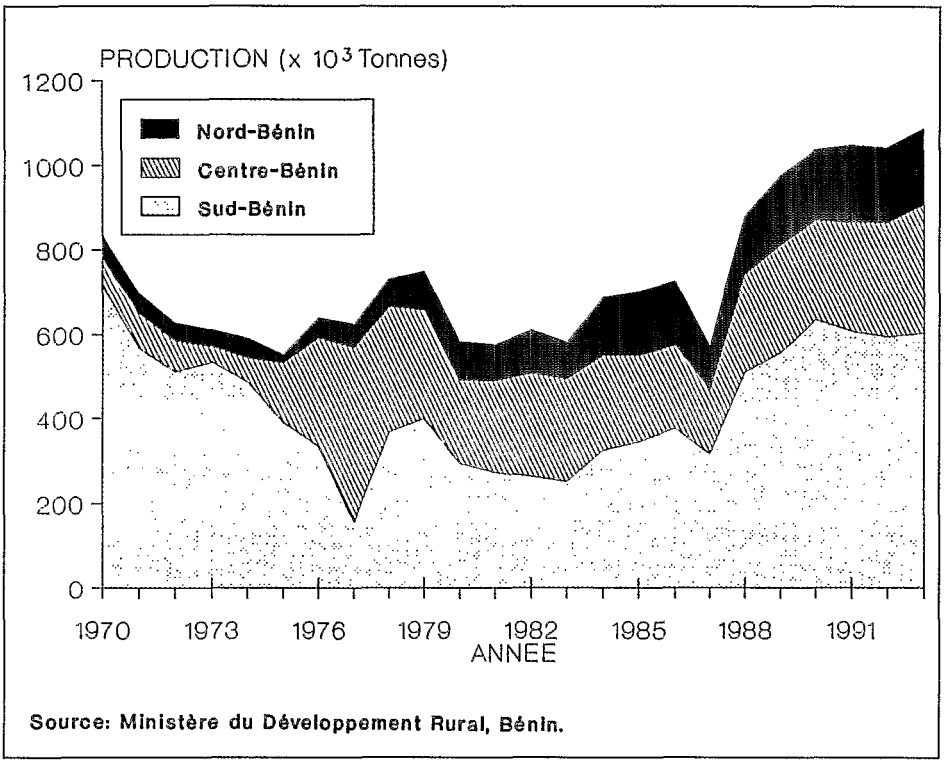


Figure 1
Evolution de la production du manioc au Bénin

Cette évolution de la production du manioc au Bénin se caractérise par (figure 1) :
- une forte irrégularité marquée alternativement par des croissances et des décroissances des superficies et des tonnages réalisés ;
- une forte augmentation globale (de plus de 75%) de la production durant les 20 dernières années (1973-1993) amenant la réalisation nationale à plus d'un million de tonnes de manioc à l'heure actuelle ;
- un déplacement de la culture du manioc, du sud vers le centre et le nord du pays qui voient leur part dans la production nationale augmenter notablement d'année en année.

Les variétés cultivées comprennent à la fois des produits amers (riches en substances toxiques) et des produits doux. Les rendements obtenus sont caractérisés par une certaine stabilité et tournent autour de 7 000 kg/ha. La récolte du manioc est quasi-permanente dans l'année, même dans la région septentrionale.

La préparation du gari a donc cours toute l'année dans le pays. L'essentiel de la production est toujours réalisé dans le sud et le centre, mais la part de la zone nord dans la production nationale progresse de façon notable.

La transformation est essentiellement artisanale et villageoise et est assurée par des femmes travaillant seules ou en groupements. Cette activité est globalement rentable mais les profits varient considérablement en fonction de différents facteurs (lieu, saison de production...) (Fanou, 1994).

La distribution du produit se fait principalement à trois niveaux :
- commercialisation dans les zones de production, dans un espace géographique restreint ;
- approvisionnement des centres urbains ;
- exportation non officielle vers les pays voisins (Nigeria, Niger, Togo), voire plus lointains (Côte-d'Ivoire, Gabon).

Le second niveau de distribution reste de loin le plus important. Ainsi, à Cotonou, la plus grande ville du pays, avec plus de 500 000 habitants (10 % de la population nationale), le ravitaillement en gari provient de plusieurs directions : les zones rurales proches, les grandes zones de production de l'ouest, du centre et du nord du pays. La ville fait par ailleurs office de centre de redistribution du gari et d'autres produits vivriers vers les autres localités du Bénin quand le besoin s'en présente. La commercialisation du produit est assurée essentiellement par les femmes : commerçantes grossistes qui se ravitaillent directement dans les zones de production ou revendeuses détaillantes qui approvisionnent les consommateurs urbains (Agrer, 1986 ; Fanou, 1994).

La consommation du gari au Bénin est estimée à environ 100 g/(habitant×jour), ce qui correspond à un volume de marché intérieur de 190 000 tonnes environ. Il existe, bien entendu, des disparités importantes dans cette consommation du produit d'une région à l'autre et d'un individu à l'autre (Devautour, 1981). Près de 60 % des Béninois (dans le sud et le centre du pays notamment) consomment régulièrement du gari, les autres en prennent de temps en temps ou rarement (Devautour, 1981).

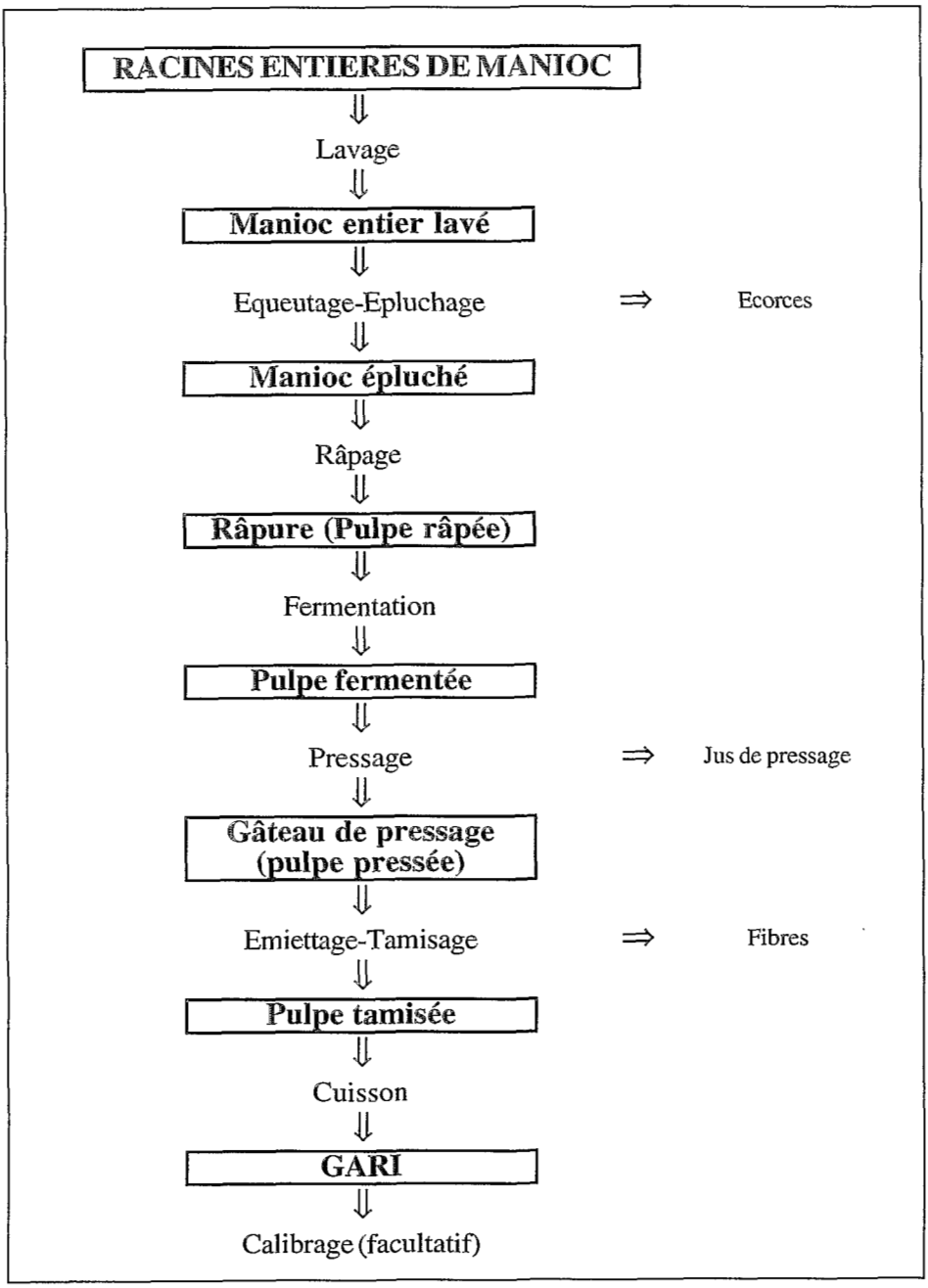


Figure 2
Diagramme de préparation du gari selon la technologie traditionnelle béninoise

2. Etude de la technologie de préparation

2.1. La technologie de base : description et analyse des opérations

La technologie de base est de type traditionnel et requiert un travail long et pénible. Les opérations à effectuer sont en effet nombreuses, variées et manuelles (figure 2) :

2.1.1. Lavage

Les racines de manioc frais sont préalablement lavées à l'eau, à l'extérieur de l'atelier de production, afin de les débarrasser des diverses impuretés.

2.1.2. Equeutage-épluchage

Cette double opération se fait à l'aide de couteaux. Elle consiste à dépouiller les racines de leurs extrémités ou queues (équeutage) et de leur écorce (épluchage). C'est un travail relativement facile, mais qui nécessite beaucoup de temps. Pour l'accélérer, compte tenu du caractère périssable du manioc, on a souvent recours à l'assistance mutuelle ainsi qu'à l'aide des enfants.

2.1.3. Râpage

Cette opération permet de réduire le manioc épluché en pulpe fine (râpure). Le râpage traditionnel (manuel) est réalisé à l'aide d'un appareil constitué principalement d'un morceau de tôle perforé d'une multitude de petits trous et faisant apparaître des aspérités sur l'une de ses faces. Cet élément central de la râpe est souvent fixé sur une planchette en bois. Au cours du râpage, l'appareil est disposé dans une position oblique et l'on fait passer, grâce à des mouvements de va et vient, la racine épluchée sur la face dentelée. Cette méthode entraîne des pertes importantes en produit car on n'arrive pas à râper la racine jusqu'au bout (sous peine de se râper également les doigts).

2.1.4. Fermentation

La râpure obtenue précédemment est introduite dans des paniers soigneusement couverts et abandonnés à la température ambiante pendant environ deux jours. La fermentation est donc naturelle. En dessous de chaque panier, on place une bassine permettant de recueillir le jus d'égouttage.

2.1.5. Pressage

Cette opération a pour but de réduire davantage la teneur en eau de la pulpe dans le souci d'économiser de l'énergie lors de la phase de cuisson du produit. La râpure fermentée est transvasée dans des sacs de jute sur lesquels sont posées pendant quatre à six jours de grosses pierres qui leur impriment ainsi une forte

pression. On obtient en fin d'étape une pâte déshydratée très compacte. Le jus de pressage est souvent recueilli et ajouté au jus d'égouttage récolté précédemment pour servir à la préparation de tapioca.

D'autres méthodes traditionnelles existent qui associent simultanément le pressage à la fermentation :
- des sacs remplies de pulpe sont disposés dans un système de planches et de cordes qui permet de les serrer et de les comprimer pendant quelques jours ;
- des paniers remplis de pulpe et recouverts de toile sont surchargés d'objets lourds et laissés ainsi pendant trois à six jours.

Ces deux méthodes sont utilisées dans certaines zones de production du Bénin, voir au Nigeria et au Togo.

2.1.6. Emiettage-tamisage

Le gâteau compact obtenu après pressage est brisé, émietté et tamisé à l'aide d'un tamis fait de fibres végétales. Par un mouvement circulaire continu de la main, on oblige les particules fines dérivant du gâteau à traverser le tamis. On sépare ainsi la fraction utile (la farine fraîche) et on élimine parallèlement les fibres et les grosses particules (les drèches).

2.1.7. Cuisson (ou garification)

L'objectif de cette opération est double :
- séchage du produit pour en éliminer suffisamment d'eau afin de favoriser une longue conservation ;
- grillage pour conférer au produit fini des qualités organoleptiques spécifiques (arôme, saveur).

Cette opération de séchage-grillage de la farine fraîche de manioc se fait traditionnellement dans une grande poêle en argile cuite ou en fonte posée sur un feu de bois.

Tout au long de cette phase de cuisson qui dure 20 à 30 minutes, la farine est brassée continuellement à l'aide d'une palette triangulaire de calebasse afin d'empêcher l'agglomération et le rôtissage du produit. On aboutit ainsi à un produit sec, gélifié et à grains détachés.

Parfois de l'huile de palme est ajoutée à la farine avant ou pendant la gélification, notamment dans les zones de production au sud et au sud-est du Bénin. Elle donne au produit fini une couleur crème à jaune selon la quantité d'huile additionnée.

Dans d'autres régions, la gélification est arrêtée à moitié, puis le produit est séché au soleil. On obtient ainsi un gari à grains plus volumineux, mais dont la capacité de gonflement dans l'eau est plus faible.

La garification est une opération délicate qui requiert un savoir-faire et une habileté suffisants pour la mener à bien. Elle est également pénible à cause de l'inconfort dû à l'équipement et à la fumée que l'opératrice doit supporter pendant toute la cuisson.

2.1.8. Calibrage

Le gari obtenu peut être ensuite passé à travers un ou plusieurs tamis de mailles différentes. Il s'agit d'une opération facultative qui permet d'éliminer les gros grains et de séparer les produits en diverses fractions plus ou moins fines.

2.2. Autres variantes technologiques

Pour faire face aux insuffisances techniques de la technologie traditionnelle, utilisée principalement, au Bénin comme dans d'autres pays africains, pour la production du gari, des variantes technologiques ont été conçues et vulgarisées.

2.2.1. La technologie améliorée béninoise

Trois innovations ont été opérées pour aboutir à cette technologie.

1) La mécanisation du râpage qui est une opération longue et pénible et entraîne d'importantes pertes de produit dans la méthode traditionnelle. Les râpes mécaniques qui sont actionnées soit par un homme, soit par une machine (diesel ou essence) sont essentiellement de deux types :

- La râpe à cylindre. Elle comporte un cylindre en bois (de 10 à 25 cm de diamètre) qui est soit recouvert d'une feuille de tôle galvanisée perforée soit muni de lames en dents de scie. Le toboggan d'alimentation est placé au-dessus du rotor (cylindre) ou latéralement à celui-ci. Une tige actionnée manuellement permet de maintenir les racines épluchées au contact du rotor en mouvement pour provoquer leur réduction en pulpe fine.
- La râpe à disque. Elle est constituée d'une feuille de métal galvanisé, circulaire, perforée et fixée sur un rotor en bois. L'axe de rotation est vertical et un cône d'alimentation conduit les racines jusqu'au disque.

2) La mécanisation du pressage : l'appareil conçu est une presse à vis. Il est constitué essentiellement de deux plaques en bois, l'une fixe et l'autre mobile et reliée à la vis sans fin. La pulpe fermentée est empilée dans un sac de jute qui est disposé entre les deux plaques. On actionne la vis, ce qui permet à la plaque mobile de venir comprimer le sac contre la plaque fixe. Cette opération qui est exécutée en général par deux hommes à la fois, dure 20 à 30 minutes par sac de 30 kg.

3) L'amélioration de l'opération de cuisson par la conception et l'utilisation de foyers performants (fermés et en matériaux durables). Cette innovation permet de réduire substantiellement les pertes en énergie calorifique et d'éviter l'inconfort subi par les productrices pendant la phase de cuisson.

Ces différentes innovations ont été initiées et réalisées localement. Les râpes et la presse mécanique sont l'œuvre de forgerons locaux dont il faut reconnaître la créativité et le savoir-faire. Les foyers améliorés ont été conçus et diffusés dans le cadre de divers projets. Ces innovations sont adoptées par un nombre croissant de productrices qui en reconnaissent les avantages et savent parfaitement les mettre en œuvre. De plus, certains hommes ont acquis des râpes mécaniques et réalisent contre rémunération l'opération de râpage pour diverses productrices de gari.

2.2.2. La technologie semi-mécanisée supérieure

Cette technologie a été mise au point vers 1970 par la firme nigériane « Fabrico ». La principale innovation de ce procédé par rapport au précédent est la réalisation de la garification en continu au moyen d'un appareil conçu à cet effet. Toutefois, cette technologie a connu peu de succès au Bénin et dans la sous-région ouest-africaine. (Devautour, 1981).

2.3. Evaluation des performances des différentes variantes technologiques

2.3.1. Les rendements horaires des opérations

L'évaluation des rendements horaires au niveau des différentes opérations technologiques a donné les valeurs moyennes suivantes :
- à l'épluchage (manuel) : 50 kg de racines de manioc/(heure × personne) ;
- au râpage : 32 kg de manioc épluché/(heure × personne) par le procédé manuel, 670 kg environ/heure par le procédé mécanique ;
- à l'émiettage-tamisage (manuel) : 25 kg de pulpe pressée/(heure × personne) ;
- à la cuisson traditionnelle : 5 kg de farine fraîche/(heure × personne).

2.3.2. Bilan de matière et rendement de la transformation.

Ce bilan renseigne, d'une part, sur l'évolution quantitative du produit traité à travers la chaîne de fabrication et particulièrement sur les pertes enregistrées aux différentes étapes et, d'autre part, sur le rendement de la transformation. Ainsi, la figure 3 fait apparaître que :
- Les pertes à l'épluchage constituées essentiellement par les écorces et une portion variable du cylindre central du manioc, sont importantes (20 à 35%) ; elles sont d'autant plus élevées que la racine est petite et irrégulière.
- La mécanisation du râpage permet de réduire de moitié les pertes observées au niveau de cette opération (2,10 % contre 4,45 % de pertes au râpage manuel).
- L'utilisation de la presse mécanique accroît l'efficacité au pressage. On observe en effet dans ce cas un départ d'eau plus important que dans le cas de l'opération manuelle (35 % contre 32 %). On peut rappeler que les jus de pressage renferment, en plus de l'eau, de l'amidon et des sels minéraux.

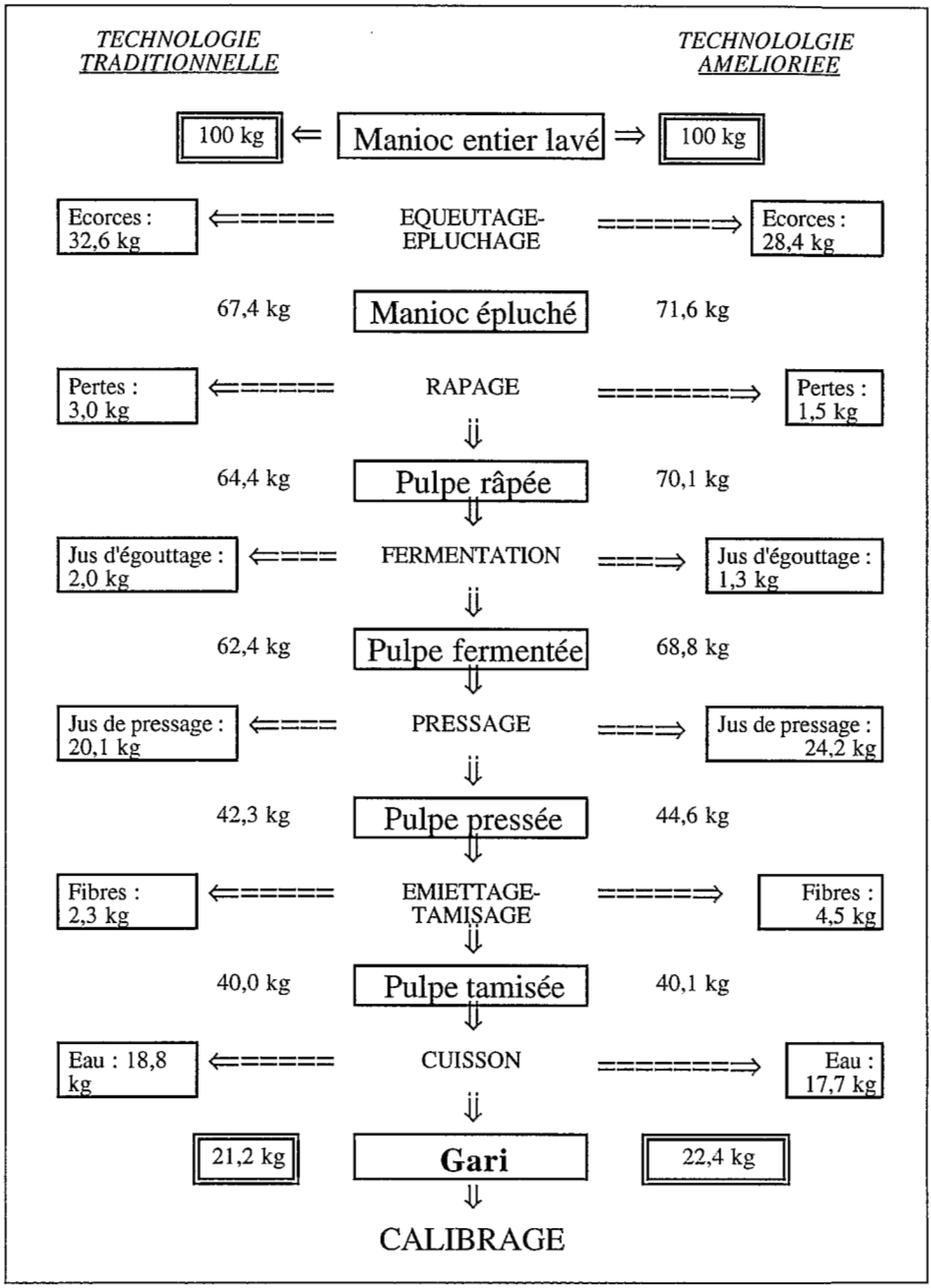


Figure 3

Bilan de matière de la transformation au niveau des deux variantes technologiques étudiées

- Les déchets à l'émiettage-tamisage, constitués essentiellement de fibres cellulosiques sont environ deux fois plus élevés (10,0 % contre 5,4 %) dans le procédé semi-mécanisé (amélioré) béninois que dans la méthode traditionnelle. Ceci pourrait s'expliquer par un râpage plus fin touchant beaucoup plus les fibres dans l'opération manuelle que dans l'opération mécanique.
- La cuisson permet d'éliminer de la farine fraîche une forte quantité d'eau (40-50 %) pour aboutir au taux d'humidité recherché (8-10 %) pour le gari.

Le rendement final de la transformation (gari/racine entière de manioc) varie peu d'une technologie à l'autre (21,0-21,5 % dans le procédé traditionnel contre 22,0-22,5 % dans la méthode améliorée). La mécanisation du râpage et du pressage a donc surtout eu pour effet d'améliorer les rendements horaires au niveau desdites opérations et de réduire globalement la durée et la pénibilité du travail de préparation. Ainsi, la durée du processus de fabrication est réduite de moitié (6-8 jours contre 3-4 jours) grâce à cette mécanisation.

2.3.3. Bilan énergétique de la garification

La cuisson du gari est une opération grande consommatrice d'énergie. Pour évaluer la quantité d'énergie consommée à cette étape, différents essais ont été réalisés en utilisant plusieurs types de foyer (3 foyers traditionnels + 3 foyers améliorés) et le filao (*Casuerina equisetifolia*) comme bois de feu.

Tableau 1
Bilan d'énergie au cours de la cuisson du gari

Foyers testés	Consommation spécifique de bois (kg/kg)	Rendement énergétique (%)	Energie fournie par kg d'eau évaporée (kcal/kg)
Foyer traditionnel :			
- « trou »	2,00	8,04	9.267
- « trois pierres »	2,32	6,10	10.434
- « croissant » (en terre de barre)	1,46	10,23	6.695
Foyer amélioré :			
- en argile	1,74	9,25	7630
- en ciment + sable	1,31	11,38	5.963
- en ciment + sable avec cheminée	1,48	10,67	7.347

Note : - le bois utilisé est le filao (*Casuerina equisetifolia*)
- la poêle de cuisson est en fonte.

Les résultats de ces essais (tableau 1) font apparaître que :
- la consommation spécifique de bois (masse de bois consommée par kg de gari produit) varie de 1,30 à 2,40 kg/kg selon le type de foyer ;

- la consommation totale d'énergie au cours de la cuisson (Qc), qui regroupe à la fois l'énergie utile (Qu) (réellement utilisée pour le séchage et le grillage de la farine de manioc) et les déperditions de chaleur, est d'autant plus élevée que le foyer employé est ouvert et moins étanche au niveau de ces parois, du fait de l'importance des pertes. Dans le cas de la garification, les rendements énergétiques ($R = (Qu/Qc) \times 100$) sont très faibles ; tous les foyers testés se sont révélés très peu performants, puisque le rendement énergétique est compris entre 6 et 12 % ;
- Globalement, les foyers dits améliorés sont à peine plus efficaces que les foyers traditionnels ; il serait nécessaire d'utiliser pour la cuisson du gari, des foyers suffisamment fermés et bénéficiant d'une bonne isolation thermique.

Par ailleurs, la nature de la poêle de cuisson influe également sur la performance énergétique observée ; en effet, les essais réalisés avec les mêmes foyers, en utilisant cette fois-ci, une poêle en argile cuite, plutôt qu'une poêle en fonte comme précédemment, ont conduit à une consommation spécifique de bois d'environ 15 % supérieure à la précédente (tableau 2). Le rendement énergétique se révèle donc plus faible avec ce deuxième type de poêle dans la mesure où le récipient de cuisson en argile conduit moins bien la chaleur que celui en fonte.

Tableau 2
Influence de la nature de la poêle de cuisson sur la performance énergétique

Foyers testés	Poêle en argile cuite		Poêle en fonte	
	Consommation spécifique (kg/kg)	Rendement énergétique (%)	Consommation spécifique (kg/kg)	Rendement énergétique (%)
Foyer traditionnel :				
- croissant (en terre de barre)	1,69	7,36	1,46	10,23
- « trou »	2,30	5,95	2,00	8,04
Foyer amélioré :				
- ciment + sable	1,49	8,40	1,31	11,38
- ciment + sable avec cheminée	1,66	7,62	1,48	10,67

Note : - Bois utilisé : filao (*Casuerina equisetifolia*)

3. Les mécanismes physico-chimiques à la base de la transformation.

Différents travaux permettent actuellement de mieux comprendre l'utilité des principales opérations unitaires ainsi que les phénomènes physico-chimiques qui contribuent à l'obtention du gari (Meuser et Smolnik, 1980 ; Muchnick et Vinck, 1984 ; Nago et Oceni, 1985).

3.1. L'épluchage

Il est rendu nécessaire par le fait que l'écorce des racines qui comprend deux parties (externe et interne) est riche en cellules subérisées et en fibres cellulosiques et renferme la plus grande partie des glucosides cyanogénétiques (composés précurseurs de substances toxiques) présents dans le manioc, en particulier dans les variétés amères.

Néanmoins, l'écorce interne est très riche en éléments nutritifs, et en l'éliminant ainsi, on perd plus de la moitié des protéines, 48 % du calcium, 57 % de la thiamine, 47 % de la riboflavine et 29 % de la niacine présents dans le manioc. Aussi, est-elle consommée dans certaines régions en cas de pénurie alimentaire (Muchnik et Vinck, 1984).

3.2. Le râpage

Il consiste à réduire les racines sous forme de pulpe fine (ou mash) et crée ainsi un milieu solide humide favorable au développement microbien et au déroulement de nombreuses réactions enzymatiques. Les parois cellulaires étant brisées, l'accès aux constituants, notamment à l'amidon, est facilité. Toutefois, le manioc ne doit pas être trop réduit, sinon trop d'amidon sera libéré et sera perdu lors de l'opération de pressage. De plus, les glycosides cyanogénétiques (linamarine lotaustraline) et les enzymes spécifiques (linamarase) sont mis en contact favorisant ainsi la détoxication du manioc.

3.3. La fermentation

Elle vise plusieurs objectifs : détoxiquer le manioc ; faire apparaître des saveurs et odeurs caractéristiques ; modifier la capacité de rétention d'eau de l'amidon pour faciliter l'égouttage.

Dans le manioc, l'acide cyanhydrique (HCN ; substance toxique) est lié à des glucides, pour former des hétérosides insolubles et non toxiques (glucosides cyanogénétiques). L'intoxication n'intervient donc que si cet acide est libéré en quantité suffisante dans le produit (la dose létale pour un adulte serait de 50-60 mg de HCN). Cette libération de l'acide cyanhydrique se fait en deux phases : d'abord une hydrolyse enzymatique du glucoside due aux enzymes endogènes du manioc

et qui libère d'un côté le glucide et de l'autre, l'aglycone (la cyanhydrine) ; ensuite une dissociation purement chimique de la cyanhydrine qui génère l'HCN et l'acétone.

Aussitôt après l'arrachage des racines de manioc, ces deux réactions se produisent et l'acide cyanhydrique va s'accumuler étant donné qu'il ne peut pas s'échapper à cause de la présence de l'écorce. Traditionnellement, différentes méthodes de détoxication sont utilisées : lavage, cuisson, séchage, trempage ou rouissage, râpage, fermentation.

Parallèlement à cette détoxication, on assiste, durant la fermentation, sous l'action de divers micro-organismes, au développement de différents mécanismes biochimiques qui conduisent à la formation de nombreux métabolites :
- hydrolyse enzymatique de l'amidon et formation d'acide lactique, principalement par *Strepococcus falcium*. Cette amylolyse permet de modifier la capacité de rétention d'eau de la pulpe pour en faciliter l'égouttage ;
- conversion d'autres constituants du manioc (saccharose, glucose, fructose...) en acide lactique ou en diverses substances volatiles (acétaldéhyde, éthanol, acide acétique, acétone, diacétyle, esters....) par divers micro-organismes (*Strepococcus falcium, Corynebacterium manihot, Geotrichum candida*....). Ces substances sont responsables de la forte odeur caractéristique acquise par la pulpe durant la fermentation (Meuser et Smolnik, 1980 ; Muchnik et Vinck, 1984).

L'évolution quantitative de ces constituants et produits formés au cours de la fermentation a pu être évaluée. Il a été ainsi noté une très forte baisse (plus de 70%) des teneurs du manioc en glucose, fructose et saccharose durant les deux premiers jours de fermentation, parallèlement à une progression notable des teneurs de la pulpe en acides (lactique et acétique) et en éthanol (Meuser et Smolnik, 1980 ; Muchnik et Vinck, 1984). La température optimale de cette fermentation est de 35 °C.

3.4. Le pressage

Il accentue l'évacuation de l'acide cyanhydrique de la pulpe et la multiplication des micro-organismes, ce qui contribue à augmenter la sapidité du produit.

Toutefois, cette opération fait perdre à la pulpe environ 2 % d'amidon, 25 % de sels minéraux, 30 % de thiamine, 8 % de riboflavine, 36 % de niacine et 76 % d'acide ascorbique (Meuser et Smolnik, 1980 ; Muchnik et Vinck, 1984).

Les jus de pressage contiennent donc une importante quantité de matière sèche (5 % à 8 %) dont 80 % à 90 % d'amidon, ce qui les rend utilisables pour la préparation de tapioca.

3.5. Le séchage-grillage (cuisson ou garification)

Le séchage permet de faire descendre la teneur en eau du gari à moins de 10 % et de lui assurer ainsi une bonne conservation, étant donné qu'à cette humidité la prolifération des micro-organismes et les réactions enzymatiques et chimiques sont pratiquement nulles. Il contribue également à l'évacuation par évaporation du HCN libéré dans la pulpe lors de la fermentation.

Par ailleurs, on assiste, au cours du séchage-grillage, à un empesage (gélatinisation, gonflement des grains d'amidon), puis à une gélification du gari (grâce à une cristallisation partielle du réseau macromoléculaire).

Le brassage continuel de la farine fraîche pendant cette cuisson est essentiel pour éviter que les particules s'agglomèrent entre elles, collent aux parois et pour uniformiser la température dans la masse de produit. La température de la farine au cours de l'opération varie de 80 % à 85 °C tandis que celle de la paroi est d'environ 120 °C.

4. Caractéristiques et utilisations du gari

Le gari est donc un produit sec, gélifié, à goût acidulé, de couleur blanchâtre à jaune et présentant une granulométrie relativement fine. Les deux produits dérivés des deux technologies béninoises étudiées (traditionnelle et améliorée) sont assez proches sur le plan granulométrique : en moyenne 70 % des grains ont un diamètre inférieur à 1 mm et de 21 à 28 % des particules présentent un diamètre compris entre 1 et 2 mm (tableau 3).

Tableau 3

Granulométrie des « gari » produits par la technologie traditionnelle et la technologie améliorée

Diamètre (Ø) des particules (mm)	Technologie traditionnelle		Technologie améliorée	
	Proportion dechaque catégorie (%)	Proportion cumulée (%)	Proportion dechaque catégorie (%)	Proportion cumulée (%)
Ø < 0,5 mm	17,4	-	27,7	-
0,5 ≤Ø <1 mm	49,8	67,2	44,6	72,3
1 ≤ Ø < 2 mm	27,9	95,1	20,9	93,2
Ø ≥ 2 mm	4,9	100,0	6,8	100,0

Le gari du procédé traditionnel est légèrement plus acide que le gari de la méthode améliorée parce que bénéficiant d'un processus de fermentation nettement plus long. Certaines des unités de production étudiées procèdent au calibrage de leur produit en diverses fractions de granulométrie différente. Les catégories de gari ainsi obtenues et commercialisées sont classées comme suit :

- gari de première qualité : 95 % à 100 % des grains inférieurs à 1 mm ;
- gari de deuxième qualité : 70 % des grains inférieurs à 1 mm ; 25% à 30 % compris entre 1 et 2 mm ;
- gari de troisième qualité : 30 % des grains inférieurs à 1 mm ; 60 % compris entre 1 et 2 mm ; 10 % supérieurs à 2 mm ;
- gari de dernière qualité : 10 % à 15 % des grains inférieurs à 1 mm ; 55 % à 60 % compris entre 1 et 2 mm ; 30 % supérieurs à 2 mm.

De façon générale, on rencontre au Bénin et au Togo plusieurs variétés de gari obtenues grâce à quelques légères modifications technologiques introduites dans le processus de fabrication et qui se différencient par le goût, la couleur, la granulométrie ou le taux d'humidité. Les plus courantes de ces variétés sont :
- le gari *Sohoui* : le produit est cuit jusqu'à dessiccation quasi-complète ;
- le gari *Abayoé* : c'est un gari de type *Sohoui*, mais présentant une granulométrie plus fine, grâce à un tamisage supplémentaire ;
- le gari *Zogbla* : il s'agit d'un produit ayant subi une demi-cuisson avant d'être séché au soleil ;
- le gari *Go* : c'est un produit assez hétérogène qui renferme beaucoup de gros grains.

Par ailleurs, le gari présente un taux d'humidité de 8 à 10 %, ce qui permet sa conservation pendant plusieurs mois. Son pH varie de 4,30 à 5,00 et sa teneur en cendres est d'environ 1,0 %. Il est pauvre en protéines (0,70 à 1,20 g/100 g MS) et en lipides (moins de 0,5 g/100 g MS). En revanche, sa teneur élevée en amidon fait de lui un aliment hautement énergétique (335 kcal/100 g de gari).

Le gari possède un important pouvoir de gonflement. Il accroît de 3 à 4 fois son volume quand il est trempé dans l'eau froide.

Le gari est consommé principalement au Nigeria, au Bénin, au Togo, au Ghana et connaît actuellement une diffusion importante vers de nombreux autres pays. Cette diffusion est favorisée par les flux migratoires de population et par les possibilités qu'offre la longue conservation du produit. Il est consommé sous différentes formes : pâte cuite à l'eau (piron ou éba) qui est accompagnée de sauces diverses faites de légumes, de viande, de poisson... ; bouillie cuite à l'eau ; mélange de gari et d'eau (gari délayé) additionné de sucre ; mélange de gari et d'arachides grillées ; mélange de gari et de sauce etc. Près de la moitié du gari consommé au Bénin l'est sous forme de gari « délayé », aliment fortement apprécié par toutes les couches de la population.

Conclusion

Le gari a une importance socio-économique considérable au Bénin. Il occupe une place de choix dans les repas des populations et contribue à l'autosuffisance alimentaire dans le pays. C'est véritablement « le pain local » qui est apprécié de tous les béninois. Sa place et sa diffusion progressive dans de nombreux autres pays d'Afrique lui confèrent un caractère d'aliment multinational, voire régional.

Le produit est fabriqué et commercialisé toute l'année et dans la plupart des zones du pays, principalement par des femmes, grâce à la permanence de la culture et de la récolte du manioc dont la presque totalité est consacrée à cette préparation alimentaire. Mais les insuffisances (longueur, pénibilité, faible productivité....) de la technologie traditionnelle généralement utilisée pour la fabrication du produit et les moyens limités du secteur artisanal de production ne permettent pas de dégager une offre suffisante pouvant couvrir la demande intérieure et les exportations vers les pays voisins. Les pertes durant la transformation sont en effet élevées et le rendement obtenu ne dépasse guère 21 %. La mécanisation de certaines opérations unitaires (râpage, pressage) n'a pas permis d'augmenter substantiellement ce rendement (22 % contre 21%). Elle a seulement contribué à l'amélioration des conditions de travail.

Il apparaît donc nécessaire de poursuivre les études et les essais de revalorisation de la technologie pour accroître réellement son efficacité technique et sa rentabilité économique. On contribuera ainsi à la production et à la promotion, au Bénin et ailleurs en Afrique, d'un produit qui s'est véritablement imposé dans la région depuis quelques années.

Bibliographie

AGRER (N.V.), 1986 - *Etude de la commercialisation des produits vivriers au Bénin.* Volume 1, Janvier 1986.

Anonyme, 1993 - *Le Bénin en chiffres.* Publication Section Economie Rurale, FSA/UNB, Bénin Edition 1993.

DEVAUTOUR (H.), 1981 - *Rapport de mission PECTA au Bénin,* mai 1981.

DOAT (J.), 1977 - Le pouvoir calorifique des bois tropicaux. *Revue Bois et Forêts des Tropiques,* 172 : 33-55.

DOAT (J.), 1981 - *Les problèmes de charbon de bois dans la République populaire du Bénin.* Rapport FAO, 49 p.

DOAT (J.), 1982 - Les foyers améliorés, une solution possible pour atténuer la pénurie de bois de feu dans les pays du Tiers-Monde. *Revue Bois et Forêts des Tropiques,* 197 : 45-59.

FANOU (K.L.), 1994 - *Analyse des performances du système de commercialisation des produits vivriers au Bénin. Le cas de la commercialisation primaire du maïs et du gari sur le plateau Adja au Mono (sud-ouest du Bénin).* Thèse de doctorat de 3e cycle, université nationale de Côte-d'Ivoire.

FAO, 1991 - *Amélioration des procédés traditionnels de transformation de certains oléagineux et du manioc.* FAO, Rome, Italie.

MEUSER (F.), SMOLNIK (H.D.), 1980 - Processing of cassava to gari and other foodstuffs. *Starch,* 32 (4) : 116-122.

MUCHNICK (J.), VINCK (D.), 1984 - *La transformation du manioc, technologie autochtone.* Paris, ACCT, France, 87-139.

NAGO (C.M.), 1984 - *Analyse des conditions de stockage, de commercialisation et estimation de la consommation alimentaire (province du Mono).* Rapport FSA/UNB, Bénin : 50 p.

NAGO (C.M.), OCENI (A.H.), 1985 - *Etude technologique et énergétique de la préparation artisanale du gari au Bénin.* Rapport FSA/UNB, Bénin : 51 p.

STEC, 1981 - *Le manioc, sa culture et sa transformation.* Paris, ACCT, France : 63 p.

ZAKHIA (N.), 1985 - T*ransformation du manioc en gari, étude de l'opération de cuisson.* Mémoire de fin d'études, Montpellier, France : 96 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

The use of cassava starch in the artisanal production of maltose

L'utilisation de l'amidon de manioc pour la production artisanale de maltose

J.E. CECIL

Agricultural Industries Officer Food and Agricultural Industries Service
Agricultural Services Division, FAO, Rome (Italy)

- Abstract -

This paper describes the sweeteners available to the food industry and compares their availability in developed and developing countries. A simple artisanal technology currently being used in cottage industries in Vietnam for producing maltose from cassava starch, using very simple processing equipment and whole rice or maize seedlings as the only source of enzymes, is described. While the potential of this process in developing countries is recognised, possibilities for development of the process to make it even more widely useful, are discussed.

- Résumé -

Cet article décrit les édulcorants utilisables en industrie alimentaire et compare leur disponibilité dans les pays développés et les pays en développement.

Une technologie simple et couramment utilisée à l'échelle artisanale ou semi-industrielle au Vietnam, est décrite : elle permet de produire du maltose à partir de l'amidon de manioc en utilisant des équipements simples et des plantules de riz ou de maïs comme seules sources d'enzymes.

Partant du fait que les potentialités de cette transformation dans les pays en développement sont reconnues, les possibilités de son développement pour qu'elle soit de plus en plus utilisée sont discutées.

Introduction

In most developed countries, a large and diverse range of sweeteners is available to food manufacturers. These sweeteners can be broadly divided into two groups, sweeteners that are carbohydrates and those that are not. The latter group is rather less important than the former and includes:

- naturally occurring high sweetness proteins, which are generally extracted from plants (stevioside, glycyrrhizin, thaumatin);
- hydrogenised carbohydrates such as sorbitol ;
- synthetics (e.g. saccharin, cyclamates, aspartame).

The main use of these sweeteners is in dietetic formulations. Most of them provide a great deal of sweetness (some of them are several thousand times as sweet as sugar) with very few calories and their major market is in developed countries.

1. Sweeteners that are carbohydrates

The more important of the two groups of sweeteners contains substances which have the general formula $C_m(H_2O)_n$. As this is carbon, hydrogen and oxygen in the same proportions as in hydrated (wetted) carbon, these substances are collectively called "carbohydrates". Many carbohydrates occur naturally. Carbohydrates that taste sweet are generically known as sugars. Many carbohydrates do not taste sweet and are not sugars: formaldehyde, a poisonous, pungent smelling liquid with the formula CH_2O, acetic acid $(CH_2O)_2$, starches and cellulose are some of the many exceptions.

Sugars are often classified in terms of the number of monosaccharide molecules, of the general formula $(CH_2O)_5$ or $(CH_2O)_6$ from which they are made up. The smaller molecules have all the characteristics of sugars - particularly a sweet taste. As the molecule gets larger, it becomes less and less like a typical "sugar", in terms of its solubility, its ability to crystallise and most important of all, of its sweetness. Oligo-saccharides (containing a small number of mono-saccharide molecules) only have a little sweetness. The higher poly-saccharides, which contain a large number of monosaccharide molecules hardly taste sweet at all.

Among the wide range of carbohydrate sweeteners are:

- sucrose, also known as cane or beet sugar.
- sucrose-based sugars such as inverted or partially inverted syrup,
- speciality natural sugars - such as maple syrup
- lactose, fructose and other naturally occurring mono-saccharides
- a range of sweeteners derived from starch, including:
- glucose - often in a crystallised form,

- glucose syrup - a viscous solution containing a mixture of several polymers of glucose
- maltose (made from two glucose molecules)
- high fructose syrup, analogous to inverted sucrose
- low dextrose equivalent[1] syrups, used, for example in making ice-cream.

A carbohydrate made up of more than one monosaccharide molecule can often be split quite easily into its constituent monosaccharides. As a molecule of water is taken up at every position where the polysaccharide is split, the process of splitting is known as hydrolysis. Hydrolysis can be achieved either by the use of acids or by the use of naturally occurring substances called enzymes.

Glucose (also called dextrose) is the building-block of nature. It is a monosaccharide with 6 carbon atoms, with the formula $C_6H_{12}O_6$ - or $(CH_2O)_6$. Starch is made from thousands of glucose molecules mostly joined end to end. Cellulose is made up of similarly large numbers of glucose molecules but they are joined together in a rather different way and the bonds between them are not easily hydrolysed. Sucrose (which is also known as cane or beet sugar) is commercially the most common sugar. It is a di-saccharide consisting of a glucose molecule joined to fructose, another monosaccharide.

The relative sweetness of a substance is measured using a widely recognised "sweetness" scale, based on the ill-defined sensation of sweetness that it gives. Sucrose is used as the standard of sweetness and is given a value of 100. Glucose is between 60 and 70 on this scale. Maltose, a di-saccharide consisting of two glucose molecules joined together, rates about 40 on the scale. Maltotriose (three glucose molecules) is rather less sweet than maltose.

A range of sweeteners based on glucose polymers can be produced by hydrolysing starch. The bonds between the glucose molecules in starch can be broken either by acid at high temperature or by the use of amylases. Amylases are enzymes that exist widely in nature, in animals, bacteria, fungi and plants. There are two main groups of amylases, known as alpha amylases and beta amylases. Alpha amylases randomly break the bonds between glucose molecules, producing oligosaccharides (dextrins) and a thin starch paste. Beta amylases cut off pairs of glucose molecules (i.e. producing maltose) until they reach a branch in the chain, at which stage they stop working, leaving limit dextrins. In nature, these amylases usually occur as a mixture, which is called a diastase.

The conventional manufacture of starch based sweeteners is best done as a downstream operation in a conventional starch plant, where starch slurry is taken straight from the starch process and converted to glucose in a separate part of the same plant. In this way common services can be used, particularly laboratory

(1) Dextrose equivalent (DE) is a percentage measure of the extent of hydrolysis of a starch paste. Unhydrolysed starch paste has a DE of zero. If the starch were to be completely hydrolysed it would become pure glucose (dextrose) which has a DE of 100. The higher the DE of a syrup is, the sweeter it is likely to be.

facilities and the use of steam. The cost of drying the starch is also avoided. The manufacture of hydrolysis products of starch involves the use of high pressures, high temperatures, vacuum evaporation, sophisticated control systems and sophisticated enzymes (which are almost exclusively produced in developed countries). The level of technical expertise that is needed is quite high. However, this type of operation can produce very high quality products which can be used in a very wide range of sweetening applications.

2. The choice of sweeteners and mixtures of sweeteners

Different sweeteners provide different types of sweetness or taste, different amounts of "body" or "mouth feel" and different amounts of sweetness. Some of the naturally occurring non-sugar sweeteners are thousands of times sweeter than sugar. Thus, there are sweeteners which have widely different calorific values for a given amount of sweetness, a very important factor in formulating foods used in diets. Most sweeteners enhance the sweetness of other sweeteners with which they are mixed, a effect known as synergism. Sucrose has a tendency to crystallise, which is objectionable in some products (for example in jams and clear boiled sweets) but if other sweeteners are present in significant amounts, the likelihood of sucrose crystallising is very much reduced and may be eliminated altogether. With the range of products available, the food manufacturer in a developed country has great scope to tailor his sweetening additives to suit his particular requirements.

3. Sweeteners currently available in developing countries

In contrast to the availability of many different sweeteners in developed countries, food manufacturers in most developing countries have access to only a very restricted range of sweeteners. They often even find it difficult to get sufficient cane sugar - and what there is is often very expensive. Sugar is only processed at central factories, usually on a large scale. In many developing countries, sugar factories are inefficiently run and frequently produce a poor quality product. Refined sugar often has to be imported. Although it is quite possible to produce crystalline sugar on a relatively small scale, the process is comparatively inefficient. The work in small scale factories is laborious and the wages these factories can pay are low. Research and development is urgently needed to improve the efficiency of this process, making it possible for factory owners to pay better wages to their employees.

In most developing countries, starch based sweeteners are usually even more difficult to obtain than sugar and all non-sucrose sweeteners have to be imported. The problems of making starch based sweeteners using conventional technology are similar to those of making sugar, but the economic justification for

carrying out this operation in developing countries is usually even poorer than it is for sugar. Highly specialised technical staff are needed to run the process efficiently. Such people are expensive and are not always easy to find. As good quality starch is needed to get a good quality product, if the glucose plant is not part of a sophisticated starch factory, it may even be necessary to import the starch. It is just not economical to carry out the conventional process on a small scale and few developing countries have the demand to warrant the installation of a factory to make both starch and glucose. This is unfortunate, as any local production of sweeteners will almost certainly allow savings in foreign exchange. It also leaves the food processor in these countries with little choice of which sweetener he should use.

However, an artisanal process for making sweeteners from starch has been developed and has been used for perhaps 30 years in some countries in South East Asia. The existence in Vietnam of this low technology industry for making maltose from cassava starch has only recently been reported by Quach (1990; 1991) in the western press. Li *et al.* (1991) reported variations of the technique used in Vietnam being used in China. The process as carried out in Vietnam makes use of the amylases in rice seedlings to break down starch to produce sugars. During recent trials, it was confirmed that maize seedlings can be used instead of rice - thus whichever of these cereals is cheaper or more easily obtained can be used.

The Vietnamese process for making maltose, using elementary equipment in very small artisanal factories, has now been assessed. In June 1994, the cost in Vietnam of one of these artisanal factories was estimated as US$ 500. It is hoped that by publishing a manual about this potentially valuable process, FAO can give it much wider prominence so that food processors in developing countries will have access to a wider choice of sweeteners.

4. The artisanal production of maltose from starch

In the process carried out in Vietnam, paddy rice was germinated and allowed to sprout. Most of the main crop varieties grown in Vietnam have been used, although some are better than others. After about 10 days, when the seedlings are about 10 cm long and the main root about 6 cm long, they are ready for use. Alternatively, they can be dried for later use. The whole plant (shoots, seed and roots) is used. If the seedlings are to be used fresh, they are chopped up (or pounded in a pestle and mortar) just before they are needed. At the factories which were studied, only fresh seedlings were being used. If dried seedlings are to be used (some people believe that dried seedlings give a better product) half the quantities indicated below for fresh seedlings are needed.

Two batches of 40 kg of wet starch were each mixed with 10 litres of water heated to 60°C, to produce a slurry. The starch contained about 45% moisture - it was much as it comes out of a settling basin in an artisanal starch factory. If dry starch had been used, 25 kg of it would have been slurried with 25 litres of water. 4 kg of chopped rice seedlings were then added to each batch and mixed in. The starch was badly fermented, and half a litre of water saturated with $Ca(OH)_2$ (lime) was also added, to raise the pH. 120 litres of boiling water was then mixed (with constant stirring) with one of the batches of slurry. The starch became gelatinised, but as the enzymes in the rice thinned the paste very quickly, it never became thick. Within a minute it was fluid - barely thicker than water. This mixture was then heated to boiling and similarly mixed with the second batch of slurry and rice seedlings. As with the first batch, the second batch quickly became thin. The drum containing the liquid was covered, both to exclude bees and other insects and to retain the heat. After 3 hours or so, when the temperature had fallen to 62°C, another 8 kg of chopped rice seedlings were added and stirred. Once again the drum was covered and conversion was allowed to proceed.

The temperatures in the process are quite important - if the liquids are too hot, the enzymes that convert the starch into maltose may be inactivated and if they are allowed to get too cool, the activity of the enzymes will be reduced. It has been found by experience that if the quantities indicated above are used, the temperature will remain high enough for conversion normally to be complete within 7 or 8 hours.

After 7 or 8 hours all the starch had been converted into maltose and the liquid was clear and still quite hot. At this stage a simple test should routinely be made for the presence of starch - a drop of this maltose "juice" in a dilute iodine solution should show no blueness.

The juice was then boiled briefly and filtered to remove the rice seedlings. The juice can be boiled and filtered as soon as conversion is complete, but it is often convenient to leave the liquid overnight: once all the starch has been hydrolysed to maltose, no further hydrolysis will occur. The used seedlings were pressed to squeeze out excess juice, then washed to remove more of the sugars. The residual material was thrown away, but it can be used for animal feed, or can be dried and burned. The sugars in the press water and the wash water were recovered by using these liquors instead of some of the water at the beginning of the process.

To investigate the possibility of saving fuel and thereby reducing costs, tests were run in which quite concentrated juice was used in place of the water at the begining of the process. In one run, the "water" that was used contained over 20% by weight of sugars. Making 1 kg of syrup from juice that contained 40% of solids

(as was done in this test run) requires less than half as much fuel as is needed to make 1 kg from juice which contained the more normal 23% of solids. It may be possible to use even more concentrated juice and save even more fuel. If the solids content of the juice were to be 50% just prior to evaporation, only a quarter as much fuel would be needed.

The filtered juice was evaporated in an open pan, in much the same way as sugar juice is evaporated to make panela, shakkar, jaggery or gur. To minimise problems of foaming, a squat basketwork "chimney" was tied down in the pan. This chimney was about 60 cm high and about 2/3 of the diameter of the pan. Foaming juice rises inside the chimney and overflows down the outside, increasing the surface area from which evaporation can occur. In most countries where sugar juice is evaporated, animal or vegetable fats or oils are used to control foaming. In the Vietnamese maltose industry, because of the widespread use of these chimneys, very little anti-foaming oil needs to be used.

At first, the temperature rises very slowly indeed, but it rises increasingly quickly as evaporation proceeds and in the latter stages of boiling, it rises so quickly that it is best to reduce the heat produced by the furnace. Shortly before boiling is complete, a little metabisulphite or hydrosulphite is added to lighten the syrup. It is a matter of experience to know exactly when boiling should be terminated, but the signs are easily learned. Drops of syrup fall off a test stick in a particular way - almost forming threads of sugar. The point at which boiling should be terminated can also be recognised by the boiling temperature -boiling should be terminated when the temperature reaches 111°C. On cooling, the maltose syrup will become very viscous and almost (but not quite) solid.

The chemical analysis of the resulting syrup probably varies somewhat from factory to factory and from batch to batch. The presence of alpha amylase in cereal diastase means that there will always be some glucose present, but the major constituent will usually be maltose, with a significant amount of maltotriose (made up of three glucose molecules) which is the normal by-product obtained when starch is enzymatically converted to maltose using beta amylase. Syrups prepared in Vietnam in June 1994 contained 60% maltose, 16% glucose and 24% of higher polymers.

5. Future development

There are several areas of research that FAO would like to see being pursued, that might increase the utilisation of sweeteners which can be made from cassava and other sources of starch in artisanal processes.

5.1. The use of different sources of starch.

It is probable that any starch can be used to produce maltose. The purer the starch, the lighter the colour of the product is likely to be. Impurities, particularly protein, can produce coloured substances which will make the product darker. Li *et al.* (1991) report the use in China of whole sweet potatoes as the source of starch for the production of maltose. However, the product has to be filtered several times and activated carbon is usually used to lighten it. Whole cassava flour (made from pulverised dried chips) is sometimes used in Vietnam in place of cassava starch. The maltose produced from cassava flour is rather darker than that produced from cassava starch. Any cyanide that may have remained in the cassava flour does not obviously reduce the activity of the rice amylases. Using commercial enzymes, Van Wyk *et al.* (1978) produced glucose from green bananas. They made no mention of the quality of the glucose they produced.

5.2. Increasing the sweetness of the syrup.

An artisanal process to produce glucose rather than maltose might be a valuable extension of the process. Glucose is sweeter than maltose, but a syrup which contains more glucose would contribute less "body" in the final product. Alpha amylases produce glucose, while beta amylases produce maltose (Shaw and Chuang, 1982) so the glucose level in the product might be increased either by protecting the existing alpha amylase from thermal damage or by using a supplementary source of alpha amylase. An attempt to hydrolyse some maltose by boiling the juice with a little vinegar was unsuccessful.

Most of the published data on the effect of temperature on rice amylases refers to alpha amylases: there is little information on the beta amylases found in rice. Most rice alpha amylases work best below 50°C and are destroyed at 70°C. Above a certain temperature amylases begin to become deactivated. Numokawa and Funaba (1980) found that at 65°C, rice alpha amylase activity was lost within a minute. Shaw and Chuang (1982) found the optimal temperature for one relatively heat stable rice alpha amylase they studied was 60°C. While there is little information in the literature on the thermal destruction of rice beta amylases, the fact that the maltose process works very well, even though the temperature is frequently well over 65°C, suggests that the beta amylases found in rice are much less affected by heat than the alpha amylases found in rice. The success of the factory trial using maize seedlings suggests that the beta amylases found in maize are also fairly stable. At the end of the process, just before the juice is boiled for filtering, the temperature may be within the range in which rice alpha amylases will work efficiently. The addition of a third batch of seedlings at this stage (or delaying adding the second batch until the temperature is lower) might be effective in hydrolysing more of the maltose to glucose.

5.3. Alternative sources of enzymes.

Amylases suitable for carrying out the process occur in a number of plants, but for countries where rice is expensive or not readily available, the most suitable alternative sources are likely to be other germinating cereals. Maize seedlings were successfully used in preparing a batch of maltose in an artisanal factory in Vietnam. Barley malt is a possible source and this is reportedly what is used in China for converting whole sweet potatoes to maltose. Sorghums - particularly red sorghum - are used commercially in Southern Africa as sources of amylases, but sprouting sorghum contains large amounts of cyanide (far higher levels than those that are present in cassava) and before sorghum is used to convert starch to maltose, it must be established that enough of the cyanide is boiled off during the evaporation stage of the process to make a product that is safe to eat. A trial run in Vietnam using sweet potato shoots and cassava starch produced a very dark juice, but sweet potatoes, particularly varieties with a relatively high amylase content might be investigated further as possible sources of amylases.

5.4. Minimising the quantity of cereal required.

Ways should be tried to minimise the quantity of seeds that are used - both because of the cost of the cereal and because the addition of dissolved materials will darken the product. The optimal stage of seedling development should therefore be established. Shaw and Chuang (1982) found rice amylases reached maximum activity after 8 days, but the time needed to reach maximum activity will vary between varieties.

6. The potential uses of maltose in developing countries

While the main use of maltose in the West is as a highly fermentable constituent used in the brewing industry, maltose can also be used in a wide range of foods. It is not as sweet as sugar, but it synergistically augments the sweetness of sugar, reduces its tendency to crystallise and gives an excellent "body" to foods in which it is incorporated. In Vietnam, it is used in partial replacement of sugar in the production of jams, candies, biscuits, biscuit fillings and cakes.

The production of maltose may be profitable in many developing countries, particularly where the price of sugar is significantly higher than that of starch (which is often available as a by-product from making other products from cassava) or where sugar is not readily available. It may be considered as a way of supplementing the use of sugar in the manufacture of a range of products, particularly in factories that use relatively large amounts of sugar. Most important of all, it may prove to be a way of adding value to the product range of even quite small manufacturing operations that make starch from cassava or other crops.

Acknowledgement

The writer wishes to thank the staff of the Potato and Vegetable Research Institute, and in particular Truong Van Ho, Nguyen Ngoc Hue and Nguyen Khac Quynh for their help in collecting data on the artisanal maltose process as carried out in Vietnam.

References

LI (W.G), WU (X.), CAI (H.), DU (R.), 1991 - «Sweet Potato in China». *In :* Scott (G.S)., Wiersma (S.) and Ferguson (P.I.) ed. : *Product Development for Root and Tuber Crops*, Vol (1). Asia, Proceeding of the int. Workshop, Baybay, Philippines. CIP, Lima.

NUMOKAWA (Y.), FUNABA (K.), 1980 - Simple determination of amylase activity using blue starch as substrate. *J. Soc. Brewing, Japan,* 68 (8) : 618-623.

QUACH (N.), 1991 - «Cassava and Sweet potato Processing, Marketing and Utilisation in Vietnam». *In :* Scott (G.S)., Wiersma (S). and Ferguson (P.I.) ed. : *Product Development for Root and Tuber Crops*, Vol (1). Asia, Proceeding of the int.Workshop, Baybay, Philippines. CIP, Lima.

QUACH (N.), 1990 - «Cassava Processing and Utilisation in Vietnam». *In : Cassava Breeding, Agronomy and Utilisation Research in Asia*, Proc. of the Third Regional Workshop, Malang, Indonesia.

SHAW (J.F.), CHUANG (L.Y.), 1982 - Studies on the alpha Amylase from the Germinated Rice Seeds. *Botanical Bull. of Academia Sinica*, 23 (1) : 45-61.

VAN WYK (P.J.), HEINEN (E.A.), ACKERMANN (L.G.J.), 1978 - Preparation of Glucose and High Fructose Syrups from Bananas. *Lebensmittelwissenschift u. Technologie,* 11 (2) : 29-30.



Chapitre 4

Amélioration des procédés traditionnels et présentation de procédés nouveaux

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Etude des facteurs influençant la durée du rouissage et la qualité du foufou en Afrique Centrale

Studies of factors which influences retting period and foo-foo quality in Central Africa

F. AMPE*, A. AGOSSOU*, S. TRECHE**, A. BRAUMAN*

** Laboratoire de Microbiologie et Biotechnologie ,*
Centre ORSTOM -DGRST, Brazzaville (Congo)
*** Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation, UR 44,*
Centre ORSTOM -DGRST, Brazzaville (Congo)

- Résumé -

Cette étude se propose de déterminer l'influence de 6 facteurs sur la durée du rouissage nécessaire au ramollissement des racines de manioc et la qualité du foufou. Les facteurs étudiés, (modalités d'épluchage, durée de stockage, température, variété, taille des racines et inoculation avec un jus d'un précédent rouissage), ont été choisis en fonction de leurs possibles influences sur l'optimisation des techniques traditionnelles de rouissage. L'influence de ces facteurs sur les conditions du rouissage a été étudiée selon une méthodologie statistique (méthode de la recherche expérimentale) permettant l'étude simultanée de plusieurs facteurs avec un minimum d'expériences. La température se révèle comme le facteur qui a le plus d'influence sur la durée de rouissage et la qualité du foufou. Le rouissage le plus court (24h) est réalisé à 34°C. Entre 28° et 37°C, le foufou obtenu après transformations est de très bonne qualité organoleptique. Le meilleur rouissage en terme de qualité du produit et de durée minimum de fermentation est realisé avec des racines préalablement épluchées, directement mises à fermenter après récolte à une température de 28°C. L'inoculation avec de l'eau d'un précédent rouissage permet une meilleure élimination des composés cyanés endogène de la racine mais n'a aucune influence sur la durée de la fermentation ou la qualité du foufou obtenue. La variété, la taille des racines et l'inoculation n'ont que peu d'influence sur le rouissage. L'eau d'un rouissage précedent peut être entièrement réutilisée mais seulement pour la transformation des racines en foufou (pas pour la chikwangue) Ainsi en utilisant les conditions optimales définies dans cette étude, la durée de rouissage a été divisée par trois par rapport à un rouissage traditionnel et un foufou de bonne qualité a pu être obtenu.

- Abstract -

This study was undertaken to establish the influence of six factors on the retting periode and foo-foo quality. The factors studied, peeling of the roots, post harvest storage, temperature, cassava varieties, root size were selected by their possible influence on the optimisation of traditional retting. The simultaneous influence of these factors on the retting were performed using experimental research methodology which allows to study severals factors in the same time with a minimum of experiments. Temperature is the most influential factor, with an optimum of 34°C for quicker retting. Between 28-37°C, foo-foo samples had the most favorable organoleptic quality. Pelling prior inoculation and post harvest storage are the others factors which are important for the organoleptic quality of the foo-foo. The best retting, in term of organoleptic qualities and short retting time is obtain with peeled roots soaked in a water at 28°C immediately after harvesting. Inoculation of water with juice of a prior retting helps in cassava detoxification but has no influence on reeting time or quality of foo-foo. Retting juice could be reutilized but only for foo foo processing (not for chikwangue). Roots size and cassava varieties, has no effect on retting period and foo-foo quality. Using optimal conditions, retting time was diminished 3 fold, and foo-foo of high and constant quality could be processed.

Introduction

Le rouissage du manioc est une fermentation lactique spontanée permettant la préparation des deux aliments de base de l'alimentation de l'Afrique Centrale : la farine de manioc (foufou) et la chikwangue (Trèche et Massamba, 1995). Le rouissage est jusqu'à présent effectué de façon artisanale par les femmes dans les villages, or le développement de l'urbanisation en Afrique ainsi que la concurrence de produits importés à base de céréales nécessite une optimisation et une mécanisation des procédés utilisés pour la transformation. La réussite de petites unités de transformation implique qu'elles puissent (i) diminuer le temps de rouissage traditionnel (4 à 5j) qui peut constituer un goulot d'étranglement de la transformation (ii) maîtriser les différentes étapes de la transformation pour l'obtention de produits finis sains et de qualité constante.

Le problème de la variabilité de la durée de rouissage et de la qualité du produit est essentiellement lié aux différentes modalités de rouissage existantes ; les racines récoltées peuvent être, dans certain cas, stockées 24 ou 48h avant d'être plongées, épluchées ou non, dans des rivières, des étangs ou des fûts (Trèche et Massamba, 1995) ou même être enterrées dans le sol (Gami et Trèche, 1995). Les variétés utilisées peuvent être différentes et les températures à laquelle se produit la fermentation varient selon la saison et/ou le lieu de rouissage. Seules quelques études mentionnent l'influence de ces facteurs sur l'évolution du rouissage : ainsi l'épluchage des racines influe sur la réduction des teneurs en cyanure (El tinay *et al*, 1984) et le rendement final en produit (Ayernor, 1985); le découpage avant rouissage des racines diminue la durée de la fermentation (Okafor, 1984) ; le rouissage en fût améliore par l'apport d'éléments minéraux, la qualité de l'eau de rouissage (Regez *et al.*, 1987). Cependant ces travaux ne mentionnent que les modifications dues à un facteur isolé ce qui ne correspond pas à la réalité du rouissage où l'ensemble des facteurs agit simultanément. L'objectif de ce travail est d'étudier l'influence de 6 facteurs sur la durée du rouissage et la qualité du foufou obtenue. Les facteurs étudiés (modalité d'épluchage, durée de stockage des racines, température, inoculation, variété, taille de racines) ont été sélectionnés d'après nos résultats précédents (Ampe *et al.*, 1994, Brauman *et al.*, 1995) et l'étude des modes de rouissage au Congo (Trèche et Massamba, 1995). L'étude de l'influence simultanée de ces facteurs sur le rouissage a été rendue possible grâce à une nouvelle méthodologie issue de la recherche expérimentale (Sergent *et al.*, 1985 ; Dumenil *et al.*, 1988). Cette méthodologie permet l'étude simultanée de l'ensemble des facteurs à étudier avec un nombre limité d'expériences. Son principe réside dans le choix des expériences apportant le plus d'informations en fonction de leur situation dans le domaine expérimental. Elle bannit de ce fait toute sélection arbitraire d'un facteur et tient surtout compte des interactions possibles.

Notre étude ne concerne que le foufou car le nombre des étapes de transformation étant très réduites (Okafor, 1984), les qualités organoleptiques de cet aliment sont plus sensibles que celle de la chikwangue aux modalités de rouissage.

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétal

Les racines ont été récoltées dans la région de Brazzaville (Congo) 18 mois après plantation.

2. Protocole de rouissage

Pour chaque expérience, les racines ont été préalablement lavées, épluchées au besoin, et 10kg de racines préalablement coupées en tranches de 5 cm ont été immergées dans de l'eau de puits. Le volume est ensuite ajusté à 20 l.

3. Protocoles des essais

3.1. : 1er essai : criblage des facteurs affectant la durée du rouissage et la qualité du foufou

3.1.1. modalités de variation des 6 facteurs choisis

- Température de rouissage : trois températures ont été sélectionnées : 24°C (température moyenne de la saison sèche), 28°C (température moyenne de la saison des pluie, 32°C.
- Utilisation de l'eau d'un rouissage précédent (inoculum) : les rouissages ont été effectués soit avec de l'eau de puits, soit avec une eau (10% ; v/v) provenant d'un précèdent rouissage prélevé après 4 jours de fermentation de racines préalablement épluchées et non stockées.
- Variétés : deux variétés, choisies pour leur importance économique, *Ngansa* et *Mpembé* ont été testées.
- Épluchage : les racines ont été épluchées soit avant ou soit après le rouissage.
- Taille des racines : 2 tailles de racine ont été testées, l'une ayant une circonférence inférieure à 17 cm (petite), l'autre ayant une circonférence supérieure à 22 cm (grande).
- Durée de stockage : les racines sont plongées dans l'eau de rouissage soit directement après récolte soit après 48h de stockage à température ambiante, à l'abri de l'humidité extérieure.

3.1.2 Choix de la matrice expérimentale

Dans la méthodologie de la recherche expérimentale, chaque facteur peut prendre différentes valeurs ou niveaux. Le résultat de l'étude donnera le "meilleur" niveau pour chacun des facteurs. Dans notre démarche, cinq facteurs sont à deux niveaux et le sixième (température) à trois ce qui permet théoriquement 96 expériences ($3x2^5$). Un plan d'expérience a été élaboré à l'aide du logiciel NEMROD (Mathieu et Phan-Tan-Luu, 1980) en prenant en considération que seulement 10 à 16 expériences pouvaient être entreprises en même temps. La matrice résultante (12 x 16 cf. tableau 1) détermine les conditions expérimentales de 12 expériences. permettant de cribler les 6 facteurs étudiés. L'effet de ces six facteurs est étudié sur la durée du rouissage, la qualité organoleptique de la farine et du foufou ainsi que sur la concentration en composés cyanés des racines rouies. Ces expériences sont celles qui apportent le plus d'informations avec un coefficient d'efficacité (G) de 87%.

3.2. Essai 2 : influence de la température sur la durée du rouissage et les qualités organoleptiques du foufou

L'influence de la température sur le rouissage a été étudiée en détail entre 26 et 45°C avec des racines de taille variable de variété *Mpembé*, épluchées avant rouissage et non stockées.

3.3. Essai 3 : influence du pourcentage d'ajout d'un jus de rouissage précédent sur la durée du rouissage et les qualités organoleptiques du foufou

- Caractéristique de l' inoculum : eau de rouissage prélevée après 4 jours de fermentation dans les conditions suivantes : racines de tailles variables ; racines épluchées avant rouissage ; variété de manioc utilisée : *Mpembé* ;

Tableau 1
Matrice du plan d'expériences

N° Exp.	Temp. °C	Inoculum (10%)	Variété	Délai stockage (h)	Épluchage	Ø racines
1	24	sans	Ngansa	0	avant	petit
2	24	sans	Mpembé	0	après	grand
3	32	sans	Ngansa	0	avant	grand
4	28	sans	Ngansa	48	après	grand
5	28	sans	Mpembé	48	avant	petit
6	32	sans	Mpembé	48	après	petit
7	28	avec	Ngansa	0	après	petit
8	32	avec	Mpembé	0	après	petit
9	28	avec	Mpembé	0	avant	grand
10	24	avec	Ngansa	48	avant	petit
11	32	avec	Ngansa	48	avant	grand
12	24	avec	Mpembé	48	après	grand

température de rouissage 28°C.

- Pourcentage de jus de rouissage (inoculum) : les pourcentages de jus de rouissage précédent sont de 25% ,50%, 75% et 100 % (v/v) du volume total d'eau de puits ajouté en début de fermentation.
- Conditions de rouissage : racines épluchées de la variété *Mpembé*, température de rouissage, 28°C.

4. Méthodes analytiques

4.1. Indice de pénétrométrie

Les transformateurs locaux suivent le rouissage et déterminent la fin du processus fermentaire en appréciant manuellement le ramollissement des racines. La pénétromètrie (PNR 10 - SUR Berlin) nous a permis de quantifier ce ramollissement et de déterminer de façon précise et répétable la fin du rouissage. Pour chaque expérience, 6 tranches de racine sont choisies de manière aléatoire, leur degré de ramollissement est estimé par la vitesse de pénétration de l'aiguille du pénétromètre dans la racine. 6 répétitions par tranche de racine sont effectuées pour permettre le calcul de l'indice de pénétromètrie. Nous avons pu déterminer par une approche statistique qu' un indice de pénétromètrie supérieur ou égal à 15 mn/5s indique la fin du rouissage (Ampe *et al.*, 1994).

4.2. pH et pression d'oxygène dissoute (pO2)

Les mesures sont effectuées selon le protocole décrit dans Brauman *et al.* (1995) toutes les 10h à partir d'un prélèvement de 50 ml du jus de rouissage.

4.3. Détermination de la concentration en cyanures totaux contenus dans les racines

Les cyanures totaux sont déterminés suivant la méthode de Cooke (1978). Les mesures sont effectuées sur des échantillons de manioc prélevés de manière aléatoire à : T0, T48h et à la fin du rouissage.

4.4. Analyses des métabolites produits

Le dosage des acides gras volatils, du lactate et de l'éthanol contenus dans les racines de manioc est effectué en chromatographie liquide haute pression (HPLC) selon le protocole décrit par Brauman *et al.* (1995).

4.5. Préparation du foufou

Après rouissage et enlèvement de la fibre centrale, les racines sont découpées en cossettes qui sont séchées en étuve à 45°C pendant 72h puis broyées pour en faire de la farine. Le foufou est préparé en incorporant 100g de farine à environ 400ml d'eau bouillante.

4.6. Tests organoleptiques

Les tests organoleptiques sont effectués avec 12 panélistes entraînés sur les farines et le foufou. Les critères d'évaluation du foufou sont la saveur, l'arôme, la texture et l'apparence. Les appréciations vont de très mauvais à très bon ; ces appréciations se voient ensuite attribuer une note allant entre 1 (très mauvais) à 7 (très bon).

Résultats et Discussion

1. Sélection des facteurs les plus influents (figure 1 et tableau 2)

1.1. Sur la durée du rouissage

Dans l'ensemble de cet article, la durée d'un rouissage est considéré comme le temps de fermentation nécessaire au ramollissement suffisant des racines qui permet la réalisation des différentes étapes de transformation de la racine rouie en foufou ou chikwangue. Ce degré de ramollissement nécessaire correspond à un index de pénétrométrie de 15 mn/s.

Les durées de rouissage varient considérablement d'un rouissage à l'autre (de 25 à 200h ; tableau 2). Parmi les facteurs testés, c'est la température qui a l'effet le plus significatif (figure 1a). Ainsi à 32°C le rouissage est considérablement accéléré (d'un facteur 3 ; tableau 2) par rapport à un rouissage traditionnel (72 à 96 h). Comme le rouissage correspond à un processus fermentaire, cet effet de la température sur la durée du processus est dû au fait que les bactéries mésophiles du rouissage, telles que les bactéries lactiques (Oyewole et Odunfa, 1990; Kéléké *et al.*, 1995), les clostridies (Brauman *et al.*, 1995) et les enzymes pectinasiques (Ampe *et al.*, 1994) sont proches à 30-32°C de leurs taux de croissance ou d'activité maxima (Baron, 1980).

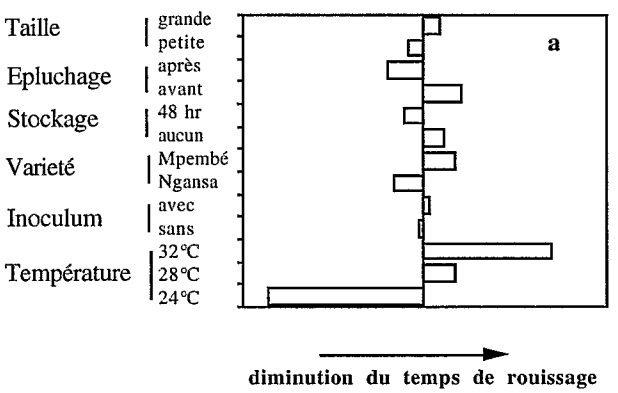


Figure 1a
Influence des facteurs sur la durée du rouissage

Tableau 2
Resultats du criblage des facteurs sur la durée du rouissage, la qualité du foufou et et la concentration en cyanures totaux

N° de l'expérience	Durée de rouissage (h)*	Qualité du foufou*	[CN] (ppm)
I	74	4.79	7.5
II	74	3.96	4.4
III	28	6.13	6.9
IV	55	3.67	6.9
V	42	5.71	5.8
VI	40	2.96	5.2
VII	60	5.71	3.2
VIII	25	4.17	2.8
IX	28	5.79	2.7
X	200*	3.25	2.6
XI	28	5.25	2.4
XII	80	2.04	3.6

* La durée de rouissage est le temps necessaire pour obtenir un index de pénétrométrie de 15mn/5s
** Le foufou est evalué sur une échelle allant de 1 (très mauvais) à 7 (très bon)

L'inoculation (10% v/v) au début de la fermentation avec de l'eau provenant d'un rouissage précèdent n'a aucune influence significative sur le temps de rouissage (figure 1a). Ce résultat peut paraître surprenant car l'inoculation devrait permettre une installation plus rapide de la microflore fermentaire par l'effet starter qu'elle induit. Cependant l'abaissement de pH consécutif à cette inoculation (pH 4-5 au lieu de 6,5-7 dans un rouissage sans inoculum) pourrait diminuer ou inhiber certains enzymes au cours du rouissage.

Les autres facteurs étudiés (modalités d'épluchage des racines, taille et variété) ont peu ou pas d'effet sur la durée du processus.

1.2. Sur les qualités organoleptiques de la farine et du foufou (figure 1b)

Les facteurs les plus influents sur la qualité du foufou sont la température, la durée de stockage et l'épluchage (figure 1b). C'est encore la température qui a l'effet le plus significatif, ceci est dû à une stimulation de l'activité bactérienne qui entraîne une production de métabolites plus importants (lactate, acétate, propionate et butyrate, résultats non montrés) qui change les qualités organoleptiques et l'odeur du produit final.

L'effet de l'épluchage, avant rouissage des racines, sur les qualités organoleptiques du foufou se manifeste surtout par la couleur plus blanche du foufou, couleur appréciée des consommateurs, alors que celui ci est légèrement

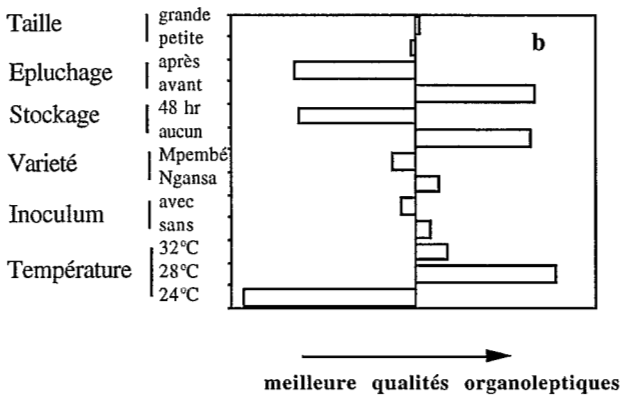


Figure 1b

Influence des facteurs sur la qualité organoleptique du foufou

brun, donc dévalorisé, quand les racines n'ont pas subi d'épluchage préalable. Cette couleur est due principalement aux tanins présents dans l'écorce des racines (Rickard, 1986).

L'effet négatif du stockage des racines sur la qualité du foufou (figure 1b) semble provenir des détériorations que subit la racine durant le stockage, des brunissements apparaissent à la surface des racines dus à la synthèse de tanins et polyphénols (Swain, 1979 ; Rickard, 1986) qui ont en outre des propriétés antinutritionnelles (Bageballi *et al.*, 1982).

Les autres facteurs testés (taille des racines, variété et inoculum) n'ont pas d'effet sur la qualité du foufou.

1.3 Sur la réduction de la teneur en composés cyanés de la racine (figure 1c)

Seule l'inoculation semble avoir un effet significatif sur la concentration finale en cyanures totaux. Cet effet semble provenir de l'ajout massif de bactéries lactiques (10^9 bact/ml) dont certaines ont une activité linamarase (Okafor et Ejiofor, 1985 ; Giraud *et al.*, 1992) et à la baisse du pH (5,5) qui est proche du pH optimum d'action de la linamarase du manioc (pH 5,5-6 ; Cooke *et al.*, 1978). Contrairement à ce qu'affirme Ayernor (1985), l'épluchage préalable des racines n'a pas un effet sensible sur la dégradation des composés cyanés au cours du rouissage. Tous les essais de fermentation entrepris au cours de cette étude ont produit des racines rouies qui possèdent des concentrations en cyanures totaux inférieures (tableau 2) au seuil fixé par le Codex Alimentarus (Codex, 1989). De plus les opérations de transformations ultérieures (séchage, cuisson) vont encore diminuer la concentration en cyanures libres dans le produit final consommé (le

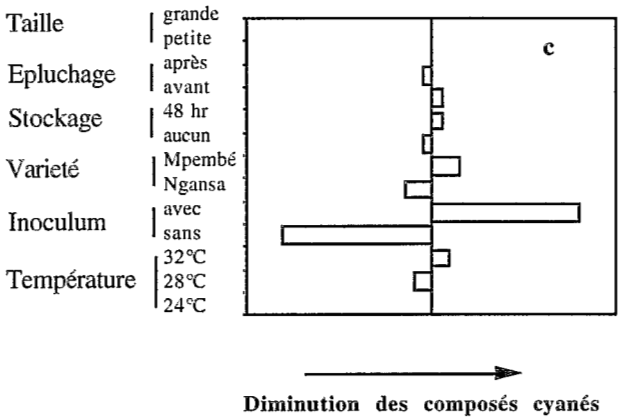


Figure 1c
influence des facteurs sur l'élimination des cyanures totaux de la racine

foufou). L'élimination des glucosides cyanogénétiques de la racine lors du rouissage ne semble donc pas constituer un problème pour les transformateurs locaux, grâce à la teneur élevée en linamarase du manioc (Cooke *et al.*, 1978).

2. Détermination de la température optimale

Les expériences précédentes ont permis de sélectionner la température comme facteur le plus influent sur le rouissage. Nous avons donc entrepris une étude plus détaillée de l'influence de ce facteur sur la durée du rouissage et sur la qualité du foufou obtenu.

Les résultats (figure 2) confirment la corrélation étroite existant entre la durée de rouissage et la température. Cette durée est minimum entre 32 et 37°C avec un optimum à 34°C, où le rouissage se déroule en moins de 24h. La température limite de la fermentation se situe à 40°C. Le type de courbe correspond à un profil classique de température de bactéries fermentaires mésophiles telles que les bactéries lactiques, bactéries principales du processus (Okafor *et al.*, 1984 Brauman *et al.*, 1995).

La qualité du foufou produit par les 6 températures de rouissage est similaire (bon à très bon). Les rouissages effectués à 40 et 45°C n'ont pas été testés car les racines n'étaient pas transformables.

La concentration en cyanures totaux après rouissage est en dessous de 10 ppm pour l'ensemble des foufous testés. Ceci démontre que dans les conditions expérimentales décrites, la détoxication n'est pas un facteur limitant pour l'optimisation des conditions de rouissage.

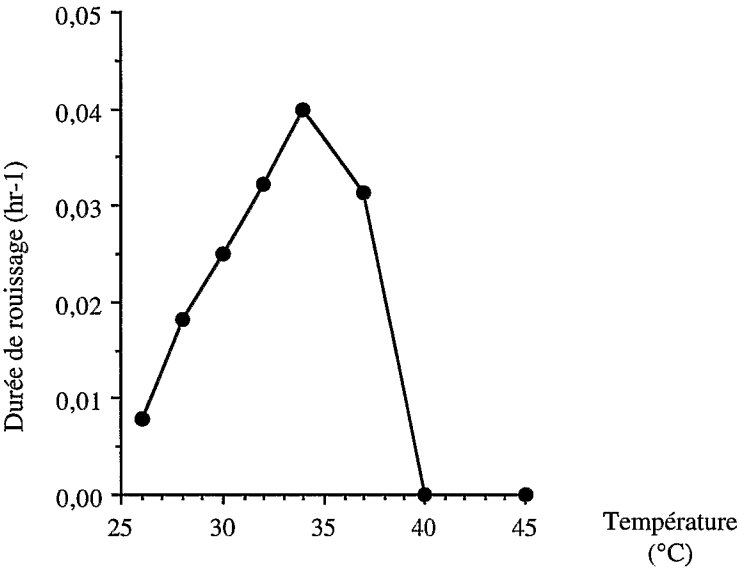


Figure 2
Influence de la température sur la durée du rouissage

3. Effet de l'ajout d'un jus de rouissage précédent sur la durée du rouissage et la qualité du foufou

Les résultats précédents ont montré qu'une inoculation à 10 % avec un inoculum provenant d'une fermentation précédente, ne semble pas avoir d'effet sur la cinétique fermentaire ni sur la qualité du produit fini. Ce résultat est intéressant pour les transformateurs des régions où la disponibilité en eau est limitée (Gami et Trèche, 1995). C'est pourquoi, dans la perspective d'une économie d'eau, nous avons étudié les limites d'utilisation d'un inoculum sur le rouissage. L'inoculum

Tableau 3
Influence du taux d'inoculation sur la durée de rouissage sur la diminution des teneurs en cyanures totaux

% de l'inoculum	Durée du rouissage (j)	Durée de détoxication (j)*
0	3	3
25	3	2
50	>8	2
75	>8	3
100	>8	4

* Durée de rouissage nécessaire pour aboutir à une concentration en cyanures totaux ≤ 10ppm

consiste en un jus de rouissage, effectué dans les mêmes conditions que l'expérience, prélevé après 4 jours de fermentation. Le pH de l'inoculum est de 4, la concentration en bactéries lactiques totales est de 10^9 bact/ ml.

L'ajout d'un inoculum jusqu'à 25% ne modifie pas la durée du rouissage mais accélère la détoxication (tableau 3). Pour des ajouts d'inoculum compris entre 50 et 100 %, le ramollissement des racines n'atteint pas la valeur seuil (15mn/s), les racines ne peuvent donc pas être transformées en chikwangue dont les opérations ultérieures de transformation (défibrage, malaxage etc...) nécessitent des racines très ramollies, en revanche, elles peuvent être transformées en foufou.

On peut donc suggérer aux transformateurs locaux qui ont des problèmes de gestion d'eau, d'effectuer un premier rouissage qui permettra la fabrication de chikwangue et d'utiliser la même eau de rouissage pour la fermentation de racines devant être transformées en foufou.

Conclusion

À l'aide d'un dispositif expérimental original, il a été possible de sélectionner (sans ambiguïté) parmi six facteurs, ceux qui ont le plus d'influence sur la durée de rouissage nécessaire au ramollissement des racines et sur la qualité du produit consommé, le foufou. Les modalités de variation de ces facteurs (épluchage avant ou après rouissage, stockage des racines, etc.) ont été déterminées en fonction de contraintes réelles existant au niveau des transformateurs ruraux. Nous avons pu ainsi montrer qu'un foufou de très bonne qualité nécessite un rouissage effectué avec des racines épluchées, qui n'ont pas été stockées et une température de fermentation compris entre 28 et 37°C. Pour diminuer significativement la durée du processus de ramollissement des racines (d'un facteur 3),la température de l'eau de rouissage doit être comprise entre 28°C et 37°C et l'eau de rouissage doit donc être éventuellement préchauffée, notamment en saison sèche. L'élimination des composés cyanés de la racineh n'est pas un facteur limitant car la concentration en cyanures totaux des racines rouies dans les 12 expériences effectuées ne dépasse pas 10 ppm.

L'inoculation par une eau de rouissage (jusqu'à 25%) précédente n'a pas d'effet significatif sur la durée du rouissage et la qualité du produit. Cependant elle permet une accélération de la dégradation des composés cyanés endogènes de la racine. L'utilisation d'une même eau de rouissage diminue le ramollissement des racines, celles-ci peuvent néanmoins être transformées en farine de manioc (foufou) qui nécessitent des racines moins ramollies que la transformation en chikwangue.

Bibliographie

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), 1994. - Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava retting.World. *J.of Microbio.Biot.*, in press

AYERNOR (G.S.), 1985 - Effects of the retting of cassava on product yield and cyanide detoxication. *Journal of Food Technology*, 20 : 89-96.

BARON, (A.), ROMBOUTS (F.), DRILLEAU (J.F.), PILNIK (W). 1980 - Purification et propriétés de la pectinestérase produite par *Aspergillus niger. Lebensm.-Wiss. Technol.* 13:330-333.

BRAUMAN (A)., KÉLÉKÉ (S.), MAVOUNGOU (O.), AMPE (F.), MIAMBI (E.) (1995) - «Étude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo)» . *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.) et Trèche (S.), éd. : Tr*ansformation alimentaire du manioc.* Paris, Orstom.

BAGUEBALLI (S.), NARASINGA (R.), PRABHAVATHI (T.) 1982 - Tanin content of food commonly consumed in India and its influence on ionisable Iron , J.*Sci.Food Agric.*, 33 : 89-96.

CODEX Alimentarius Commission, 1989 - *In* : Part C, Codex Régional Standarts. Rome, Italie, FAO.

COOKE (R.D.) 1978.- An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta, Crantz*). *J. Sci. Food Agric.*, 29:345-352.

COOKE (R.D.), BLAKE (G.G.) AND BATTERSHILL (J.M.), 1978 - Purification of cassava linamarase. *Phytochemistry*, 17:381-383.

DUMENIL (G.), MATTEI (G.), SERGENT (M.), BERTRAND (J.C.), LAGET (M.), PHAN-TAN-LUU (R.) 1988. - Application of a Doehlert experimental design to the optimization of microbial degradation of crude oil in sea water by continuous culture. *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 27:405-409.

EL TINAY (A.H.), BURENG (P.L.), YAS (E.A.E). 1984 - Hydrocyanic acid levels in fermented cassava. *J.Food. Tech.*, 19 :197-202.

GAMI (N.), TRECHE (S.), 1995 - «Le rouissage sous terre des racines de manioc : , une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo)». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.) et Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc.* Paris, Orstom.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992 - Degradation of the cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotech. letters*, 14 (7) : 593-598.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.) 1995. - «La consommation du manioc au Congo». *In* Brauman (A.), Griffon (D.) et Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom

MATHIEU (D.), PHAN-TAN-LUU (R.), 1980. - Nemrod Software, L.P.R.A.I., Université d'Aix-Marseille III, France.

OKAFOR (N.), EJIOFOR (M.A.N.), 1985. - The linamarase of *Leuconostoc mesenteroides* : production, isolation and some properties. *J. Sci. Food Agric.* 36:669-678.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.*, 56 : 1-13.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1988 - Microbiological studies on cassava fermentation for 'lafun' production. *Food Microbiology*, 5 : 125-133.

REGEZ (P.F.), IFEBE (A.), MUTINSUMU (M.N.), 1987. - Microflora of traditional cassava foods during processing and storage : the cassava bread (chikwangue) of Zaire. *Microbie - Aliments - Nutrition.*, 5:303-311.

RICKARD (J.E). 1986. - Tannins levels in cassava , a comparaison of methods of analysis. *J.Sci.Food.Agric.* 37:37-42.

SERGENT (M.), MATHIEU (D.), PHAN-TAN-LUU (R.), 1985. - Méthodologie de la recherche expérimentale appliquée aux mélanges de vins provenant de différents cépages. *Revue Française d'Œnologi*, 98:36-43.

SWAIN (T), 1979. - Tannins and lignins herbivores : their interaction with secondary plant metabolites *In* ROSENTHAL (G.A), JANZEN (D.), éd. New York and London *Academic press Inc.* 657-682

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - «Les procédés traditionnels de transformation du manioc au Congo». *In* Brauman (A.), Griffon (D.) et Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Constraints in traditional cassava processing - the case of 'fufu' production -

Les contraintes au cours de la transformation traditionnelle du manioc : le cas de la production de foufou

O.B. OYEWOLE, L.O. SANNI

Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State (Nigeria)

- Abstract -

A survey was carried out among 50 cassava processors in ten localities around Abeokuta in Ogun State of Nigeria. All the processors recognized the need to ferment cassava before consumption. Reasons given for fermentation include prevention of spoilage of fresh cassava root, observance of traditional techniques, and the need to have a wide range of cassava products. Major unit operations common to the processors include peeling, size reduction, fermentation and drying. General constraints identified by the processors in the utilisation of cassava include long un-economic period of processing, uncontrolled fermentation process, non-suitability of some cultivars for desired characteristics in cassava products, variations in the quality of the products at different weather conditions and with different batches. Research needs to solve the problems encountered in traditional processing are suggested.

- Résumé -

Une enquête a été réalisée auprès de 50 transformateurs de manioc dans 10 localités autour de Abeokuta dans l'état d'Ogun au Nigéria. Tous les transformateurs ont reconnu la nécessité de faire fermenter le manioc avant de le consommer. Cette nécessité est justifiée par le besoin d'éviter la détérioration des racines, l'attachement aux techniques traditionnelles et le souhait d'obtenir une large gamme de produits dérivés du manioc. Les principales opérations unitaires pratiquées par l'ensemble des transformateurs sont l'épluchage, le découpage, la fermentation et le séchage. Les contraintes identifiées par l'ensemble des transformateurs sont: la durée de la transformation jugée peu rentable; le manque de contrôle du procédé de fermentation; l'inaptitude de certaines variétés à permettre l'obtention de caractéristiques désirées dans certains produits finis; la variabilité de la qualité des produits en fonction des conditions climatiques et des approvisionnements. Les recherches nécessaires pour résoudre les problèmes rencontrés au cours des transformations traditionnelles sont évoquées.

Introduction

Cassava (*Manihot esculenta Crantz*) ranks as one of the important staple food crops in many countries of Africa as well as other parts of the Tropical world. Akoroda *et al.* (1989) reported that cassava was estimated in a survey to occupy 49.7% of the total annually cultivated farmland in some areas of south-west Nigeria. The roots and the leaves of the crop are usually processed for human consumption Processing methods vary form place to place and the processing method determines the product. A large number of unit operations have been identified to be involved in the village processing of cassava and these include peeling, size reduction, fermentation, drying , roasting (garification), boiling and cooking (Lancaster *et al.*, 1982).

Village processing of cassava had been noted to involve some tedious, time consuming constraints (Igbeka *et al.*, 1992). In order to sidetrack these constraints, some processors have developed 'short-cuts' through insufficient processing of cassava. Some of these 'short-cuts' have been identified to have risks, especially dietary cyanide exposures to consumers of improperly processed cassava products (Mlingi *et al.*, 1992; Banea *et al.*, 1992).

This article reports on findings of some constraints reported by some village cassava processors in Nigeria. It is hoped that this would help to generate appropriate attention to research needs in solving the problems.

Study Area and Methods

The ten localities chosen for this survey are located in Abeokuta in Ogun State of South-West Nigeria. Cassava is the main staple root crop of the population; where a large proportion of the people consume one form of cassava product every day. Five processors from each locality were studied during the survey. Qualitative anthropological approach for determining behaviours that are not necessarily revealed by questions (Banea *et al.*, 1992) and the Rapid Rural Appraisal (Scrimshaw and Hurtado, 1987) methods were used for the study. Individual as well as group interviews were conducted.

Results

All the fifty processors confirmed that they process their cassava roots to three different products - *gari, fufu,* and *lafun.* The general order of production are *gari* > *lafun* > *fufu*'. The processing operations for the production of these products are the same among all the processors in the localities and these are

illustrated in Figure 1. All the processors believe that cassava should be fermented before consumption. The reasons given for fermentation-processing include: "that is how our fore-parents taught us" (74%); "it helps to prevent spoilage" (60%); "it is necessary in order to have food varieties from cassava " (80%); "it helps to destroy 'poison' or 'dangerous materials' " (44%).

Processors identified 'gari' as the easiest to produce cassava product followed by 'lafun'. 'fufu' production was identified to be most difficult. Constrains which processors identified as making cassava processing into 'fufu' to be difficult are presented in Table 1.

All the processors reported that the quality of cassava products vary from one processor to the other, and from one season to the other and even from different batches in the same season by the same processor.

None of the processors agreed that they had ever followed a 'short-cut' procedure different from the traditional method but all confirmed that some other

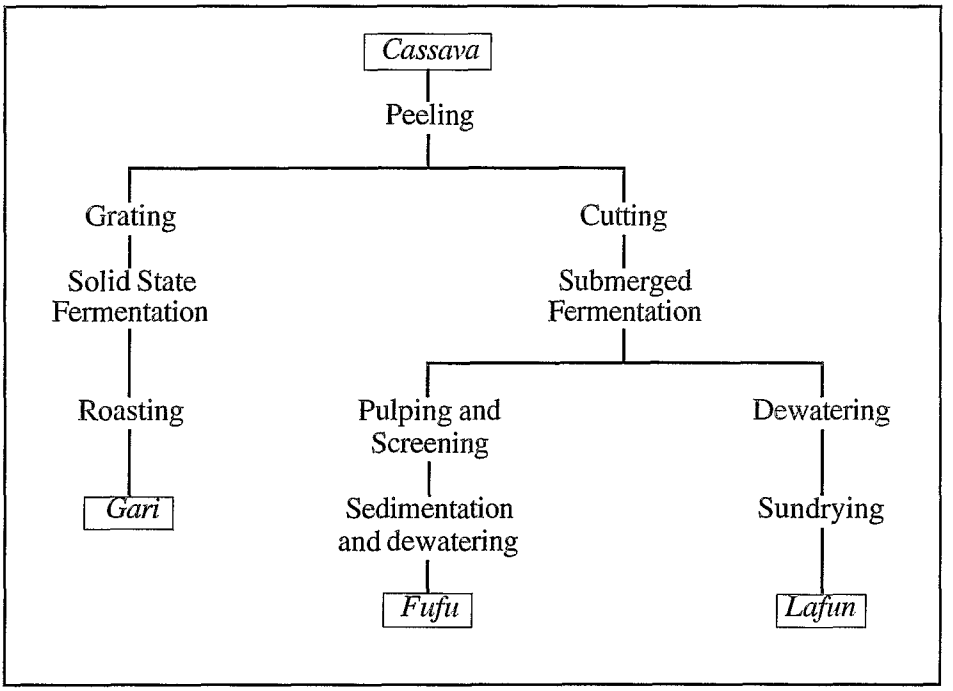


Figure 1
Village processing of cassava into gari, fufu and lafun in South-West Nigeria

Table 1
Constraints in the traditional processing of cassava to 'fufu'

Identified constraints	% of affirmative processors
Peeling is time-consuming	90
Peeling is tedious	64
Fermentation is too long	93
Fermenting cassava odour not liked by neighbours (Processing space)	56
Odour of soak-water disdainful	34
Some cassava roots do not ferment readily	90
Newly introduced cultivars are not good for 'fufu'	54

processors adopt some 'short-cut' for quick financial gain. The major 'short-cuts' identified by processors are that some other people ferment their cassava for less that one day as against the normal 3 to 5 days which is traditional in the area and some processors harvest and process immatured cassava roots.

All the processors believed that the length of fermentation is an important determinant of the quality of their cassava products and that the season of processing as well as the variety of the cassava root determine the length of fermentation. Processors confirmed that shorter fermentation periods (2-3 days) are required during the dry (hot) season while longer fermentation periods (3-5 days) are required during the rainy (cold) season for proper retting of cassava for 'fufu' production. Some processors expose fermenting roots to direct sunlight as a means of enhancing the fermentation process.

None of the village cassava processors has participated in any cassava processing extension programme and none of them knew about microorganisms or 'starter culture'. A large percentage of the processors (93%) wanted processing time to be shortened.

Discussion

Gari, *fufu* and *lafun* are the most common cassava products in Nigeria. Olayide *et al.* (1972) noted that 70% of the cassava grown in Nigeria in the early 1970's was channelled into *gari* manufacture. This survey confirms that most processors still prefer to process a large proportion of their cassava roots into *gari*

than any other product. A possible reason for the processors' preference for *gari* may be the reduced constraints in *gari* processing. There are less constraints in *gari* production because more that any other cassava product, the processing has been highly mechanized (Idowu, 1990).

All the processors recognized the need for the fermentation of cassava. Nambisan and Sundaresan (1985) reported that processing of cassava is important to improve palatability, to reduce toxicity and as a means of preservation. Some of the processing factors which the processors identified as affecting the fermentation process and the quality of the fermented products had been confirmed by Oyewole and Odunfa (1992).

From the opinions expressed by the processors, the following major constraints and research needs could be identified:

1) The manual peeling of cassava root using knives is tedious and time-consuming. There is an urgent need to develop better methods and or machinery for cassava peeling. Plant breeders could also aim for cassava roots with low peel densities.

2) The fermentation period is too long for profitable economic returns. There is still need for research to confirm the role of fermentation in cassava processing. An earlier assertion that in *gari* processing, the fermentation process may have little or no role to play in the detoxification process (Vasconcelos *et al.*, 1990) have not taken into cognizance some other possible roles of fermentation in the product quality.

3) Fermentation is left to 'chance' inoculation from the environment and no control is being carried. This constraint could be challenged by the development of appropriate starter cultures for each of the various cassava products.

4) Not all cultivars of cassava are suitable for processing into any of the cassava products. The non-suitability of newly developed cassava cultivars for some cassava products has been identified (Akoroda *et al.*, 1989). There is need for studies to investigate appropriate products for new cassava cultivars being promoted in different countries.

5) The characteristic odour of fermenting cassava is disdainful to some people. There is need to further investigate appropriate treatments for cassava processing waste water and develop means of controlling or reducing the characteristic odour of fermenting cassava soak-water (Ohochukwu, 1985).

Acknowledgement

The first author acknowledges the support of the International Foundation for Science, Sweden, on his investigations on cassava processing.

References

AKORODA (M.O.), GEBREMESKEL (T.), OYINOLA (A.E.), 1989 - Impact of IITA cassava varieties in Oyo State, Nigeria, 1976-1985. *Tropical Agriculture,* 66 : 113-120.

BANEA (M.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1992 - Short-cuts in cassava processing and risks of dietary cyanide exposure in Zaire. *Food and Nutrition Bulletin,* 14(2) : 137-143.

IDOWU (I.), 1990 - Cassava: Gari technology makes progress in Nigeria's agro-industrial development. *Der Tropenlandwirt. Zeitschrift für die Landwirtschaft in den Tropen und Subtropen,* 91 : 51-64.

IGBEKA (J.C.), GRIFFON (D.), JORY (M.), 1992 - Selective mechanization for cassava processing. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America,* 23(1) : 45-50.

LANCASTER (P.A.), INGRAM (J.S.), LIM (M.Y.), COURSEY (D.G.), 1982 - Traditional cassava-based foods: Survey of processing techniques. *Economic Botany* , 36 : 12-45.

MLINGI (N.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1992 - An outbreak of acute intoxication from consumption of insufficiently processed cassava in Tanzania. *Nutrition Research* (USA), 12 : 677-687.

NAMBISAN (B.), SUNDARESAN (S.), 1985 - Effect of processing on the cyanoglucoside contents of cassava. *Journal of the Science of Food and Agriculture,* 36 : 1199-1203.

OHOCHUKWU (N.S.), 1985 - Deodorization of fermented cassava. *Journal of Agriculture and Food Chemistry,* 33 : 220-222.

OLAYIDE (S.O.), OLATUNBOSUN (D.), IDUSOGIE (E.O.), ABIAGOM (J.D.), 1972 - *A quantitative analysis of food requirements, supplies and demands in Nigeria: 1968 to 1985.* Federal Department of Agriculture, Nigeria, Longman.

OYEWOLE (O.B.), ODUNFA (S.A.), 1992 - Effects of processing variables on cassava fermentation for *fufu* production. *Tropical Science,* 32 : 231-240.

SCRIMSHAW (S.C.M.), HURTADO (E.), 1987 - Rapid assessment procedures for nutrition and primary health care: anthropological approaches to improving programme effectiveness». Los Angeles, California, USA; UCLA Latin American Centre.

VASCONCELOS (A.T.), TWIDDY (D.R.), WESTBY (A.), REILLEY (P.J.A.), 1990 - Detoxification of cassava during gari preparation. *International Journal of Food Science and Technology,* 25 : 198-203.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Étude préliminaire d'une technique de rouissage des racines de manioc en sac étanche sans ajout d'eau

Preliminary study of a new retting technic in airtight plastic bag without any water add

A. BRAUMAN *, M. MACHICOUT *, S. TRECHE **, E. MIAMBI *

** Laboratoire d'Ecologie-Microbiologie, ORSTOM, Brazzaville (Congo)*
*** Laboratoire de Nutrition Tropicale, (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

Cet article décrit les différentes phases de mise au point d'une nouvelle technique de rouissage des racines de manioc en sac étanche au gaz sans ajout d'eau. L'objectif est de diminuer la consommation en eau nécessaire pour la préparation des deux aliments principaux transformés au Congo, le foufou et la chikwangue. Pour obtenir un rouissage comparable (pH, durée de fermentation, élimination des composés cyanés, évolution de la microflore lactique) à celui effectué par voie traditionnelle (immersion des racines), il est nécessaire de découper les racines de manioc en tranches de 3 cm avant la mise en sac. Dans ces conditions, le rouissage dure 3 jours et les racines sont suffisamment ramollies pour les transformations en chikwangue ou foufou. Cependant, pour l'obtention d'un foufou apprécié par les consommateurs, les racines fermentées doivent être rincées, pour diminuer la concentration en acides organiques. L'eau de rinçage peut être réutilisée 3 fois sans altérer les qualités du produit final. Des études sont en cours pour évaluer les qualités organoleptiques de la chikwangue obtenue avec des racines rouies selon cette technique. Cette nouvelle méthode de rouissage peut être appliquée à des régions ou la disponibilité en eau est limitée.

– Abstract –

This paper describes the different perfecting step of a new technique of cassava retting in airtight bag without any water added. The aim of this work is to decrease the amount of water need to transform the cassava roots in the two main Congolese staple foods ; foo-foo and chikwangue. With peeled and precut roots in slices of 3 cm, a retting was performed, similar to (pH, retting period, detoxification, lactic bacteria evolution) the traditional retting (soaked roots). With these conditions, the retting last three days and the roots softening is sufficient for the following transformations in chikwangue or foo-foo. However, to obtain an appreciate foo-foo, the retted roots should be rinse with water to reduced the organic acids concentrations. The rinse water could be used three times without any damage on the organoleptic quality of the final product. Studies are undertaken to evaluate the organoleptic quality of the chikwangue obtain with cassava roots fermented with this technic. This new retting technic could be applied in area with low water disponibility.

Introduction

Le rouissage est une fermentation des racines de manioc largement pratiquée en Afrique Centrale (Trèche et Massamba, 1995). Il constitue l'étape initiale de préparation des deux aliments de base de l'alimentation congolaise ; la chikwangue et le foufou (Massamba et Trèche, 1995). Cette fermentation entraîne un ensemble de changements au niveau de la racine (réduction des teneurs en composés cyanés endogènes, ramollissement, production de composés organiques), largement décrits dans des études récentes (Okafor *et al.*, 1984, Ampe et Brauman, 1994 ; Brauman *et al.*, 1995).

Le rouissage traditionnel consiste en une immersion des racines pratiquée dans des environnements variés : étangs d'eau, rivières et bacs (Trèche et Massamba, 1995). Cette fermentation nécessite donc l'utilisation de quantités considérables d'eau ce qui constitue un handicap pour le développement d'unités semi-industrielles de production et pour les transformateurs ruraux habitant des zones où la disponibilité en eau est limitée (saison sèche). Dans ces zones une forme particulière de rouissage a été développée qui consiste à enfouir les racines non épluchées dans la boue pendant trois jours puis à les immerger dans l'eau pendant une durée moyenne de 4 jours (Gami et Trèche, 1995). En s'inspirant de cette technique, notre travail a porté sur la définition des conditions de fermentation des racines de manioc sans apport initial d'eau en vue de la mise au point d'une technique de rouissage permettant de diminuer, puis à terme de supprimer, la consommation en eau.

Matériel et méthodes

1. Matériel végétal

Les racines de manioc de variété *MPembe*, utilisées ont été récoltées après 18 mois de culture au centre expérimental agricole d'Agricongo.

2. Méthodologie expérimentale

2.1. Rouissage en sac

Les racines fraîchement récoltées, lavées et épluchées sont découpées et mises dans des sacs plastiques étanches à l'air (55 × 40 cm) à raison de 2 kg par sac sans apport initial d'eau. Les sacs sont fermés et placés à l'étuve à 32 °C et retournés toutes les 24 heures pendant 3 à 4 jours. Chaque lot est constitué de 10 sacs dont 2 sont retirés tous les jours pour les différentes analyses physico-chimiques et microbiologiques. L'indice de fin de rouissage est obtenu par la

mesure du ramollissement (indice de pénétrométrie supérieur ou égale à 15 mm/5 s) selon le protocole décrit dans Ampe *et al.* (1994). Le foufou a été choisi pour l'appréciation des qualités organoleptiques du produit final, en raison du nombre limité des procédés nécessaires à sa production ; ainsi ses qualités gustatives dépendent directement des modalités de rouissage (Avouampo *et al.*, 1995). Les résultats sont comparés avec ceux obtenus par la méthode traditionnelle de rouissage qui constitue le témoin expérimental.

2.2. Rouissage à l'eau (rouissage témoin)

10 kg de racines fraîches, lavées et épluchées sont immergées pendant 4 jours dans un sceau en plastique contenant 15 litres d'eau de puits. Les rouissages sont effectués à température ambiante (27-29 °C).

3. Méthodes d'analyses

3.1. index de pénétromètrie

La pénétromètrie nous a permis de caractériser le ramollissement des racines au cours du rouissage. La mesure est effectuée chaque jour sur 6 échantillons provenant du sac échantillonné quotidiennement. En raison de la surface d'échantillonnage, 6 répétitions sont effectuées par racine découpée en tranches, 2 pour les racines découpées en dès selon le protocole opératoire décrit dans Ampe *et al.* (1994).

3.2. pH des racines et de l'eau de rinçage

Le pH est mesuré à partir de 20 g de racines broyées au Waring Blender et filtrées selon le protocole décrit dans Brauman *et al.* (1995). La mesure du pH du jus de rouissage exsudé dans les sacs est déterminée à l'aide de papier pH. Le pH de l'eau de rinçage est déterminé directement à partir d'un prélèvement de 100 ml d'eau.

3.3. Pression d'oxygène dissoute (PO2)

Cette mesure est effectuée sur l'eau de rinçage des racines selon le protocole décrit dans Brauman *et al.* (1995).

3.4. Dosage des composés cyanés

La mesure de la concentration de la linamarine, des cyanhydrines et des cyanures libres sont déterminés suivant la méthode de Cooke (1978) modifiée selon Giraud et *al.* (1992).

3.5. Analyses des métabolites produits

Le dosage des acides gras volatils, du lactate et de l'éthanol est effectué en chromatographie liquide haute pression (HPLC) avec une colonne échangeuse d'ions (aminex 87H, Biorad, Californie) selon le protocole décrit par Brauman *et al.* (1995).

3.6. Préparation du foufou

Après rouissage et enlèvement de la fibre centrale, les racines sont découpées en cossettes qui sont séchées en étuve à 45 °C pendant 72 h puis broyées pour en faire de la farine. Le foufou est préparé en incorporant 100 g de farine à environ 400 ml d'eau bouillante.

3.7. Tests organoleptiques

L'influence des différents traitements appliqués est étudiée au cours d'essais comparatifs en unité d'évaluation sensorielle. Douze panélistes ont préalablement été sélectionnées (norme AFNOR NF V09-002). Après un test de différenciation 2/5 (norme AFNOR VO9-001,1984), les couples de produits sont soumis aux panélistes pour un test de caractérisation, puis pour un test de préférence.

Les caractéristiques comparées au cours des tests de préférence sont la couleur, l'odeur, l'acidité, la consistance dans la main, la consistance dans la bouche et l'impression générale. Au cours d'une autre séance, les produits finis sont soumis à un test de notation (échelle hédonique de 1 à 7) et à un test de classement.

3.8. Numération de la microflore totale, des bactéries lactiques et des levures.

Pour chaque prise d'essai, 6 à 10 morceaux de racines sont prélevés au hasard et découpés en petits dés. 60 g de racines ainsi traitées sont broyés dans 540 ml d'eau péptonée stérile à l'aide d'un Waring Blender : ceci constitue la première suspension dilution (10^{-1}). Les numérations bactériennes sont effectuées après dilution en série de la suspension mère et inoculation des milieux gélosés suivants : Gélose MRS (De Man *et al.*, 1960), pour la microflore lactique, milieu Potatose Dextrose Agar (PDA, DIFCO laboratory) pour les levures et Plate count agar (PCA) pour la flore mésophile totale.

Résultats et discussion

1. Influence du découpage initial des racines de manioc

Un essai préliminaire de rouissage avec des racines entières en sac (De Labbey, 1989) a montré que ce rouissage est caractérisé par une hétérogénéité, une élimination incomplète des composés cyanés et une durée trop longue du processus (~ 1 mois). Afin d'améliorer l'homogénéité du procédé et de diminuer sa durée, l'influence de la forme de découpe préalable des racines a été étudiée. 3 essais ont été entrepris avec des racines découpées (i) en tranches de 2 cm d'épaisseur (ii) en dés de 2 cm de côté (iii) broyées au hachoir.

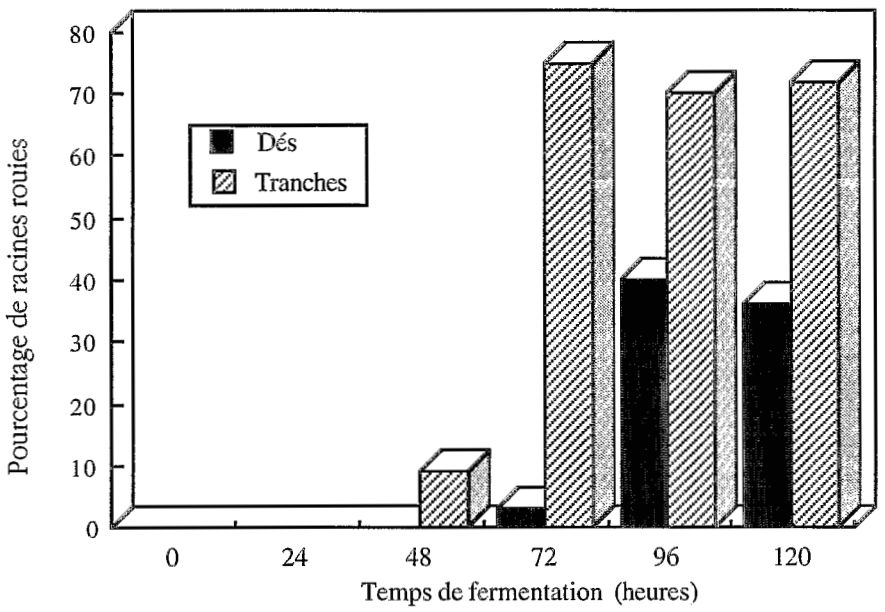


Figure 1
Évolution de la proportion des racines rouies au cours du rouissage en fonction de la forme de découpe initial

La forme de découpe des racines influe de manière importante sur l'homogénéité du procédé (figure 1). Ainsi, 75 % des racines de manioc coupées en tranches avaient ramolli après 3 jours de fermentation, contre 40 % pour le cas de celles coupées en dés (figure 1). La fermentation s'est déroulée essentiellement dans les 4 premiers jours car aucune augmentation significative du nombre de racines ramollies n'est observée dans les différents traitements après cette période (figure 1).

La mesure de l'indice de pénétromètrie (figure 2) nous montre que le ramollissement est plus important pour la forme tranche que pour la forme dés, ces derniers n'atteignant pas les valeurs considérées comme significatives de la fin du rouissage (Indice = 15)

Les racines préalablement broyées ne semblent pas subir le rouissage car on constate au microscope aucune dégradation des parois végétales. De plus, l'évolution du pH des racines broyées est beaucoup plus rapide (pH 4,5 en 24 h) que celle des autres formes testées dont le pH se stabilise seulement après 72 h de fermentation (figure 3).

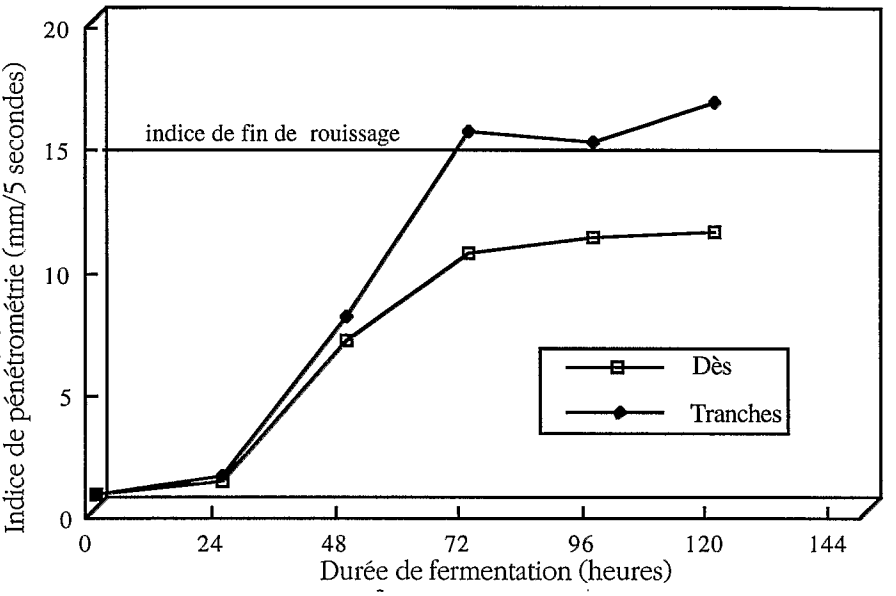


Figure 2
Évolution de l'indice de pénétrométrie au cours du rouissage à sec

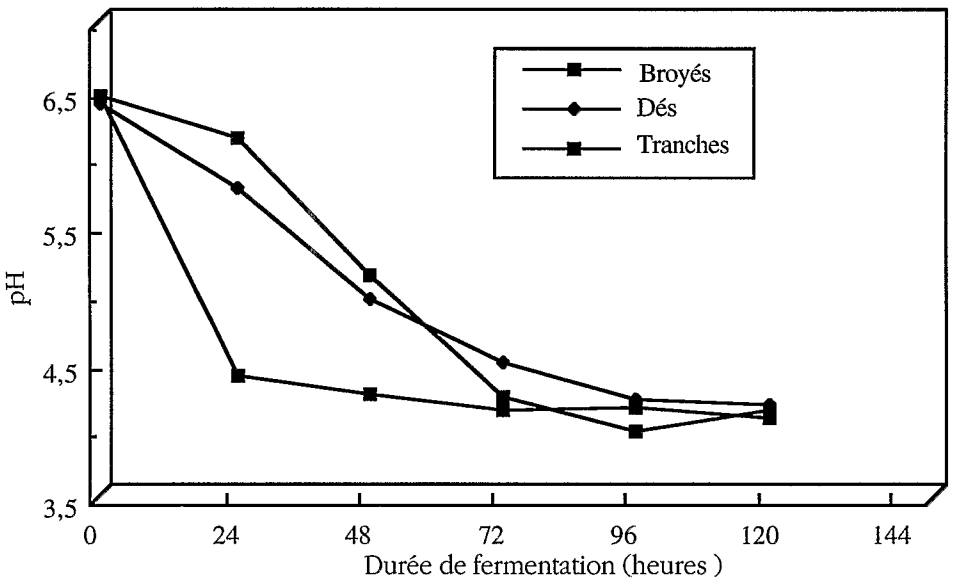


Figure 3
Évolution du pH au cours du rouissage des racines

L'acidification observée dans le cas du broyage préalable des racines semble due à une production rapide de lactate (4,5 g/100g M.S ; figure 4), deux fois plus importante que celle observée pour la fermentation des tranches de manioc (2,7 g/100 g M.S). De plus, aucune production de butyrate ni de propionate, produits importants pour les qualités organoleptiques du produit final, n'est observée au cours de la fermentation des racines broyées. Cette absence peut provenir de l'inhibition, par la baisse de pH rapide, des clostridies, à l'origine de la production de ces acides gras volatils dans le rouissage (Brauman *et al.*, 1995). Le profil des métabolites produits au cours de la fermentation des racines broyées (figure 4) (forte production de lactate, faible production d'acétate et d'éthanol ainsi que la baisse importante et rapide du pH) est caractéristique des fermentations homolactiques. Le broyage des racines induit donc un profil fermentaire similaire à celui observée pour la production de gari (Akinrele, 1964 ; Okafor, 1977). Ce résultat était prévisible car le broyage est comparable au râpage des racines, étape préalable à la mise en sac étanche des racines dans la fermentation du manioc pour la production de gari (Nago, 1995).

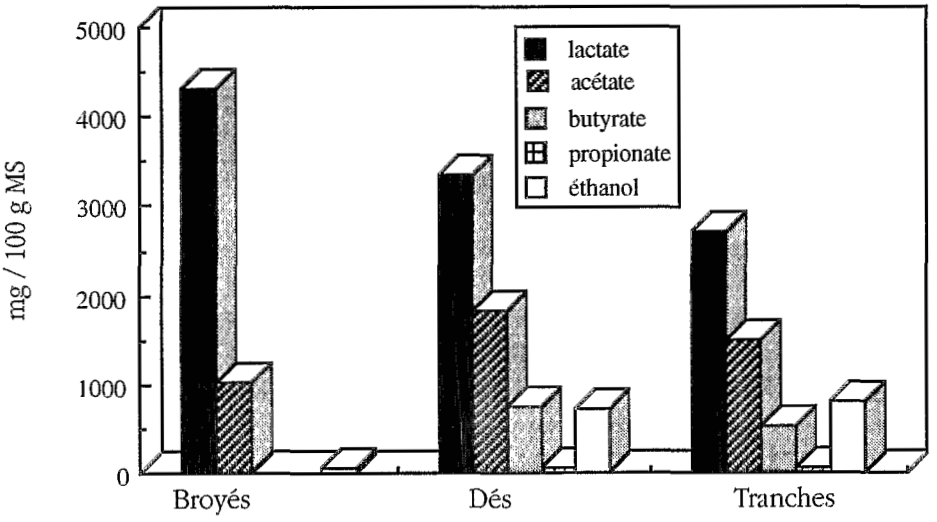


Figure 4
Concentration en acides organiques et éthanol en fin de rouissage pour les différents traitements.

L'évolution de la flore lactique totale (figure 5) est plus rapide dans les racines broyées (~ 10^9 bact/g MS en 24 h) que pour les autres traitements (~ 10^9 bact/g MS en 48 h). Le broyage (comme le râpage pour le gari) permet une libération plus rapide

des sucres fermentescibles, substrat des bactéries lactiques acidifiantes ce qui provoque la croissance rapide de bactéries homolactiques qui, en abaissant le pH, inhibe la croissance de toutes les autres microflores associées à la racine.

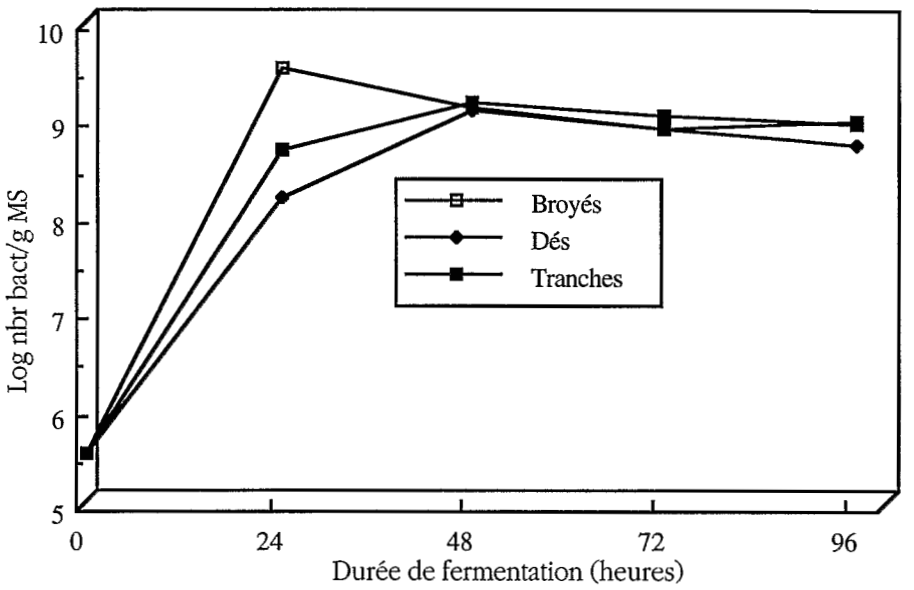


Figure 5
Évolution de la microflore lactique au cours du rouissage en sac

Les teneurs en cyanures totaux (linamarine, cyanhydrines et cyanures libres) en fin de rouissage sont élevées dans les racines broyées (57 ppm) et se trouvent essentiellement sous forme de cyanhydrines (38 ppm). Ceci est due à l'inhibition à des pH inférieurs à 5,5 de la dissociation de la cyanhydrine en cyanures libres (Cooke, 1978). Les teneurs en cyanures totaux sont beaucoup plus faibles dans les deux autres traitements (~ 17 ppm).

Par rapport à l'essai entrepris avec des racines entières, le découpage préalable des racines a permis l'augmentation de la surface accessible aux micro-organismes. Ceci s'est traduit par une amélioration des performances de la fermentation, notamment en ce qui concerne le ramollissement, l'élimination des composés cyanés des racines et la réduction de la durée de la fermentation. Cependant, le broyage des racines induit une fermentation plus rapide, homolactique proche de celle du gari. Seul parmi les traitements étudiés, le découpage initial des racines de manioc en tranches permet d'obtenir un ramollissement suffisant pour la réalisation des étapes de transformation nécessaires à la fabrication de la chikwangue ou du foufou.

2. Influence de la taille initiale des tranches des racines de manioc

L'objectif de cette expérience est de déterminer la taille optimale des tranches permettant une amélioration sensible de l'homogénéité du ramollissement pendant le rouissage. Les expérimentations sont effectuées selon le même protocole de rouissage sur des racines de manioc coupées en tranches dont l'épaisseur variait de 2 à 9 cm.

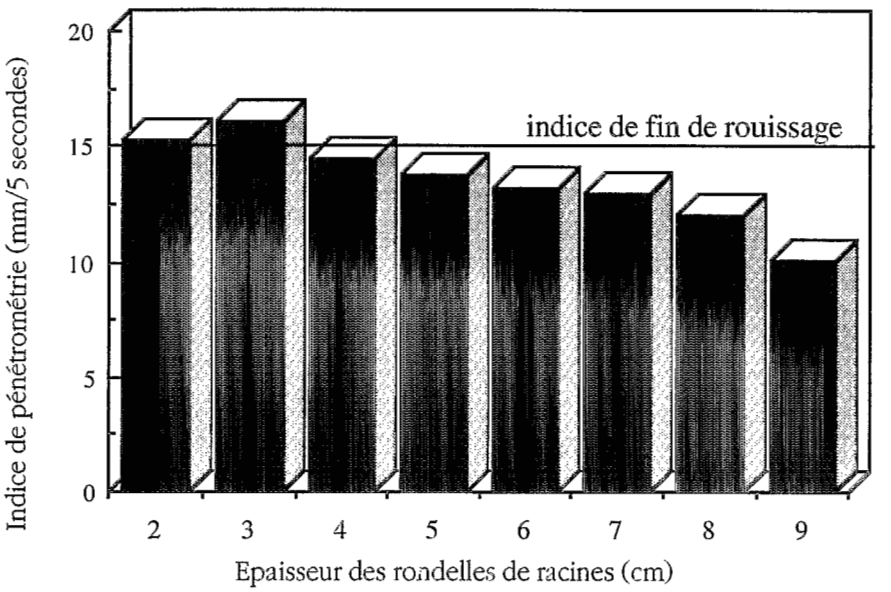


Figure 6
Évolution de l'indice de pénétromètrie en fonction de l'épaisseur des tranches après rouissage

Le ramollissement semble inversement proportionnel à la taille des tranches de manioc (figures 6 et 7). Ainsi, après 3 jours de fermentation, seules les racines de manioc coupées en tranche de 2 à 4 cm présentent un indice de pénétrométrie acceptable pour les transformations ultérieures (figure 6). Cependant le ramollissement le plus homogène est obtenu avec les tranches de 3 cm (figure 7). Si l'épaisseur de 3 cm est optimale pour la production de racines très ramollies, il faut cependant, relativiser ce résultat par rapport au produit final désiré. En effet, seule la production de chikwangue nécessite un ramollissement très important des racines, en particulier pour l'opération de défibrage. La préparation du foufou s'accommode des degrés de ramollissement obtenus avec des rondelles dont l'épaisseur est comprise entre 4 et 8 cm.

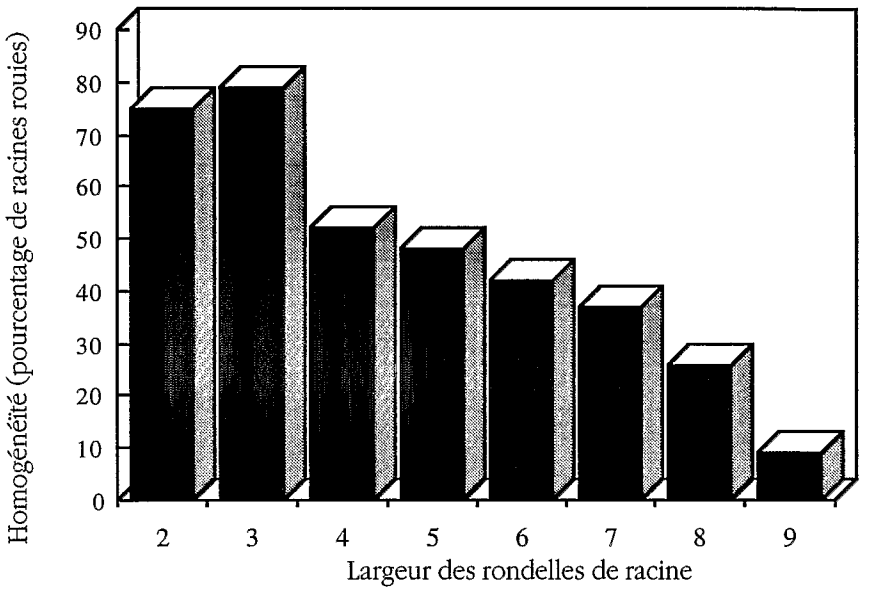


Figure 7
Mesure du degré d'homogénéité des racines en fonction de l'épaisseur des tranches après rouissage

3. Test organoleptique du foufou obtenue par rouissage en sac des racines de manioc coupées en tranches de 3 cm.

Les tests organoleptiques révèlent que le foufou fabriqué à partir des racines de manioc rouie en sac est considéré comme moins bon que le foufou fabriqué après fermentation traditionnelle (tableau 1).

Tableau 1
Résultats des tests organoleptiques effectués sur les différents échantillons de farine de manioc.

	Critères	
Types de rouissages	Couleur	Impression générale
Sac	3,83	4,33
eau	6,25	6,03

Notation de 1 (très mauvais) à 7 (très bon)

Cependant, du point de vue de l'acidité et de la consistance le foufou ne présente pas de différence significative avec celui fabriqué de manière traditionnelle (résultat non montré).

Cette différence peut être expliquée par les teneurs finales élevées en acides organiques mesurées à la fin de la fermentation, notamment en lactate, acétate et butyrate (figure 8). En effet, le rouissage en sac ne permet pas la dilution des acides organiques produits dans le jus de rouissage. Ces teneurs élevées ont également des conséquences négatives sur l'odeur, composante importante de la qualité organoleptique du produit.

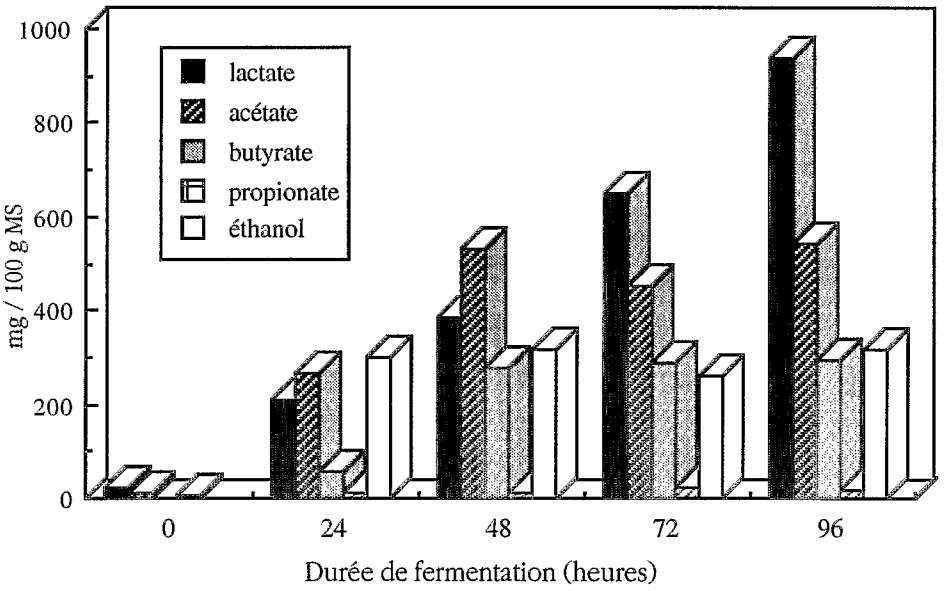


Figure 8
Évolution des acides organiques et de l'éthanol au cours du rouissage en sac.

4. Influence du rinçage à l'eau des racines de manioc en fin de fermentation à sec

Afin de réduire les teneurs finales en acides organiques et d'obtenir un produit fini de qualité organoleptique acceptable, nous avons effectué un rinçage des racines de manioc après la fermentation en sac. Après 72 heures de fermentation, elles ont été retirées des sacs plastiques puis rincées avec de l'eau (2 l/kg de racines).

Tableau 2
Résultats des tests organoleptiques (notation) des foufous en fonction des modalités de rouissage

Types de foufou	couleur	impression générale
Rouissage en sac + rinçage	6,36	6,03
Rouissage témoin (eau)	6,28	6,14

Notation de 1 (très mauvais) à 7 (très bon)

Le foufou obtenu après rinçage est considéré comme très bon (groupe A) comme celui fabriqué après fermentation traditionnelle (tableau 2). Le rinçage à l'eau permet donc d'améliorer significativement les qualités organoleptiques du produit final. Cette amélioration des qualités gustatives du produit provient de la diminution de la concentration en acides organiques et éthanol due au rinçage des racines (tableau 3). L'éthanol, le butyrate et l'acétate sont les trois produits les plus volatils et sont donc éliminés préférentiellement (tableau 3). Cependant, c'est la diminution de la concentration en butyrate, responsable de l'odeur forte des racines rouies en sac, qui semble la plus significative pour les qualités organoleptiques de l'aliment final.

Composés organiques (mg/100 g MS)	rouissage en sac	rouissage en sac + rinçage	% d'élimination
lactate	940	606	36
acétate	626	347	45
propionate	13	12	8
butyrate	352	199	44
éthanol	318	90	72

Tableau 3
Concentrations en acides organiques et éthanol dans les racines après les différents traitements

Le rincage permet également une meilleure élimination des cyanures endogènes de la racine ; les concentrations après rincage sont en effet très proches de celles mesurées après rouissage traditionnel (figure 9).

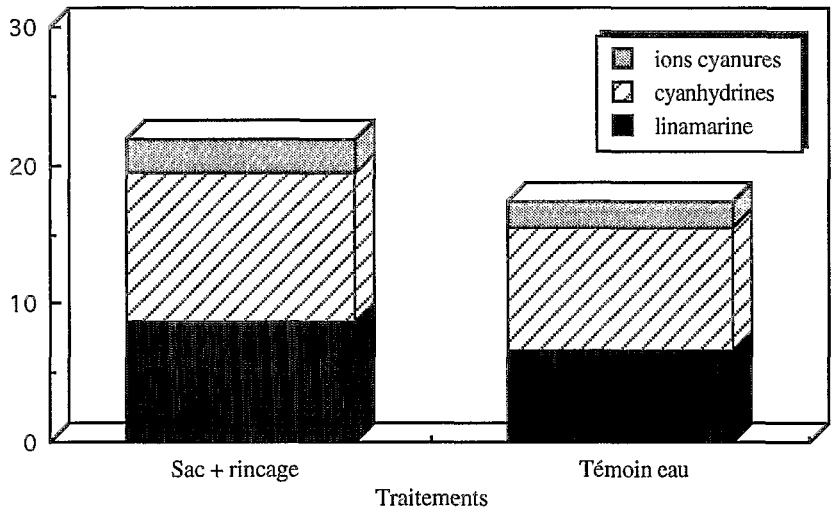


Figure 9
Concentration en composés cyanés dans les racines en fonction des traitements

Conclusion

Cette étude montre que le rouissage de racines de manioc préalablement découpées en tranche et mises à fermenter en sac, sans apport initial d'eau est réalisable. Elle permet d'obtenir des racines suffisamment ramollies pour subir les transformations en chikwangue ou foufou. La fermentation est rendue possible grâce à l'eau endogène des racines de manioc qui est exsudée au cours du rouissage et aux conditions anoxiques dues à l'étanchéité à l'air du sac. L'oxygène résiduel est consommé rapidement par la microflore aérobie épiphyte de la racine. Cette fermentation est comparable, en terme de mécanismes biologiques (profil fermentaire, évolution du pH et de la flore lactique) et de durée, à une fermentation de racines réalisée de manière traditionnelle (rouissage en fût, Brauman *et al.*, 1995). Cependant, dans les conditions expérimentales décrites, le foufou obtenu n'est apprécié par les consommateurs que si les racines rouies subissent un rinçage préalable à la transformation en farine de manioc. Un essai préliminaire a montré que l'eau de rinçage peut être réutilisée trois fois sans altérer les qualités organoleptiques du foufou, cependant des recherches complémentaires sont nécessaires pour définir la quantité minimum d'eau à rajouter afin d'obtenir un foufou de bonne qualité organoleptique. Ce procédé décrit permet au transformateur local d'effectuer sur place un rouissage sans eau, qui rend les racines de manioc stockables et transportables jusqu'à un lieu de rinçage.

Pour des raisons, liées au contexte local (destruction du laboratoire, cf. note des éditeurs), nous n'avons pas pu tester les qualités organoleptiques de la chikwangue obtenue avec des racines fermentées en sac. Il semble cependant (de Labbey, 1989) que les nombreuses étapes de transformation, dont le malaxage, le laminage et la double cuisson dans l'eau (Trèche et Massamba, 1995) permettraient une diminution significative des composés organiques volatils, sans rinçage préalable des racines rouies et rendrait le produit final consommable. Des études sont actuellement en cours pour valider cette hypothèse.

Bibliographie

AFNOR, 1984 - « Agro Alimentaire - Analyse sensorielle » In *Recueil de norme française*, AFNOR.

AMPE (F.), BRAUMAN (A.), TRECHE (S.), AGOSSOU (A.), 1994 - The fermentation of cassava : optimization by the experimental research methodology. *J. Sci. Food. Agric.* 65 : 355-361.

AMPE (F.), BRAUMAN A (1995) - Enzymatic origin of detoxification and root softening in cassava retting. *World.J.of Microbio. Biot.* in press

AVOUAMPO (E.), GALLON (G.), TRECHE (S.), 1995 - « Influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur l'aptitude à la transformation des racines de manioc » *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Treche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

AKINRELE (I.A.) 1964 - Fermentation of cassava. *J. Sci. Food. Agric.*, 15 : 589-594

BRAUMAN, (A.), KÉLÉKÉ (S.), MAVOUNGOU, (O.), AMPE (F.), MIAMBI, (E.), (1995) - « Etude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo) ». *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

COOKE (R.D), 1978 - An enzymatic assay for the total cyanide content of cassava (*Manihot esculenta*, Crantz). *J. Sci. Food Agric.* 29 :345-352.

DE MAN (J.C.), ROGOSA (M.), SHARPE (M.E.), 1960 - A medium for the cultivation of lactobacilli. *J. Appl. Bacteriol.* 23 :130.

DE LABBEY (B.) 1989 - *Fermentation et détoxication au cours du rouissage du manioc au Congo.* Mémoire de diplôme d'ingénieur ENS/BANA (Dijon). France.

FOMUNYAN (R. T.), ADEGBOLA (A. A.), OKE (O. L.), 1985 - The stability of cyanohydrins. *Food Chemistry*, 17, 221-225.

GAMI (N.), TRECHE (S.) 1995 - « Le rouissage sous terre des racines de manioc : une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo) ». *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

GIRAUD (E.), GOSSELIN (L.), RAIMBAULT (M.), 1992. Degradation of the cassava linamarin by lactic acid bacteria. *Biotech. letters*, 14, (7) : 593-598

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - « La consommation du manioc au Congo ». *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

NAGO (M.C.), 1995 - « la préparation artisanale du gari au Benin : aspects technologiques et physico-chimiques » *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

OKAFOR (N.), IJIOMA (B.), OYOLU (C.), 1984 - Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.* 56 : 1-13.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.) 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor-Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.) éd. : *Transformation Alimentaire du Manioc.* Paris. Orstom : sous presses.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Application of a Low-Cost Storage Technique for Fresh Cassava (*Manihot esculenta*) Roots in Ghana

Utilisation d'une technique de stockage bon marché pour les racines de manioc fraîchement récoltées au Ghana

R.D. BANCROFT*, D. CRENTSIL**

** Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Kent, (United Kingdom)*
*** Post Harvest Development Unit, Ministry of Food and Agriculture, Accra, (Ghana)*

- Abstract -

A series of experimental on-farm storage trials was carried out in Ghana to determine whether the application of water or fungicide (thiobendazole) to freshly harvested cassava roots prior to or during storage in either polyethylene bags or recycled rice sacks (woven polyethylene) could prolong the storage life of the produce. Results indicate that, if applied early enough, under ambient conditions the surroundings engendered by these treatments were sufficient to prolong the storage life of the roots from 3-5 days to 2-3 weeks. Water treatments alone in combination with either bags or sacks helped maintain the storage potential of the cassava for at least 7 days provided that microbial infection was avoided. Thiobendazole was found to not only suppress fungal rots but also enhanced the storability of the roots to an even greater extent than water alone.

- Résumé -

Une série d'essais expérimentaux a été menée dans des fermes au Ghana afin de déterminer si l'application, avant ou pendant le stockage, d'eau ou de fongicide (thiobadenzole) à des racines fraîchement récoltées contenues dans des sacs en polyéthylène ou dans des sacs de riz recyclés (polyéthylène tissé) pouvait prolonger leur durée de stockage.

Les résultats indiquent que s'ils sont appliqués suffisamment tôt, tous ces traitements créent des environnements capables de prolonger la durée de stockage des racines de 3 à 5 jours jusqu'à 2 à 3 semaines. Les traitements utilisant seulement de l'eau dans des sacs en polyéthylène ou recyclés peuvent prolonger les possibilités de stockage d'au moins 7 jours à condition que la contamination microbienne soit évitée. Il a été démontré que le thiobadenzole non seulement empêche le pourrissement microbien mais prolonge aussi l'aptitude au stockage des racines de la même manière que le traitement à l'eau.

Introduction

The characteristics of cassava (*Manihot esculenta Crantz.*) that have lead to its extensive cultivation particularly in Central and South America, South East Asia and Africa are; its relative ease of vegetative propagation, its low maintenance demands following establishment, its drought tolerance and its ability to produce yields over an extended harvesting period even on nutrient poor, marginalised soils without recourse to chemical inputs (Kay, 1987).

Set against these attributes is the extreme perishability of the fresh roots following harvest. In the absence of an infrastructure that may support refrigeration or waxing of roots, fresh produce will begin to deteriorate within 3 to 5 days (Rickard, 1985). Working within these constraints many communities have developed marketing and processing strategies to either rapidly disperse fresh cassava roots to consumers or to convert them into dry stable products amenable to storage and subsequent transportation and distribution (NRI, 1992).

The traditional systems of handling cassava have served communities well, however, with changes in lifestyles and increasing urbanisation, it will become increasingly difficult for traders to ensure the delivery of high quality fresh cassava roots to commercial or domestic clients at a distance from areas of production. A cheap and robust system capable of delaying the onset of post-harvest deterioration in cassava roots would not only increase the flexibility of the marketing systems but also reduce wastage.

In the 1980's scientists from the Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and the Natural Resources Institute (NRI) developed and promulgated a relatively simple low-cost fresh cassava storage technique in Colombia and other states in Latin America (CIAT, 1992).

The system is based on the timely storage of high quality, fresh cassava roots in polyethylene bags combined with the application of the fungicide; thiobendazole (available as TECTO). The warm, moist environment engendered by cassava roots held in polyethylene bags under moderate ambient conditions in the tropics stimulates a curing and wound-healing response in freshly harvested roots that enhances the storage potential of the material by decreasing the rate of natural physiological deterioration. The use of the fungicide markedly reduces the frequency of deleterious fungal infections that might otherwise impair the quality of stored roots. When adopted successfully the storage life of cassava roots may be extended from 3 - 4 days to 2 - 3 weeks (Ciat, 1989).

In this paper, findings of on-farm storage trials are reported, which form part of a work programme designed to evaluate the suitability of cassava shelf life extension technology for use in Ghana (Rickard *et al.*, 1992).

Materials and Methods

Over a 3-month period, during the summer rains of 1993, factorial experiments were conducted in the Asanti Region of Ghana. These storage trials were undertaken at one village location and were designed to assess the response of locally popular cassava cultivars to different interpretations of the low-cost storage methodology. Routinely cassava was harvested from sites established on forest soils and then, after treatment, the roots were stored in dark, well ventilated but enclosed rooms with concrete walls and floors surmounted by corrugated iron roofs.

At harvest considerable care was taken to avoid damage to the roots and, in accordance with the protocols advocated by CIAT, only particular categories were selected for storage (CIAT, 1989). Those exhibiting superficial wounds could be conserved provided any damaged tissues could be trimmed away leaving a clean cut surface. Roots that were crushed, bruised or split or showed signs of gashes or invasive wounds especially at the stem end were not used in the storage trials.

Depending on experimental design (Table 1), different consignments of cassava were subjected to contrasting wash treatments. Some were kept dry, some were washed in clean water and others were treated with 0.4% thiobendazole (20 ml dispersed in 5 l water). Both water and the fungicide were applied either as a spray (to surface saturation), using an agricultural knap-sack sprayer, or as a momentary dip (30 to 60 seconds). The duration when such treatments were administered also varied. In all the trials certain washes were applied to the cassava as soon as possible after harvest while in Trials 2 and 3 particular dipping and spraying treatments were delayed for 24 or 48 hours.

Prior to storage groups of treated roots were allocated to either open-weave string sacks (composed of man-made-fibres), polyethylene bags (0.13 mm thick) or recycled rice or flour sacks composed of tightly woven polyethylene threads. The dimensions of the various bags and sacks were approximately 50-56 x 80-90 cm. In all cases the necks of these sacks were securely tied before storage. During storage the different sampling units were randomly stacked in hollow column-like configurations to encourage the relatively uniform circulation of air throughout the produce.

In Trial 2 certain consignments of cassava were placed in polyethylene bags after 24 hours in the string sacks while in Trial 4 a quantity of cassava was de-bagged from polyethylene into string sacks 4 days after treatment.

At harvest and at specified intervals during storage (Table 1), samples of roots were recovered from the various consignments and scored for their physiological and micro-biological condition. The sampling units used in the stores each consisted of 6 (Trials 1 to 4) or 7 (Trials 5 and 6) randomly selected

Table 1

Experimental methodologies adopted to investigate the influence of different storages containers and wash treatments on the extent of micro-biological and physiological deterioration of fresh cassava roots

Trial No.	Cultivars				Assessment Days				Factorial Treatments							Comments
									Containers (bags or sacks)			Washes			Application	
	Atobiase	Dabo	Fanti	Fufua	Harvest	Week 1	Week 2	Week 3	Open-Weave Polyethylene	Recycled Rice		Dry (unwashed	Water	Thiobendazole	Dip (d)	Spray (s)	
1	-	1	1	1	0	7	13	-	1	1	-	1	1 (d)	1 (d or s)	1	1	Application of all treatments within 6 h of harvest
2	1	1	1	-	0	8	15	-	1 (i)	1 (i or ii)	-	1	1 (d)	1 (d)	1 (i or ii)	-	Application of wash treatments and bagging within either (i) 1 h of harvest or (ii) after 24 h
3	1	1	1	-	0	7	13	-	1 (i)	1 (i)	-	1	1 (s)	1 (s)	-	1 (i , ii or iii)	Bags applied on day 0. Sprays applied on (i) day 0, (ii) day 1 or (iii) day 2
4	1	1	1	-	0	7	14	-	1	1 (i or ii)	-	-	1 (d)	1 (d)	1	-	Wash treatments applied on day 0. (i) Polyethylene bags applied after harvest and retained throughout or (ii) bags removed 4 days after harvest
5	1	1	1	-	0	6	12	18	-	1	1	-	1 (d)	1 (d)	1	-	Wash treatments and bags applied immediately after harvest
6	1	1	1	-	0	7	13	-	-	1	1	1	1 (d)	1 (d)	1	-	Wash treatments and bags applied immediately after harvest

cassava roots held together in one or other of the sack treatments. When data were collected, the contents of 3 replicate sacks were destructively assessed for each of the particular factorial treatment combinations of interest.

The effect of the experimental treatments on the quality of the stored cassava was determined by dissecting the roots and allocating scores to the level of apparent physiological and micro-biological deterioration found within.

Routinely, the contents of each sampling unit was removed and the roots ranked in order of length. The longest and shortest roots were discarded in Trials 1 to 4 while in Trials 5 and 6, every other root was de-selected. Each of the 4 remaining roots were then cut into 4 segments of equal length. Finally, each of the two end quarters were cut in half. In this manner the roots were dissected into 6 segments. Once exposed, the cross-sectional surface of each of the 5 cuts was scored on a scale 1 to 5 for the degree of microbial spoilage. In Trials 1 to 3, the physiological deterioration of the root cortex was also scored on a scale 1 to 5. In Trials 4 to 6, however, the physiological scale was extended to 6. The mean scores derived from each sampling unit were used in subsequent statistical analysis.

A microbial score of 1 suggested the complete absence of any symptoms of rot. A score of 2 implied 1-25% of the cross-sectional area of the root affected by microbial spoilage. The scores 3 to 5 donoted the increased incidence of rot from 26-50, 51-75 and 76-100% of the cut surface respectively.

Physiological scores of 1 indicated a blemish-free white cortex. A score of 2 referred to tissues exhibiting a slight cream colouration but still without signs of overt deterioration. A score of 3 described a distinct blue tinge in the tissues indicative of the onset of physiological deterioration. The scores 4 to 5 (Trials 1 to 3) and 4 to 6 (Trials 4 to 6) defined progressively more intense blue and blue/black discolourations.

Results and Discussion

The principle findings of the investigations are summarised in Tables 2 and 3. All the main experimental factors were shown to have some influence on the physiological and micro-biological status of the stored cassava roots. Although the response of the local cultivars to particular treatment combinations differed in detail, the predominant trends were the same for all the varieties studied.

Without exception, when compared to roots held in open-weave sacks, the use of polyethylene bags or recycled rice sacks greatly ($P<0.001$) retarded the onset of deteriration and the subsequent rate of spread of both physiological and microbial deterioration. Further, as exemplified in Trial 1, 4 and 6, this disparity of response was significantly accentuated over time ($P<0.05$).

Results of Trial 2 indicate that cassava placed in bags immediately after harvest maintained their quality into the third week of storage. A delay in the use of polyethylene bags by 24 h resulted in higher levels of microbial rot. This disparity was not obvious after 8 days in store but became significant ($P<0.05$) after 15 days. The level of physiological deterioration in such roots also increased.

Additional studies suggested that provided roots are allowed to 'cure' in warm, humid conditions for a period of 4 days immediately after harvest, they can then be removed and held under ambient conditions for at least a further 10 days without a significant loss of quality (Trial 4).

The manner in which fresh cassava responded to various wash treatments indicated that the water and thiobendazole dips or sprays profoundly enhanced the storage life of the roots. Moreover, the application of thiobendazole not only had the desired effect of depressing the rate of microbial deterioration, in all trials, but also could often retard the symptoms of physiological deterioration to a greater extent than water treatments alone ($P<0.001$, Trial 1).

Water treatments suppressed symptoms of post-harvest deterioration relatively efficiently for period of about a week (Trials 5 and 6). Thereafter, although physiological scores may remain acceptably low, the incidence of microbial spoilage tended to rise in comparison to thiobendazole treated roots ($P<0.001$, Trials 1 and 5). Provided cassava roots are placed in polyethylene bags soon after harvest, the efficacy of either water or thiobendazole treatments is not influenced by the mode of application or a delay of such applications for up to 2 days (Trials 1 and 3).

In practical terms both domestic and commercial consumers of fresh cassava in Ghana are likely to find produce with a physiological score of 2.5 and below and a microbial score of 1 or 2 to be quite acceptable. Using these values for guidance it is evident that most of the technical interventions studied in Trials 1 to 6 could conserve locally produced cassava at an acceptable level of quality for periods in excess of 12 to 13 days, a week longer than traditional West African systems.

Work is continuing in Ghana to adapt the storage technology more closely to the needs of various client groups and, in particular, to investigate further the potential use of recycled rice sacks as an alternative to polyethylene bags. Studies are also underway to assess the cost effectiveness of implementing such technologies under local conditions.

Table 2

The influence of different factorial treatments on the extent of micro-biological and physiological deterioration of fresh cassava roots held in store (Part 1).

	Variables	Factorial Treatments										Contrasts	Standard Error
			Assessment	Day	Containers & Wash Treatment							(between levels)	
Trial No.		Main Effects			Contrast Codes: 1	2	3	4	5	6	7		
		Containers	Levels		OW	P							
1	Phys.				4,50	2,20						All	0,67
	Micro.				3,60	1,90						All	0,65
		Washes	Levels		D	W (d)	T (d)	T (s)					
	Phys.				4,90	3,70	1,60	2,00				All	0,63
	Micro.		7		2,90	1,70	1,20	1,40				All	0,68
			13		4,30	3,50	1,80	1,20					
		Containers	Levels		OW	P (i)	P (ii)						
2	Phys.				3,40	2,00	2,30					All	0,33
												2 v 3	0,27
	Micro.		8		2,70	1,50	1,70					All	0,70
			15		3,50	1,40	2,30					2 v 3	0,57
		Washes	Levels		D	W (d)	T (d)						
	Phys.				3,70	2,40	2,00					All	0,32
												2 v 3	0,26
	Micro.				3,10	2,00	1,40					All	0,41
												2 v 3	0,33
		Containers	Levels		OW	P							
3	Phys.				4,00	2,40						All	0,36
	Micro.				3,20	1,90						All	0,36
		Washes	Levels		D	T (i)	W (i)	T (ii)	W (ii)	T (iii)	W (iii)		
	Phys.				4,00	2,40	2,50	2,00	2,50	2,30	2,50	All	0,55
	Micro.				3,20	2,00	2,00	1,60	2,00	1,70	1,90	All	0,56
		Containers	Levels		OW	P (a)	P (b)						
4	Phys.		7		3,30	2,10	2,10					1 v (2&3)	0,58
			14		4,50	2,40	2,50					2 v 3	0,47
	Micro.		7		2,40	1,70	1,60					1 v (2&3)	0,60
			14		3,80	2,00	2,00					2 v 3	0,49
		Washes	Levels		D	T (d)	W (d)						
	Phys.		7		3,30	2,10	2,20					1 v (2&3)	0,42
			14		4,50	2,20	2,70					2 v 3	0,34
	Micro.		7		2,40	1,60	1,70					1 v (2&3)	0,59
			14		3,80	1,80	2,20					2 v 3	0,48

Notes:
OW Open-Weave sacking
P Polyethylene bags
D Dry roots
W (d) Water dip
T (d) Thiobendazole dip
T (s) Thiobendazole spray
P (i or ii) Polyethylene bags applied on days 0 or 1
T (i, ii or iii) Thiobendazole spray applied on days 0, 1 or 2
W (i, ii or iii) Water spray applied on days 0, 1 or 2
P (a&b) Polyethylene bags retained or removed on day 4

Table 3

The influence of different factorial treatments on the extent of micro-biological and physiological deterioration of fresh cassava roots held in store (Part 2).

	Variables	Factorial Treatments							Contrasts	Standard Error
Trial No.		Main Effects	Assessment	Day	Containers & Wash Treatment				(between levels)	
		Containers	Levels		P		R			
		Washes			W (d)	T (d)	W (d)	T (d)		
5	Phys.		6		2,10	2,10	2,20	2,00	All	0,73
			12		2,60	2,30	2,90	2,20		
			18		3,40	2,20	2,60	2,60		
			Levels		W (d)	T (d)				
	Micro.		6		1,70	1,50			All	0,66
			12		2,40	1,60				
			18		2,80	1,70				
		Washes	Levels		D	W (d)	T (d)			
6	Phys.		7		2,20	2,20	2,10		All	0,27
			13		2,70	2,20	2,10			
	Micro.		7		1,60	1,50	1,40		All	0,41
			13		2,30	1,60	1,50			
Notes:	P Polyethylene bags				D Dry roots					
	R Recycled Rice Sacks				W (d) Water dip					
					T (d) Thiobendazole dip					

References

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1992 - *Cassava Program* 1987-91. Working Document N° 116. CIAT: Cali, Colombia.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, 1989 - *Conservation of cassava roots in polyethylene bags.* Study Guide (Series: 04SC-07.06). CIAT: Cali, Colombia.

KAY (D.E.), 1987 - Rootcrops. *TDRI Crop and Product Digest* N° 2 - Second Edition. 30-56. NRI, Chatham, United Kingdom.

NATURAL RESOURCES INSTITUTE, 1992 - COSCA *Phase I Processing Component.* - COSCA Working paper N° 7. NRI, Chatham, United Kingdom.

RICKARD (J.E.), 1985 - Physiological deterioration of cassava roots. *J. Science of Food and Agriculture,* 36 : 167-176.

RICKARD (J.E.), WHEATLEH (C.), GILLING (J.), 1992 - *Report on visit to Ghana to assess potential for fresh cassava shelf life extension technology.* 8th to 25th March 1992. Report, NRI, Chatham, United Kingdom.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Cassava : Opportunities for the food, feed, and other industries in Africa

Le Manioc : perspectives pour l'alimentation humaine, l'élevage et les industries en Afrique

M. BOKANGA

— Abstract —

The production of cassava in Sub-Saharan Africa has been increasing faster than the production of cereals. Many studies have demonstrated the technical feasibility and the economic advantages of using cassava in partial or total replacement of wheat for breadmaking but the baking industry in non-wheat producing countries has been reluctant to reduce the use of wheat. Targeting the composite and wheatless flour projects to rural and small scale users may prove to be more successful than trying to persuade large mills and bakeries to change their mode of operation. Technologies developed at the International Institute for Tropical Agriculture for making bread and other bakery products from cassava and soybean flour are receiving an enthusiastic response.

The physico-chemical characteristics of cassava starch make it preferable to use starch from other crops for many applications in the food, paper and textile industries.

The ever increasing competition for cereals in the human and livestock industry in most countries of tropical Africa makes it imperative to explore the potentials of cassava as a replacement for maize and wheat in processed feeds. Opportunity cost favors the use of cassava roots as replacement for maize in livestock feeds during the dry season when the price of maize rises considerably. Simple processing techniques profitable for small scale farmers are available for producing acceptable cassava products for the livestock feed industry. Inclusion of cassava leaves in such products improves the nutritive value of animal feed through enhancement of its protein quality, mineral and vitamin contents.

Increasing cassava utilization by the food and feed industries will stimulate cassava production by maintaining a high demand for cassava products.

— Résumé —

La production de manioc en Afrique sub-saharienne a augmenté plus vite que celle des céréales. De nombreuses études ont démontré la faisabilité technique et l'intérêt économique d'utiliser le manioc pour remplacer partiellement ou totalement le blé dans la fabrication du pain, mais les boulangeries industrielles des pays non producteurs de blé sont réticentes à réduire l'utilisation du blé. Encourager des projets ruraux à petite échelle de production de pain utilisant des farines composées sans blé peut s'avérer être plus efficace que d'essayer de persuader les grandes minoteries ou boulangeries de changer leur mode de préparation. Les technologies mises au point à l'Institut International d'Agriculture Tropicale (IITA) pour la préparation de pain et de produits voisins à partir de farines de manioc et de soja reçoivent un accueil enthousiaste.

En raison des propriétés physico-chimiques de son amidon, l'utilisation du manioc dans les industries alimentaires, de la pâte à papier et du textile est préférable à celle de nombreux autres productions végétales.

Dans la plupart des pays d'Afrique Tropicale, la concurrence toujours croissante pour l'utilisation des céréales entre les industries alimentaires pour l'homme et l'animal rend indispensable d'explorer les possibilités de remplacement du maïs et du blé par le manioc dans les aliments préparé pour l'alimentation animale. La comparaison des coûts est favorable à l'utilisation des racines de manioc en remplacement du maïs dans les aliments pour bétail pendant la saison sèche quand le prix du maïs augmente considérablement. Des techniques simples utilisables dans des petites exploitations sont disponibles pour produire des produits dérivés du manioc acceptables pour l'industrie alimentaire du bétail. L'incorporation de feuilles de manioc dans ces produits renforce la valeur nutritionnelle des aliments pour les animaux grâce à l'amélioration de la qualité de leurs protéines et de leur teneurs en minéraux et en vitamines.

L'augmentation de l'utilisation du manioc par les industries alimentaires pour l'homme et l'animal stimulera la production du manioc en maintenant une demande élevée pour les produits qui en sont dérivés.

Introduction

The world production of cassava in 1990 was estimated at about 158 million tons, 46 % of which was produced in Africa (FAO, 1991a). The African production had increased by 12.5 % compared to the 1988 production level. It has been estimated that about 90 % of the cassava produced in Africa is used for human food while the remainder is used largely as animal feed and very little is used in industrial processes (Cock, 1985). Traditional foods processed at home or in small scale cottage operations constitute the principal mode of utilization of cassava. Its use in livestock feeding is largely confined to experimental stations with little adoption by commercial livestock producers, despite the great potential of using cassava in feed formulations as it is done in the European Economic Community where cassava, imported mainly from Thailand, is incorporated in livestock rations at the rate of 10 to 40 % (Phillips, 1983).

If the current increase in cassava production in Africa is not met with an increase in the demand for cassava, it will result in a lowering of the farm gate price for cassava, a disincentive for cassava production. A drop in cassava production will follow, bringing with it a reduction in the farmer's income and welfare. This paper will show that available technological innovations allow the use of cassava in the food, feed and other industries in partial or total substitution of cereals such as maize and wheat whose production is insufficient to meet current demand or which have to be imported using scarce foreign exchange reserves.

1. Cassava and the baking industry

The consumption of bread in Africa has become a well-established habit not only in the city but even in the rural areas. This newly acquired taste for bread can be attributed to the convenience of bread as a food : it requires little or no packaging, and can be kept for several days at room temperature. It may be used as a breakfast food but also as part of other meals where it may be eaten with sauces and stews. The protein content of bread is around 8 % (Lorenz and Kulp, 1991) and, although deficient in the essential amino acid lysine, when consumed along with legume-based foods, it contributes to healthy nutrition.

The major problem with bread consumption in African countries is that wheat needed to make bread cannot be grown in most consuming areas. Ten countries (Nigeria, Zaire, Tanzania, Mozambique, Guinea, Uganda, Madagascar, Angola, Côte d'Ivoire and Cameroon) which produce over 90 % of the African cassava production import annually about 2 million tons of wheat (Table 1). Their local wheat production capacity represents less than 7 % of their wheat imports (FAO, 1991b).

Table 1
Cassava and wheat production and wheat imports in the 10 major cassava-producing countries of Africa.

Country	Cassava production [1] (× 1000 metric tons)	Wheat production [2] (× 1000 metric tons)	Wheat import [2]
Nigeria	20,000	23	1,172
Zaire	18,200	20	200
Tanzania	6,300	76	54
Mozambique	3,700	5	100
Guinea	3,600	0	72
Uganda	3,400	9	12
Madagascar	2,300	0	34
Angola	1,900	n.a.	n.a.
Côte d'Ivoire	1,400	0	208
Cameroon	1,200	1	95
Total	62,000	134	1,947
Africa Total	68,900		

1 Source : FAO, 1992.
2 Source : FAO, 1991b.
n.a. = not available

The idea of substituting part of the wheat with other starchy crops is not new. For over forty years several institutions, including FAO, have carried out research designed to find ways of partially substituting wheat flour with other sources of flour or replacing wheat altogether (Dendy and Trotter, 1988). Although the literature abounds with reports of technological successes, there has been little implementation. In most cases, composite flour programs and other wheat-replacing technologies were targeted to large scale commercial operations. The resistance of the wheat producers was to be expected. Wheat producers could afford to reduce the price of wheat to a level where the substitution technologies would became less profitable than wheat.

In almost all wheat importing countries, large wheat mills were erected and their operations became a good source of income for governments and provided employment to many. The government of those countries were therefore reluctant to see the wheat mills closed down. On a few occasions, however, some governments like Nigeria in 1988 took the bold step of forbidding the importation of wheat. Unfortunately, such decisions are often short-lived. In the case of Nigeria, the ban on wheat importation lasted about four years. It now has been lifted, to the benefit of the wheat producers.

Targeting the small scale user may yield better results. Large amounts of cassava are found daily on the market place in many countries particularly in Central, Eastern and Southern Africa. The increase in cassava production in recent

years will drop the farm gate price of cassava if the demand for cassava is not kept high. This demand can be maintained or increased if, in addition to traditional cassava products, new food products possessing the convenience and attraction of modern standards of living can be produced from cassava. They should be relatively easy to make and require only locally available ingredients.

Research done at the International Institute of Tropical Agriculture (IITA) has lead to the production of a nutritious bread and other baked products such as cakes and biscuits using cassava and soybean flour, cassava starch, margarine and eggs. The complete list of ingredients for making the cassava-soy bread is indicated in Table 2. To make cassava-soy bread, all the dry ingredients are mixed in a Kenwood high speed mixer at low speed for 1 minute. The water and whisked egg white is added at this stage, and all the ingredients are mixed at high speed for 10 minutes. The slightly cohesive and viscous batter produced is then deposited into a baking pan and smoothed down with a plastic spatula. The batter is fermented at 30 °C (85-90 % RH) for 60 minutes in a fermentation chamber and is then baked at 200 °C for 30 minutes.

Table 2
The basic cassava bread formula

Ingredient	Amount (g)
Cassava flour	80[a]
Raw or Roasted Soy Flour	20[a]
Dried Yeast	1.5
Salt	1.5
Sugar	6
Oil (Margarine)	10
Water	110
Whisked Egg White	48[b]

a Based on 14 % moisture content
b Based on 12 % dry matter content. The water contained in the egg white is taken into account in the total water added.

The acceptability of cassava bread prepared with the IITA recipe was assessed among middle to high income consumers and in a rural community in Oyo State (Nigeria). The results of the survey are summarized in Table 3. Over 85 % of consumers found the cassava bread good or very good, whether they live in the city (85.5%) or in rural areas (86.2%).

Table 3

Consumer rating of cassava bread (IITA recipe) in an urban and rural locations in Oyo State

Test parameter	Location	% respondent scoring				
		Very good	Good	Fair	Bad	Very bad
Taste	City	25.5	60.7	14.5	0	0
	Village	49.3	44.8	4.5	1.5	0
Texture	City	25.5	58.2	14.5	1.8	0
	Village	38.5	47.7	12.3	1.5	0
Color	City	45.5	34.5	18.2	1.8	0
	Village	60.6	34.8	4.6	0	0
Accepta-	City	29.1	56.4	14.5	0	0
bility	Village	63.1	23.1	13.8	0	0

The question that is often asked is whether any cassava flour could be used to make bread. In 22 cassava varieties screened, there was a strong negative correlation between the diastatic activity of the cassava flours and the specific loaf volumes of the bread. Flours with a relatively high diastatic activity and therefore low maximum paste viscosity produced dense, pudding-like structures, and were therefore not suitable for bread making. It is also generally known (Schwimmer, 1981) that when an excessive amount of alpha-amylase (a component of the diastatic activity) is present in wheat flour, deleterious quality effects are usually observed in the bread. Cassava flour diastatic activity and maximum paste viscosity are therefore being used as screening parameters for cassava improvement with regard to bread making. Among the varieties screened, the improved varieties TMS 4 (2)1425 and TMS 30001, and the local variety Antiota were found to have the best bread making ability.

A study in progress is revealing that the diastatic activity of cassava varieties varies with the age of the plant and other agronomic conditions. The study will determine the optimum growing conditions, time of harvest and the best method of cassava flour preparation to ensure the production of the best quality flour for bread making.

The method of flour preparation is important in determining the quality of the cassava flour for bread making. A hand-operated chipping machine and a manual mill/grinder were developed in response to problems encountered in the production of cassava flour. The chipping machine reduces the tuberous root to about 5 mm diameter chips thus increasing the surface area exposed to air and resulting in a faster drying rate. The production of small size cassava chips results in greater physical damage imparted to cassava roots and a greater reduction in the cyanogenic potential of the flour.

Drying of cassava must be done immediately after harvest to prevent the physiological deterioration of cassava that usually develops a few days after harvest. This deterioration leads to the production of flour of sub-optimal color. Sun-drying is the most prevalent method of drying crops because it is the simplest and most affordable means of drying in rural areas. Artificial drying can be used provided the drying air temperature is maintained below 55 °C and the air is circulated. Sun-drying cassava chips on concrete floor even during the wet season proved to be more efficient than traditional practice of drying chopped or whole tubers. A loading density of 2.5 kg/m2 is optimum during the rainy season but this can be increased to 3.5 kg/m2 during the dry season. Under these conditions, drying can be completed in 8 to 10 h with maximum retention of the bread making quality of cassava chips.

The ingredients and methods for the production of biscuits, cakes and buns with cassava flour or starch and soy bean flour are described in a document that is available on order from IITA. We are currently conducting acceptability surveys in Nigeria. Preliminary results show that these products are much more appreciated than the cassava-soy bread. The responses received from those who have tested the products range from disbelief to admiration. Some of them have gone on to make these products in their homes and, very soon, we expect that there will be commercial exploitation by small scale operators. If this phenomenon is expanded, it is expected that the demand for cassava will be kept high and that eventually cassava would cut into the wheat market share.

2. Prospects for industrial uses of cassava starch

The production and use of cassava starch is an area that could offer the strongest competition not only to maize, wheat, rice and potato. Indeed, cassava flour and starch have unique properties which make them ideal for many applications in the food, textile and paper industries where flour and starch from the other crops have the quasi monopoly.

Cassava starch, because of its high amylopectin content, form clear, fluid, non-gelling pastes with little retrogradation tendency. It has the lowest gelatinization temperature compared to maize, wheat and potato starch ; this means that it consumes less energy during cooking. Drying cassava starch at 70 °C produces short-textured pastes with lowered viscosities which are preferred for pie fillings, cream puddings and the production of baby foods. Dextrins produced from cassava starch can be formulated into better adhesives ideal for uses in gums for envelopes, postage stamps, bottle labeling adhesives, lined cardboard boxes and in binding pigments for the glass fiber industry. There are endless opportunities for chemically modified cassava starch in a market that is currently dominated by modified cereal starches.

All these opportunities depend on the availability of good quality products, the production of which is beyond the means of small scale farmers. Rust-free machinery and clean water are essential and constitute an important investment. The small scale farmer should however have the responsibility to produce high quality cassava chips to reduce the need to transport bulky cassava roots. To avoid the bio-deterioration of cassava roots which start within 2-3 days after harvest, the roots should be dried immediatelyafter harvest to maintain their quality. In Latin America, some development projects are organizing cassava farmers into farmer-managed cooperatives which produce cassava flour and starch for sale to industries. Similar developments in Africa will contribute to raising the income of farmers and establishing truly African industries.

3. Cassava in the livestock feed industry

Animal subsist on a free range with minimal input. Under these conditions, productivity of stock is considerably low due to poor genetic potential and phenotypic factors. Of all the inputs required for satisfactory productivity of livestock in Africa, inadequate feeding constitutes the largest single factor militating against livestock productivity on this continent.

Africa's agricultural system is largely heterogeneous with a predominance of root crops in the farming system. It is therefore imperative to match livestock production with sustainable farming systems if the perennial shortage of feed for livestock will be overcome.

The cereal grains for the bulk of commercial livestock feed as contained in Table 4, constitutes between 40 % and 55 % of compounded rations. Even for ruminants that feed largely on roughage such as herbage, concentrate feeds are required to optimize their productivity. The supply of grains has therefore largely determined the availability of compound livestock feeds. Grains therefore continue to singly determine the course of the livestock industry. This becomes significant when it is realized that there is a traditional keen competition for the available grains between direct human consumption, the feed milling industry and in countries such as Nigeria where there is the newly-added fierce competition from the Breweries, flour mills and some other food industries due to the ban on importation of wheat, malt and barely.

In Nigeria, the feed milling industry estimated requirement for grains is conservatively put at about 400,000 metric tons in 1993. The annual requirement of the brewing industry is estimated at about 600,000 tons of grains while the demand from the flour mills is about 1 million tons.

These requirements could only be met if the current level of maize production is doubled. However, bearing in mind that the growth rate of grain

Table 4
Inclusion rate of feed ingredients in Nigeria Livestock industry.

Feed Ingredients	Inclusion rates (kg/Mt)
Maize	400-500
Sorghum	400-550
Wheat offals	200-300
Maize offals	20-300
Sorghum offals	200-300
Groundnut cake	200-300
Soybean meal	200-300
Palm kernel cake	100-250
Full-fat soya	50-200
Bone meal	35-100
Oyster shell	35-100
Brewers dried grains	5-100
Vitamins	5-10
Minerals	5-10
Fish meal	1-5
Meat meal	1-5
Methionine	1-5
Lysine	1-5
Feed Additives	0-1
Salt	0-0.5

Source : Bello A.O. (1989)

production even in advanced countries is about 6 %, it is doubtful if a better growth rate could be achieved in Nigeria even under the best weather conditions. Therefore, there is an urgent need for the use of other readily available alternatives such as cassava.

Cassava has a prime of place in tropical agriculture. It is undoubtedly the only alternative that can replace a considerable portion of maize in the livestock feed industry. The nutrient composition of cassava tuber and peels are presented in Table 5. It is comparable to maize as a source of energy though its tubers are notoriously deficient in protein. It has been demonstrated that for various livestock species including poultry, cassava tubers can replace all of maize provided adequate supplementation of protein and micronutrients are ensured (Tewe 1975, Oke 1978, Tewe and Egbunike 1992).

Table 5
Proximate composition of cassava storage roots

Constituents	Peel (range %)	Storage root (range %)
Dry matter (%)	29.6 (27.3 — 33.5)	30.8 (13.0 — 43.3)
Crude protein (%)	4.9 (2.8 — 6.5)	2.3 (1.5 — 3.5)
Crude fiber (%)	16.6 (10.0 — 22.0)	3.4 (1.3 — 77.0)
Ether Extract (%)	1.3 (0.5 — 2.2)	1.4 (0.8 — 3.2)
NFE (%)	68.5 (62.5 — 72.9)	88.9 (88.0 — 94.1)
Ash (%)	5.9 (3.5 — 10.4)	2.5 (1.6 — 4.1)

Source : Smith (1992)

The major limitations of using cassava in livestock feeding rest on :
- opportunity cost of its use in the industry as compared to its use in human food ;
- the dustiness of the dried cassava flour which not only limits intake in stock but also constitutes a menace in the milling industry ;
- cost of protein supplementation of cassava based rations ;
- variation in quality of dried products in terms of contaminants, microbial proliferation and cyanide content.

In Nigeria, the seasonal variations in the price of cassava and maize determine the proportions to be included in compound rations. During the dry season of the year (between December and April), the price of maize rises considerably while that of cassava flour drops as the intense solar radiation encourages production of dried cassava flour. Some ingenious medium scale livestock farmers and feed millers substitute between 10-50 % of the compound feed with cassava at the expense maize. The limitations being largely dictated by the price advantage, and the other components which determine the dustiness of the final product - oily components help reduce dustiness of cassava ration. This is quite significant particularly in Nigeria where over 90 % of the commercial livestock feed produced is for poultry. Replacement of 50 % of maize in the dry period of the year can save about 100,000 metric tons of maize for human consumption and other industries.

In order to get rid of the dustiness of cassava, the use of age old traditional technologies can be adopted. In a collaborative study between the IITA and the University of Ibadan, whole cassava roots are washed, grated and fermented for three days. Cassava leaves are also harvested and sun-dried.

The grated roots are pressed on the third day and fried in a certain proportion to the sun-dried leaves. The friable product looks like gari and in addition to its high energy content, it contains about 7 % crude protein. This product can be incorporated into livestock and poultry ration without the attendant

dustiness. The heat applied during frying also destroys microbial organisms and the additional protein from the leaves reduces the cost of protein supplementation of the cassava based ration. The product which is currently being used for a layer study also impacts a better egg coloration than a corn based ration due to appreciable carotene content. The peel which is grated with the root also reduces the need for filler materials such as wheat offals or corn bran.

Cassava leaves provide opportunities for reducing the protein deficiency of cassava products. According to Ravindran (1992), cassava leaf yields amounting to as much as 4.60 tons dry matter per hectare can be produced as a by-product at root harvest. The current practice in most industries is to return this valuable feed resource to the soil as a green manure. As shown in Table 6 the nutrient content compares favorably with alfalfa meal. Cassava leaves are good sources of minerals and are also rich in ascorbic acid, vitamin A and contain significant amounts of riboflavin. It is deficient in methionine, possibly marginal in tryptophan but rich in lysine (Eggum 1970, Rogers and Milner 1963). It can therefore serve as a valuable source of protein and vitamin A particularly in layer rations. It should however be noted that levels of inclusion in literature hardly exceeds 5 % (Khajarern and Khajarern, 1985). Our studies which involves frying root and leaves as earlier described can offer a way to increase level of cassava leaf inclusion in livestock rations.

Table 6

Proximate composition and metabolizable energy of cassava leaf meal and alfalfa meal.

Constituents	Cassava leaf meal	Alfalfa Meal
Dry matter (%)	93.0	93.1
Crude protein (%)	21.0 (16.7-39.9)	20.0
Crude fat (%)	3.5 (3.8-10.5)	3.5
Crude fiber (%)	20.0 (4.8-29.6)	20.0
Ash (%)	8.5 (5.7-12.5)	10.5
Metabolizable Energy (kcal/kg)		
For poultry	1.80 (1.56-1.94)	1.63
For swine	2.16	2.03

Source : Ravindran (1992)

Conclusion

The use of cassava in the tropics has largely explored traditional technologies for processing of its roots into human food. The opportunities for inclusion of cassava in industrial food processes, particularly in the baking and starch industries appear tremendous. On the other hand, livestock feeding programs in the tropics involve usage of a very small fraction of cassava. There is the need to explore traditional technologies that can be readily adapted by small scale farmers who largely grow this crop. They can produce wholesome cassava products which will have ready markets with feed millers and livestock farmers who are presently faced with acute problems of energy shortage due to high competition for maize. The incorporation of cassava leaves into livestock ration will also help alleviate the problem of protein deficiency usually associated with consumption of cassava by humans and animals.

Finally, it should be recognized that it is socially and economically advantageous to divert the use of cassava for industrial food and livestock feeds because experiences have confirmed that increase in production of cassava leads to a glut in the cassava market. The price instability that prevails discourages the expansion of cassava cultivation and utilization. The diversion of such excess cassava for human food and animal feeds will guarantee price stability of cassava and encourage sustained cassava production.

References

BELLO (A.O.), 1988 - « Problems confronting feed milling industry in Nigeria and Possible Way Out ». *In* Babatunde (G.M.), éd. : *Proceedings of National Workshop on Alternative Formulations of Livestock Feed* : 65-94.

COCK (J.H.), 1985 - *Cassava : New potential for a neglected crop.* Boulder, Colorado, USA, . Westview Press.

EGGUMS (O.L.), 1970 - The protein quality of cassava leaves. *British Journal of Nutrition,* 24 : 761-769.

DENDY (D.A.V.), TROTTER (B.W.),1988 « Wheatless and composite bread - Technologies awaiting adoption ». *Lebensmitteltechnologie*, 88 (6) : 13-18.

FAO, 1991a - *Food Outlook*, May 1991. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

FAO, 1991b - *Food balance sheets : 1984-85 average.* Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

KHAJARERN (S.), KHAJARERN (J.), 1985 - « Potential For the Better utilization of crop residues and Agro-Industrial By-Products in Animal Feeding in South East Asia with special reference to methodology, equipment, facilities and personnel as well as outline of Research Priorities of the Region ». *In Better utilization of crop residues and by-products in animal feeding : Research guidelines. 1. State of knowledge.* FAO. Animal Production and Health Paper 50 : 65-80.

LORENZ (K.J.), KULP (K.), 1991 - *Handbook of cereal technology.* New York , Marcel Dekke : 853.

OKE (O.L.), 1978 - Problems in the use of cassava as animal feed. *Animal feed Science and Technology* 3 : 345-380.

PHILLIPS (P.T.), 1983 - «An overview of cassava consumption and production». *In* Delange (F.), Ahluwalia (R.), éd. : *Cassava toxicity and Thyroid : research and public health issues. Proceedings International Workshop on Cassava Toxicity.* IDRC-207e. Ottawa : 83-8.

RAVINDRAN (V.), 1992 - « Preparation of cassava leaf products and their use as animal feeds ». *In Roots, tubers, plantain and bananas in animal feeding FAO.* Animal production and Health Paper, 95 : 111-125.

ROGERS (D.J.), MILNER (M.), 1963 - Amino acid profile of manioc leaf protein in relation to nutritive value. *Economic Botany,* 17 : 211-216.

SMITH (O.B.), 1992 - « A review of ruminant responses to cassava based diets ». *In* Hahn (S.K.), Reynolds (L.), Egbunike (G.N.), éd. : *Cassava as Livestock Feeds in Africa* : 39-53.

TEWE (O.O.), 1975 - *Implication of the cyanogenic glucoside fraction of cassava in the growth and reproductive performance of rats and pigs.* Ph.D. Thesis. Dept. of Animal Science, University of Ibadan, Nigeria.

TEWE (O.O.), EGBUNIKE (G.N.), 1992 - « Utilization of Cassava in non-ruminant livestock feeds ». *In* Hahn (S.K.), Reynolds (L.), Egbunike (G.N.), éd. : *Cassava as Livestock Feeds in Africa* : 28-38.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Potentialités de nouveaux produits dérivés du manioc au Brésil

Potentialities of new cassava-based products in Brazil

G. CHUZEL* **, *N. ZAKHIA* *, *M. P. CEREDA* *

** CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France*
*** UNESP-FCA, CP 237, 18603 Botucatu SP, Brazil*

– Résumé –

Le manioc occupe une place importante au Brésil avec une production annuelle de 22 à 25 millions de tonnes. Les systèmes de production et de transformation présentent des niveaux technologiques variables d'une grande région à l'autre. Le marché principal sur l'ensemble du pays concerne la « farinha ». L'ouverture de nouveaux marchés pour le manioc et ses dérivés permettrait de revaloriser cette culture. Cet article présente les tentatives de diversification et la stratégie brésilienne pour le développement de nouveaux produits à base de manioc.

L'approche adoptée consiste à identifier ces diversifications selon une matrice reliant le marché « traditionnel/nouveau » au produit « traditionnel/nouveau ». Cette démarche est comparée à celle de l'évolution intéressante du secteur amidonnier français. En effet, face aux bouleversements et aux demandes industrielles variées et croissantes, celui-ci a dû modifier ses gammes de produits, en créer de nouvelles et rechercher de nouvelles applications.

Les industries brésiliennes du manioc entreprennent de plus en plus des initiatives pour diversifier leurs marchés. Ces diversifications concernent notamment le développement du marché du *polvilho azedo* (amidon fermenté et séché au soleil, présentant un pouvoir de panification) dans les *fast food* et pour la formulation de pre-mix ; ou l'utilisation de la *farinha* dans l'extraction de minerais ; ou la fabrication de frites de manioc congelées ; ou encore l'utilisation de l'amidon de manioc comme substitut du malt en brasserie.

Bien qu'encore limitées, ces diversifications représentent un marché potentiel important qui permettrait de revaloriser l'ensemble de la filière du manioc au Brésil (production, transformation, commercialisation). Face à ces enjeux, les industries brésiliennes ont besoin d'investir dans des travaux de recherche-développement, tant en technologie qu'en identification de marchés et marketing.

– Abstract –

Cassava in a very important crop in Brazil ; its annual average production amounts 22-25 millions of tonnes. Cassava production and processing show variable technical levels from one region to another. « Farinha » is the most marketable processed cassava. However, new markets should be open for cassava-based products, in order to add value to this crop culture. The present paper shows the brazilian attempts for diversifying cassava products. These diversifications were identified according to a matrix linking the market (either traditional or new) to he product (traditional or new). The brazilian strategy is also compared to the interesting evolution of starch industry in France. Indeed, this latter had to develop inventive products and new uses in order to face the increasing demand.

Brazilian cassava industries are more and more trying to find new cassava uses in order to enter new markets. For instance, they developed the use of « polvilho azedo » (a naturally fermented and sun-dried starch) in fast food or in elaborating breadmaking premix. They also promoted the preparation of frozen cassava chips or the use of cassava starch as malt substitute in brewing, or the use of « farinha » in ore extraction.

Although, the brazilian attemps for diversifying cassava uses and markets are still limited, they present a great potential market for adding value to cassava production and processing. In order to take this challenge up, brazilian industries need more research-development studies, either for technical or marketing aspects.

Introduction

Le manioc occupe une place importante au Brésil avec une production annuelle de 22 à 25 millions de tonnes. Les systèmes de production et de transformation présentent des niveaux technologiques variables d'une grande région à l'autre (Amazonie, Nordeste, centre-sud, Sud) en fonction des zones agro-écologiques et des conditions socio-économiques. Le marché principal sur l'ensemble du pays concerne la *farinha*, avec 70 à 80 % de la production du manioc réservés à ce produit de base. Ce marché est très fluctuant tant au niveau des prix que de la demande. La diversification de ce marché constituerait un moyen pour stabiliser les prix de la *farinha*, et par là, de la matière première. Ces fluctuations de prix se répercutent sur les surfaces plantées, l'adoption de nouvelles technologies au niveau de la production et sur les revenus mêmes des planteurs de manioc, la majorité de ceux-ci étant constituée de petits agriculteurs.

L'ouverture de nouveaux marchés pour le manioc et ses dérivés permettrait de revaloriser cette culture en général et de lier cette petite agriculture à des marchés en expansion en particulier. En effet, les différents produits intermédiaires que l'on peut obtenir à partir du manioc (cossettes, farine, amidon...), les différentes utilisations possibles au niveau de l'alimentation humaine ou animale et au niveau industriel ainsi que les nombreuses préparations traditionnelles permettent d'envisager de mettre sur les marchés une grande palette de produits dérivés du manioc. Pour cela, la clé reste l'offre de nouvelles technologies ou de nouveaux produits en fonction des marchés actuels ou des marchés potentiels.

Afin d'aborder cette notion de « développement de produit » sous l'angle d'une matrice reliant l'aspect « marché traditionnel/marché nouveau » à l'aspect « produit traditionnel/produit nouveau », nous proposons de présenter le cas du secteur amidonnier français. Nous montrerons comment ce secteur a su évoluer durant les vingt dernières années. Ensuite, nous citerons les tentatives de diversification existantes au niveau du Brésil et essaierons d'en dégager les perspectives à court et moyen termes.

1. Evolution des marchés de l'amidon en France

L'amidon, principalement issu du maïs ou de la pomme de terre, constitue un exemple significatif de l'évolution d'une industrie dans la recherche de nouveaux produits et de nouveaux marchés, et ce dans les secteurs alimentaires et non-alimentaires.

De l'Antiquité jusqu'au début du XIX^{e} siècle, l'on ne produisait que de l'amidon de blé, principalement pour des usages exclusivement non-alimentaires tels que l'empesage des étoffes, le poudrage des coiffures et le collage des papyrus ou du papier. La concurrence entre le glucose et le sucre de betterave ainsi que la révolution industrielle du XIX^{e} siècle ont fait de cette activité artisanale une grande industrie mettant en œuvre diverses matières premières pour des débouchés considérablement élargis. La découverte des dextrines dans les années 1830, puis des lintners en 1890 et surtout des amidons modifiés dans les années 1940, ont permis d'aboutir à l'industrie que l'on connaît aujourd'hui.

L'approche retenue par ce secteur pour assurer son développement a bien relevé d'une démarche croisée : produits nouveaux/traditionnels et marchés nouveaux/traditionnels. Nous prendrons comme exemple le marché des produits amylacés en France entre les années 60 et 90 (figures 1 et 2). Ainsi, nous constatons, en moins de trente ans :

- une augmentation importante (de 5 fois environ) des utilisations de l'amidon. Dans la dernière décade, l'utilisation de l'amidon a augmenté de plus de 3,8 % par an, dans les pays de la CEE ;
- un tonnage de plus en plus important d'amidon utilisé à des fins non-alimentaires (52 à 58%) ;
- une modification profonde de la clientèle avec un développement dans les industries du papier, une extension aux secteurs de la chimie fine et de la pharmacie, mais une baisse dans le domaine du textile.

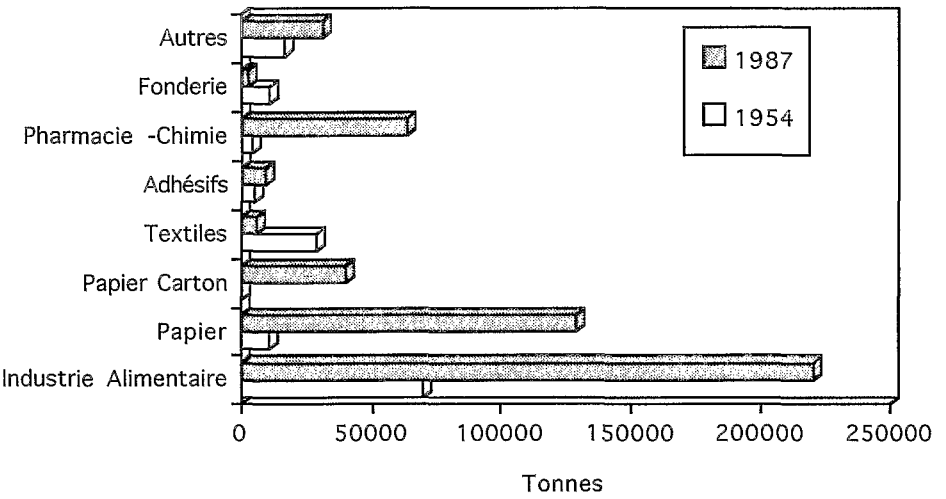


Figure 1
Evolution du marché de l'amidon des années 1960 aux années 1990

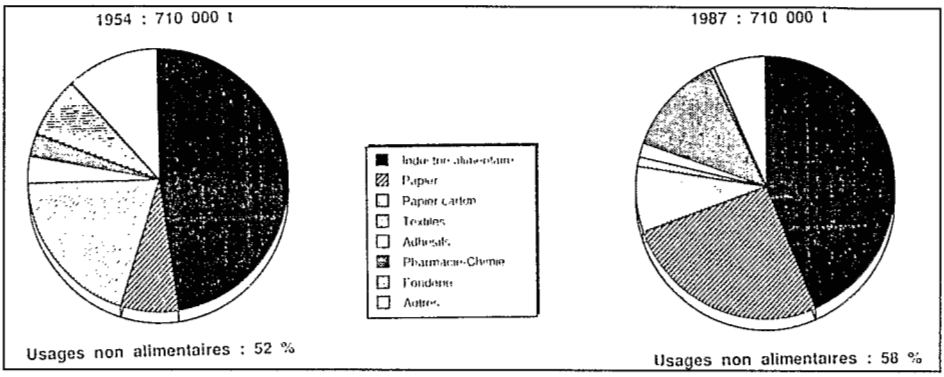


Figure 2
Marché de l'amidon en France : 1960-1990

Afin de faire face à ces bouleversements, l'industrie de l'amidon a dû modifier complètement ses gammes de produits, créer de nouveaux produits, rechercher de nouvelles applications. Pour répondre aux nouvelles demandes ou exigences des utilisateurs, cette industrie a su mieux valoriser, adapter ou modifier les propriétés fonctionnelles et physico-chimiques des amidons (viscosité, pouvoirs liant, épaississant, adhésif, floculant ou dispersant...)

Tableau 1
Marchés de l'amidon en France, 1960-1990

	Produits traditionnels	**Produits nouveaux**
Marchés traditionnels	Amidons natifs et modifiés - Alimentaire -Papier -Textile	Amidons cationiques - Papier - Dextrines modifiées -Adhésifs
Marchés nouveaux	Amidons natifs -Papier-carton - Panneaux Amidons prégélatinisés - Agents de floculation Amidons réticulés, stabilisés - Aliments congelés - Aliments-micro-ondes	Isoglucose - Boissons CM amidon - Pharmacie Amidons lipophiliques - Emulsions -Encapsulation Acides organiques Enzymes

Le tableau 1 résume les développements vécus par cette industrie selon la grille produits/marchés, nouveaux/traditionnels. Nous citerons en particulier :

1.1. Marché traditionnel/nouveau produit

Le développement des amidons cationiques, ayant une meilleure capacité de rétention de l'eau, a permis de renforcer considérablement les marchés existants de l'industrie du papier.

1.2. Produit traditionnel/nouveau marché

Au cours des dernières années, le marché de l'agroalimentaire a largement évolué, ouvrant ainsi de nouveaux marchés pour des amidons modifiés tels que :

- les amidons pré-gélatinisés, solubles à froid ;
- les amidons réticulés, plus stables à la cuisson (pour les préparations prêtes à l'emploi) ;
- les amidons oxydés, résistants à la rétrogradation (pour les produits surgelés) ;
- les amidons réticulés et stabilisés, permettant d'éviter les effets indésirables dus à certains modes de cuisson (chauffage par micro ondes). Ces effets indésirables sont liés à des séparations de phases, des degrés divers de gonflement des grains, une perte de croustillant ainsi qu'une libération non uniforme des flaveurs et arômes.

1.3. Marché nouveau/produit nouveau

Le développement de l'isoglucose et son utilisation dans l'industrie des boissons a permis d'ouvrir des marchés avec une extension spectaculaire, tout particulièrement aux Etats-Unis. Par ailleurs, les techniques de fermentation utilisant l'amidon comme substrat et permettant d'obtenir une palette de produits dérivés, ont ouvert les marchés dans le domaine de la chimie et de la pharmacie.

La même démarche est suivie par l'industrie amidonnière pour renforcer et diversifier ses marchés au cours de la prochaine décade, comme l'illustre le tableau 2 :

- de nouvelles applications pour les produits amidonniers, notamment dans l'industrie des détergents et celle des plastiques biodégradables ;
- de nouveaux produits tels que les amidons thermoplastiques, les biopolymères, les analogues de matières grasses, les cyclodextrines.

Cette démarche permet au secteur amidonnier de pouvoir répondre à de nouvelles exigences d'utilisateurs existants ou potentiels, telles que des considérations nutritionnelles, des normes de qualité ou encore la prise en compte de l'environnement. Ces exigences représentent en fait les principaux enjeux de l'industrie de cette fin du XX^{e} siècle.

Tableau 2
Marchés potentiels de l'amidon à l'horizon 2000

	Produits traditionnels	Produits nouveaux
Marchés traditionnels	Amidons natifs et modifiés - Industrie alimentaire - Papier	Amidons cationiques - Papier Amidons modifiés - Aliments allégés - Analogues de matière grasse - Edulcorants
Marchés nouveaux	Amidons natifs et prégélatinisés -Plastiques biodégradables Amidons thermoplastiques - Détergents - Tensio-actifs	Biopolymères - PHB/V - Acide polylactique

2. L'industrie du manioc au Brésil

Bien que la *farinha* reste le marché principal des produits dérivés du manioc au Brésil, nous pouvons relever une série d'initiatives des industries brésiliennes du manioc (tableau 3) afin de diversifier leurs marchés. En reprenant la grille présentée précédemment, nous pouvons l'illustrer par les commentaires suivants :

Tableau 3
Produits dérivés du manioc au Brésil en 1990

	Produits traditionnels	Produits nouveaux
Marchés traditionnels	Consommation en frais *Farinha* *Plovilho azedo*	Manioc congelé Snacks Amidons cationiques
Marchés nouveaux	*Farinha* - Extraction de minéraux *Polvilho azedo* - Fast-food	

2.1. Des marchés nouveaux pour des produits traditionnels

Ce cas est illustré par le développement du marché du *polvilho azedo* (amidon fermenté naturellement présentant des propriétés de panification) dans des *fast-food* situés dans les centres urbains, ou encore par l'utilisation de *farinha* par les industries d'extraction de minerais.

2.2. Des produits nouveaux pour des marchés traditionnels

Il s'agit ici par exemple de l'utilisation progressive de l'amidon de manioc, natif ou modifié, dans l'industrie alimentaire, la fabrication de frites de manioc congelées...

Bien que ces diversifications restent limitées, elles permettent cependant de montrer d'une part, que ces nouveaux produits ou ces nouvelles utilisations portent sur des marchés-cibles bien identifiés, et d'autre part, que l'industrie brésilienne du manioc n'a pas encore franchi le pas vers de nouveaux produits visant de nouveaux marchés. Cette dernière démarche présente des risques importants et exige des travaux de recherche-développement, tant en technologie qu'en identification de marchés et marketing. Par ailleurs, ces industries ne disposent pas des ressources humaines ou financières correspondantes. A titre de comparaison, le secteur amidonier européen consacre plus de 2 % de son chiffre d'affaires à des travaux de recherche-développement qu'il est impossible d'envisager, à l'heure actuelle, pour les entreprises brésiliennes.

3. Perspectives

Le CERAT (Centro de Raices Tropicais), coordonné par l'UNESP (Universidade Estadual Paulista, Brésil), regroupe 50 chercheurs de diverses institutions de recherche brésiliennes travaillant en appui au développement. Compte tenu de ses moyens et ressources limités, le CERAT se propose d'aider le secteur industriel en adoptant la démarche présentée dans cet article. Le tableau 4 donne les différentes lignes de recherche, avec un effort plus particulier sur la démarche présentant les plus hauts risques, à savoir la ligne nouveaux produits/nouveaux marchés. Des travaux centrés sur cette dernière dynamique ont été initiés dans le cadre d'un projet européen (STD3) intitulé « Valorisation des produits, sous-produits et déchets de la petite et moyenne industrie de première transformation du manioc en Amérique Latine » actuellement en cours.

Tableau 4
Lignes de recherche- développement pour les produits dérivés du manioc

	Produits traditionnels	Produits nouveaux
Marchés traditionnels	Qualité et nouvelles variétés - Consommation en frais - *Farinha* - *Polvilho azedo* - Amidon Industrie alimentaire Papier Textile	Biscuits à haute teneur en fibres Analogues de matière grasse - Produits carnés - Crèmes glacées Cyclodextrines
Marchés nouveaux	Brasserie (substitution de maïs) - *Farinha* - Amidon natif Pre-mixes - *Polvilho azedo*	Sirops de glucose - Industrie alimentaire Sirops de maltose - Brasserie Boissons acidulées Polysaccarides Emballages Sous-produits

Certaines de ces recherches seront prochainement transférables au monde industriel de la seconde transformation, telles que l'utilisation de *farinha* ou d'amidon de manioc en brasserie comme substituts de gritz de maïs, ou la formulation de pré-mix à base de *polvilho azedo* pour la production de pains typiques appelés *pao de queijo*. Certaines entreprises ont déjà manifesté leur intérêt, ce qui montre la pertinence de la démarche utilisée.

Bibliographie générale

ANSART (M.), 1990 - Le poids et la diversité des débouchés industriels de l'amidon. *IAA*, Juin : 541-545.

LEYGUE (J.P.), 1992 - Les utilisations non alimentaires des céréales : quatre débouchés porteurs. *Perspectives Agricoles*, 167 : 40-54.

LIGHT (J.), 1990 - Modified food starches : why, what, where and how. *Cereal Foods World*, 35 (11) : 1081-1092.

SWINKELS (J.J.M.), 1990 - Industrial starch chemistry : properties, modifications and applications of starches, the Netherlands. *AVEBE* n° 05.00.02.006 EF, 48 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Recent developments in cassava frying operation and equipments used for gari production in Nigeria

Développements récents dans le procédé et les équipements utilisés pour la garification au Nigéria

J.C. IGBEKA

Faculty of Technology, University of Ibadan (Nigeria)

- Abstract -

Gari frying or garification is the most critical unit operation in the processing of cassava into gari. The quality of the final product is much dependent on garification which is a combination of simultaneous cooking and drying processes. There is the need therefore to regulate the heat intensity to the required and adequate level at each stage of the process.

The paper reviews and appraises the developments in equipments used in gari frying and these include traditional manually operated, improved manually operated and fully mechanized models. It was found that the design concept of most of the models was based on the village processing techniques. The equipments' simulated the basic principles of continuous agitation and pressing, to avoid the formation of lumps. Although most of the models investigated, performed relatively well, as regards the quality of the final product, the best results were obtained from the improved manually operated equipments.

For the rural small and medium-scale processors, which are in the majority in Nigeria and developing countries, the paper recommends the adoption of some of the improved manually operated models. It further recommends that additional work be done on the ergonomic design of these equipments.

- Résumé -

La garification, qui consiste en une cuisson et en un séchage simultanés, est l'opération la plus critique de la transformation du manioc en gari; elle influe considérablement sur la qualité du produit fini. Par conséquent, il est nécessaire de pouvoir régler l'intensité du chauffage au niveau approprié au cours de l'application du procédé.

Cet article passe en revue et évalue les innovations en matière d'équipements utilisés pour la garification que ce soient ceux utilisés au cours de la garification manuelle traditionnelle, la garification manuelle améliorée ou la garification entièrement mécanisée. Il est mis en évidence que la conception de la plupart des équipements est largement influencée par le procédé traditionnel. Les équipements proposés reposent sur le principe d'une agitation continue et d'un pressage pour éviter la formation de grumeaux. La plupart des équipements testés ont permis l'obtention de produits finis de bonne qualité, mais les meilleurs résultats ont été obtenus avec les machines proposées pour améliorer le procédé manuel traditionnel. Pour les transformateurs ruraux travaillant à petite ou moyenne échelle, qui sont la majorité au Nigéria et dans les pays en développement, l'article recommande l'adoption des équipements permettant l'amélioration des procédés manuels. Il encourage, en outre, à ce que des travaux soient poursuivis pour améliorer la forme de ces machines, en particulier pour permettre une meilleure position assise et un meilleur environnement de travail, afin de limiter les risques et d'apporter un meilleur confort pendant l'opération de garification.

Introduction

Gari is a processed fermented product from cassava and is consumed in Nigeria as well as in most countries of the West African coast and in Brazil. The preparation of gari from cassava has basically been done according to village processing tehcniques. In the past ten years a lot of research has been carried out to mechanize some aspects of the unit operations used in gari production. These include peeling and washing of the roots, grating, dewatering, fermentation, sieving, frying and cooling. Earlier designs on gari production plants did not produce the desired and acceptable cassava product for the consumers. The designers of those plants did not take into account the specifications of the existing local technology.

The most critical unit operation that determines the quality of the final product in gari production is the garification or frying operation. It has been quite difficult to mechanize this operation correctly and rightly because this operation was not well understood by many designers and manufacturers. Some had erroneously assumed garification to be the same as dehydration while others had taken it to be roasting.

This paper reviews the developments in the process of gari frying and the complimentary equipments; this includes both the improved traditional and mechanized methods.

1. The technology of gari frying

Gari frying, though a dehydrating process, is not a straightforward drying process. It is not possible to produce gari from cassava pulp by just passing heated air through it. The product from such an operation would be dried cassava pulp or granules and not gari. Garification is a simultaneous cooking and dehydrating operation. The product is first cooked with the moisture in it and then dehydrated. The heat intensity during frying affects the quality of the product. The moisture content of dewatered and sieved cassava mash is between 50 to 65% which has to be reduced to around 12% after the frying operation. In the village tehnique, the initial frying temperature is relatively low so as to avoid the formation of many lumps or caking. As the moisture content reduces and most of the small lumps developed, have been broken down by constant pressing and agitation, the heat is then increased in order to further cook and dehydrate the product. The colour and taste of gari can then be enhanced by adding a few drops of palm oil. At the end of the frying operation, the product is still hot and a little bit damp. It is then left to cool and dry in a cool dry shade until the moisture content is reduced to 12%.

The following points should be noted during frying:

a) Regulation of heat input with time during frying to avoid caking.

b) Adequate agitation and pressing to break lumps formed and to ensure uniform heat application.

c) Ensure that the final product is cooked and dehydrated.

2. Improved village methods

Traditionally, gari is fried by women in shallow earthen-ware of cast-iron pans (agabada, Nigerian Ibo) over a wood fire. Women use spatula-like paddles of wood or calabash sections to press the sieved mash against the hot surface of the frying pan and turn it vigorously to avoid caking. The operator sits sideways by the fireplace while frying. The discomfort due to heat and the sitting posture of the operator have been of concern to researchers. Thus, some innovations and improvements have been initiated and carried out in the equipment and the general set-up of the village method so as to alleviate the problems encountered by women.

2.1. UNIBADAN improved fryer

The UNIBADAN (University of Ibadan) improved gari fryer (Igbeka, 1988), is made of a fireplace oven with a chimney and a frying pan (Figure 1). The frying pan which is 200cm x 60cm x 10cm is designed to have a trapezoidal shape with its sides inclined at 60° to the horizontal. The inclination of the sides allows for gradual gravitational flow of gari down the sides of the fryer. It is made from a 4mm thick black steel sheet, which is not easily coroded and does not turn black after heating. The frying pan has an opening or chute on one side for discharging the finished product into a receiving pan. The frying pan sits on a rectangular fireplace built of clay which is 60cm high and has an opening on one side of the breath or width from where fire wood is fed into the oven, while the other width carries the chimney. There are two small ventilation openings on one side of the length. The wall thickness of the fireplace is 22.5cm and the effective volume of the heating chamber of the fireplace is 0.72m3. It can use up to 20kg of wood as source of heat. The structure is housed under a shed made of corrugated iron sheets.

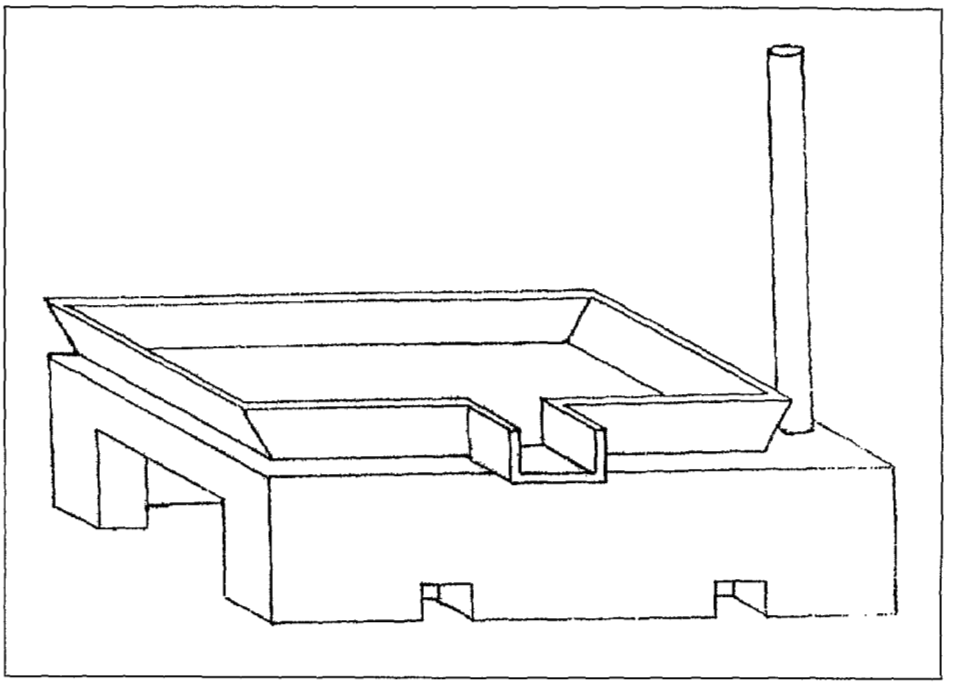
The fryer is operated by two people sitting on both ends of the fireplace without ventilation. Details of the construction can be obtained in Egba (1987). Field tests amongst gari producers showed that the improved models had the following advantages over the village fryer:

a) The nuisance of smoke was totally eliminated.

b) Sweating by the operator was drastically reduced as a result of the improved fireplace.

c) The capacity and rate of frying were increased. (ex. 5kg dewatered and sieved mash took 20 min to fry as opposed to 1h).

d) Improved working environment.



Scale 1 : 200

Figure 1
Unibadan Improved Traditional Fryer

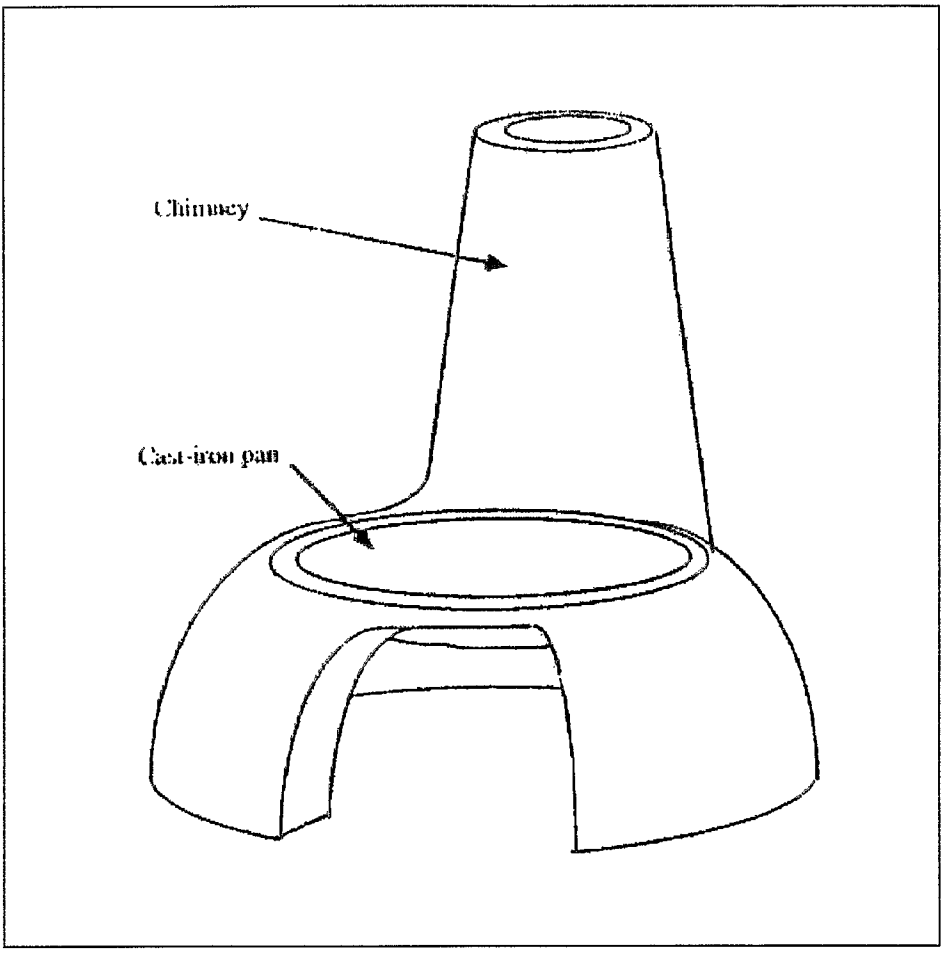
2.2. IITA model

The IITA (International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria) model is a one-man operated gari fryer with an elevated fireplace oven. The frying pan is circular, made of cast iron and is smaller than the normal traditional pan in diameter but has more depth. The pan sits on a circular oven which has a chimney and can use either dense rice husk or wood shavings as fuel. A modified version (Igbeka *et al.*, 1992) of the IITA model is shown in Figure 2.

The model eliminates smoke and heat hazards from the operator. As a result of the elevated fireplace, the sitting position and comfort of the operator are enhanced. The capacity of the fryer is much higher than the usual traditional fryer.

2.3. RAIDS model

The RAIDS (Rural Agro-Industrial Development Scheme) developed by the Nigerian Federal Department of Agriculture and Rural Development is an improved fryer package for the rural processors of gari. It is similar to the UNIBADAN model and is rectangular in shape. The frying pan is made from cast iron which sits on an elevated oven fireplace with a chimney. It has outlet gates or spouts for discharging the finished products from the pan and is operated by two persons.



Scale not included

Figure 2
Modified IITA Improved Traditionnal Fryer

The RAIDS model has been found to increase output per unit time and eliminate smoke and heat discomfort to the operators. The model produces good quality of gari.

3. Mechanized methods

There are few mechanized gari processing plants in the Nigerian market which have found to be performing well as regards the quality of gari. As a result, some new designs and improvements have been made by Nigerian engineers and manufacturers to solve the problems associated with the models already in the market.

3.1. Newell Dunford model

This was the first equipment designed jointly by the Newell Dunford Company in London and the Federal Institute of Industrial Research (FIIRO), Oshodi in Nigeria. It is a gari producing plant of which the fryer is just one of the components.

In the frying section, heat from a gas fire is controlled and regulated by thermostats at various points in the process. The fryer structure is a circular stainless steel, heated from outside with the fryers curvelinearly lined internally. The fryer containing the sieved dewatered cassava mash is rotated in such a manner that the mash granules agitate against the sides of the fryer and move along the paths of the line curves. The result of this type of heat treatment is roasting. The product obtained with this model was not very much acceptable to the consumers because it did not have the basic characteristics of gari.

3.2. Brazilian model

The Brazilian model fryer consists of a semi-circular steel plate and operates on a batch process drying. Atop the plate is a large ring gear mashed to an inner annulus which is connected to a vertical shaft with large steel paddles. A specific batch of sieved cassava mash is dropped into the circular plate and the accentric paddles shift the mass circularly to produce a dry product. An automatic gate is opened at the side of the plate and the dried product falls into a funnel by gravity.

This model, designed and manufactured in Brazil, seems to be better than the Newell Dunford model and the product obtained from it is similar to gari in Nigeria, even though it is not exactly the same. In this model, frying was not evenly spread within a given batch and the product looked more like dried cassava mash than cooked and fried gari.

3.3. Fabrico model

The Fabrico model is a simple continuous process plant and consists of a semi-circular steel plate with rotating paddles. The paddles are eccentrically located in such a manner that their motion compels the frying gari granules to move from one end of the plate to the other. Drying occurs during this period. Heat is supplied by either wood or gas-burners.

This model which was designed and manufactured by a company, FABRICO, in Nigeria, produces an end-product that is closer to gari. The product was not cooked but looked more like roasted gari. This model has been improved upon by the University of Nigeria Nsukka, and the University of Ibadan.

3.4. UNN model

The UNN (University of Nigeria, Nsukka) model was designed by Odigboh and Ahmed (1982).to faithfully simulate the village manual frying operations (Odigboh, 1985).

The equipment has a semi-circular 1.7 m long frying trough of 57cm diameter mounted at an inclination variable from 0 to 20° to the horizontal. Sixteen spring-loaded paddles are attached to a 1.75m long shaft also mounted axially in such a way as to locate the paddles inside and in permenant contact with the trough as shown in Figure 3. The paddles overlap and are angled relative to the axis of the trough to act as a sort of conveyor. They are driven by an electric motor through several speed reducers and linkage arrangements. As the gang of paddles oscillate through 180° at 40 reversals per minute sieved cassava mash is automatically metered into the trough, once in a cycle of the to and fro motion. Swinging to one direction, the paddles press the mash against the hot surface of the trough while in the opposite direction, they scrape, stir and move it slightly forward to the exit end of the trough.

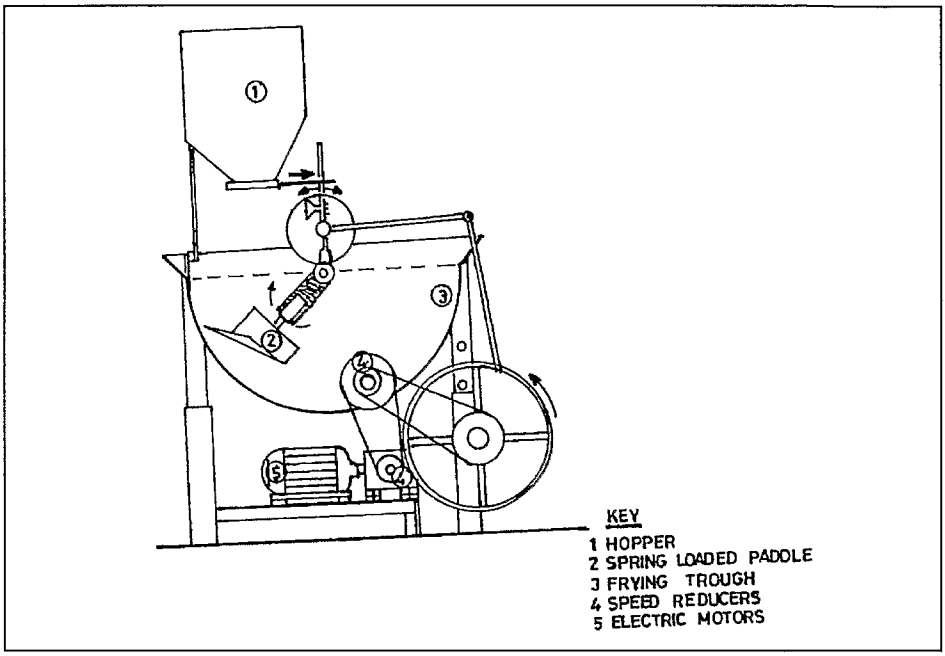
By appropriate adjustments of the trough inclination, the quantity of mash metered and the heating rate, the fryer operates automatically to produce a continuous flow of well fried gari at 15% moisture content. An average through-put of 66kg of gari per hour has been reported for this equipment. Through-put of the manually operated version (Figure 4) is 20 to 45kg of gari per hour.

3.5. UNIBADAN model

The UNIBADAN model was designed and manufactured in the University of Ibadan (Igbeka and Akinbolade, 1986). It is a continuous flow fryer which is an improvement and modification of the UNN model, hence a modified version of the Fabrico model.

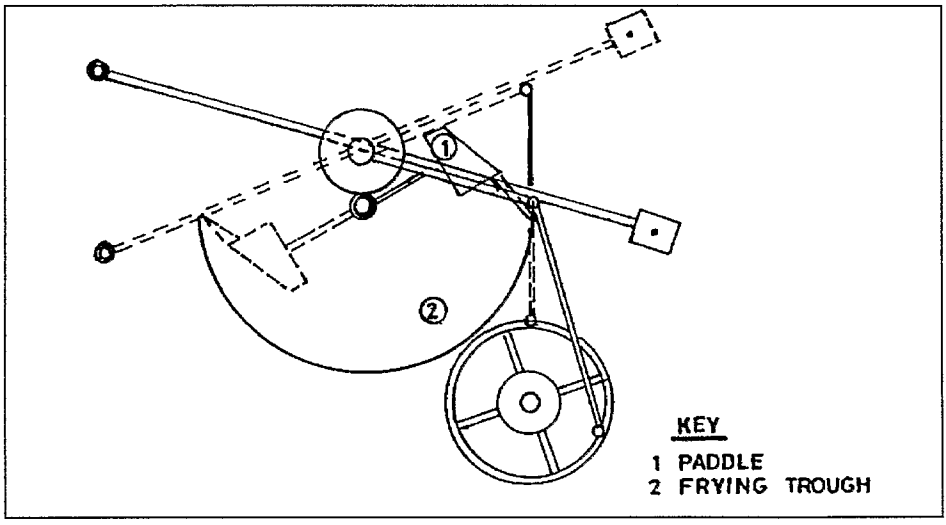
The basic differences are in the feeding device, the heat source and the arrangement of the paddles. The UNIBADAN model is made up of a fryer plate, feeding hopper, power transmission devices, shaft with paddles, pulverizers and an oven on which the fryer sits (Figure 5). This model is still in its prototype stage and has not been commercialized.

The fryer plate, like in the UNN model, is a semi-circular trough open at the top and both ends. It is inclined at an angle of between 5 and 18° with a length of 2.44 m and diameter 0.67m. The hopper contains a metering device which is one of the basic innovations in the design. The metering device is connected to the central shaft through a belt and pulley system and the rate of metering is very crucial to the quality of the final product. Another innovation in this model are in the paddles. Instead of just paddles, as in the UNN model, the central shaft has 28 paddles and pulverizers arranged in such a way that they have a conveyor effect at the same



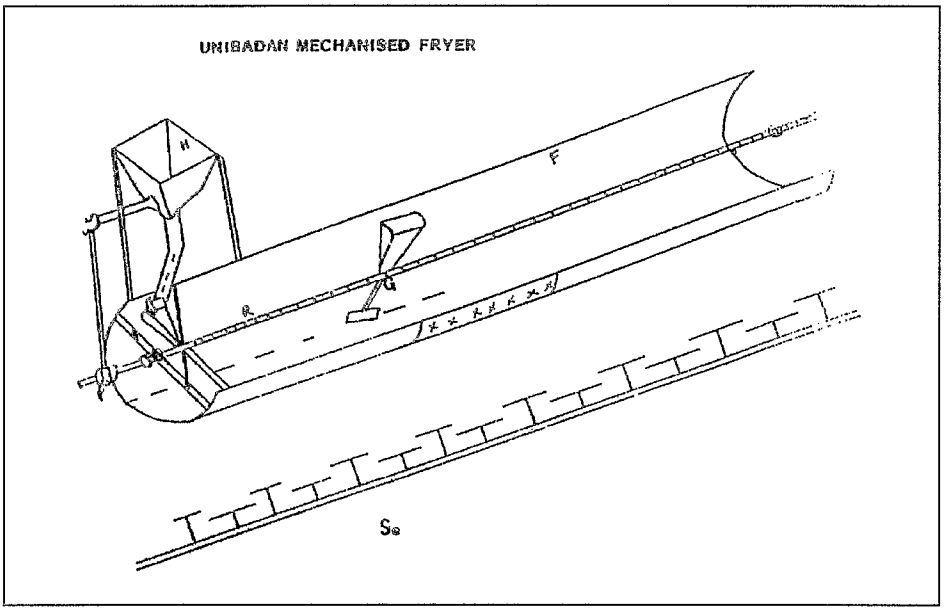
Scale not included

Figure 3
UNN Mechanized Fryer



Scale not included

Figure 4
UNN Mechanized Manual Fryer



Scale not included

Figure 5
Sketch of the Fryer Showinf the Hopper and Paddle attachment

time as they press scoop and agitate (figure 6). The pulverizers press the sieved cassava mash against the hot pan surface while the paddles scoop and agitate it. The oven is built with red oven-dry bricks and has air vents at specific points and uses wood or coal as fuel. The vent openings can be reduced or increased according to the heat requirements. Power supply to the fryer could be either a petrol engine or fire wood.

Field tests using this model showed that the final product was acceptable to the public. At 15 rmp, the capacity was 80kg/hr of finished product.

Discussion and conclusion

Gari frying is an arduous and intricate operation which is not a straightforward frying operation but that needs good understanding of the factors that affect the quality of the final product.

The best quality gari is obtained by the village technique but it is time-consuming, uncomfortable and lends itself to health hazard for the operator. Developments in the processes and equipment have been more on the accurate simulation of the village technique. Therefore, in developing any mechanized gari fryer the following features have to be considered as basic requirements:

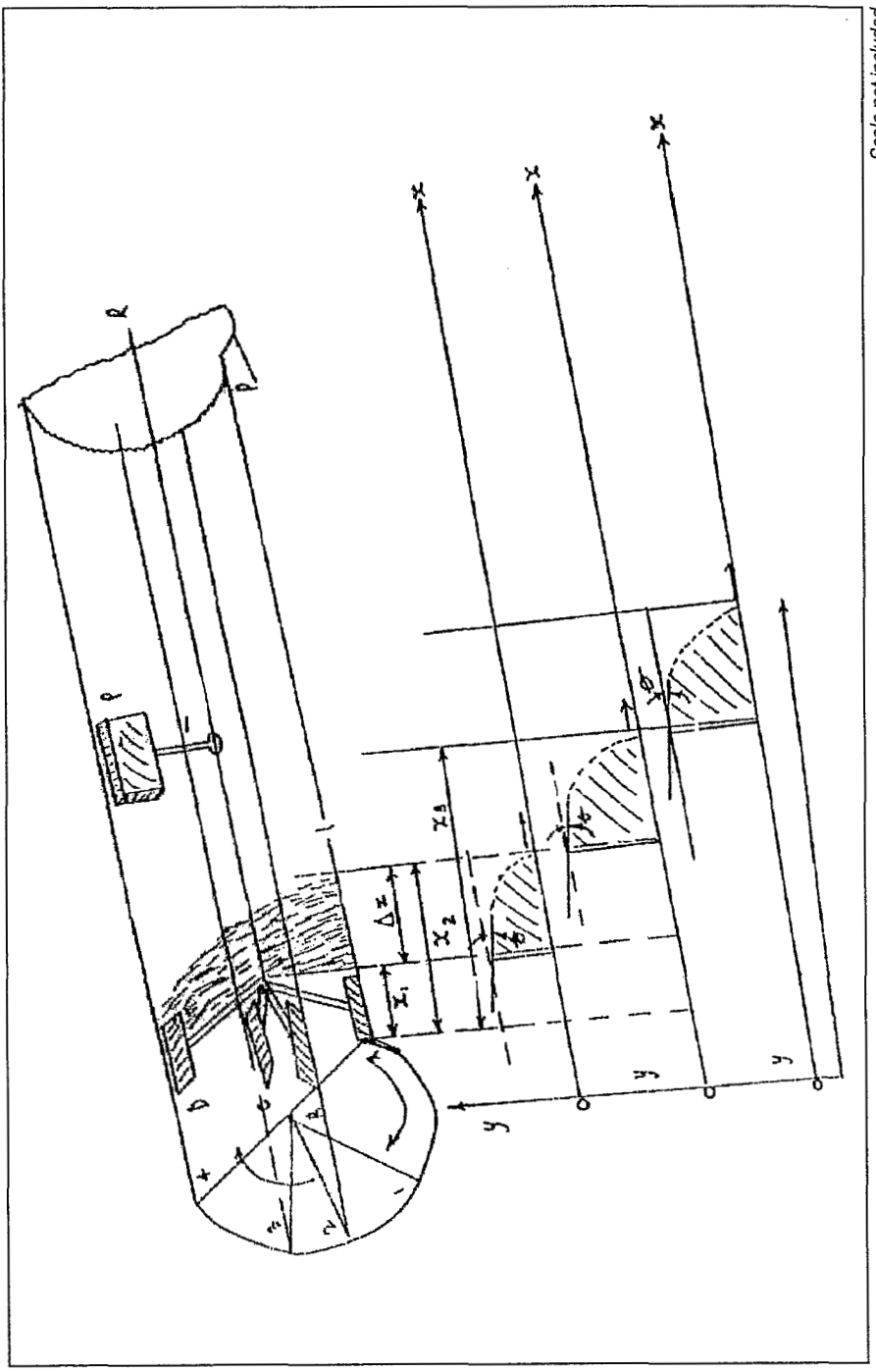


Figure 6
Paddle operation and mode of grain travel in Unibadan model

1. A continuous process operation leading to mass production of moderate capacity.
2. A regulated temperature mechanism which ensures simultaneous cooking and dehydration, without roasting, to a desired moisture content after a specific period.
3. A mechanism that provides both stirring and lump breaking actions so that uniform cooking and dehydration in the entire mass is ensured and the desired texture produced.
4. An arrangement of paddles so as to produce a conveyor effect which will give the product a forward movement during the process.

Mechanized fryers are not within the reach of the rural farmers who are the main producers of gari in all the gari-producing countries including Nigeria. Commercialised models are for large-scale producers while the developed prototypes by the universities which could have been within the reach of the small-scale farmers are not yet in the market.

Efforts should be made to mechanize the garification operation for large-scale processing without lossing sight of improving the village method. The improvements in garification should be in the areas of ergonomics (sitting position, comfortable work environments and health hazards). Igbeka (1993), recently carried out studies on the ergonomics of Nigerian women in gari frying. The factors investigated were the comfort, fatigue and arm-reach of the operators as they affected the efficiency of operating three types of traditional gari fryers. It was found that the sitting posture and excessive heat were the two main factors that affected the arm-reach and comfort of the operator, respectively. Improved designs that reduced heat and changed the sitting posture were found to increase efficiency.

In conclusion, although most of the equipments reviewed in this paper performed relatively well, the best results were obtained from the improved village techniques. The adoption and adaptation of any of these techniques (improved traditional or mechanized) will depend on the socio-economic status of the users. The improved village technique is recommended for the rural small- and medium-scale gari processors.

References

EGBA (A.J.), 1987 - « Design and construction of gari fryers for local use ».*In B.Sc project report*, Agricultural Engineering Department, University of Ibadan, Ibadan, Nigeria: Unpublished

IGBEKA (J.C.), 1988 - Feasibility study on the establishment of a cottage-level gari Processing Industry: Unpublished.

IGBEKA (J.C.), 1993 - « Some ergonomic studies of Nigerian women in agricultural processing ». *In XXV CIOSTA CIGRV Congress*, Wageningen, The Netherlands : 1-7.

IGBEKA (J.C.), AKINBOLADE (J.A.), 1986 - « The development of a continuous flow gari fryer» . *In : Energy, food production and post-harvest technology in Africa*, Nairobi, Kenya, International conference ANSTI-UNESCO, Vol. 7 : 246-256.

IGBEKA (J.C.), JORY (M.), GRIFFON (D.), 1992 - Selective mechanization for cassava processing. *Journal of Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* (AMA), 22 (1) : 45-50.

ODIGBOH (E.U.), 1985 - « Prototype Machines for small- and medium-scale harvesting and processing of cassava». *In : Mechanization of harvesting and subsequent processing of agricultural products in Tropical Africa and the manufacturing of relevant agricultural implements*, Yaounde, Cameroun, CIGR III : 323-338.

ODIGBOH (E.U.), AHMED (S.F.), 1982 - Design of a continuous process frying machine. Proceedings *Nigerian Society of Agricultural Engineers*, 6 : 65-75.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

The transfer of improved gari production technology

Le transfert de procédés améliorés pour la production de gari

M.O. SANNI

Biology Department, The Polytechnic, Ibadan (Nigeria)

- Abstract -

Gari is a West African food produced from cassava roots. It is a fermented and granular staple consumed as processed or prepared with hot water and eaten with sauce. Gari production has been well developed in West Africa at the small, medium and industrial levels. There is a need to transfer the process not as Package Technology (PT) but as Total Technology Transfer (TTT) to other parts of Africa where cassava is also grown but not adequately processed. TTT is the transfer of all available knowledge about processing in relation to a particular commodity. With reference to gari production, these include : raw material quality and quantity, equipment, manufacture and maintenance, critical control points and variations in processes, storage of products, by-products, water requirements and environment control (in particular waste water treatment). The overall aim is to transfer a better technology and ensure that the technology is appropriate and sustainable.

- Résumé -

Le gari est un aliment de base d'Afrique de l'Ouest préparé à partir des racines de manioc. Après fermentation et granulation, il est consommé tel quel ou préparé dans de l'eau chaude avec une sauce. La production de gari en Afrique de l'Ouest s'est développée aux différentes échelles : petite, moyenne et industrielle. Au cours des transferts réalisés dans les autres régions d'Afrique où le manioc est produit mais transformé de manière non appropriée, il est important de transférer l'ensemble des procédés utilisables pour les différentes opérations unitaires (TTT) plutôt que de transférer une suite de procédés préalablement sélectionnés (PT). Le transfert TTT est la transmission de l'ensemble du savoir disponible sur une transformation en un produit fini particulier. En ce qui concerne le gari, il prend en compte : la qualité et la quantité de matière première, l'équipement, la fabrication et la maintenance, les points critiques de contrôle et les variations de procédés, le stockage des produits finis, l'utilisation des sous-produits, les besoins en eau et le contrôle de l'environnement, en particulier le contrôle en rapport avec le traitement des effluents. L'objectif final est de transférer une technologie améliorée et de s'assurer que cette technologie est appropriée et peut être utilisée durablement.

Introduction

Gari is the most popular West African staple food produced from cassava. It is consumed as processed or reconstituted with hot water to give a dough-like paste called "Eba", which is consumed with sauce. Gari is a versatile commodity because its organoleptic characteristics can be adjusted to conform to consumer specifications. The main arguments against gari include its bulky starch content which can be augmented during processing or consumption. Gari should be consumed with animal or plant protein accompaniments (Tubman, 1989) or protein enriched with soybeans to boost its protein content (from 1-2 to 9-12%) (Sanni & Sobamiwa, 1993). It is, therefore, the most developed, convenient and storable commodity from cassava.

Gari may be produced at a small, medium or large scale (Sanni, 1990) but in Nigeria many women carry out processing on a smallscale for economic reasons. At this level, there has been a change from "Processing with little or no mechanization at subsistence level" to "Commercial small-scale processing using essential equipments", (Sanni, 1991). These essential equipments are available in various parts of West Africa (Amadi, 1973).

1. A benefic technology transfer

Cassava has a wide geographic spread covering western, central and eastern regions of Nigeria (Hahn, 1989). Cassava roots are bulky, perishable and most varieties are unsuitable for direct consumption because of the presence of cyanogenic glucosides. Processing renders cassava palatable, decreases toxicity and prolongs shelf-life (Sanni, 1991). Cassava processing in Central and East Africa depends on manual implements and weather uncertainty. The gari production technology has been developed at different levels, so as to make it possible to choose the appropriate level. Gari production includes root grating, then the mash is fermented and pressed for dewatering. The resulted mash is roasted to dryness over heat. All these gari production stages may involve mechanical equipments.

There is an urgent need to transfer gari production technology to other parts of Africa where cassava is grown but not adequately processed. Insufficiently processed cassava has been implicated in a variety of pathological cases such as acute cassava poisoning, iodine deficiency disorders, tropical ataxic neuropathy and the irreversible and debilitating Konzo (Essers *et al.* 1991; Banea *et al.*, 1992 ; Banea, 1993). All of these conditions give serious health troubles and some may be lethal.

2. Package technology or total technology transfer ?

Package Technology (PT) is whereby all equipment needed for the processing of a certain commodity is made available "in a pack". However, this concept may collapse for a variety of reasons. The "recipient actors" may not be able to maintain the equipment or it may have such a large capacity that it is impossible to obtain a regular supply of raw materials to fully utilize it. Africa cannot afford grandiose technology transfer which is doomed to collapse.

Total Technology Transfer is the provision of all available knowledge relating to the processing of a particular commodity. It is the result of a sincere desire on the part of the "owners" of the technology to impact information and assist the "recipient actors". TTT is only "Total" in relation to current knowledge and has to be updated as more information is acquired.

The main aspects of TTT with reference to gari production include: Raw material supply in quantity and quality, equipment, fabrication and maintenance, Critical Control Points (CCP) and variations in processing, storage, by-products, water supply, effluent treatment and infrastructure.

2.1. Raw material quantity and quality supply

Cassava is a hardy crop and the only raw material for gari production. The cultivars to be planted must be carefully selected to ensure a continuous and adequate supply for a sustained production of gari. For example, in Ibadan, small-scale gari processors produce an average of 45kg gari per day (Sanni, 1991) from approximately 150kg of cassava. If each woman processor works for 25 days per month, then she would process 45 tonnes of cassava into gari per year. 100 women will need 4,500 tonnes of cassava annually. There will be a need to produce more cassava, all round the year to ensure adequate raw material supply.

There are improved cultivars, e.g. TMS 30572, 4(2)1425,which reach maturity by 12 to 18 months whereas local cultivars such as *Odongbo*, *Ege dudu*, etc. mature in 2-3 years. The cassava variety is an important determinant in the quality of gari. Adequate processing of cassava will result into gari with low cyanogen content.

2.2. Equipment Fabrication and Maintenance

Equipments for rapid processing of cassava have been used in Nigeria for over 20 years (Amadi, 1973). The stages in the processing of cassava include: peeling, washing, grating, dewatering, granulating or sieving, roasting, cooling and packaging (Adeniji, 1976, Oyewole *et al.*, 1986; Sanni, 1990).

Peeling is done manually because cassava is bulky and irregular in shape with various peel thickness. Mechanical peeling result in heavy losses. Washing is also manual for convenience and to reduce cost. There are many models of grater

using electricity, diesel or petrol motor. The grating surfaces are made from iron sheet, galvanised iron or stainless steel; the first two being rust-prone. Low cost and low energy graters are available in the market and women processors use them.

Sieving or granulating is manual and is done on raffia or metal sieves. There are metal sieves which can be used while standing or shaken mechanically. The rotating drum sieve is less effective (Tubman, 1989). Rapid removal of water from fermented pulp lasts from 30 mn to 2 h and is achieved by using hydraulic jack or screw press. The screw press designed by RAIDS Nigeria was recently improved to enhance efficiency. Roasting over heat is preferably carried out in a cast-iron pan or an assortment of trays. Rotating-drum roasters do not produce gari of good quality because such devices do not mix and roast well (Tubman, 1989). The cooling of gari after roasting takes place on suitable trays and the product may be packaged in thick polythene bags. RAIDS Nigeria has designed a simple bag-sealing machine.

Model equipment have to be purchased and the "recipient actors" trained to manufacture the equipment. There is often a lot of improvisation to keep equipment in a good working condition. The proper usage and maintenance of these equipments must be learnt not only from the research institutes who design but also from the local artisans who manufacture and maintain the equipment. An effort should be made to produce quality equipment and at the same time to keep a low cost within the reach of the users. This may necessitate government assistance.

2.3. Critical Control Points and Variations in Processing

Gari production must be learnt. The critical control points include raw material control, treatment time, process control, equipment and personnel sanitation control (Sanni, 1990). Fermentation time varies from 1 to 2 days to obtain a bland product or 3 to 5 days to give a sour product (Sanni, 1991). The aim should always be to produce a safe gari product which is acceptable to the consumers.

Palm oil may be added to grated mash before a 1 - 2 day fermentation period or the pan smeared with palm oil prior to the roasting of the granulated mash. This imparts a yellow colour to gari.

Hahn (1989) suggested that the protein enrichment of cassava flour or gari with soyflour is feasible, but wondered whether such a product would be economic and acceptable to consumers. Recent investigations (Sanni & Sobamiwa, 1993) have shown that soybean enriched gari is acceptable to habitual gari consumers. Full-fat soybean flour was added to grated mash or soybean residue mixed with the dewatered mash and granulated. No economic assessment of the process has been studied.

2.4. Storage

Gari is a storage cupboard food which should be dehydrated to a water activity (a_w) of less than 0.7 (Sanni, 1991). This corresponds to a moisture content of 12%. It should have a microbial load of less than 104 cfu/g. Stored gari has been reported to be stable for up to 1 year (Tubman, 1989).

2.5. By-products

All byproducts of gari processing are useful. The peel may be added to livestock feed (Hahn, 1989). Others are Cassareep which is useful as nematicide and manure (Da Ponte, 1993). "Koko" may be milled to give "Lebu" which is consumed like gari. "Koko" and "Lebu" are fractions of roasted meal with average particle size of 2.48 mm and 0.39 mm, respectively. Gari itself may be further milled to give gari-fufu with the average particle size of 0.24 mm. Starch can be recovered from the effluent of the hydraulic press.

2.6. Water Supply and Environment control

Potable water is essential in gari production; washing of cassava roots, equipment and maintaining a sanitary environment. There should be adequate drainage of the waste water from cassava press since it contains mainly hydrocyanic acid (cassareep). It has a short shelf-life of about 3 days (Da Ponte, 1993) and the effluent should be treated before being released into streams or the environment in order to reduce pollution which is common in the vicinity of cassava processing units.

2.7. Infrastructure

There is a need for a reliable transport system of cassava roots from farms to processing units. These units should be properly structured to contain sheds for holding cassava roots, peeling, washing, roasting and rooms for cooling and packaging. Roasting areas, in particular, should be ventilated, with well-designed stoves and chimneys which minimise the exposure of the "garifyers" to heat and smoke. Many available fuels such as firewood, sawdust, charcoal or gas may be used.

Conclusion

There is a need to transfer gari production technology from West Africa to other parts of Africa where cassava is grown, but not adequately processed. The transfer must be properly planned to prevent a sporadic emergence of processing units. TTT will reduce what might have taken 20 - 30 years into a 2 - 3 phase period of 2 years. A possible 3 phase approach of about six months duration in each phase follows :

Phase 1

a - Equipment, manufacture, maintenance and purchase.

b - Cassava cropping promotion (quantity and quality).

Phase 2

a - Gari production workshops, (CCP, additives, storage, by-products, infrastructure, etc.)

b - Evaluation of consumer organoleptic preferences.

Phase 3

- Organisation of process locations, encouragement of local entrepreneurs.

Another advantage is that such infrastructures can be modified for multiple use in making other cassava products, such as starch, fufu paste, etc. If the problems identified in West Africa are eliminated and the current scientific knowledge incorporated, there is the possibility of faster transfer of a better technology.

References

ADENIJI (M.O.), 1976 - Fungi associated with the deterioration of gari. *Nigerian Journal of Plant Protection* 2 : 74 - 77.

AMADI (B.C.), 1983 - The impact of the invention of a mechanical gari processing machine on the cultural aspects of gari consumption and cassava farming in Nigeria. *Oxford Agrarian Studies*, 12 : 94-99.

BANEA (M.), 1993 - *Cassava processing, dietary cyanide exposure and Konzo in Zaire* - Thesis for the degree of Master of Medical Sciences, Uppsala University, Sweden, 65 pg.

BANEA (M.), POULTER (N.H.), ROSLING (H.), 1992 - Shortcuts in cassava processing and risk of dietary cyanide exposure in Zaire. *Food and Nutrition Bulletin* 14 : 137-143.

DA PONTE (J.J.), 1993 - Cassareep, should we throw it away ? *Cassava Newsletter*, 17 : 8.

ESSERS (A.J.A.) ALSEN (P.), ROSLING (H.), 1991 - Insufficient processing of cassava induced acute intoxications and the paralytic disease KONZO in a rural area of Mozambique. *Ecology of Food and Nutrition*, 27 : 17-27.

HAHN (S.K.), 1989 - An overview of African traditional cassava processing and utilization. *Outlook on Agriculture*, 18 : 110-118.

OYEWOLE (T.B.), FAPOHUNDA (T.), GEBREMESKEL, HAHN (S.K.), 1986 - *Cassava processing in the Ibadan area: Technique and processes.* International Institute of Tropical Agriculture.

SANNI (M.O.), 1990 - Hazard Analysis of critical control points in the commercial production of high quality gari. *Nigerian Journal of Science,* 26: (in press).

SANNI (M.O.), 1991 - Gari processing in Ibadan metropolis : Factors controlling quality at the small-scale level. *9th Symposium of the ISTRC, Ghana, Oct. 20-26.*

SANNI (M.O.), SOBAMIWA (A.O.), 1993 - Processing and characteristics of soybean fortified gari. *World Journal of Microbiology and Biotechnology,* 10: 268-270.

TUBMAN (A.F.), 1989 - Development of cassava processing and preservation facilities in Liberia. *In* Akoroda (M.O.), Arene (O.B.), eds.: *Proceedings of the 4th Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops(Africa Branch).* Kinshasa, Zaire, 5-8 Dec.: 229-234.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Ligne mécanisée de production de chikwangue au Congo

Mechanized chikwangue production line in the Congo

O. LEGROS*, B. MALONGA**, E. AVOUAMPO**, R. MABOUNDA**

**Agrisud, Frontenac (France), **Agricongo, Brazzaville (Congo)*

- Résumé -

Face au recul de la consommation de chikwangue devant les produits modernes, Agrisud, en collaboration avec l'Orstom, a entrepris d'améliorer les méthodes traditionnelles de fabrication de la chikwangue à partir des racines de manioc en mettant au point des appareils simples qui permettent de réduire la pénibilité du travail de préparation, principaux facteurs limitants. Après que plusieurs prototypes aient été conçus localement avec des matériaux disponibles sur place, 3 appareils simples ont été retenus : un défibreur, un pétrisseur et un cuiseur-malaxeur ou "machine à chikwangue", le tout formant une ligne de production mécanisée. La description, les caractéristiques techniques et le fonctionnement des trois appareils sont présentés dans le document. Une évaluation de la ligne de fabrication installée auprès d'un groupement d'agriculteurs a permis de conclure à une bonne performance technique des machines par rapport aux objectifs de départ. L'évaluation économique montre que de petites modifications techniques sur les machines et une optimisation dans le niveau d'activité et l'organisation du travail restent à accomplir pour placer la ligne dans une rentabilité assurée et durable. Après quoi, la ligne de fabrication mécanisée de chikwangue sera un puissant outil de développement pour la consommation et la production du manioc en Afrique Centrale.

- Abstract -

Faced with the decline in chikwangue consumption in favour of modern products, Agrisud in collaboration with Orstom, undertook a study to improve the traditional methods of chikwangue production from cassava roots by designing simple machines that will reduce the working time and the difficulty in the major limiting factor, preparation work. After several protypes had been constructed on site from locally available materials, three simple machines were retained: a fibre remover, a kneader and a parboiler-mixer or "chikwangue machine" , the total forming a mechanized production line.

The description, technical characteristics and the functioning of these three machines are presented in this document. An evaluation of the production line installed in a group of farmers has permitted to conclude a good technical efficiency with respect to the initial objectives. Economic evaluation showed that small technical modifications on the machines and optimization at the level of activities and work organization were necessary in order for the line to be profitable and durable. After this, the mechanized chikwangue production line will be a powerful development tool for consumption and cassava production in Central Africa.

Introduction

Le manioc est la culture vivrière la plus répandue en Afrique Centrale. Au Congo, la forme de consommation la plus appréciée est la chikwangue, sorte de pâte cuite. Cependant, la consommation de chikwangue, notamment dans les villes qui rassemblent près de 60% de la population, a tendance à diminuer au profit du foufou (farine de manioc) et d'autres aliments comme le pain ou le riz (Massamba et Trèche, 1995). La cause principale de cette régression est le mode de préparation, long et fastidieux, de la chikwangue essentiellement fabriquée à la main par les femmes.

Pour tenter de maintenir la consommation de chikwangue et soulager le travail de préparation, AGRISUD International, au travers de son Institut de Pays Agricongo, a entrepris en 1989, en collaboration avec le laboratoire d'Études sur la Nutrition et l'Alimentation du centre DGRST-ORSTOM de Brazzaville, de concevoir et mettre au point une ligne mécanisée de fabrication de chikwangue. Après la fabrication et l'essai de nombreux prototypes, la présente communication se propose de présenter les 3 équipements qui ont finalement été retenus et qui composent la ligne de fabrication mise au point : le défibreur, le pétrisseur et le précuiseur-malaxeur.

La démarche de mécanisation s'est orientée sur deux axes : tout d'abord l'observation et la compréhension du procédé traditionnel et ensuite la conception locale d'appareils faits de matériaux et de techniques disponibles sur place.

C'est ainsi que des observations et des discussions ont été réalisées dans les ateliers de fabrication, qu'ils soient situés en ville ou dans les zones rurales, pour bien décrire la méthode utilisée depuis des siècles. Parallèlement à cela, des expérimentations ont été menées pour comprendre comment la racine de manioc est transformée progressivement pour devenir chikwangue. C'est ainsi que les pertes pondérales ont pu être mesurées et que les transformations physiques de l'amidon au cours des étapes de la fabrication ont pu être caractérisées.

Après l'identification des techniques utilisées, des appareils simples ont été réalisés et testés pour reproduire de façon mécanique les opérations traditionnelles. Trois types de machines ont été mises au point : les défibreurs, les pétrisseurs et les machines à chikwangue ou précuiseurs-malaxeurs. Chaque type de machine est passé par une succession de prototypes qui ont permis petit à petit d'arriver à des appareils simples et fonctionnels.

Compte tenu des faibles moyens techniques, notamment en ce qui concerne les appareils de mesure, la performance technique des appareils a été mesurée par leur capacité à produire une chikwangue de bonne qualité. Pour cela, les chikwangues produites étaient testées en unité d'évaluation sensorielle par un panel de consommateurs avertis (Trèche *et al.*, 1995). La performance économique a été évaluée par le débit, le rendement et le coût de chaque appareil. Enfin, l'ergonomie des machines a été mise à l'épreuve par des transferts en zones rurales.

1. Présentation des appareils

1.1. Le défibreur en continu

Les racines de manioc contiennent, en leur centre et dans la pulpe, une quantité variable de fibres cellulosiques et ligneuses qu'il convient de supprimer pour recueillir l'amidon. Traditionnellement, cette opération se fait avec un panier baignant dans une bassine d'eau et dans lequel sont brassées les racines rouies à la main. En version mécanisée, le panier est remplacé par un tambour en tôle perforée en inox (perméabilité de 1mm), la bassine par une cuve en tôle d'aluminium et la main par des pales tournantes (figure 1).

1.1.1.Caractéristiques techniques

Matériaux : Tout aluminium sauf grille en inox.
Vitesse de rotation : 80 tours / minute
Débit moyen : 280 kg / h
Entraînement : Moteur électrique 1,5 kW, 26 t/mn.
Poids à vide : 99 Kg.
Encombrement : Longueur : 1800 mm
Largeur : 1450 mm
Hauteur : 1310 mm

1.1.2. Fonctionnement

Le défibrage se fait en deux temps :

- un premier défibrage grossier est effectué à la main pour enlever la grosse fibre centrale.

- les fibres plus petites sont séparées au cours d'une étape de filtration-décantation : les racines rouies sont brassées dans un tambour-filtre plongé dans une cuve d'eau ; au cours de ce brassage, les grains d'amidon se libèrent des fibres auxquelles ils sont liés et se mettent en suspension dans l'eau. Les fibres quant à elles, restent dans le tambour retenues par la grille de filtration (maille de 0,8 mm) et sont poussées vers l'extrémité du tambour. L'amidon se dépose par décantation au fond du bac de décantation (capacité de 140 litres) ; ce dépôt, encore très aqueux, est évacué par vanne dans des sacs en polyéthylène tissé qui sont ensuite posés sur le sol pour l'égouttage. Pendant l'égouttage, qui dure 2 à 3 jours, l'eau filtre à travers les parois du sac et les grains d'amidon se concentrent pour former une pâte de couleur blanche. Il est possible d'accélérer l'égouttage en concentrant la pâte obtenue après un jour dans un même sac pour augmenter la pression.

L'appareil fonctionne de façon continue : l'opérateur introduit progressivement la pâte rouie dans la machine en fonctionnement (cuve pleine). Au fur et à mesure, l'amidon se dépose au fond du bac et les fibres sont éliminées par le cône d'évacuation. Quand le niveau de l'amidon atteint le tambour, la

machine est arrêtée pour laisser l'amidon décanter, il est ensuite évacué par le bas (vanne) dans un sac et l'opérateur rajoute de l'eau pour remettre le bac au niveau de fonctionnement de telle sorte que le bas du tambour baigne dans l'eau.

La pâte égouttée a une teneur en matière sèche variable en fonction des modalités d'égouttage (40-41 %) comparable à celle des racines rouies.

Le défibrage et l'égouttage provoquent des pertes correspondant aux fibres et aux matières qui se solubilisent dans l'eau, ce qui fait que le rendement matière de l'opération défibrage-égouttage est compris entre 70 et 80 % selon l'âge et la fraîcheur des racines.

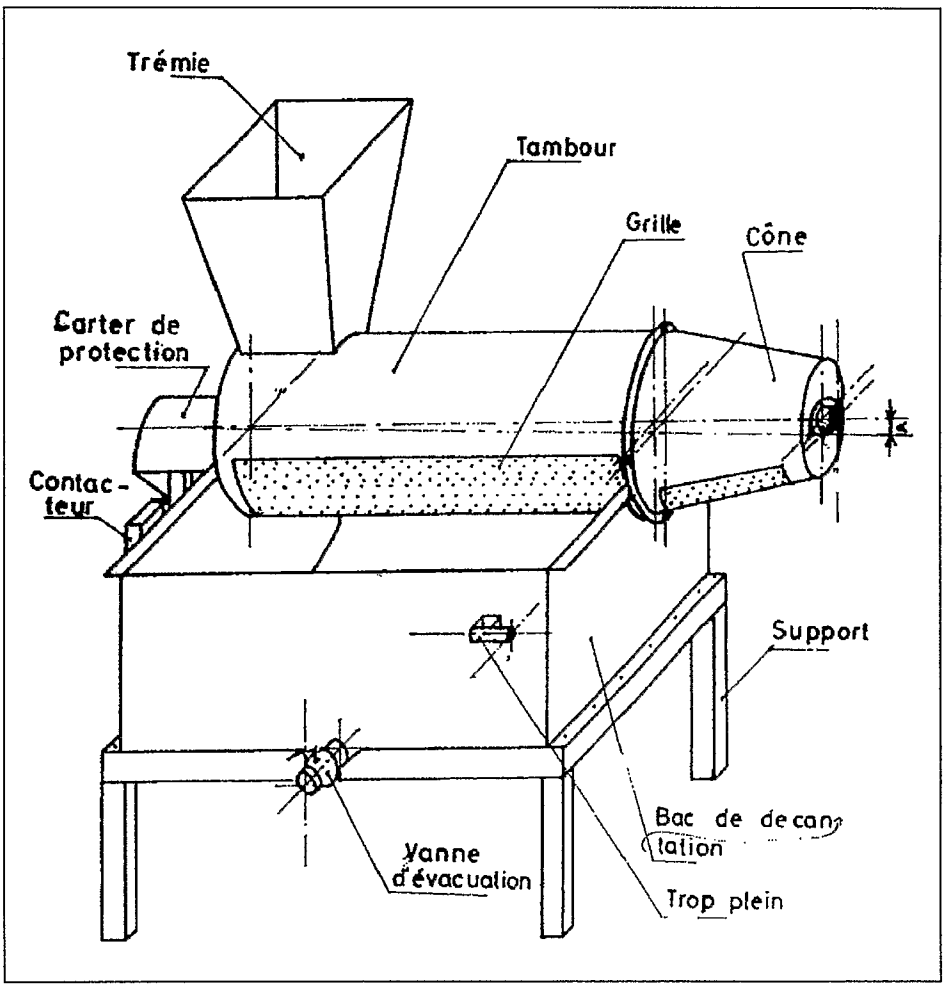


Figure 1
Défibreur en continu

1.2. Le pétrisseur

Le pétrissage consiste à écraser la pâte défibrée pour la rendre plus élastique et plus homogène. Traditionnellement, cette opération se fait sur un plateau creux en bois sur lequel la pâte est écrasée et laminée par un cylindre du même bois.

Dans la version mécanisée, le plateau et le cylindre ont été remplacés par deux rouleaux cannelés tournant en sens inverse (figure 2). On fait passer la pâte entre les rouleaux pour faire éclater les grains d'amidon et donner une certaine cohésion à la pâte.

1.2.1. Caractéristiques techniques

Matériaux : Support et châssis en fer, le reste en aluminium.
Vitesse de rotation des rouleaux : 900 tours / minute
Débit moyen : 200 kg / h
Entraînement : Moteur électrique 0,75 KW, 140 t/mn.
Poids à vide : 49 kg.
Encombrement : Longueur : 700 mm
Largeur : 660 mm
Hauteur : 1260 mm

1.2.3.Fonctionnement

Dans la pratique, l'opérateur verse progressivement la pâte égouttée avec un godet dans la trémie et la pâte pétrie s'écoule par la goulotte de sortie dans une marmite placée sous l'appareil. Les pertes de matière sont quasiment nulles.

1.3. Le précuiseur-malaxeur

La cuisson de la pâte de manioc est une opération délicate du fait de ses propriétés physiques. En effet, une boule de pâte plongée dans l'eau bouillante va cuire à l'extérieur, sur une épaisseur de 2 à 3 cm, alors que le coeur va rester cru. La partie cuite se comporte comme un isolant thermique car l'amidon gonfle en cuisant et la couche externe empêche la partie centrale de la pâte de cuire. Traditionnellement, la pâte pétrie est cuite en boule qui est ensuite écrasée et malaxée pour mélanger la partie gélatinisée à la partie " crue ".

Ces deux opérations (pré-cuisson et malaxage) ont été regroupées dans une même machine sur la chaîne Agricongo (figure 3).

1.3.1.Caractéristiques techniques

Matériaux : Trémie, tube et vis en inox, le reste en fer.
Vitesse de rotation : 12 à 20 tours / minute
Débit moyen : 80 kg/h.
Capacité du bain marie : 34 litres

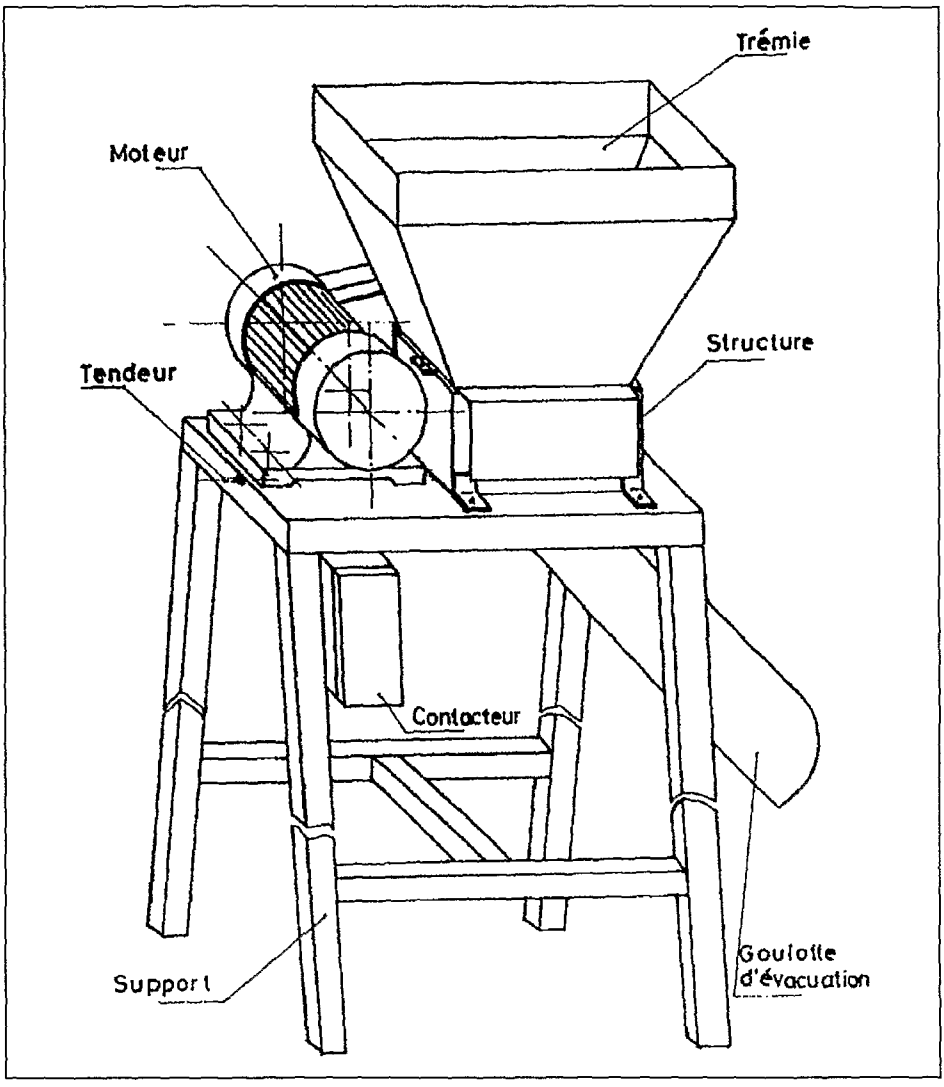


figure 2
Le pétrisseur

Consommation en gaz : 2 kg/h
Consommation en pétrole : 1,75 litre/h
Moteur électrique : puissance 1,5 kW, 10 à 80 t/mn
Poids à vide : 108 Kg
Encombrement : Longueur : 2100 mm
Largeur : 570 mm
Hauteur : 1440 mm

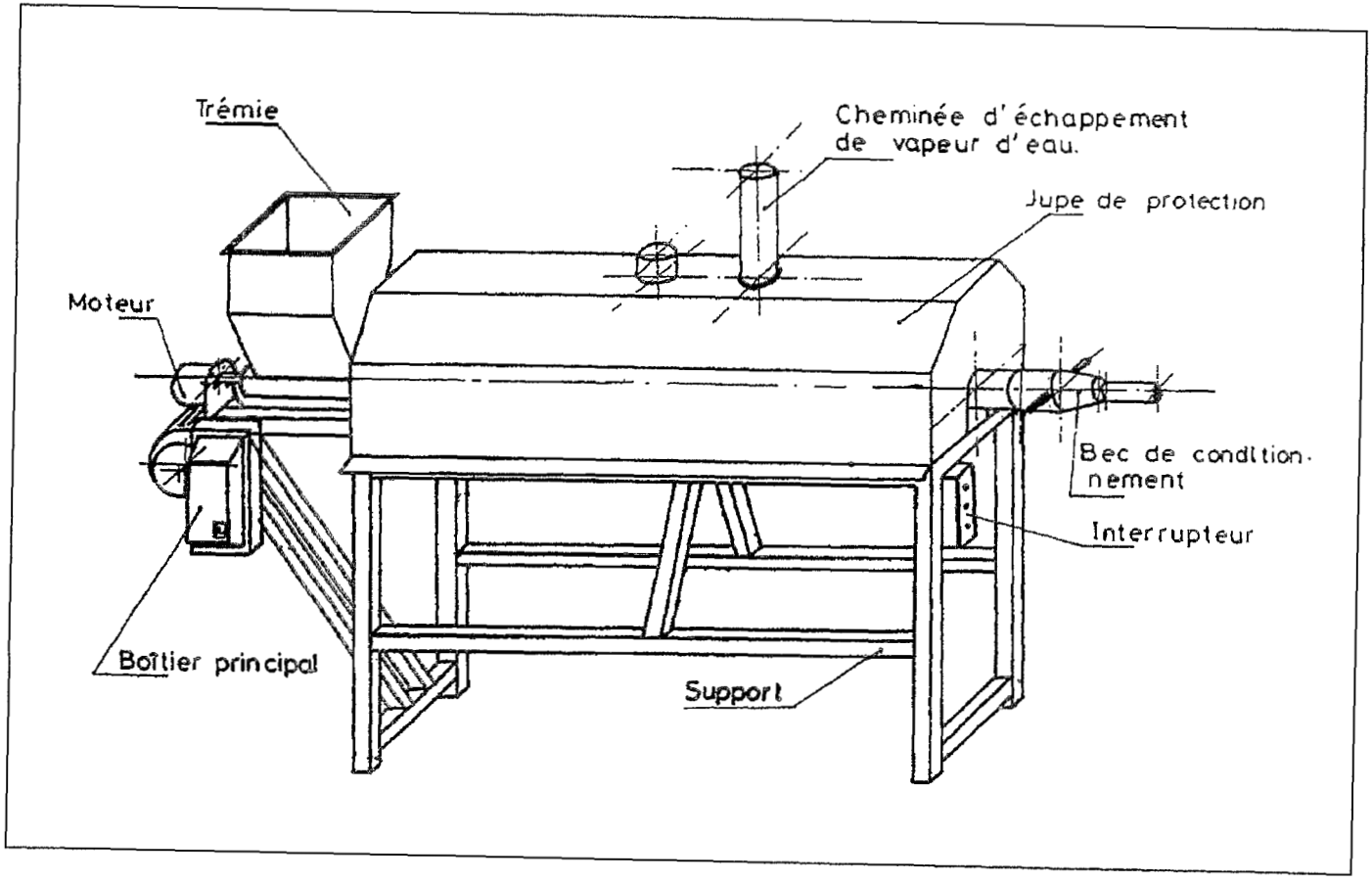


figure 3
Le précuiseur-malaxeur

1.3.2. Fonctionnement

La pâte égouttée transite le long d'un tube inox ou aluminium plongé dans un bain marie à 95°C. Une partie de la pâte se gélatinise au contact du tube et est immédiatement mélangée au reste par le travail de malaxage de la vis d'Archimède qui fait avancer le produit. On obtient à la sortie de la machine une pâte précuite homogène de couleur blanchâtre.

Le débit de la machine est de 80 kg/h et le rendement matière de l'opération est légèrement supérieur à 100 du fait des ajouts d'eau avant l'introduction dans la trémie. Le chauffage se fait soit au gaz, soit au pétrole.

La pâte précuite issue de l'opération précédente doit être modelée et emballée avant de cuire à l'étouffée. Deux solutions peuvent être choisies : soit un modelage manuel avec un emballage en feuilles de forêt, soit un modelage à la machine avec emballage en gaine plastique. La solution la plus productive est l'emballage en gaine plastique qui permet de conditionner au débit de 75 à 100 kg/h. En outre, le conditionnement en gaine permet une conservation du produit beaucoup plus longue (jusqu'à un mois). A noter que le conditionnement en gaine se fait directement à la sortie de la machine à la pré-cuisson. Dans les deux cas, les pains de manioc conditionnés sont cuits 30 à 45 minutes dans l'eau bouillante. A la suite de cela, les pains de manioc sont prêts à être consommés.

2. Evaluation des équipements

L'évaluation d'un outil industriel ne peut se faire que si cet outil est en fonctionnement réel dans le milieu pour lequel il est conçu. C'est ainsi que les appareils de la ligne chikwangue ont été placés dans l'atelier de transformation des produits agricoles d'un groupement d'agriculteurs au nord de Brazzaville dans la région du PK 45. Ces exploitants font partie d'un projet pilote de développement mis en place par Agricongo en 1989. La part la plus importante de leur production est constituée par le manioc. La mise en place de la ligne de transformation a été l'occasion pour eux d'apporter une valeur ajoutée supplémentaire au manioc grâce à la fabrication de chikwangues. Par ailleurs, cette expérience a permis d'observer les modes d'appropriation des machines par les agriculteurs et leurs femmes. Les exploitants, au nombre de 13, ont planifié leurs récoltes de telle sorte que chacun puisse disposer de la ligne deux fois par mois pour transformer à chaque fois 500 kg de racines, soit environ 10 sacs, pour une production totale de 3 tonnes par semaine. L'activité de l'atelier est sous le contrôle d'un gérant qui met les équipements à la disposition des membres du groupement et facture les services en fonction de la quantité transformée.

2.1. Evaluation technique

Les mesures de débits et rendements ont été effectuées dans l'atelier de transformation du groupement de producteurs, les résultats figurent dans le tableau 1. De manière générale, les rendements matières des machines sont comparables a ceux du procédé traditionnel. Par contre, les débits sont deux fois supérieurs pour le défibrage, cinq fois supérieurs pour le laminage et deux fois supérieurs pour la précuisson-malaxage à ceux observés lors de l'utilisation de méthodes manuelles (Trèche *et al.*, 1993).

Après 6 mois de fonctionnement de la ligne de fabrication au groupement de producteurs du PK 45, des tests organoleptiques en unité d'évaluation sensorielle ont été réalisés pour comparer les chikwangues du PK 45 à des chikwangues produites en ateliers urbains traditionnels. Les résultats montrent que, quelles que soient les caractéristiques organoleptiques considérées, les chikwangues du PK 45 se sont révélées supérieures ou égales aux meilleures chikwangues traditionnelles Trèche *et al.*, 1995).

2.2. Evaluation économique

2.2.1. Performance des machines

2.2.1.1. Méthode :

La performance des machines est mesurée, dans les conditions réelles de fonctionnement, selon trois critères :

- Le coût structurel de la machine, c'est à dire le prix d'achat assorti des frais financiers (on considère qu'il faut emprunter pour investir) ramené à l'heure de fonctionnement. Le coût est réparti sur la durée totale prévue de fonctionnement en heures.
  Coût structurel = (Prix d'achat + Frais financiers)/nombre d'heures de fonctionnement
- Le coût de fonctionnement qui représente le coût des éléments consommables inhérents à la machine tels que l'électricité ou les combustibles.
  Fonctionnement = (Quantité traitée/débit horaire) x (Consommation horaire x prix)
- Le coût de la main d'oeuvre qui est mesuré pour le temps qu'il faut passer pour faire fonctionner la machine, évalué au prix d'un travail d'ouvrier.
  Main d'oeuvre = (Quantité traitée/débit horaire) x Coût horaire de la main d'oeuvre

Le tableau 2 présente l'évaluation économique des trois machines de la ligne plus le clippeur qui est l'appareil servant à fermer les gaines plastiques par des clips aluminium. Les chiffres présentés datent de 1993 (avant dévaluation du franc CFA).

tableau 1

Débits horaires et rendements matière

	ECORCAGE	ROUISSAGE	DEFIBRAGE	PETRISSAGE	PRECUISSON	CLIPPAGE	CUISSON
Rendement pondéral	80%	85%	75%	99%	99%	99%	95%
Débit entrée (kg/h)	30		280	300	80	150	48
Consommation horaire			1,5	0,75	1,5		3
Prix consommation			55	55	55		0
Quantité entrée (Kg)	0	0	0	0	0	0	0
Quantité sortie (Kg)	0	0	0	0	0	0	0
Temps de fonction.	0		0	0	0	0	0
Coût de fonction.			0	0	0	0	0
Rendement global	47%				Cout en gaz		0
Temps total en h	8786				Cout en énergie		0
Temps total en homme/j	1464				Cout en bois de chauffe		0

tableau 2

Évaluation économique des machines

DEFIBREUR MECANIQUE

COUT MACHINE	815000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	213640	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	5	Ans
DEBIT	280	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	102000	Kg
CONSOMMATION / HEURE	83	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	1821	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	565	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	29	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	71	Fcfa
TOTAL	666	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	7	Fcfa/Kg

PRECUISEUR

COUT MACHINE	1100000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	288348	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	5	Ans
DEBIT	80	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	76500	Kg
CONSOMMATION / HEURE	763	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	4781	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	290	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	953	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	375	Fcfa
TOTAL	1618	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	16	Fcfa/Kg

PETRISSEUR

COUT MACHINE	720000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	188737	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	5	Ans
DEBIT	300	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	76500	Kg
CONSOMMATION / HEURE	41	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	1275	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	713	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	14	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	67	Fcfa
TOTAL	793	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	8	Fcfa/Kg

CLIPPEUR

COUT MACHINE	280000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	73398	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	5	Ans
DEBIT	150	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	74978	Kg
CONSOMMATION / HEURE	0	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	2499	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	141	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	0	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	133	Fcfa
TOTAL	275	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	3	Fcfa/Kg

PANIER A DEFIBRER

COUT OUTIL	3000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	308	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	2	Ans
DEBIT	30	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	3500	Kg
CONSOMMATION / HEURE	0	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	233	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	14	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	0	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	667	Fcfa
TOTAL	681	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	7	Fcfa/Kg

PLANCHE A PETRIR

COUT OUTIL	12000	Fcfa
FRAIS FINANCIERS	3146	Fcfa
DUREE D'AMORTISSEMENT	5	Ans
DEBIT	50	KG/H
QUANTITE A TRAITER PAR AN	3000	Kg
CONSOMMATION / HEURE	0	Fcfa
DUREE DE FONCTIONNEMENT	300	Heures
COUT POUR 100 KILOS		
COUT STRUCTUREL	50	Fcfa
COUT FONCTIONNEMENT	0	Fcfa
COUT MAIN D'OEUVRE	400	Fcfa
TOTAL	450	Fcfa
COUT AU KILO TRAITE	5	Fcfa/Kg

2.2.1.2. Analyse :

L'évaluation faite ici se fait sur la base d'une utilisation normale de la chaîne de fabrication en sachant que les machines ne sont pas utilisées à leur plein potentiel. Le niveau d'activité retenu est celui établi par les exploitants ; il est limité par leur capacité de production de manioc et leur capacité de travail. Ce niveau d'activité pourra être doublé dans l'avenir quand les acteurs du système auront acquis l'expérience et le comportement nécessaires. Par ailleurs, d'autres facteurs limitants tels que les approvisionnements, le temps de cuisson, l'organisation du travail sont pris en compte dans l'évaluation. De plus, compte tenu des pertes de matières qui se produisent tout au long du processus de transformation, toutes les machines n'ont pas la même quantité à traiter.

Le défibreur, du fait de sa position en début de ligne, traite une grosse quantité ce qui lui donne le coût au kilo le plus faible. Paradoxalement, son débit élevé nuit à sa performance économique dans le contexte de sous production dans lequel il est placé : une diminution de débit de moitié entraînerait une baisse de coût du kilo traité car les charges de structures seraient amorties sur un plus grand nombre d'heures de fonctionnement. En considérant un travail normal de 6 heures par jour 300 jours par an, le défibreur au PK 45 fonctionne à 20% de sa capacité. Ainsi, en doublant la quantité traitée et en diminuant le débit de 50%, le coût au kilo passerait de 7 Fcfa à 3 Fcfa. On peut considérer que dans le contexte d'un atelier semi-industriel, et compte tenu des autres machines, le débit optimal serait de 150 kg/h.

A titre de comparaison, la même analyse pratiquée sur le matériel traditionnel (panier en osier et cuvette) dans un atelier traitant 70 kg de pâte par semaine donne sensiblement la même performance économique : 7 Fcfa (si l'on tient compte de la main d'oeuvre). Sur cette constatation, on peut affirmer que le défibreur est efficace techniquement et socialement, dans la mesure ou il facilite la tâche, mais doit encore être amélioré sur le critère économique.

Le pétrisseur, du fait de son débit élevé, fonctionne nettement en dessous de sa capacité (14%). Son débit est comparable à celui du défibreur mais il traite une quantité plus faible du fait des pertes importantes au cours du défibrage. Par rapport à la méthode traditionnelle, le pétrisseur est moins performant économiquement. La présence permanente d'un opérateur pour remplir la trémie grève sa performance mais, comme dans le cas précédent, celle-ci serait largement augmentée si le niveau d'activité était plus important. Cependant, un débit inférieur de 60% lui donnerait encore un score supérieur. Son coût, essentiellement constitué par les rouleaux (en Téflon ou en aluminium) pourrait être diminué par l'utilisation de rouleaux en bois grâce à une forte diminution de la vitesse de rotation.

Avec un taux d'utilisation de 53%, le Précuiseur-malaxeur est le facteur limitant de la ligne. Par rapport au pétrisseur qui traite une quantité égale de produit, il a une performance deux fois moins bonne. Cela s'explique tout d'abord par son coût élevé, principalement dû à la vis et au tube, ensuite par ses consommations coûteuses (énergie motrice et combustible de chauffage) et enfin par son faible débit. Bien que le Précuiseur-malaxeur effectue une des opérations les plus délicates de la fabrication et réalise une bonne performance technique, on peut considérer que sa performance économique est insuffisante dans le contexte étudié. Le coût du kilo traité passerait de 16 à 10 Fcfa dans le cas d'une augmentation du débit de 50% (120 kg/h) et d'une consommation énergétique diminuée de moitié.

2.2.1.3. Améliorations possibles

Telles qu'elles ont été décrites, les machines de la ligne chikwangue pourraient être améliorées à plusieurs niveaux.

La performance du pétrisseur serait fortement augmentée s'il était placé au dessus du Précuiseur-malaxeur en utilisant la même force motrice, il faudrait pour cela régler son débit au même niveau. Cela supprimerait la tâche qui consiste à porter la pâte depuis le pétrisseur jusqu'au précuiseur-malaxeur et donc, un poste de travail.

Le Pétrisseur-malaxeur proprement dite pourrait être plus performant si son débit était augmenté (des essais ont montré que le conditionnement direct peut se faire jusqu'à un débit de 125 kg/h). Par ailleurs, une meilleure isolation et une meilleure maîtrise du chauffage permettraient de réduire les coûts de fonctionnement.

2.2.2. Performance de la ligne

2.2.2.1. Résultats

Après avoir étudié les machines individuellement, il faut analyser la performance de la ligne de fabrication dans son ensemble. Là encore, les données datent de 1993.

En plus des trois machines considérées précédemment, un ensemble d'infrastructures, de petits outils et de matériel entre en jeu dans l'activité de l'atelier. Ces éléments sont rassemblés dans le tableau 3 et représentaient un montant total de 6.300.000 Fcfa. Les trois machines principales représentent 40% de cet investissement.

Au niveau global, le tableau 1 fait ressortir un rendement matière global de 48%, soit 48 Kg de chikwangues pour 100 kg de racines brutes.

tableau 3
Amortissement de l'outil de production

DESIGNATION	QTE *	PRIX UNITAIRE	PRIX TOTAL	DUREE AMORT.**	AMORTIS.**
BATIMENTS :		2 350 000			
Batiment d'exploitation	1	2 000 000	2 000 000	10	200 000
Installation électrique	1	200 000	200 000	7	28 571
Installation d'eau	1	150 000	150 000	7	21 429
GROS MATERIEL :		3 415 000			
Bacs de rouissage	4	50 000	200 000	5	40 000
Défibreur+moteur	1	815 000	815 000	5	163 000
Pétrisseur+moteur	1	720 000	720 000	5	144 000
Malaxeur + moteur	1	1 100 000	1 100 000	5	220 000
Clippeur	1	280 000	280 000	5	56 000
Four de cuisson	1	300 000	300 000	5	60 000
MOBILIER :		97 500			
Table	1	10 000	10 000	5	2 000
Chaise	3	3 500	10 500	4	2 625
Armoire	1	75 000	75 000	6	12 500
Tablette	1	2 000	2 000	4	500
OUTILLAGE :		447 950			
Marmite aluminium	10	13 800	138 000	5	27 600
Cuvette aluminium	5	8 625	43 125	5	8 625
Couteau à éplucher	5	750	3 750	2	1 875
Seau plastique	2	1 400	2 800	2	1 400
Brouette plate	1	17 000	17 000	5	3 400
Bouteille de gaz	3	51 750	155 250	5	31 050
Tuyau 15 mètres	1	15 000	15 000	3	5 000
Balai brosse	1	2 725	2 725	3	908
Balai coco	1	1 500	1 500	3	500
Panier à défibrer	2	1 500	3 000	2	1 500
Tenue de travail	4	5 000	20 000	2	10 000
Paire de gants	4	3 450	13 800	2	6 900
Paire de bottes	4	6 500	26 000	2	13 000
Clé de 19	1	2 500	2 500	5	500
Calculette	1	3 500	3 500	3	1 167
			6 310 450		1 064 050

* QTÉ : QUANTITÉ
** AMORT : AMORTISSEMENT

Pour fonctionner correctement, l'atelier traite 3 tonnes de racines par semaine, soit 6 exploitants qui amènent chacun 500 kg (250 m^2 de surface récoltée). Dans l'état actuel du nombre d'exploitants, de surface en culture et de capacité d'organisation, ce chiffre ne peut guère augmenter, même si les machines le permettent. Dans ce type de système, ce ne sont pas les machines qui sont les facteurs limitants mais les problèmes de gestion et d'organisation aussi bien en transformation qu'en commercialisation.

C'est sur cette base de 3 tonnes par semaine que le compte de résultat prévisionnel a été établi dans le tableau 4. Pour respecter la logique économique, les racines ont été évaluées au prix de vente " bord champ ", prix auquel elles auraient été valorisées si elles n'avaient pas été transformées. Par ailleurs, les frais

tableau 4

Compte de résultat prévisionnel

CHARGES					PRODUITS			
CHARGES VARIABLES	UNIT	QTE	P.U.	P.T.		QTE	P.U.	P.T.
Manioc racine	Sac	3000	1500	4 500 000	VENTES DE CHIKWANGUES	117 527	100	11 752 747
Manioc roui	Sac	0	12000	0				
Gaine plastique	Kg	726,3	1500	1 089 480				
Clips	nb	235055	3	799 187				
Fagots de bois	nb	4639	50	231 962				
Gaz naturel	Kg	1893	340	643 748				
Produits d'entretien	nb	100	75	7 500				
Sacsd'égouttage	nb	125	250	31 250				
Torchons	nb	25	300	7 500				
Electricité	kWh	2157,7	55	118 674				
Main d'oeuvre temp.	H	5000	200	1 000 000				
		Sous total		8 429 300				
CHARGES FIXES								
Frais de personnel				1 200 000				
Frais financiers LT				351 110				
Dotation amortis.				1 064 050				
		Sous total		2 615 160				
TOTAL DES CHARGES				11 044 460	TOTAL DES PRODUITS			11 752 747
BENEFICE DE L'EXERCICE				708 286	PERTE DE L'EXERCICE			0

Seuil de rentabilité (Nb de chik./per)	92 480
Seuil de rentabilité (Nb de sacs/sem)	47
Seuil de rémunération 100KF (Chik)	134 882
Seuil de rémunération 100KF (S/sem)	69
Rappel du rendement matière global	47%

Poids d'une chikwangue	0,600	Kg
Coût total par Kg de racines	74	
Produit par Kg de racines	78	
Marge nette par Kg de racines	5	
Charges variables par chik.	72	
Charges totales par chik.	94	
Marge brute par chikwangue	28	28% du C.A.
Marge nette par chikwangue	6	6% du C.A.

HYPOTHESES ET VARIABLES DE BASE

POIDS D'UN SAC DE RACINES	50	Kg
PERIODE DE REFERENCE	50	SEMAINES
QUANTITE TRAITEE / SEMAINE	60	SACS
FRAIS DE GERANCE / MOIS	100000	Fcfa/mois

d'écorçage, travail souvent confié à de la main d'oeuvre temporaire, ont été évalués au coût réel ainsi que le salaire du gérant de l'atelier. Le tableau indique donc la valeur ajoutée nette du travail de transformation pour les exploitants, c'est à dire le bénéfice qu'ils tirent du travail de transformation du manioc en chikwangue.

Pour des chikwangues de 600 grammes vendues à 100 Fcfa, comme les chikwangues traditionnelles, le tableau 4 montre que les exploitants arrivent à couvrir les charges de l'atelier mais ne retirent que 6% de bénéfice sur la vente de leur production de manioc par rapport à la vente de racines brutes. Si l'on considère le temps passé à la transformation, cette rémunération est insuffisante : les exploitants gagnent moins que les temporaires qu'ils ont payé à écorcer leurs racines.

Le seuil de rentabilité, c'est à dire la quantité minimum de racines à transformer pour couvrir les charges, est de 47 sacs de racines par semaine, soit 2,35 tonnes (pour une production normale de 60 sacs, soit 3 tonnes). Ce seuil, qui signifie que l'activité peut supporter une baisse de 20% sans risque de faillite, est trop élevé dans un contexte agricole soumis aux aléas du climat et du marché. Il devrait être au maximum de 35 sacs (soit une sécurité de 40%) et s'approcher le plus possible de 30 sacs (sécurité de 50%).

2.2.2.2. Analyse et améliorations possibles

Une étude menée auprès des ateliers de fabrication de chikwangues à Brazzaville a montré que la majorité des femmes exerçant cette activité ne gagnaient pratiquement rien, certaines perdant même de l'argent (Ikama *et al.*, 1995). Cependant, elles continuent car en fait, une partie de la production sert à la consommation familiale et permet donc de faire des économies sur le budget du ménage. Le problème s'explique par le prix élevé payé pour la pâte rouie en ville. Sur le lieu de production, le rapport entre le prix des racines et le prix de la chikwangue est supérieur à celui de la transformation de l'arachide en pâte (pour un rendement matière comparable). Pour 1 kg de racines valant 30 Fcfa, avec un rendement de 48%, le producteur obtient un chiffre d'affaires en chikwangue de 75 Fcfa soit un multiplicateur de 2,5. Pour la pâte d'arachide, le multiplicateur est de 2. La fabrication de chikwangue est donc rentable en elle-même, et c'est plus une baisse des coûts qui doit apporter la rentabilité plutôt qu'une augmentation de prix.

La marge brute de l'atelier (hors charges fixes) est de 28% alors qu'elle devrait être de 35 à 40%. Trois postes pèsent anormalement sur les charges de l'activité : tout d'abord le poste " emballage " qui est un peu élevé mais qui ne peut guère être diminué, sauf en utilisant les feuilles traditionnelles. Ensuite, les exploitants pourraient récupérer une partie de la valeur ajoutée en faisant eux-mêmes l'écorçage avec leur famille dans la limite du temps laissé libre par les travaux champêtres. La mise au point d'un écorceur ou épluchoir de racines serait à envisager, vu le temps et l'argent consommés par cette activité (10% des charges)

ou bien, une suppression de l'étape avec élimination de l'écorce au cours du défibrage (cette solution entraînerait une forte baisse de la qualité). Enfin, les consommables ont un niveau élevé qui devrait être réduit par une utilisation plus rationnelle des machines et des combustibles (surtout le gaz). Une baisse des consommables de 25% combinée à une diminution de moitié des frais d'écorçage suffiraient à rétablir l'équilibre dans les charges variables. Une augmentation concomitante du niveau d'activité accompagnée des amélioration citées sur les machines placeraient définitivement la ligne de fabrication de chikwangue dans une rentabilité confortable.

Ces solutions amèneraient la marge brute à 35% du chiffre d'affaires et le résultat (donc la rémunération du travail) à 15% du chiffre d'affaires. Le seuil de rentabilité serait alors de 35 sacs, ce qui est acceptable comme expliqué plus haut.

Dans l'avenir, l'expérience acquise par les exploitants associée à l'augmentation de l'effectif du groupement permettra certainement d'augmenter les quantités traitées, ce qui aura pour effet d'améliorer le niveau de rentabilité de l'atelier. Une élévation de 50% du niveau d'activité, tout à fait compatible avec les capacités des machines, augmenterait la marge des agriculteurs de 60% en révélant le potentiel de performance de la ligne. Par ailleurs, les progrès réalisés dans la production agricole pourront aussi faire baisser le prix de revient de la matière première pour creuser encore plus l'écart de prix entre la racine et la chikwangue.

Conclusion

Grâce à une collaboration multidisciplinaire associant les nutritionnistes et microbiologistes du centre DGRST-ORSTOM de Brazzaville, et les ingénieurs d'Agrisud/Agricongo, la fabrication de chikwangue au Congo a pu être mécanisée avec une technologie locale et des résultats globalement satisfaisants. Les appareils mis au point sur le centre de ressources d'Agricongo ont prouvé leur efficacité technique et leur appropriabilité dans l'atelier de transformation du groupement agricole du PK45 au nord de Brazzaville. La chikwangue produite dépasse en qualité la moyenne des produits traditionnels et bénéficie d'une bonne notoriété dans la capitale (Trèche *et al.*, 1995). Des progrès restent à accomplir dans le domaine économique pour que la ligne de fabrication mécanisée apporte une réelle valeur ajoutée aux utilisateurs. Ces progrès sont de trois ordres : Tout d'abord une rationalisation de la ligne avec optimisation des appareils, harmonisation des débits et amélioration du mode d'écorçage des racines. Ensuite économies de carburant, de combustibles et, si possible, d'emballage. Enfin, une augmentation des quantités traitées qui se fera naturellement au fur et à mesure de l'apprentissage de la gestion et de l'organisation par les utilisateurs.

Agrisud, en accord avec ses partenaires, a pour ambition de développer ce modèle d'atelier au Congo et en Afrique Centrale pour que la chikwangue reste pour longtemps un aliment apprécié et consommé par tous. La ligne de fabrication de chikwangue fait d'ores et déjà partie des programmes de développement agricole d'Agrisud au Gabon.

Bibliographie

TRECHE (S.), AVOUAMPO (E.), ADOUA-OYILA (G.), 1995 - «Notoriété et acceptabilité de la *chikwangue Agricongo* à Brazzaville». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom, Coll. colloques et séminaires : sous presse.

IKAMA (R.), TRECHE (S.), 1995 - «Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom, Coll. colloques et séminaires : sous presse.

MASSAMBA (J.),TRECHE (S.), 1995 - «la consommation du manioc au Congo». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Orstom, Coll. colloques et séminaires : sous presse.

TRECHE (S.), LEGROS (O.), AVOUAMPO (E.), MUCHNIK (J.), MASSAMBA (J.), 1993 - *fabrication de chikwangue au Congo*. Rapport de fin d'études d'une recherche soutenue financièrement par le ministère de la coopération et du développement dans le cadre de la procédure de financement "Réseau TPA", 98 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon en Colombie

Technological improvement in starch extraction equipments in Columbia

***G. CHUZEL* * & **, *D. PEREZ* ***, *D. DUFOUR* * & ***, *D. GRIFFON* ***

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
*** UNESP-FCA, Botucatu ,(Brésil)*
**** CIAT, Cali (Colombie)*

– Résumé –

En Colombie, l'amidon maigre de manioc, obtenu après fermentation et séchage au soleil est un produit utilisé pour l'élaboration de produits traditionnels destinés à la consommation familiale.

Progressivement le marché local, puis les marchés urbains en expansion ont conduit les producteurs d'amidon à développer de petites agro-industries rurales. Les équipements utilisés n'ont toutefois pas connu d'amélioration sensible depuis les années 1960 et présentent donc une efficience faible qui grève la rentabilité de ces unités.

Cette communication porte sur le diagnostic technologique de ces unités et présente des améliorations techniques effectuées sur les équipements utilisés. Les performances des opérations de lavage, d'épluchage et de râpage des racines, puis celles concernant l'extraction, le raffinage et la décantation de l'amidon de manioc utilisant des équipements améliorés sont comparés à celles utilisant des équipements traditionnels. Elles sont traduites en pourcentages d'efficacité et en gain sur le rendement final d'extraction de l'amidon de manioc.

– Abstract –

In Columbia, sour starch, obtained after fermentation and sun drying is a product used in making traditional foods destined for family consumption.

Gradually, local markets then urban markets in expansion have pushed starch producers to develop small rural agro-industries. The equipments used have not had remarkable improvments since the 1960s and they therefore present a low efficiency which affects the profitability of these units.

This paper is on the technological diagnosis of these units and presents technical improvments carried out on the equipments used. The yields from washing, peeling and root grating operations then that of cassava starch extraction, purification and decantation using improved equipments are compared to those that used the usual equipements. They are expressed as a percentage of the effectiveness and as gain in the final yield of cassava starch extraction.

Introduction

L'une des valorisations du manioc en Colombie concerne la production d'amidon aigre, *almidón agrio*. Cet amidon, fermenté naturellement et séché au soleil, présente des propriétés fonctionnelles spécifiques et en particulier un pouvoir de panification, ce qui le rend irremplaçable dans l'élaboration de nombreux pains au fromage ancrés dans les habitudes alimentaires locales (Chuzel, 1990 b ; Pinto, 1980).

La production d'amidon aigre de manioc est estimée à 8 000-9 000 tonnes par an ; Plus de 80 % de cette production sont localisés dans le Nord du département du Cauca, au Sud de Cali, zone montagneuse entre 1 000 et 1 600 m d'altitude, où sont concentrées les unités de transformation (*rallanderias*). Cette localisation est due à différentes raisons (SEDECOM, 1988 ; Chuzel, 1992) :

- cette région est caractérisée par des sols pauvres acides où le manioc constitue une des rares alternatives de production agricole ;
- le caractère périssable du manioc qui se détériore dès la récolte conduit à avoir les unités de transformation près des lieux de production plutôt que près des centre de consommation ;
- une disponibilité en eau importante indispensable pour l'extraction de l'amidon par voie humide ;
- des conditions climatiques (température et humidité relative) favorables à une telle production ;
- l'existence d'une infrastructure routière correcte permettant d'acheminer l'amidon aigre vers les centres de consommation (les *rallanderias* sont situées le long de la Panaméricaine, axe nord-sud, reliant Cali et Popayan, deux centres importants de consommation et depuis lesquels l'amidon aigre peut être acheminé vers d'autres régions du pays).

Jusqu'aux années 1940, la production d'amidon de manioc est une activité domestique réalisée par les femmes. L'amidon est utilisé pour l'élaboration de produits traditionnels à base de fromage et d'amidon comme le *pandebono* ou le *pandeyuca* destinés à la consommation familiale. Dans les années 1950, afin de satisfaire le marché local, apparaît un certain nombre d'unités, toujours manuelles, qui commercialisent leur production sur la zone. Puis, avec l'urbanisation croissante des années 1960 et une demande importante pour ce type de produit sur les marchés urbains en pleine expansion, une petite agro-industrie rurale commence à se structurer et à rechercher les moyens d'améliorer cette production. C'est à cette époque qu'apparaît la mécanisation du procédé traditionnel (SEDECOM, 1988 ; Mosquera, 1992 ; Mosquera et Chacon, 1992). Les équipements sont conçus et réalisés localement avec une mécanisation progressive en fonction

des goulots d'étranglement identifiés et de la pénibilité du travail, tout d'abord la râpe, puis l'essoreuse d'extraction et la laveuse. Ainsi, les producteurs d'amidon ont développé leurs innovations et leur technologie, ce qui a conduit à l'heure actuelle à une chaîne type que l'on retrouve dans presque toutes les *rallanderias* (CIAT, 1990 & 1991 ; Chuzel, 1990 a et b,1991 ; Soto, 1992).

Un développement important de la filière « amidon aigre » a donc eu lieu depuis les années 1960 (200 *rallanderias* environ estimées sur la zone). En effet, l'amidon aigre de manioc préserve sa niche de marché, n'ayant pas à concurrencer la production d'amidon des grandes firmes, comme cela est le cas pour l'amidon natif (ou « doux »), pouvant provenir d'autres sources amylacées, en particulier du maïs (Mosquera, 1992).

La chaîne de transformation est caractérisée par sa robustesse, un entretien relativement facile s'appuyant sur les compétences locales, et des coûts d'investissement accessibles à ces petites agro-industries. Néanmoins, les équipements utilisés n'ont pas eu d'améliorations sensibles depuis les années 1960 et présentent une efficience faible qui grève la rentabilité de ces unités d'extraction. Les travaux présentés ici portent sur le diagnostic technologique de ces unités de production et sur des améliorations techniques effectuées (Chuzel, 1992).

Matériels et méthodes

Le diagnostic technologique a été réalisé à partir du suivi d'une production journalière dans dix *rallanderias* travaillant en conditions réelles de production sur la zone. Pour quatre d'entre elles, le suivi a également été fait sur quatre lots de manioc de variétés différentes, provenant d'un champ expérimental du CIAT.

Ce suivi a porté sur :

- la description précise des équipements existants ainsi que le relevé de leurs caractéristiques (capacité, besoins en eau, puissance installée...) ;
- la détermination des bilans de masse pour évaluer l'efficience du procédé.

Les teneurs en eau, en amidon et en fibres ont été déterminées sur quatre échantillons prélevés au hasard lors des différentes étapes du procédé.

Le taux d'extraction a été apprécié par la valeur de l'effet « râpage » R donné par :

$$R = \left(1 - \frac{Aa \cdot Fr}{Ar \cdot Fa}\right) \times 100$$

avec:

Aa et Ar sont les teneurs en amidon respectivement dans l'afrecho et dans les racines ;

Fa et Fr sont les teneurs en fibres respectivement dans l'afrecho et dans les racines.

Les équipements améliorés ont fait l'objet d'une première série d'essais au CIAT, ce qui a permis de valider les choix mécaniques retenus, d'évaluer les performances obtenues et d'apporter les modifications nécessaires. Ces équipements améliorés ont ensuite été transférés dans différentes *rallanderias* pour une évaluation *in situ*, afin de comparer, par des essais en parallèle, les performances des équipements existants et améliorés.

Résultats

1. Diagnostic technologique

1.1. Procédé

Le procédé consiste en une extraction de l'amidon par voie humide, suivie d'une étape de fermentation naturelle puis d'un séchage solaire (Figure 1).

Les caractéristiques des équipements sont données dans le tableau 1. Les capacités de traitement varient d'une étape du procédé à l'autre avec des goulots d'étranglement au niveau de l'extraction et du séchage. De plus, la disposition des différents équipements et l'organisation des postes de travail dans une *rallanderia* sont peu rationnelles, ce qui pénalise l'efficacité de ces unités (nombreuses manipulations du produit, déplacements répétés du personnel...)

Au niveau de la force motrice, une installation centralisée (puissance de 7 à 10 CV monophasique 110 V) est très couramment rencontrée. Le système de courroies de transmission pour les différents équipements pose le problème de la sécurité du personnel (de nombreux accidents ont été relevés) et conduit à un mauvais rendement énergétique lié à la sous-utilisation de la puissance installée (seule la râpe demande une puissance importante).

1.2. Eaux d'extraction

Les eaux utilisées pour l'extraction de l'amidon sont celles également utilisées pour la consommation humaine. D'une manière générale, ces eaux ne répondent pas aux normes de qualité exigées pour une eau potable, tant au niveau :

- microbiologique (présence de coliformes fécaux) que ;
- physico-chimique (turbidité élevée, matière organique, présence de fer...)

L'extraction d'amidon consomme des quantités d'eau très élevées, variant entre 12 et 15 m^3/tonnes de manioc frais.

1.3. Eaux résiduaires

Les eaux résiduaires sont directement rejetées dans le milieu naturel (généralement le ruisseau voisin) et contaminent le milieu ambiant. La charge contaminante, notamment en cyanures, peut varier en fonction de la matière première utilisée, mais elle reste cependant élevée. Les valeurs relevées (moyenne et intervalle de variation) sont données dans le tableau 2.

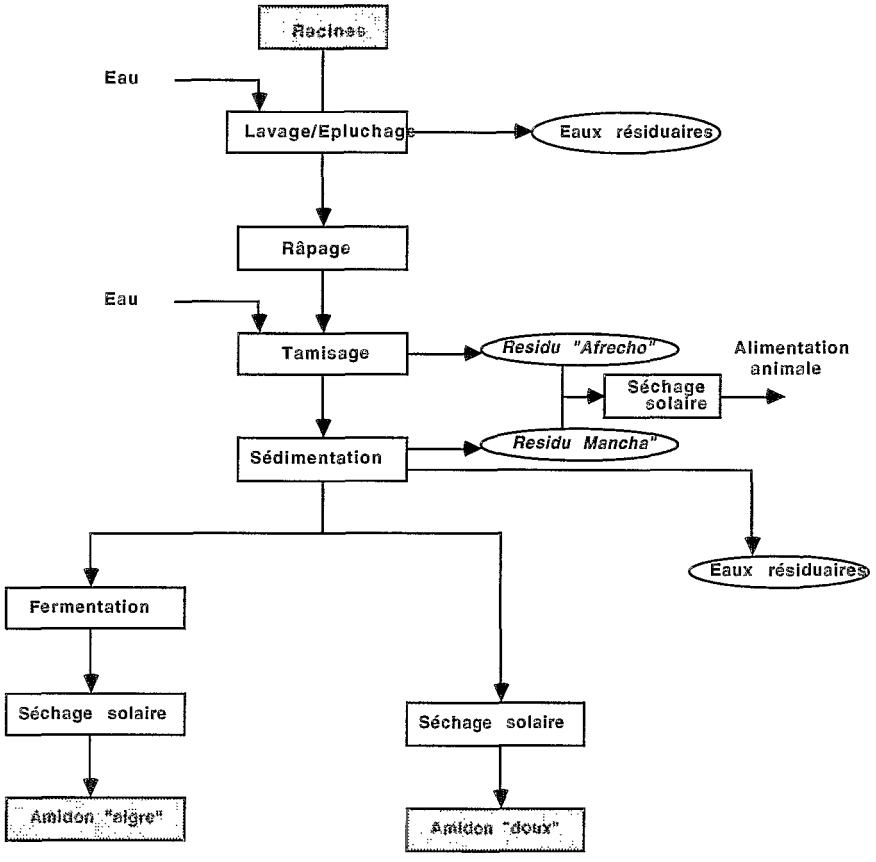


Figure 1
Procédé traditionnel d'extraction d'amidon (doux ou aigre) de manioc

1.4. Bilan massique

Les bilans massiques, par rapport à la matière fraîche et à l'amidon extrait, mettent en évidence que l'efficience globale du procédé (21 % en moyenne) est particulièrement faible, comparativement aux rendements obtenus dans des unités technifiées (25 à 28 %) ; de même, les pertes en amidon sont particulièrement significatives (25%), comme l'explicitent les figures 2 et 3.

L'effet « râpage » R de 81,1 % (± 8,1) reste faible alors qu'il est supérieur à 90 % dans des installations à technicité avancée.

Tableau 1
Equipements d'extraction d'amidon utilisés dans le procédé traditionnel

Équipement	Caractéristiques	Capacité	Observations
Laveuse	Cylindrique Ø = 0,7 à 1 m ; L = 0,8 à 1 m Vitesse de rotation : 25 à 35 trs/min	300 à 400 kg/h Conso d'eau : 3 à 5 m^3/t	Efficience variable pour enlever la couche liégeuse
Râpe	Tambour en bois revêtu d'une plaque métallique munie d'aspérités Ø = 30 à 40 cm ; L = 40 à 50 cm Vitesse de rotation : 1 000 à 1 200 trs/min	800 à 900 kg/h	Pulpe de manioc grossière
Tamiseuse	Cylindrique avec un système de pales internes et revêtu d'un tamis en nylon ou bronze Ø = 0,7 à 1,0 m L = 0,7 à 1,0 m Vitesse de rotation : 15 à 25 trs/min	200 à 300 kg/h Consommation d'eau 8 à 12 m^3/t	Maintenance de la toile du tamis Efficience de l'extraction Impuretés dans le lait d'amidon
Sédimentation T	Tanks (3 à 5) avec différentes sédimentations successives avant transfert aux tanks de fermentation	5 à 8 m^3	Pertes d'amidon lors de la vidange Contamination par la « mancha » d'une couche à l'autre
Fermentation	Tanks où l'amidon est recouvert d'eau de décantation ou d'afrecho	1 à 2 m^3	Contaminations extérieures (insectes...) Influences des parois (bois, briques brutes, ciment, faïence...)
Séchage	Solaire au sol, sur des plateaux en bois, sur le toit de l'unité	Aire variable, souvent insuffisante (80 à 240 m^2) Charge de 3,5 kg (b.h.) au m^2	Contaminations extérieures (poussières, animaux...)

Tableau 2
Charge contaminante des eaux résiduaires des « rallanderias »

	Fourchette relevée	Moyenne
DO	4 500 à 13 000 mg/L	9 100 mg/L
DBO5	1 500 à 8 500 mg/L	3 100 mg/L
Cyanure	1 à 5 mg/L	2,1 mg/L
pH	3.9 à 4.7	4,1
Solides totaux	2 000 à 7 000 mg/L	5 740 mg/L

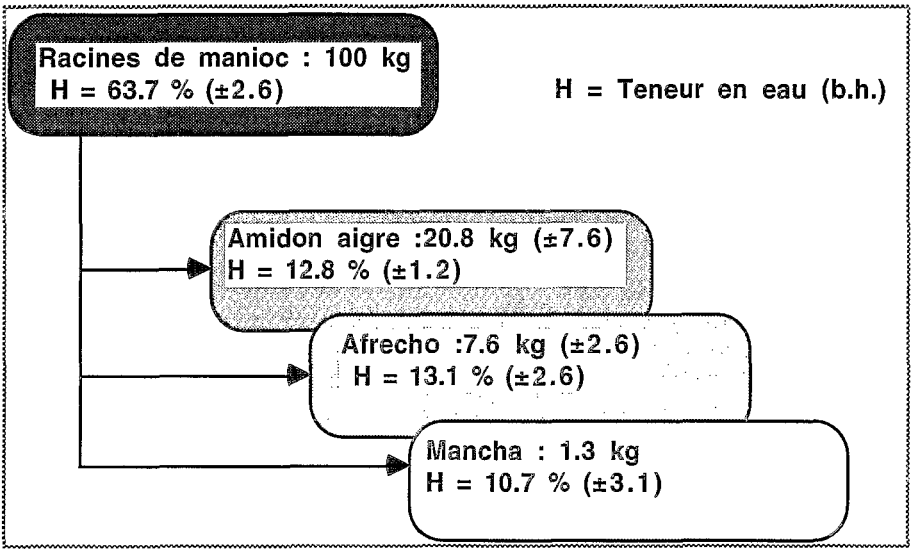


Figure 2.
Bilan massique par rapport à la matière fraîche (moyenne ± écart type)

2. Amélioration technologique des équipements

Ce diagnostic a pu mettre en évidence les goulots d'étranglement sur les équipements existants et proposer un certain nombre d'améliorations technologiques au niveau du procédé traditionnel d'extraction de l'amidon. De manière à ce que les innovations soient susceptibles d'être adoptées à court terme, l'idée retenue a consisté à utiliser les mêmes principes technologiques mais avec une conception selon les règles de l'art du point de vue mécanique (dimensionnement, calculs...) Par ailleurs, un certain nombre d'innovations permettant d'améliorer l'efficience du procédé, les conditions de travail et la productivité, ont été introduites.

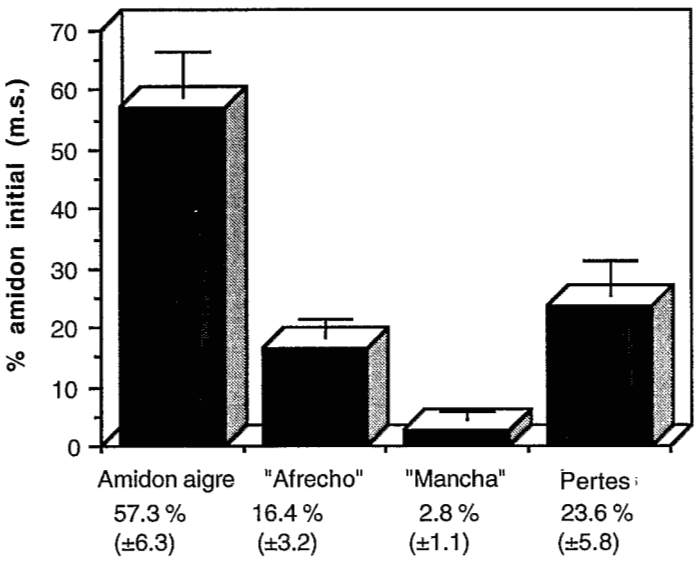


Figure 3
Bilan massique (base sèche) en amidon (moyenne ±écart-type)

2.1 Lavage-épluchage

La laveuse-épluceuse (Aponte et Ferrucho, 1990) présente les caractéristiques suivantes :

- type concentrique (cylindre traversé longitudinalement par un axe supportant toute la charge) ;
- axe central tubulaire permettant la distribution d'eau sur tout le cylindre ;
- deux cylindres abrasifs (fils de nylon torsadés enroulés en spirale sur un axe mécanisé) afin d'augmenter la superficie de contact avec les racines ;
- superficie extérieure du cylindre en tôle perforée permettant l'évacuation des déchets ;
- entraînement par moto-réducteur (2 CV, 36 trs/min pour le cylindre et 140 trs/min pour les rouleaux abrasifs).

Les résultats comparatifs des équipements existants et améliorés sont donnés dans le tableau 3 pour un même ratio charge/volume de 5 cm^3/kg, ce ratio permettant un lavage optimal tout en minimisant les pertes de pulpe lors de l'opération (Chuzel, 1992 ; Berecera et Gonzalez, 1991).

L'équipement amélioré a une capacité de traitement similaire à celui existant. Cette capacité est amplement suffisante pour le tonnage journalier (entre 1 et 5 tonnes de racines fraîches) traité dans les *rallanderias.* mais offre une meilleure qualité de lavage des racines.

Tableau 3
Performances des systèmes de lavage-épluchage (valeurs moyennes sur cinq essais)

	Equipement existant	Equipement amélioré
Charge	85 kg	95 kg
Temps de chargement	1,2 min	1,0 min
Temps de lavage	6,0 min	7,0 min
Temps de déchargement	0,7 min	0,4 min
Temps total pour le batch	6,0 min	7,0 min
Capacité horaire	850 kg/h	815 kg/h
Efficacité du lavage *	69 %	79 %

* représenté par la moyenne du pourcentage de la surface « propre » (sans présence de couche liégeuse) par rapport à la surface totale d'une dizaine de racines prises au hasard sur cinq répétitions.

2.2 Râpage

Le système de coupe utilisé consiste en des lames de scie insérées sur un tambour en plastique avec une vitesse de rotation de 2500 trs/min (Jaramillo et Becerra, 1991 ; Perez, 1991). L'efficience du système de râpage a été évaluée en comparant l'effet « râpage » R des systèmes d'extraction traditionnel et amélioré (Chuzel, 1992). Les résultats obtenus sont donnés dans le tableau 4.

Le système de coupe permet de libérer beaucoup plus facilement les grains d'amidon lors du râpage et facilite ainsi l'étape d'extraction. Néanmoins, les coûts liés à l'achat et à l'usinage du tambour en plastique sont très élevés en Colombie (de l'ordre de 3 000 ff) ; ceci rend le prix de la râpe incompatible avec les ressources économiques des *rallanderos*. Aussi, nous proposons l'alternative d'utiliser le même principe mais avec des lames de coupe fixées sur un tambour en bois.

Tableau 4
Performances des systèmes de râpage (valeurs moyennes sur cinq essais)

	Equipement existant	Equipement amélioré
Capacité horaire	900 kg/h	1 200 kg/h
Effet « râpage » R	84 %	91 %

2.3 Système d'extraction

Le système retenu pour l'extraction (Muñoz et Otero, 1991) se déroule en deux étapes :

- une étape d'extraction proprement dite dans un extracteur cylindrique (diamètre 0,76 m, hauteur 0,90 m), rotatif (15 trs/min), similaire aux extracteurs traditionnels mais équipé de quatre vis sans fin mécanisées (qui permettent d'améliorer les conditions de mélange entre l'eau et la pulpe de manioc) et d'un tamis externe en maille acier inox ;
- une étape de raffinage du lait d'amidon sur un tamis vibratoire (système bielle/piston).

Les conditions optimales de fonctionnement de l'extracteur cylindrique (Perez, 1992) ont pu être établies comme suit :

- charge de 80 kg correspondant à un ratio charge sur volume utile de 196 kg/m^3 ;
- débit d'eau d'extraction de l'ordre de 36 L/min, ce qui correspond au débit relevé dans les *rallanderias* ;
- maille du tamis, mesh 40.

Compte tenu des temps de chargement et de déchargement (5 à 6 min) pour chaque batch, la capacité horaire de l'équipement est estimée à 240-260 kg/h, ce qui correspond aux capacités de traitement des *rallanderias.*

Pour l'équipement amélioré, le pourcentage d'amidon restant dans l'afrecho varie entre 11 et 14 % avec une moyenne de 12,9 % (± 1,1), contre 16.4 % (± 3,4) avec l'équipement traditionnel. En ce qui concerne la teneur en fibres du produit final, elle varie entre 0,06 et 0,19 %, sans présenter de corrélation avec les conditions d'extraction. De toute façon, cette teneur reste en adéquation avec les normes généralement retenues pour l'amidon (inférieure à 0,8 %).

Au niveau du rendement final en amidon, le gain uniquement dû à l'équipement d'extraction peut donc être estimé à 6-7 %, soit plus de 22 % de rendement contre 20,8 % avec l'équipement traditionnel.

2.4 Décantation

Outre les pertes élevées dues à l'entraînement d'amidon avec les eaux de vidange, le système de sédimentation en tanks conduit à un contact prolongé entre l'amidon et l'eau surnageante. Ceci induit des modifications physico-chimiques de l'amidon, et par conséquent des modifications de ses propriétés fonctionnelles. Ainsi, l'amidon séparé par sédimentation ne répond souvent pas aux critères requis par le secteur industriel (pH, couleur, viscosité), ce qui freine son accès aux marchés de l'utilisation industrielle.

Le système de sédimentation par canaux est connu depuis fort longtemps (système utilisé dans les années 1960 dans les féculeries malgaches). Actuellement, il est largement répandu au Brésil mais n'a jamais été utilisé en Colombie. Aussi, ce système a-t-il été expérimenté directement dans une *rallanderia* disposée à utiliser cette technique.

Le principe consiste en une précipitation sélective des particules d'une suspension d'amidon en mouvement. La longueur du parcours et la vitesse du courant sont suffisantes pour permettre la sédimentation de la totalité des grains d'amidon sans précipitation simultanée d'autres particules plus légères (protéines, fibres, impuretés...) Cette vitesse ne doit cependant pas dépasser une valeur critique à partir de laquelle le mouvement se transforme de laminaire à turbulent, conduisant à une mauvaise sédimentation de l'amidon (par entraînement de la *mancha*) et à des pertes d'amidon dans l'eau en sortie de canal. Dans la pratique, la vitesse du courant doit se situer entre 4 et 10 m/min avec une longueur du parcours de 120 à 150 m (Pinto, 1990). La largeur et la pente du canal dépendent principalement du débit et de la concentration du lait d'amidon.

Compte tenu des surfaces disponibles dans la *rallanderia* où cette technique a été testée, le système de décantation a constitué en une série de 10 canaux en zigzag (longueur 12 m × largeur 45 cm × hauteur 50 cm), ayant une pente longitudinale de 0,2 % avec les parois revêtues de carreaux en faïence. Ces canaux débouchent sur un tank de décantation de 25 m^3 destiné à récupérer la « mancha ».

Outre la réduction des pertes d'amidon dans les eaux de vidange et la limitation de la pollution de l'environnement, les performances obtenues avec cette technique sont bien supérieures à celles du système traditionnel en tanks de décantation. Le rendement final en amidon est augmenté de 10 %, comme le montre le tableau 5 (Chuzel, 1992).

Tableau 5
Comparaison des systèmes de décantation en tanks et en canaux

	Tanks de décantation	**Canaux de sédimentation**
Rendement d'extraction amidon extrait/manioc	20,8 % *	23 %
Efficience d'extraction amidon final/amidon initial	57,3 % *	69 %

Du fait de la précipitation sélective en fonction du poids, ce système de sédimentation en canaux permet également de différencier des qualités d'amidon tout le long des canaux, comme l'indique le tableau 6. Ainsi, les producteurs peuvent disposer de différentes qualités d'amidon à proposer à des clients industriels potentiels.

Tableau 6
Évolution de la qualité des amidons en fonction du nombre de canaux

# Canaux	% d'amidon obtenu	Teneur en amidon	Teneur en fibres	Pulpe (mL)	pH
1 et 2	50 %	98 %	0,3 %	1	5,7
3, 4 et 5	39 %	97 %	0,4 %	6	5,5
6 à 10	11 %	96 %	0,4 %	12	6,4

* Valeurs moyennes obtenues avec le système traditionnel de séparation de l'amidon.

Conclusion

Les travaux réalisés dans le cadre de cette étude ont mis en évidence les possibilités d'amélioration des équipements traditionnels d'extraction de l'amidon de manioc, tout en reprenant les principes technologiques développés par les producteurs eux-mêmes. Les innovations apportées devraient ainsi être facilement adoptées par ces producteurs ; elles leur permettraient alors de disposer d'outils plus performants et d'améliorer la qualité de leur produit.

Bibliographie

APONTE (C. H.), FERRUCHO (R.), 1990 - *Diseño de una maquina lavadora peladora de yuca.* Tesis de grado, Programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma del occidente, Cali, 89 p.

BECERRA (S.), GONZALEZ (L. G.), 1991 - *Evaluación tecnica-economica de la tecnologia existente y nueva para la extracción del almidon de yuca.* Tesis de grado, corporación universitaria autonoma del occidente, division de ingenieria, programa de ingenieria Industrial, Cali, 178 p.

CHUZEL (G.), 1990 a - « Almidón de yuca, uso actual y potencialidades ». *Cassava Newsletters*, 15 (1) : 9-11.

CHUZEL, (G.), 1990 b - « Diagnostico tecnologico de la producción del amidón de yuca en Colombia ». *VI Seminario Anual de Yuca*, INIAP Porto Viejo, Ecuador, 7-9 de Noviembre 1990.

CHUZEL, (G.), 1991 - « Mejoramiento de los equipos de extraccón del amidón de yuca en Colombia ». *VII Seminario Latino-americano y del Caribe de Ciencia y Tecnologia de Alimentos*, San Jose, Costa Rica, 2-6 de Abril 1990.

CHUZEL, (G.), 1992 - *Amélioration technologique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc.* Rapport final Contrat CEE TS2A-0225, CIRAD-SAR, Montpellier, 49 p.

CIAT, 1989 - « Produccion y utilizacion del almidon de yuca ». *In Annual Report*, Cassava Program, CIAT, Cali: 33-38.

CIAT, 1990 - « Produccion y utilizacion del almidon de yuca ». *In Annual Report*, Cassava Program, CIAT, Cali : 18-28.

CIAT, 1991 - « Produccion y utilizacion del almidon de yuca ». *In Annual Report*, Cassava Program 1987-1991, CIAT, Cali : 243-250.

JARAMILLO (J. M.), BECERRA (J. F.), 1991 - *Diseño de la maquina ralladora de yuca.* Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 89 p.

MOSQUERA (L.), 1992 - *Evaluación socio-economica de la producción y comercialización de almidón de yuca.* Proyecto CIAT, Documento de trabajo, 64 p.

MOSQUERA, (L.), CHACON (M.P.), 1992 - *Evaluación socio-economica de la producción y comercialización de almidón de yuca en algunos municipios en el Norte del departamento del Cauca.* Tesis de Grado, corporación universitaria autonoma de occidente, Division de Ciencias Economicas y Sociales, Programa Economia, Cali, 148 p.

MUÑOZ (P.), OTERO, (J. C.), 1991 - *Diseño de una maquina tamizadora circular y vibradora para almidón de yuca.* Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 336 p.

PEREZ (D.), 1991 - *Desarrollo de herramienta para el rallado de yuca.* Tesis de grado, plan de estudios de ingeniera mecanica, universidad del Valle, Cali, 122 p.

PEREZ (D.), 1992 - R*eforma mecanica en un sistema rallado-colado para extraccion de almidón de yuca.* Informe de trabajo, CIAT, Junio de 92.

PINTO (R.), 1980 - Elaboración y usos del almidón de yuca. *ICA, Boletin tecnico* n° 66, Bogota.

SEDECOM, 1988 - Mejoramiento tecnologico para plantas de almidón de yuca en el Norte del Cauca. *Informe* n° 2, Cali, 44 p.

SOTO (O. C.), 1992 - *Levantamiento de planos, historia y funcionamiento de equipos existentes en planta productora de almidón de yuca.* Tesis de grado, programa de ingeniera mecanica, corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 46 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Amélioration d'un système d'extraction par voie humide d'amidon de manioc

Improved equipment for wet cassava starch extraction

G. CHUZEL* * & **, *D. PEREZ* ***, *D. DUFOUR* * & ***, *F. ALARCON* **

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
*** UNESP-FCA, Botucatu (Brésil)*
**** CIAT, Cali (Colombie)*

– Résumé –

L'extraction de l'amidon de manioc par voie humide en Colombie se fait traditionnellement au moyen d'une tamiseuse cylindrique rotative munie de pales internes et revêtue intérieurement d'un tamis en nylon ou en toile. L'extraction sous eau se fait par batch avec un chargement de 60 à 80 kg de pulpe durant 15 à 20 minutes. Cette technologie conduit à une extraction incomplète, plus de 16 % de l'amidon restant dans le tourteau d'extraction. Par ailleurs, le tamisage imparfait du lait d'amidon conduit à la présence de fibres et impuretés dans le produit final.

Une autre technologie peut être également utilisée, avec des performances similaires. L'équipement consiste en une vis sans fin en bois posée sur une toile et formant ainsi une auge. Une proposition d'amélioration du procédé technologique a consisté à combiner ces deux modes d'extraction et d'effectuer un raffinage complémentaire du lait d'amidon.

L'équipement amélioré proposé consiste donc en un extracteur cylindrique rotatif à chargement frontal, tapissé intérieurement d'une maille en inox et muni de quatre vis sans fin mécanisées pour améliorer les conditions de mélange entre la pulpe de manioc et l'eau. Au-dessous du tambour est placé un tamis vibratoire permettant une meilleure purification du lait d'amidon. Une première série d'essais comparatifs entre l'équipement amélioré et celui traditionnel dans les mêmes conditions de fonctionnement a conduit à un gain de performance et d'ordre de 20 % en quantité d'amidon extrait, avec l'équipement amélioré.

Les conditions de fonctionnement de cet équipement ont été ensuite optimisées. Les conditions optimales de fonctionnement correspondent à une charge de 80 kg, un débit d'eau de l'ordre de 36 l/min et une maille de tamis de 40 mesh. Le pourcentage d'amidon restant dans le tourteau varie entre 11 et 14 %, ce qui permet d'obtenir un grain de 6 à 7 % pour le taux d'extraction d'amidon par rapport à l'équipement traditionnel.

– Abstract –

In Colombia, wet cassava starch extraction is traditionally performed using a cylindrical sifter (diameter 0.7 to 1 m ; length 0.8 to 1 m) rotating at 15 to 25 rpm, equipped with internal paddles and covered with nylon or tissue sieve mesh.

A cassava batch (60-80 kg) is washed with water for 15 to 20 min, which corresponds to a capacity of 200-300 kg per hour. The water amount needed is about 8-12 m^3 per tonne of cassava roots.

This technology allows non complete extraction, as 16 % of starch still remains in the cattle-cake. Some fibers and impurities are also present in the end-product, due to the insufficient sieving of the extracted « starch milk ».

Another technology similarly efficient is also known. Its consists of using an endless mechanized wooden screw (4-5 m length), fixed on a sieve mesh and forming like a trough.

Technical improvements were proposed. They consist in the combination of both the former extraction technologies and in additional sieving of the « starch milk ».

The improved equipment is a front-loaded cylindrical drum (0.7 × 0. 9 m diameter) rotating at 15 rpm and internally covered with inox sieve mesh. This extractor is equiped with four endless mechanized screws (2 on the right and 2 on the left), which allows a better mixing of a cassava pulp and water. A vibratory sifter, made from 120 mesh resistant plastic and located underneath the drum, allows additional refining of the « starch milk ».

Preliminary trials were carried out for comparing the efficiency of traditional and improved equipments, at the same experimental conditions. The pulp load/volume ratio was 97 kg/m^3, corresponding to the optimal capacity of the traditional extractor. Efficiency of starch extraction increased (20%) with the improved equipment.

Different experimental conditions were then tested, such as the load of cassava pulp (60, 80 and 100 kg), the water flow (36 and 54 l/min) and the drum internal sieve size (40, 60 and 80 mesh). This experimental design led to the optimisation of the improved equipment running, in terms of processing capacity and starch extraction ratio. Optimal conditions were reported as follows : cassava pulp load (80 kg), pulp load/volume ratio (196 kg/m^3), water flow (36 l/min) and sieve size (40 mesh).

As the loading and unloading of the improved extraction equipment last 5 to 6 min for each batch, the processing capacity is then about 240 — 250 kg ot cassava pulp per hour. The non-extracted starch, remaining in the cattle-cake, amounts as 11-14 %, which corresponds to 6-7 % increase of starch extraction efficiency, comparing to the traditional extraction equipment.

1. Introduction

La production d'amidon fermenté de manioc est une activité artisanale importante en Colombie avec deux zones de production : le département du Cauca au sud de Cali, et la région de Rio Sucio au nord de Cali. L'originalité du procédé consiste en une étape de fermentation de l'amidon sédimenté durant 3 à 4 semaines avant le séchage au soleil. L'extraction de l'amidon est faite suivant le procédé classique d'extraction par voie humide avec les opérations de lavage et râpage des racines, puis de tamisage de la pulpe sous eau (Chuzel, 1990b, Pinto, 1980) avec une capacité des installations entre 1 et 5 tonnes de racines fraîches par jour.

La production de cet amidon aigre a un impact socio-économique très important dans la mesure où il permet d'une part de valoriser la production locale de manioc qui constitue souvent la seule alternative pour les agriculteurs de ces zones défavorisées et d'autre part de préserver une activité rurale de transformation avec les répercussions qu'elle peut avoir en termes d'emplois ou de stabilisation des populations (SEDECOM, 1988 ; Chuzel, 1992).

Au niveau technologique, les unités de production d'amidon (qui portent le nom de *rallanderias*) présentent un certain degré de mécanisation mais l'efficience d'extraction reste faible (Pinto, 1980). Les équipements de conception locale datent des années 1960 et ne sont plus adaptés aux exigences actuelles de productivité et hygiène (Chuzel, 1991). En particulier, l'étape d'extraction constitue l'un des goulots d'étranglement de ce procédé artisanal, avec un tourteau d'extraction (appelé *afrecho*) contenant. jusqu'à 20 % d'amidon et une capacité entre 200 et 300 kg/h (CIAT, 1989 ; Chuzel, 1990 a, b). L'équipement le plus couramment utilisé (SEDECOM, 1988 ; Becerra et Gonzalez, 1991 ; Soto, 1992) est constitué d'un cylindre rotatif équipé de pales internes et revêtu d'un tamis en tissu parfois en nylon ou en bronze. Le procédé est discontinu, avec des traitements par batch de 60 à 80 kg de pulpe durant 15 à 20 minutes, l'opérateur arrêtant l'extraction, quand le lait d'amidon est suffisamment clair.

L'autre système rencontré, uniquement dans quelques *rallanderias* de la région de Rio Sucio, est constitué d'une vis sans fin taillée dans un tronc d'arbre de 3 à 4 m de long qui repose sur un tissu tendu en forme d'auge avec une alimentation en eau tout au long de cette vis.

Utilisant les principes rencontrés localement, un nouveau système d'extraction a été conçu (Muñoz et Otero, 1991 ; Perez, 1992) et ses performances ont été testées et comparées avec celles du système rotatif actuel.

2. Matériels et méthodes

2.1. Conditions expérimentales

Le système retenu pour l'extraction se déroule en deux étapes :

- une étape d'extraction proprement dite dans un extracteur cylindrique (ø 0,76 x 0,90 m), rotatif (15 trs/min) similaire aux extracteurs traditionnels, mais équipé de quatre vis sans fin mécanisées permettant d'améliorer les conditions de mélange entre l'eau et la pulpe de manioc et avec une maille en acier inox externe (voir figures 1 et 2) ;
- une étape de raffinage du lait d'amidon sur un tamis vibratoire (système bielle/piston). Un tamis en plastique résistant utilisé dans l'industrie papetière d'une maille de 100 mesh a été retenu.

De manière à comparer ce système avec le système actuel, une première série d'essais (E1) a été réalisée à Mandiva (Cauca) dans la *rallanderia* Yuca Ltda, où a été installé l'équipement pilote, en parallèle avec un équipement traditionnel : le même ratio charge/volume dans les conditions de fonctionnement optimum de l'extracteur traditionnel, a été utilisé (97 kg/m^3), avec un débit d'eau disponible de l'ordre de 35 l/min. L'équipement pilote disposait d'un tamis de maille 80 mesh.

Les essais (série E2) ont ensuite été conduits sur la plate forme expérimentale de la Seccion Utilización de yuca du CIAT à Cali pour optimiser les conditions de fonctionnement de cet équipement amélioré en fonction des paramètres charge (60, 80, 100 et 120 kg de pulpe), débit d'eau (36 et 54 l/min) et maille du tamis de l'extracteur (40, 60 et 80 mesh).

Les racines de manioc provenant de champs expérimentaux du CIAT (variétés CMC 76 et CM 1918-3) ont été lavées et râpées dans les conditions normales du procédé traditionnel.

2.2. Suivi expérimental

La concentration du lait d'amidon a été suivie par détermination du degré Baumé sur un échantillon prélevé chaque minute et la quantité d'amidon extraite a été déterminée à partir du débit de l'eau utilisée.

Les teneurs en fibres et en amidon de l'*afrecho* obtenu et de l'amidon extrait ont été déterminées.

3. Résultats et discussions

3.1 Comparaison avec le système traditionnel

Lors de l'essai E1, l'intérêt du système de mélange en termes d'efficience au niveau de l'extraction a pu être clairement démontré : la figure 3 donne l'évolution comparative de la concentration du lait d'amidon durant une extraction.

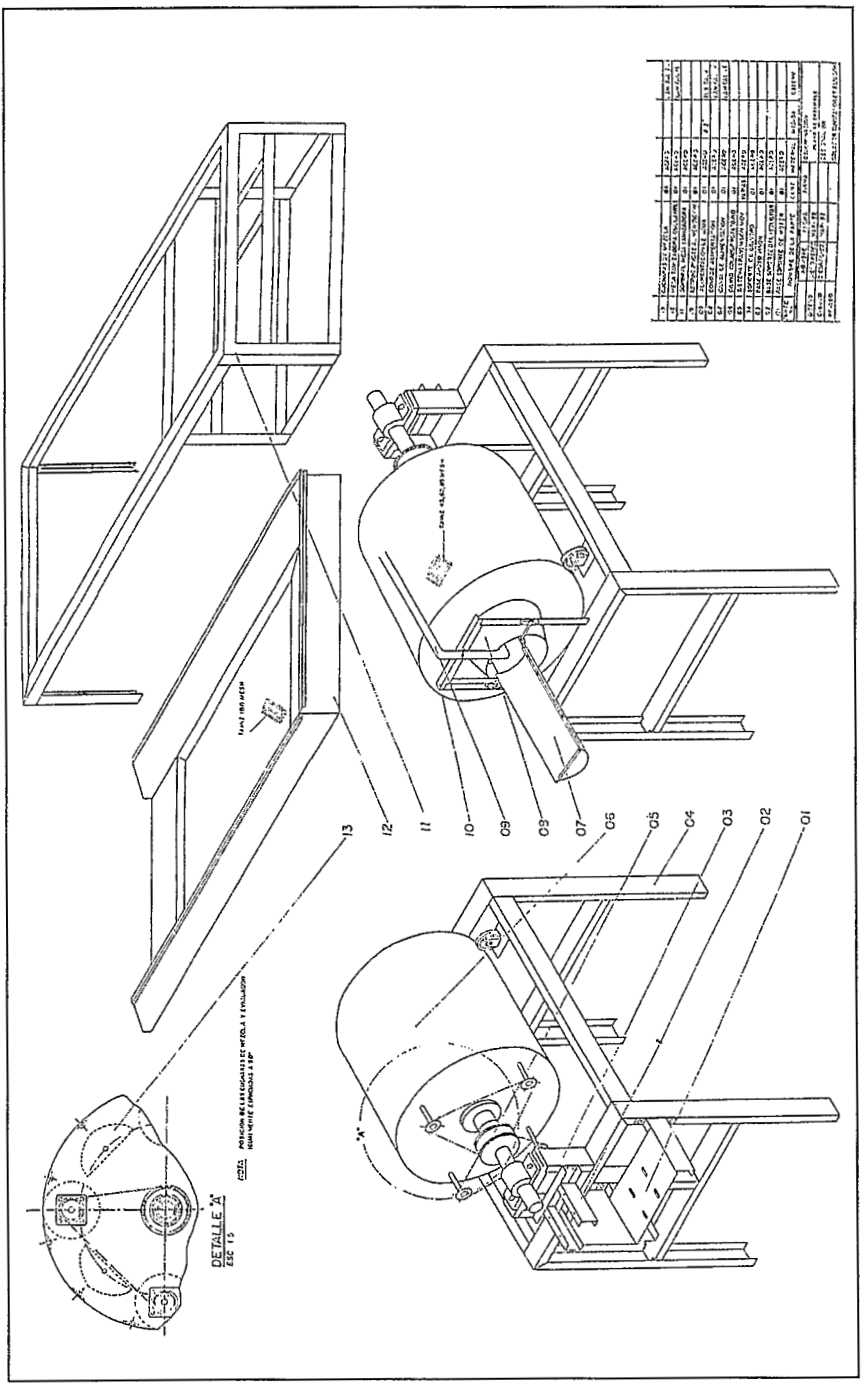


Figure 1
Vues d'ensemble du système d'extraction amélioré (d'après Perez, 1992)

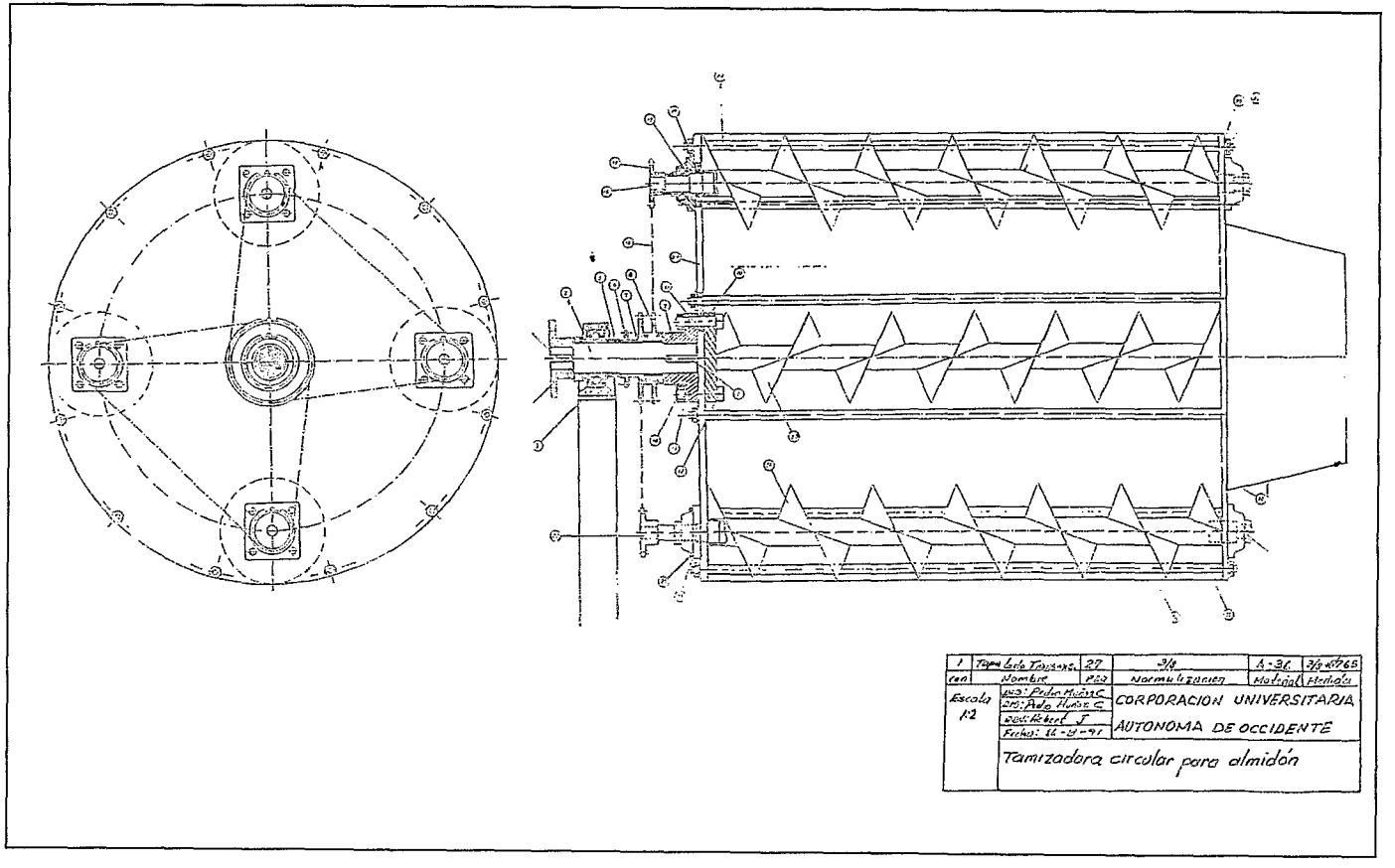


Figure 2
Détails de l'extracteur amélioré rotatif (d'après Muñoz et Otero, 1991)

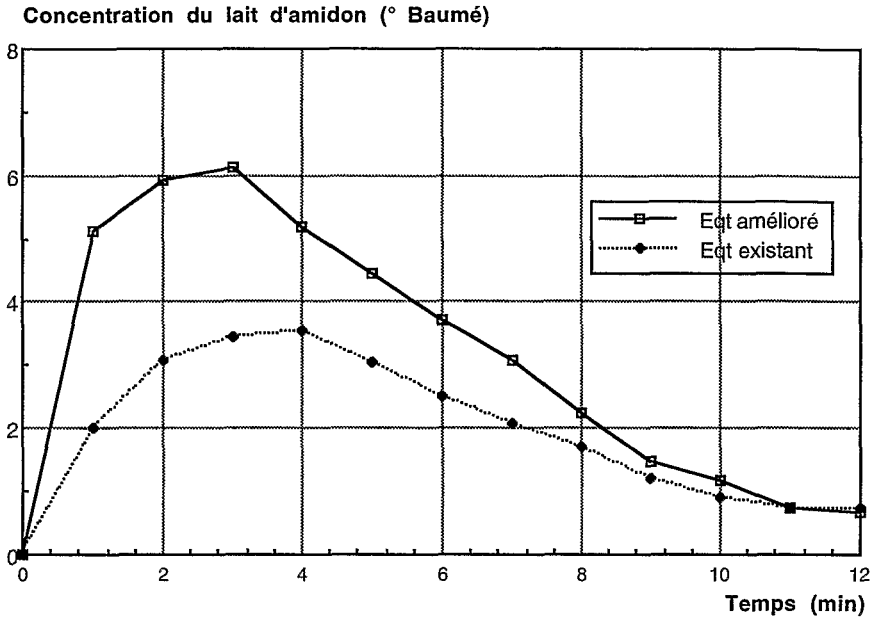


Figure 3
Evolution de la concentration du lait d'amidon durant l'extraction pour l'équipement traditionnel et l'équipement amélioré

Néanmoins, comme le montre les résultats obtenus au tableau 1, l'équipement amélioré ne présente pas une capacité de traitement supérieure à celle de l'équipement traditionnel *dans les conditions de fonctionnement retenues* (ratio charge sur volume de 97 kg/m³).

Mais, le dispositif de vis de mélange devrait permettre de réaliser une extraction dans de bonnes conditions avec des chargements beaucoup plus importants (essais E2) que ceux retenus dans l'essai comparatif E1.

Tableau 1
Performances des systèmes d'extraction (valeurs moyennes sur cinq essais) avec un chargement de 97 kg/m3 et un débit d'eau de 35 l/min.

	Équipement existant	Équipement amélioré
Charge	54 kg	40 kg
Temps de chargement	1,4 min	1,2 min
Temps d'extraction	9,0 min	12,0 min
Temps de déchargement	1,6 min	1,6 min
Temps total pour le batch	15,0 min	15,0 min
Capacité horaire	220 kg/h	160 kg/h

3.2. Influence du chargement

Pour des chargements de 60, 80 et 100 kg de pulpe, les temps d'extraction obtenus avec un débit d'eau de 36 l/min qui correspond au débit d'eau moyen disponible dans les *rallanderias*, ont été respectivement de 15, 17 et 18 minutes ; un chargement de 120 kg constitue la limite supérieure compte tenu des dimensions du cylindre et de la bouche de chargement.

Une augmentation de débit permet de réduire notoirement le temps d'extraction :10 minutes avec un débit de 54 l/min (soit 50 % de plus), au lieu des 15 obtenues pour une charge de 60 kg.

3.3 Optimisation des conditions de fonctionnement

Une série d'essais a été réalisée avec des mailles de 40, 60 et 80 mesh avec une charge de 80 kg (variété CM 1918-3) et des débits d'eau de 36 et 54 l/min.

Comme l'illustre la figure 4 qui donne la quantité d'amidon extrait, les temps d'extraction sont similaires mais le taux d'extraction croît avec le numéro de mesh de la maille de l'extracteur cylindrique.

Un diagramme similaire (figure 5) est obtenu avec un débit de 54 l/min : le temps d'extraction est ramené à 10 minutes mais la quantité d'amidon obtenue en fin d'extraction est moindre comme l'indique le tableau 2.

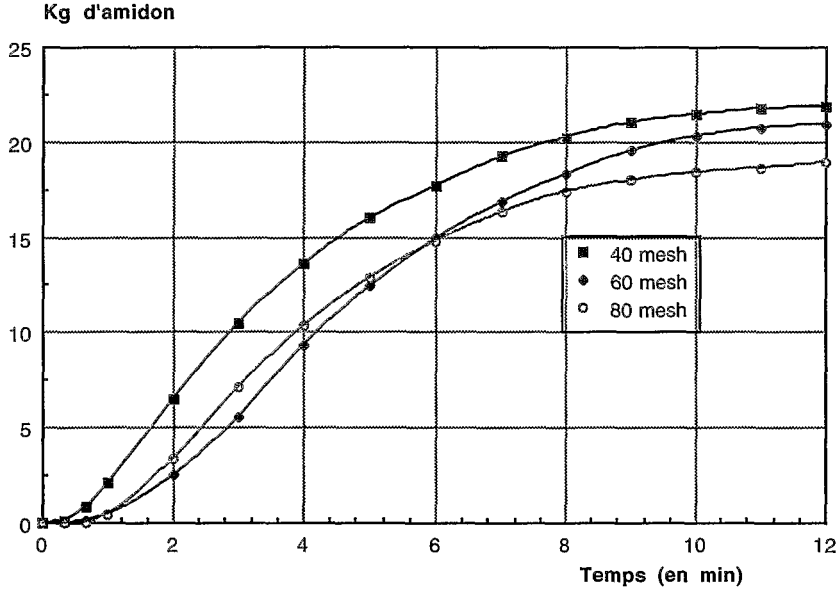


Figure 4

Evolution de la quantité d'amidon extraite en fonction du temps : débit d'eau de 36 l/min

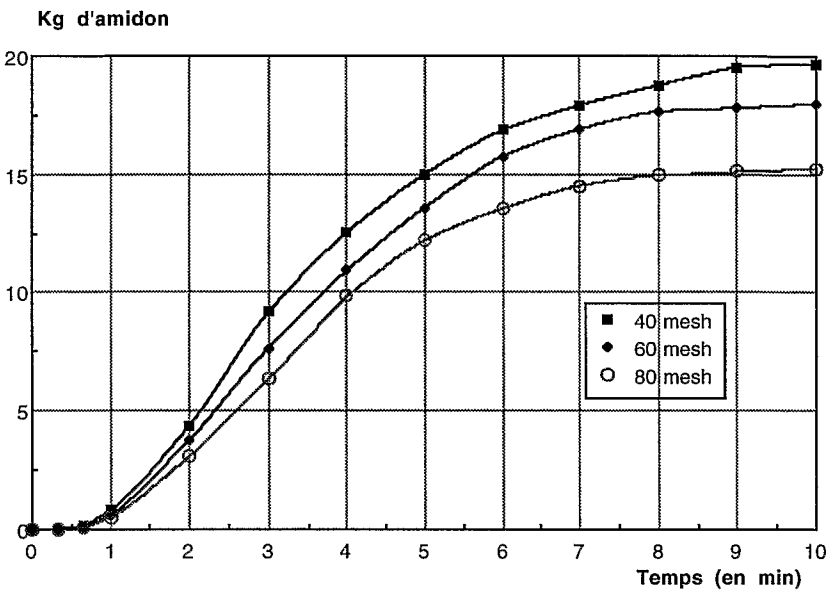


Figure 5

Evolution de la quantité d'amidon extraite en fonction du temps : débit d'eau de 54 l/min

En ce qui concerne la teneur en fibres du produit final, elle varie entre 0.06 et 0.19 %, sans présenter une corrélation avec les conditions d'extraction et reste de toute manière dans les normes généralement retenues pour un amidon (teneur en fibres inférieure à 0.8 %).

Tableau 2

Quantité d'amidon extrait (en kg) en fonction du mesh de la maille et du débit

	36 l/min	54 l/min
40 mesh	21,9	19,7
60 mesh	21,0	18,0
80 mesh	18,9	15,5

Ainsi, les conditions optimales de fonctionnement de l'extracteur cylindrique sont les suivantes :

- charge de 80 kg correspondant à un ratio charge sur volume utile de 196 kg/m^3 ;
- débit d'eau d'extraction de l'ordre de 36 l/min ;
- maille de mesh 40.

Compte tenu des temps de chargement et de déchargement pour chaque batch (5 à 6 min), la capacité de l'équipement peut être estimée à 240-260 kg/h (qui correspond bien aux capacités de traitement des *rallanderias*).

Le pourcentage d'amidon qui reste dans l'*afrecho* varie entre 11 et 14 % avec une moyenne de 12,9 % (± 1,1) à comparer aux 16,4 % (± 3,4) obtenus avec l'équipement traditionnel.

Conclusions

L'équipement amélioré, basé sur des principes technologiques similaires aux équipements traditionnels, permet, dans les conditions optimales de fonctionnement déterminées, d'une part d'assurer une capacité d'extraction de l'ordre de 240 à 260 kg de pulpe par heure, du même ordre de grandeur que les capacités installées des *rallanderias* et d'autre part de diminuer les pertes en amidon dans l'étape d'extraction.

Le gain au niveau du rendement final en amidon, dû au seul équipement d'extraction amélioré, peut être estimé entre 6 et 7 %, conduisant à un rendement en amidon au niveau d'une unité d'extraction de plus de 22 % par rapport au 20,8 % obtenus avec la technologie traditionnelle. Ce gain en amidon extrait devrait justifier le surcoût lié à la construction de l'équipement amélioré.

Bibliographie

BECERRA (S.), GONZALEZ (L.G.), 1991 - *Evaluación tecnica-economica de la tecnologia existente y nueva para la extracción del almidon de yuca.* Tesis de grado, Corporación universitaria autonoma del occidente, Division de ingenieria, Programa de ingenieria industrial, Cali, 178 p.

CHUZEL (G.), 1990a - Almidón de yuca, uso actual y potencialidades. *Cassava Newsletters*, 15 (1) : 9-11.

CHUZEL (G.), 1990b - « Diagnostico tecnologico de la producción del amidón de yuca en Colombia ». *In VI Seminario anual de yuca*, INIAP Porto Viejo, Ecuador, 7-9 de Noviembre 1990.

CHUZEL (G.), 1991 - « Mejoramiento de los equipos de extraccón del amidón de yuca en Colombia ». *In VII Seminario latino-americano y del Caribe de ciencia y tecnologia de alimentos*, San Jose, Costa Rica, 2-6 de Abril 1990.

CHUZEL (G.), 1992 - *Amélioration technologique et économique du procédé de fabrication de l'amidon aigre de manioc. In* Dufour (D.), Griffon (D.), éd. : *Amélioration de la qualité des produits fermentés à base de manioc.* Rapport final Contrat CEE TS2A-0225, CIRAD, Montpellier, France, 49 p.

CIAT, 1989 - « Produccion y utilizacion del almidon de yuca ». *In Annual Report*, Cassava Program, CIAT, Cali : 33-38.

MUÑOZ (P.), OTERO (J.C.), 1991 - *Diseño de una maquina tamizadora circular y vibradora para almidón de yuca.* Tesis de grado. Programa de ingeniera mecanica, Corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 336 p.

PEREZ (D.), 1992 - Reforma mecanica en un sistema rallado-colado para extraccion de almidón de yuca. *Informe de trabajo.* CIAT, Junio de 92.

PINTO (R.), 1980 - Elaboración y usos del almidón de yuca. ICA, *Boletin tecnico* n° 66, Bogota.

SEDECOM, 1988 - Mejoramiento tecnologico para plantas de almidón de yuca en el Norte del Cauca. *Informe* n° 2, Cali, 44 p.

SOTO (O.C.), 1992 - *Levantamiento de planos, historia y funcionamiento de equipos existentes en planta productora de almidón de yuca.* Tesis de grado. Programa de ingeniera mecanica, Corporación universitaria autonoma de occidente, Cali, 46 p.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de manioc

Production of high energy density cassava based weaning gruels

P. GIAMARCHI, S. TRECHE

Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44),
Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)

- Résumé -

L'objectif de notre travail a été de rechercher des sources d'alpha-amylases et de mettre au point des procédés permettant leur utilisation en vue d'augmenter la densité énergétique des bouillies de sevrage préparées à partir d'aliments locaux, notamment de farine ou de pâte de manioc.

Les méthodes utilisées consistent principalement à déterminer dans le même temps la concentration et la viscosité de bouillies préparées à différentes concentrations après incorporation de différentes sources d'alpha-amylases. La mesure de la viscosité est réalisée en conditions standards à l'aide d'un viscosimètre rotatif HAAKE VT500.

Les résultats obtenus montrent que quelle que soit la source d'alpha-amylases utilisée l'amidon de manioc est beaucoup plus sensible que celui des céréales habituellement produites en Afrique (maïs, riz, mil, sorgho) et constitue donc une source glucidique principale très intéressante pour les aliments de sevrage produits localement. Pour des ateliers de fabrication artisanale, l'incorporation dans des mélanges à base de farine de manioc et de légumineuses (ex: manioc/soja/sucre; 65/27/8; p/p/p) d'une enzyme produite industriellement en Europe, la BAN de Novo Industries S.A., est apparue comme le procédé le plus pratique et le moins couteux.

Des procédés permettant la préparation de bouillies de haute densité énergétique enrichies en protéines au niveau des ménages ont également été mis au point pour des zones où les seules disponibilités locales utilisables sont du manioc, des protéagineux et un peu de maïs: ils consistent à introduire une faible quantité de farine de maïs germé dans un mélange pâte de manioc / pâte d'arachide ou de graines de courges (3/1; p/p) mis en suspension dans de l'eau froide. Cette suspension est chauffée à feu doux jusqu'à l'apparition de bulles en surface et maintenue sur le feu pendant encore au moins 5 minutes.

Le procédé mis au point pour des unités artisanales est actuellement utilisé au sein d'un atelier pilote de fabrication de farine de sevrage à Brazzaville. Celui proposé pour les zones rurales a été inclus dans une opération d'éducation nutritionnelle et de transfert de technologie au niveau des ménages qui est en cours d'évaluation dans une zone rurale du Congo.

- Abstract -

The objective of this work was therefore to look for alpha-amylase sources and define processes that could be used in increasing the energy density of weaning gruels prepared from local foods, especially from cassava flour or paste.

The methods used were mainly to determine concurrently the concentration and viscosity of gruels prepared at different concentrations after the incorporation of various alpha-amylase sources. Viscosity was measured under standardised conditions using a HAAKE VT500 rotative viscometre.

The results obtained showed that [whatever is the source of alpha-amylase] cassava starch was more susceptible than cereals (maize, rice, millet and sorghum) usually used in Africa and therefore constituted an interesting source of carbohydrates for locally produced weaning foods.

For cottage production, the incorporation in the mixtures of cassava and legume flours (cassava:soya beans:sugar; 67:27:8; w/w/w) of an enzyme (BAN; NOVO industries S.A., Danemark) produced industrially, appeared to be the most practical and cheapest method.

Techniques permitting the preparation of high density gruels rich in proteins at the household level has also been realised in areas where the only available foods are cassava, vegetable protein and small quantities of locally produced maize: It consisted of introducing small quantities of germinated maize flour into paste mixture (3:1, w/w) of either cassava groundnut or cassava dried melon seeds suspended in cold water. The suspension is gently heated until bubbles appear on the surface then it is kept cooking for at least 5 more minutes.

The process adopted for small scale production is presently been used in Brazzaville for a pilot plant production of weaning flour. For rural areas, the proposed process has been included at the household level in a nutritional education and technology transfer operation which is presently being evaluated in a special rural area of the Congo.

Introduction

Au Congo, des enquêtes menées en zones rurales et à Brazzaville (Cornu *et al.*, 1993) ont mis en évidence qu'au début de la période de sevrage plus de 3 enfants sur 4 ne recoivent qu'une ou deux fois par jour des bouillies dont la concentration en matière sèche est en moyenne de 15,1 ± 4,7 g MS / 100 g, ce qui correspond à une densité énergétique d'environ 60 Kcal / 100 ml (Trèche *et al.*, 1992).

Par ailleurs, si l'on prend l'hypothèse conforme aux travaux de Vis *et al.* (1981) au Zaïre, que les mères en Afrique Centrale ne fournissent en moyenne que 540 ml de lait par jour, soit environ 380 Kcal, l'alimentation complémentaire devrait fournir 360 Kcal à un jeune garçon de 6 mois dont les besoins énergétiques peuvent être estimés à 740 Kcal (figure 1). Or, en raison de sa capacité stomacale réduite, un enfant de cet âge ne peut ingérer en une seule fois plus de 150 à 200 ml de bouillies (Brown *et al.*, 1989); en se basant sur une moyenne de 170 ml par repas, on peut calculer qu'il est nécessaire que les bouillies aient une densité énergétique d'environ 120 Kcal / 100 ml pour que la prise de deux bouillies par jour soit suffisante pour couvrir les besoins énergétiques en complément du lait maternel.

Compte tenu de leur faible fréquence de distribution, il apparaît donc nécessaire de doubler la densité énergétique des bouillies traditionnellement utilisées au Congo afin de leur permettre de compléter les apports du lait maternel pour la couverture des besoins énergétiques des jeunes enfants entre 4 et 9 mois.

Augmenter la proportion de farine ou de pâte par rapport à l'eau ne suffit pas car la viscosité des bouillies préparées à partir de produits locaux non traités augmente très vite (figure 2) alors que les valeurs souhaitables varient entre 0,5 et 2,5 Pa.s en fonction de l'âge des enfants (figure 3) (Trèche, 1991). Nous avons donc recherché des procédés utilisables localement capables de modifier les propriétés rhéologiques des bouillies.

Deux voies sont possibles pour faire varier la viscosité d'une préparation d'amidon en milieu aqueux: d'une part, la réticulation qui nécessite l'addition de molécules organiques polaires comme des monoglycérides ou des acides gras et qui fait passer l'amylose d'une forme amorphe à une forme compacte en hélice qui empêche l'eau de pénétrer dans la molécule; d'autre part, la dépolymérisation qui aboutit à des dextrines dont la capacité de gonflement est moindre.

La dépolymérisation peut être obtenue de plusieurs manières: en appliquant des traitements hydrothermiques drastiques comme le séchage sur cylindres ou la cuisson-extrusion qui provoquent l'éclatement des grains d'amidon, puis déplient et cassent les chaînes constitutives (Jansen *et al.*, 1981); par hydrolyse acide qui solubilise préférentiellement les zones amorphes des grains d'amidon en s'attaquant aux liaisons hémiacétals alpha(1-4) terminales des chaînes

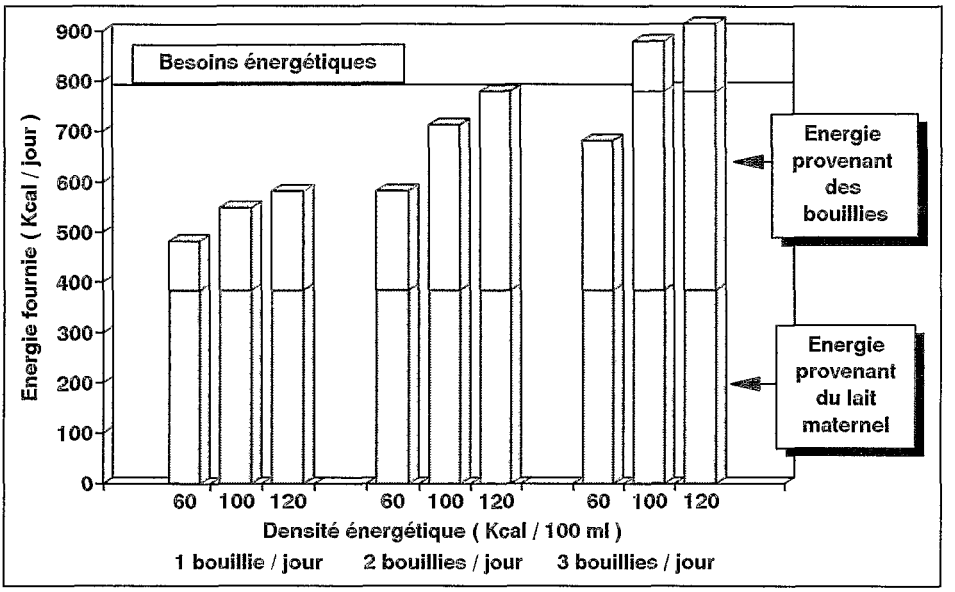


Figure 1

Couverture des besoins énergétiques d'un garçon de 6 mois en fonction de la fréquence des repas et de la densité énergétique des bouillies

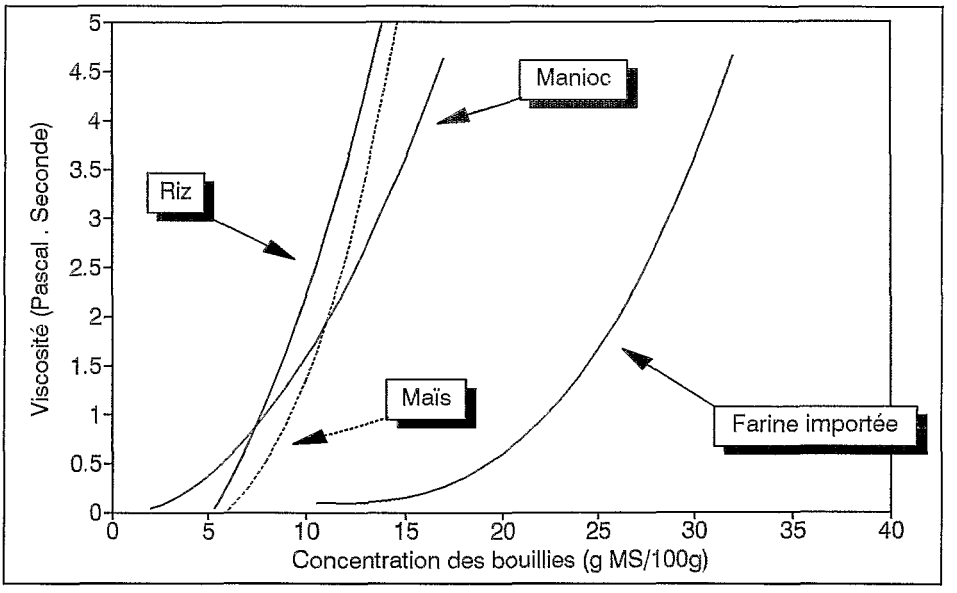


Figure 2

Évolution de la viscosité de différentes bouillies en fonction de leur teneur en matière sèche

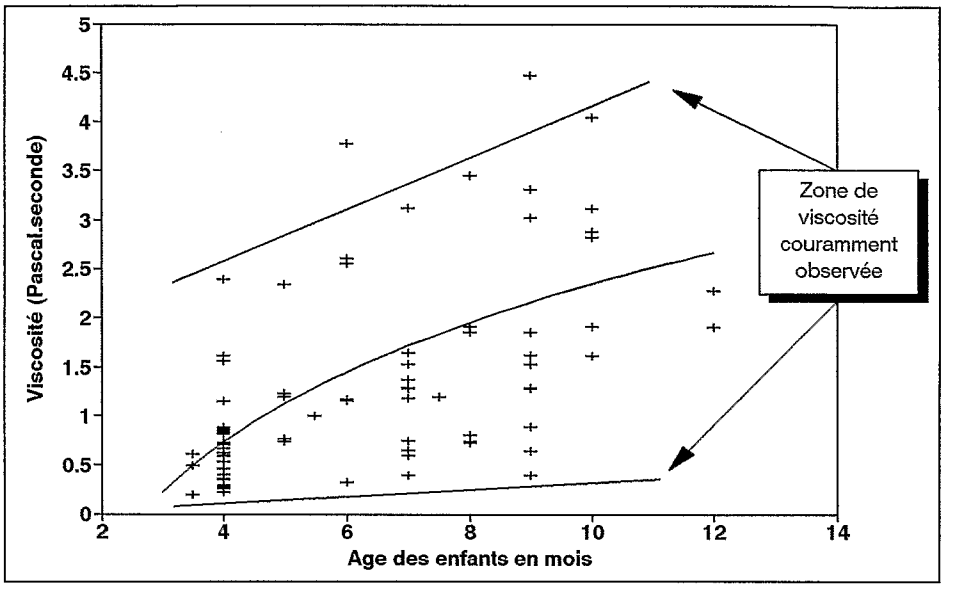


Figure 3
Variation de la viscosité des bouillies de maïs fermenté (poto-poto) préparés par les mères en fonction de l'âge des enfants

d'amylopectine et d'amylose; par hydrolyse enzymatique en utilisant des alpha-amylases qui en s'attaquant au hasard aux liaisons alpha(1-4) non terminales des chaînes permettent l'obtention de dextrines ramifiées ou non dont le degré de polymérisation dépend des conditions hydrolyses (durée, pH et température) et de la nature et de l'état du substrat (origine botanique et traitements hydrothermiques préalablement subis par les amidons). Compte tenu des prix de revient ou de l'impossibilité de réaliser certains procédés au niveau familial et des difficultés que poserait la légalisation du procédé d'hydrolyse acide, c'est l'hydrolyse enzymatique qui nous est apparue comme le procédé le plus intéressant.

L'objectif de notre travail a donc été de rechercher des sources d'alpha-amylases et de mettre au point des procédés permettant leur utilisation en vue d'augmenter la densité énergétique des bouillies de sevrage préparées à partir d'aliments locaux, notamment de farine ou de pâte de manioc compte tenu de leur importance dans le modèle de consommation alimentaire congolais (Massamba et Trèche, 1995).

Matériel et méthodes

1. Matériels

Les farines de manioc, de maïs, de riz, de soja ont été préparées à partir de produits commercialisés sur les marchés. A l'exception du riz, tous les produits ont été cultivés au Congo. Les farines ont été obtenues par passage dans un broyeur à marteaux puis tamisage dans un tamis à maille de 0,5 mm à partir de cossettes séchées pour le manioc, de grains entiers pour le maïs, de grains décortiqués pour le riz et de graines dépelliculées et torréfiées pour le soja. Les pâtes d'arachide et de graines de courges ont été achetées sur les marchés.

2. Méthodes

2.1. Mode de préparation des bouillies

Les bouillies ont été préparées en chauffant sur une plaque électrique des suspensions aqueuses contenant des farines ou des pâtes préalablement incorporées par des quantités connues de différentes sources d'alpha-amylases.

La durée de cuisson est de 5 minutes, sous agitation, après que le mélange eau/farine ait atteint la température de 85 °C, à partir de laquelle on peut constater un frémissement du mélange et l'apparition de bulles en surface. Un fois la cuisson terminée, on laisse refroidir les bouillies jusqu'à 45°C, température à laquelle sont réalisées les mesures de leur concentration en matière sèche et de leur viscosité.

2.2. Mesure de la concentration des bouillies

La concentration en matière sèche des bouillies au moment des mesures de viscosité a été obtenue en déterminant la perte de poids de prises d'essais d'environ 10g dans une étuve à 104°C pendant 24H.

2.3. Mesure de la viscosité des bouillies

Elle a été réalisée sur les bouillies maintenues à 45°C dans une enceinte thermostatée à l'aide d'un viscosimètre rotatif HAAKE VT500 muni d'un dispositif de mesure SV-DIN à une vitesse de rotation de 64,5 tours par minute.

Pour chaque bouillie, la lecture a été réalisée après 10mn de fonctionnement du viscosimètre après que les valeurs affichées se soient stabilisées.

2.4. Dosage de l'activité amylolytique de farines de céréales germées

L'activité amylolytique des farines de céréales germées a été mesurée par dosage colorimétrique des sucres libérés dans des conditions standards selon la méthode de Bernfeld (1955).

Résultats et discussion

1. Choix des sources enzymatiques et effet sur la viscosité des bouillies

De nombreux travaux ont démontré les possibilités d'amélioration de la densité énergétique des bouillies par l'incorporation dans les farines de sources d'alpha-amylases végétales, en particulier des farines de céréales germées (Desikachar, 1980; Mosha et Svanberg, 1983 ; Svanberg, 1987; Gopaldas *et al.*, 1988, 1989) ou par la fermentation préalable des produits utilisés pour la préparation des bouillies (Brown *et al.*, 1989 ; Mlingi, 1989 ; Tomkins *et al.*, 1989). Ces procédés qui ont l'avantage d'être à la portée des ménages présentent, néanmoins, les inconvénients de demander un temps de préparation relativement important, d'être d'une efficacité parfois limitée et de poser des problèmes de reproductibilité ou de contrôle de qualité. Ces constatations nous ont amené à rechercher d'autres sources d'alpha-amylases qui, tout en garantissant l'innocuité des produits permettraient, avec moins de contraintes, une amélioration substancielle de la densité énergétique des bouillies.

1.1. Choix d'une enzyme produite industriellement

La première étape de notre travail a donc consisté à comparer les possibilités offertes par les enzymes produites à grande échelle pour l'industrie agro-alimentaire. Parmi les différentes amylases produites industriellement qui ont été essayées, c'est la BAN, produite par Novo Industrie S.A., qui s'est révelée la plus intéressante dans la mesure où ses caractéristiques (tableau 1) lui permettent d'agir sur les molécules constitutives de l'amidon au moment de la préparation des bouillies par les mères. En effet, sa température optimale d'activité (72°C) la rend particulièrement efficace dans une zone de température où les grains d'amidon ont dépassé leur température de gélatinisation et sont donc particulièrement sensibles aux amylases ; par ailleurs, le fait que cette enzyme soit détruite lorsque la bouillie est maintenue à ébullition pendant un temps suffisamment long évite que celle-ci se liquéfie au cours de son refroidissement.

Lorsqu'on compare les variations, en fonction de la quantité de BAN incorporée, de la consistance de bouillies préparées à la concentration de 30 g MS / 100 g à partir de farines de manioc et de diverses céréales, on constate que leur viscosité diminue très rapidement avec le taux d'incorporation de l'enzyme et que cette diminution se produit beaucoup plus rapidement pour les bouillies à base de manioc que pour les bouillies à base de riz, de mil, de sorgho et surtout de maïs (figure 4).

Cette plus grande sensibilité de la farine de manioc à l'introduction de la BAN est confirmée lorsqu'on compare l'effet de l'incorporation d'une même quantité de BAN sur l'évolution de la viscosité en fonction de la concentration en

Tableau 1
Caractéristiques de la BAN

Nom :	BAN 800 MG (Novo Industries A/S)
Nature et origine :	Endo-amylase bactérienne (Bacillus subtilis)
Forme :	microgranulé
Emballage :	fût de 40 Kg
Durée de stockage :	6 mois à 25°C ; plus d'un an à 5°C
Prix approximatif :	300 FF / Kg rendu au Congo
Innocuité :	Conforme aux spécifications recommandées par FAO/WHO/JEFCA et FCC pour les enzymes de qualité alimentaire
Activité amylasique :	800 KNU(*) par gramme
pH optimal :	6,0
Température optimale :	72°C (de 42 à 85°C l'activité relative reste supérieure au 2/3 de l'activité optimale)
Produits de dégradation :	Dextrines de différents degrés de polymérisation ; oligosaccharides

*) KNU (Kilo-Unité Alpha-amylase Novo) : quantité d'enzyme qui dégrade 5,26 g d'amidon soluble (Merck, Erg B6) par heure selon la méthode standard Novo.

matière sèche des bouillies (figure 5): avec 29 unités KNU de BAN pour 100 g de MS, on peut obtenir des bouillies de concentration égale à 30 g MS / 100 g et de viscosité égale à 1 Pa.s alors que les bouillies de maïs et de riz de même viscosité n'ont respectivement des concentrations que de 15 et de 23 g MS / 100 g de bouillie.

1.2. Obtention d'une farine de maïs germé

Les céréales les plus couramment utilisées en Afrique comme source d'alpha-amylases après germination sont le sorgho et le mil. Mais, compte tenu de leur absence au Congo, nous nous sommes principalement intéressés au maïs.

La variété utilisée est originaire de la région des plateaux pour laquelle nous avons été amenés à mettre au point des procédés de fabrication d'aliments de sevrage à la portée des ménages. La première étape de notre travail a consisté à déterminer les conditions de maltage permettant d'obtenir l'activité amylolytique maximale (figure 6).

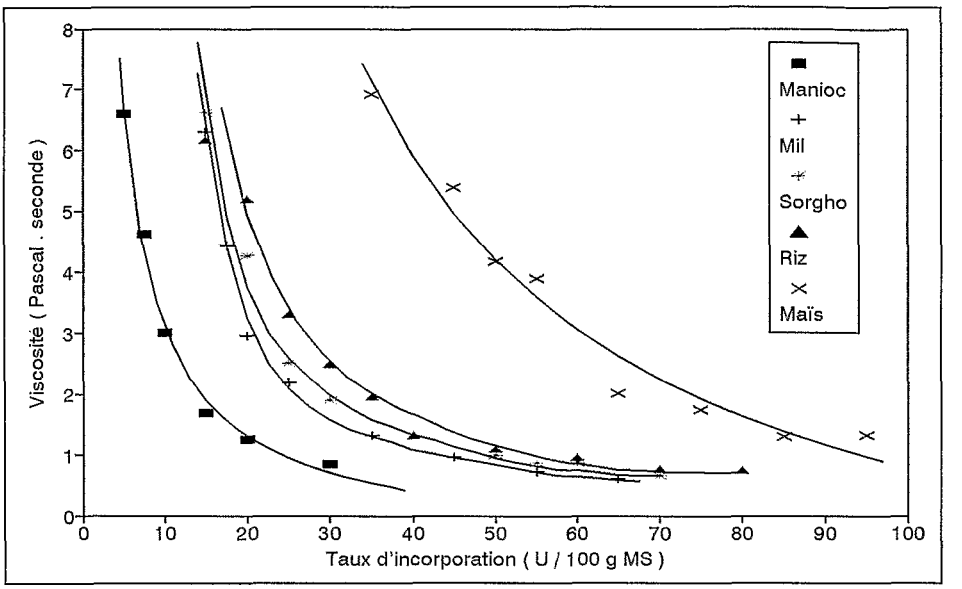


Figure 4

Variation de la viscosité de différentes bouillies (à 30% de matière sèche) en fonction du taux d'incorporation d'enzymes industrielles (BAN)

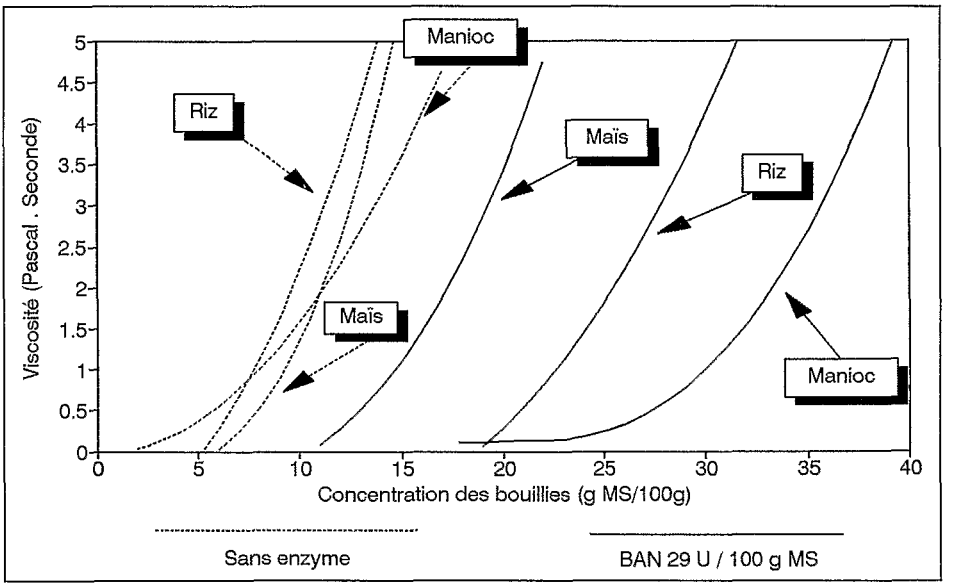


Figure 5

Influence de l'addition d'amylases industrielles (BAN) sur la viscosité de différentes bouillies en fonction de leur teneur en matière sèche

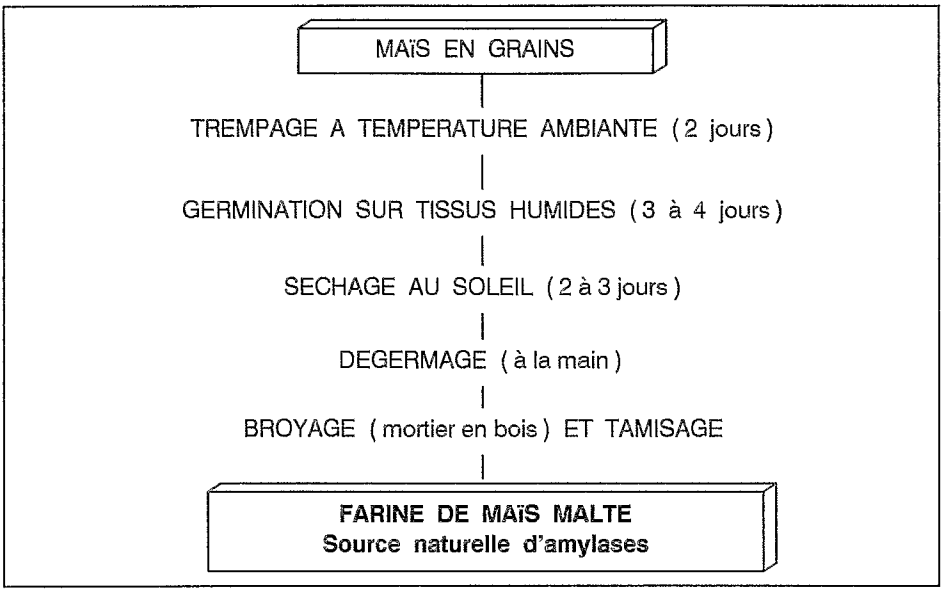


Figure 6.
Principales étapes de l'opération de maltage du maïs

Une étude comparée de l'évolution de la viscosité de bouillies préparées à partir de farines de manioc et de différentes céréales en fonction du taux d'incorporation de farine de maïs germé a permis de confirmer que l'amidon de manioc était plus sensible que celui des céréales à l'action des amylases dans les conditions de préparation des bouillies (figure 7): en incorporant 5% de farine de maïs germé dans de la farine de manioc, on peut obtenir des bouillies ayant une viscosité voisine de 2 Pa.s à la concentration de 30g MS / 100 g alors qu'il faut en incoporer de 15 à 20% dans les farines de céréales pour obtenir le même résultat.

Quelle que soit l'origine des alpha-amylases introduites, l'amidon de manioc apparaît donc comme particulièrement sensible à leur action ce qui nous a permis de mettre au point des procédés de fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique utilisant de la farine ou de la pâte de manioc comme source énergétique principale.

2. Mise au point de procédés utilisables dans des ateliers de fabrication artisanale

Dans les villes du Congo, pays urbanisé à plus de 50%, presque toutes les mères ont pris l'habitude d'acheter les aliments de sevrage qu'elles préparent sous forme de bouillies. Il existe donc un marché potentiel important pour des farines

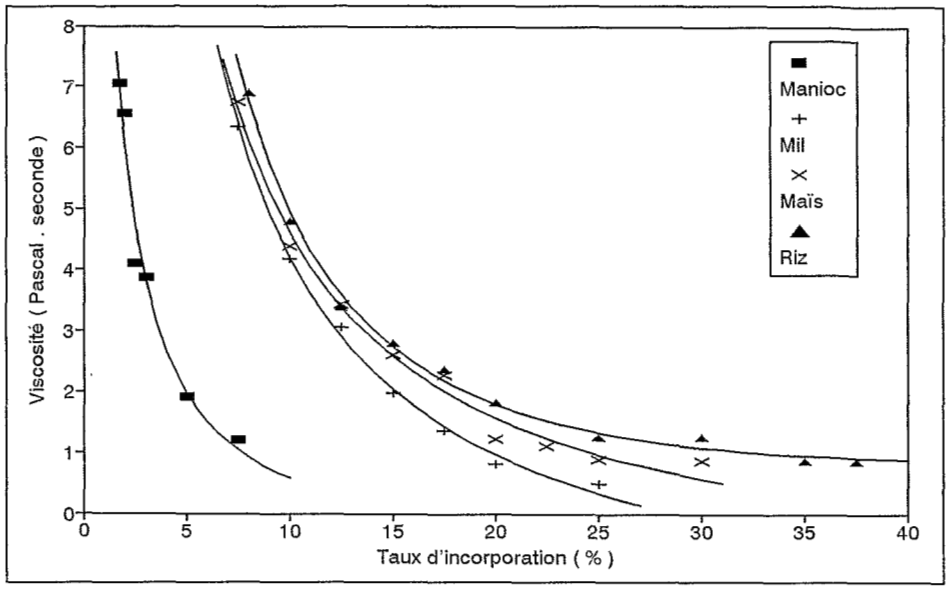


Figure 7
Variation de la viscosité de différentes bouillies (à 30% de matière sèche) en fonction du taux d'incorporation de farine de maïs malté

de sevrage de fabrication locale si elles sont de qualité suffisante pour concurrencer les farines importées et suffisamment bon marché pour se substituer à la pâte de maïs fermentée habituellement utilisée mais de médiocre qualité nutritionnelle (Trèche *et al.*, 1992).

L'utilisation d'enzymes produites industriellement du type de la BAN apparaissant comme une solution pratique et peu onéreuse pour produire en atelier des farines reconstituables en bouillies de haute densité énergétique, nous avons étudié les conditions de cette utilisation.

Des formules à base de farine de manioc complémentée par des farines de légumineuses de façon à permettre la couverture des besoins en nutriments essentiels lorsque la consommation de bouillies est suffisante pour couvrir les besoins énergétiques en complément du lait maternel ont donc été calculées.

Pour un mélange farine de manioc, farine de soja, sucre en poudre (65/27/8), on a pu déterminer qu'il était nécessaire d'introduire 120 Unités de BAN par Kg de mélange soit 0,15 g d'enzymes (Avouampo *et al.*, 1991). Lorsqu'on examine la variation de la viscosité des bouillies préparées à partir de ce mélange en fonction de leur concentration finale (figure 8), on constate que les valeurs qui délimitent la zone de viscosité souhaitable pour les enfants de 4 à 12 mois correspondent à des concentrations de 25 et 33 g MS / 100 g de bouillie.

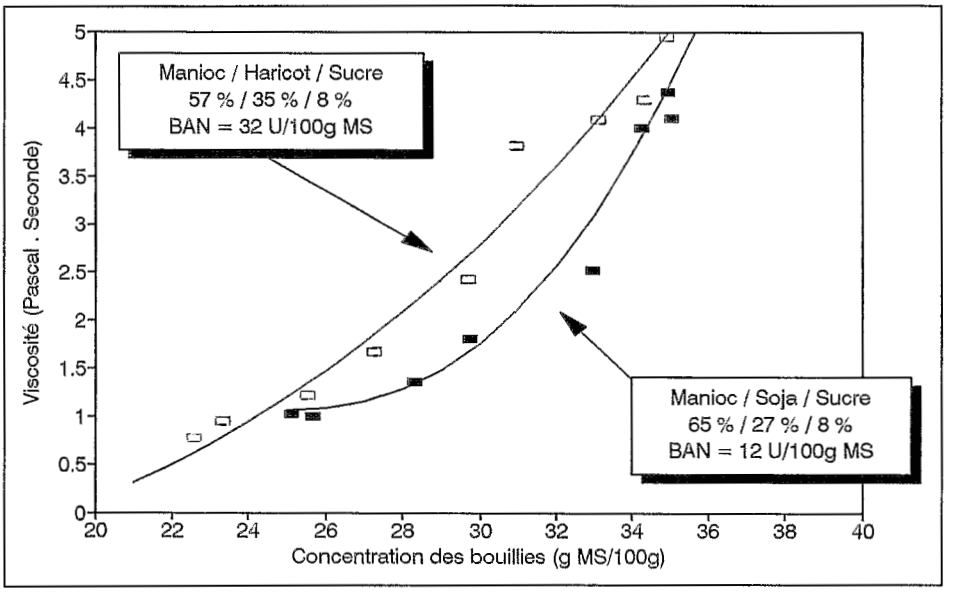


Figure 8

Variation de la viscosité de bouillies de manioc enrichies en légumineuses et incorporées de "BAN", en fonction de leur concentration

D'autres études ont permis de préciser certaines conditions d'utilisation et de mettre en évidence plusieurs facteurs de variation de l'efficacité du procédé (Trèche et Giamarchi, 1991):

- le pH des farines doit nécessairement être compris entre 5,5 et 9,0;
- la bouillie doit être maintenue pendant au moins 5 mn au dessus de 85°C pour inactiver l'enzyme en fin de préparation et éviter que la bouillie ne se liquéfie en refroidissant.
- la quantité d'enzyme à incorporer dépend non seulement de l'origine botanique de la source glucidique principale mais également de la nature de la source protéique: l'incorporation de légumineuses riches en amidon (ex: haricot) nécessite l'utilisation d'une quantité plus importante d'enzymes que celle de légumineuses qui en sont dépourvues (ex: soja);
- la granulométrie des farines et les traitements hydrothermiques (grillage, séchage complémentaire...) qu'elles ont préalablement subis peuvent modifier légérement leur sensibilité au traitement;
- la puissance de la source de chaleur au moment de la préparation des bouillies peut faire légèrement varier l'efficacité du procédé dans la mesure où elle détermine la vitesse de cuisson entre environ 60°C (température de gélatinisation des amidons) et 85°C (température d'inactivation de l'enzyme).

Néanmoins, l'emploi de cette enzyme dans de petites unités de fabrication de farine de sevrage ne pose pas de problème majeur et son efficacité au moment de la préparation des bouillies par les mères est tout à fait satisfaisante à condition que les mères suivent les recommandations simples données sur les paquets.

De plus la détermination de la quantité d'enzymes à incorporer dans de nouveaux mélanges ne demande que quelques essais dans un laboratoire équipé d'un viscosimètre et peut même être réalisée, en première approximation, sans équipement spécial.

3. Mise au point de procédés transférables au niveau des ménages

Ces procédés ont été mis au point dans le cadre d'une opération d'éducation nutritionnelle et de transfert de technologie permettant la préparation d'aliments de sevrage de bonne qualité nutritionnelle sur le plateau Kukuya situé à 400 Km au nord de Brazzaville. Dans cette région où les seules disponibilités alimentaires sont des produits dérivés du manioc, du maïs, des haricots et des protéagineux (pâte de courge et pâte d'arachide), les mères se contentent traditionnellement de donner des bouillies de manioc préparées uniquement à partir de pâte ou de farine de manioc et de sucre et dont la valeur nutritionnelle est extrêmement faible (concentration en matière sèche inférieure à 15 g / 100 g de bouillie et teneur en protéines brutes inférieure à 1 g / 100 g MS).

La première étape a consisté à calculer la proportion de pâte d'arachide ou de courge à incorporer dans la pâte de manioc (1/3: p:p) pour obtenir des mélanges contenant au moins 10 g de protéines / 100 g MS.

Nous avons ensuite déterminé le taux d'incorporation de farine de maïs germé dans ces mélanges de façon à obtenir des bouillies de viscosité voisine de 1 Pa.s à la concentration de 30 g MS / 100 g (figure 9) ce qui nous a permis de proposer une recette (figure 10) permettant l'obtention de bouillies de concentration voisine de 30 g MS / 100 g et de teneur en protéines brutes dépassant 10 g / 100 g MS (Trèche *et al.*, 1992; Pezennec *et al.*, 1993).

La réussite de cette opération de transfert réalisée dans une zone regroupant 16 000 personnes est en cours d'évaluation, mais d'ores et déjà l'analyse d'échantillons prélevés chez les mères ayant adopté les procédés culinaires proposés montre qu'elles arrivent dans leur grande majorité à préparer des bouillies ayant la valeur nutritionnelle souhaitée.

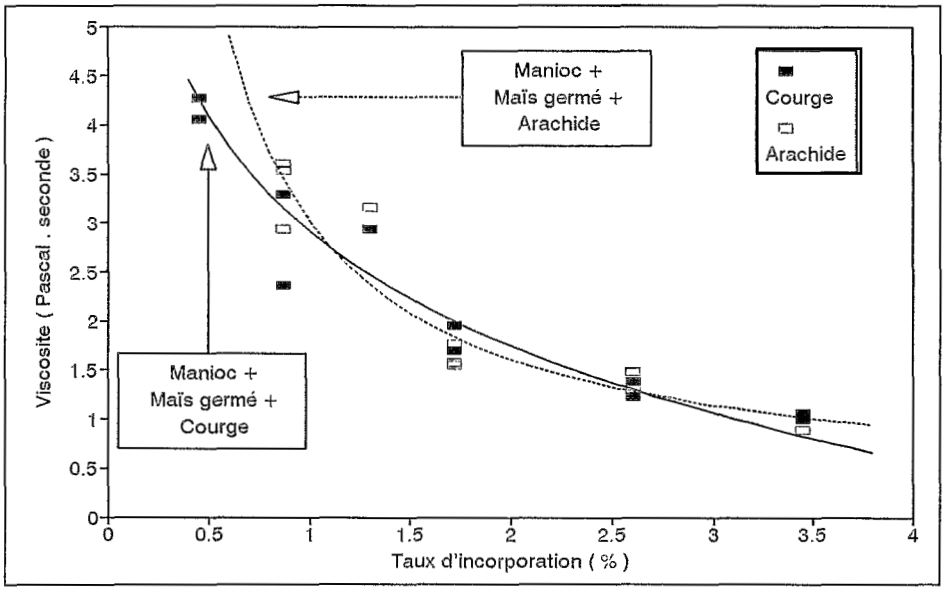


Figure 9

Variation de la viscosité de bouillies de manioc enrichies en pâte de courge ou d'arachide (à 30% de matière sèche) en fonction du taux d'incorporation de farine de maïs malté

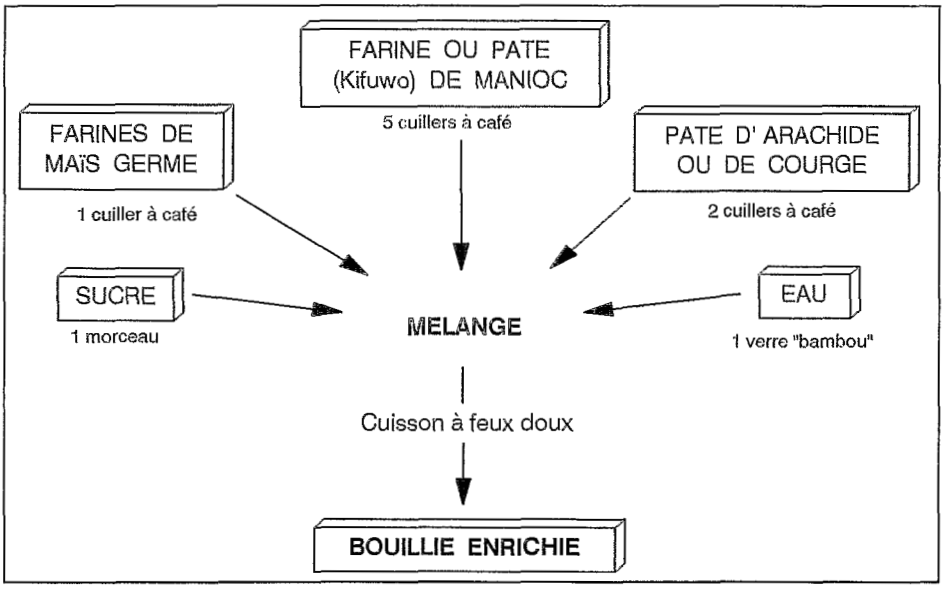


Figure 10

Préparation de bouillies de manioc enrichies en pâte de courge ou d'arachide

Conclusion

Il existe des contextes dans les pays en Développement, notamment en Afrique, où l'augmentation des apports en énergie et en nutriments essentiels dans l'alimentation des enfants pendant la période de sevrage peut être facilement réalisée en améliorant la densité énergétique des bouillies.

Différents procédés utilisant des amylases naturelles ont été proposés, mais dans la plupart des cas ils ne concernaient que les bouillies préparées à partir de céréales. Pour un pays d'Afrique Centrale comme le Congo où les céréales ne sont pas produites localement à l'exception de petites quantités de maïs, il était nécessaire de mettre au point des procédés pour la préparation de bouillies à base de manioc de bonne valeur nutritionnelle.

Le manioc s'est revelé être un substrat particulièrement bien adapté aux traitements enzymatiques à cause de la grande sensibilité de son amidon à l'action des amylases. Bien que la préparation de farine de maïs germé demande du temps, son incorporation dans les bouillies est le seul procédé réalisable au niveau des ménages. Pour les unités artisanales de fabrication de farines de sevrage, l'utilisation d'enzymes industrielles est une alternative très efficace d'une grande commodité d'emploi et d'un coût réduit (moins de 1% du prix de revient) qui a permis le démarrage à Brazzaville d'un atelier pilote de fabrication de farine de sevrage (Legros et Trèche, 1993).

Bibliographie

AVOUAMPO (E.), LEGROS (O.), TRECHE (S.), 1991 - «Les farines à base de manioc «ORSTOM/AGRICONGO». Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 91, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

BERNFELD (P.), 1955 - «Amylase, alpha et Beta.» *In :* Colowick (S.P.), Kaplan (N.O.), éd.: *Methods in enzymology*, Academic Press, New-York, 1 : 149.

BROWN (K.H.), DICKIN (K.L.), BENTLEY (M.E.) et al., 1989 - «La consommation de produits de sevrage à base de céréales fermentées dans l'état de Kwara, Nigéria.» *In Pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages.* Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, du 12 au 16 octobre 1987, IDRC-265f : 208-227.

CORNU (A.), TRECHE (S.), MASSAMBA (J.P)., MASSAMBA (J.), DELPEUCH (F)., 1993 - Alimentation de sevrage et interventions nutritionnelles au Congo. *Cahiers Santé (AUPELF-UREF)*, 3 : 168-177.

DESIKACHAR (H.S.R.), 1980 - Development of weaning foods with high caloric density and low hot-paste viscosity using traditional technologies. *Food and Nutrition Bulletin*, 2 (4) : 21-23.

GOPALDAS (T.), DESHPANDE (S.), JOHN (C.), 1988 - Studies on a wheat based amylase-rich food. *Food and Nutrition Bulletin*, 10 : 55-59.

GOPALDAS (T.), MEHTA (P.), JOHN (C.), 1989 - «La réduction du volume des gruaux de sevrage traditionnels en Inde.» *In : Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages.* Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya,12-16 Octobre 1987, Ottawa,Ontario, IDRC-265f : 375-385.

JANSEN (G.R.), O'DEEN (L.), TRIBELHORN (R.E.), HARPER (J.M.), 1981 - The calorie densities of gruels made from extruded corn-soy blends. *Food and Nutrition Bulletin*, 3 : 39-44.

LEGROS (O.), TRECHE (S.), 1993 - La Fabrication de farines de sevrage à Brazzaville : un projet ORSTOM-AGRICONGO. *Le Courrier ACP-CEE*, janvier-février, 137 : 48-50.

MASSAMBA (J.), TRECHE (S.), 1995 - «Les modalités de consommation du manioc au Congo.» *In :* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. *Transformation alimentaire du manioc*, Paris, Editions de l'Orstom.

MLINGI (N.V.L.), 1989 - «La réduction du volume des aliments de sevrage à base de manioc par la fermentation.» *In : Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages.* Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, 12-16 octobre 1987, Ottawa, Ontario, IDRC-265f : 239-251.

MOSHA (A.C.), SVANBERG (U.), 1983 - Preparation of weaning foods with high nutrient density using flour of germinated cereals. *Food and Nutrition Bulletin*, 5 : 10-14.

PEZENNEC (S.), LOUYAT DE DIBANTSA (Y.), GAMI (N.) et al., 1993 - *Opération d'éducation nutritionnelle et de transfert de technologies alimentaires à la portée des ménages sur le plateau Kukuya (District de Lekana).* Aide mémoire à l'usage des animatrices chargées de la vulgarisation. Document multigraphié ORSTOM/PAAN, Brazzaville, 29 p.

SVANBERG (U.), 1987 - *Dietary bulk in weaning food.* Thèse, Chalmers University of Technology, Goteborg, Suède.

TOMKINS (A.), ALNWICK (D.), HAGGERTY (P.), 1989 - «L'emploi de produits fermentés pour améliorer l'alimentation des enfants d'Afrique australe et orientale.» *In : Pour améliorer l'alimentation des jeunes enfants en Afrique orientale et australe : une technologie à la portée des ménages.* Compte rendu d'un atelier tenu à Nairobi, Kenya, 12-16 octobre 1987, Ottawa, Ontario, IDRC-265f : 156-192.

TRECHE (S.), 1991 - «Améliorer la valeur nutritionnelle des bouillies de sevrage : une nécessité pour la santé publique au Congo.» Communication présentée au séminaire-atelier sur la préparation de la conférence Internationale sur la nutrition, 9-12 décembre 1991, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville.

TRECHE (S.), GIAMARCHI (P.), 1991 - «Utilisation d'enzymes produites industriellement pour l'amélioration de la densité énergétique des bouillies de sevrage.» Communication présentée au Séminaire-atelier "les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 1991, Bureau régional de l'OMS, Brazzaville, Congo.

TRECHE (S.), GIAMARCHII (P.), PEZENNEC (S.), GALLON (G.), MASSAMBA (J.), 1992 - «Les bouillies de sevrage au Congo: composition, valeur nutritionnelle et modalités d'utilisation.» Communication présentée aux 5èmes journées Internationales du GERM, 23-27 novembre 1992, Balaruc, France.

TRECHE (S.), PEZENNEC (S.), GIAMARCHI (P.), 1992 - «Comment améliorer les bouillies de sevrage préparées dans les ménages congolais.» Document multigraphié ORSTOM, Brazzaville, 10 p.

VIS (H.L.), HENNART (P.), RACHABABISHA (M.), 1981 - Some issues in breastfeeding in deprived rural areas - maternal nutrition and breast-feeding in the Kivu, Zaïre. *Assignment Children,* 55/56 : 183-200.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Vitafort : un atelier pilote de fabrication de farine de sevrage à base de manioc au Congo

Vitafort : a pilot-plant for the production of a cassava based weaning flour in the Congo

S. TRECHE *, O. LEGROS **, F. TCHIBINDAT *

**Laboratoire d'Etudes sur la Nutrition et l'Alimentation (UR44), Centre DGRST-ORSTOM, Brazzaville (Congo)*
***Département des Etudes Economiques, Agricongo, Brazzaville (Congo)*

– Résumé –

L'atelier Vitafort a été mis au point pour produire à partir de produits locaux une farine de sevrage accessible au plus grand nombre d'enfants (disponibilité, prix modéré, commodité de préparation), de bonne qualité nutritionnelle et bactériologique et d'une densité énergétique suffisante (environ 120 kcal/100 ml) lorsqu'elle est préparée sous forme de bouillie de consistance appropriée. Il sert en outre pour la formation de futurs entrepreneurs destinés à reproduire le modèle de l'atelier en s'installant.

Les ingrédients sont choisis en fonction de leur disponibilité, de leur prix et de leur valeur nutritionnelle. En raison de la grande sensibilité de son amidon aux amylases, la farine de manioc dépourvue de composés cyanés par rouissage, additionnée d'enzymes (BAN) et complémentée par des sources de protéines appropriées permet de produire une excellente farine de sevrage adaptée au contexte congolais. Une farine de sevrage enrichie peut être produite en incorporant des compléments minéraux et vitaminiques.

L'atelier comprend quatre pièces pour le stockage, la transformation, l'emballage et l'hygiène des travailleurs. Le coût approximatif des équipements est de 6 200 000 francs CFA. Trois ou quatre personnes suffisent pour le faire fonctionner.

Les charges variables et fixes représentent, respectivement, 73 et 27 % des coûts de production. En 1993, le prix de revient d'un sac de 250 g était de 112 francs CFA alors que le prix de vente était de 140 francs CFA. La vente s'effectue principalement dans un réseau de petites boutiques. Pour une production mensuelle de 2 tonnes, le total des ventes est de 1,1 millions de francs CFA ; le bénéfice de 225 000 francs CFA correspond au salaire du responsable et aux provisions pour investissement.

– Abstract –

The Vitafort pilot-plant had been initiated to provide Congolese mothers with cheap weaning foods for their infants. These weaning foods must be bacteriologically safe, easily accessible (availability, cheapness, ease of preparation), well balanced in nutrients and have sufficient energy density (about 120 kcal/100 g) when prepared as a weaning gruel of adequate consistency.

Ingredients and formula of the composite flour have been choosen on account of their availability, price and nutritive value so that the final product could be able to complete energy and nutrient contents of breast milk. In regard to the high alpha-amylase susceptibility of its starch, enzyme-incorporated cassava flour, devoid of cyanogenic glycosides by retting and complemented with adequate plant protein sources, could be an excellent weaning food in the congolese conditions. BAN, an industrial alpha-amylase, was added to permit the preparation of gruels of both sufficient energy density and proper fluid consistency. A mineral and vitamin enriched flour can be produced by substituting 1.1 % cassava flour for 1.0 % and 0.1 % of mineral and vitamin imported complements, respectively.

The plant includes four rooms for storage, processing, packaging and hygienic facilities (estimated value : 9 000 US$). The total value of the processing equipments is about 14 000 US$. 3 or 4 persons are enough to run the plant : the manager in charge of supplying raw materials, production planning and marketing ; two workers for manual and mechanized processes ; a temporary worker for hand-sorting operations. Variable and fixed costs represents 73 % and 27 % of total costs, respectively. In 1993 the cost price of a 250 g bag was 40 cents while its wholesale price was 50 cents. Sale is mostly made in a network of small shops. For a monthly production of 2 tons, the amount of sales is 4 000 $ and the profit is 765 $ corresponding to the payment for the manager and to the thrift for investment.

The objectives of the Vitafort pilot-plant is not only to produce a cheap weaning food of good quality but also to give training for future managers who will have to produce enough flour to meet the congolese national demand.

1. Historique

L'atelier Vitafort est le résultat d'une collaboration initiée à la fin de 1990 entre les chercheurs nutritionnistes de l'ORSTOM et de la Direction générale de la recherche scientifique congolaise, les technologues et les économistes d'Agricongo et les responsables des services de la Direction de la santé de la famille (DSF) du ministère congolais de la Santé.

A partir de résultats obtenus en laboratoire (Giamarchi et Trèche, 1995), les chercheurs de l'ORSTOM ont proposé des formules et des procédés technologiques permettant de fabriquer à partir de produits locaux une farine de sevrage de composition en nutriments équilibrée qui puisse se préparer sous la forme d'une bouillie de haute densité énergétique. Les technologues et les économistes d'Agricongo ont alors réalisé des études de faisabilité permettant de proposer un modèle d'atelier susceptible d'être reproduit rapidement. Ce modèle a été proposé en mai 1991 à l'occasion d'un séminaire sur « Les bouillies de sevrage en Afrique Centrale » organisé conjointement par le ministère congolais de la Santé et des Affaires sociales, l'ORSTOM, Agricongo, l'Unicef et le Bureau régional pour l'Afrique de l'OMS. A l'issue de ce séminaire, la Direction de la santé de la famille, dans le cadre d'un Projet d'appui aux activités de nutrition (PAAN) financé par la Coopération française et l'Unicef, a encouragé la création d'une unité pilote devant servir à la formation d'entrepreneurs. La mise en place et le suivi de cette unité pilote qui a pris le nom de Vitafort à la suite d'une étude de marché réalisée en 1992 ont été placés sous le contrôle du comité consultatif du projet PAAN qui regroupe l'ensemble des personnes ayant contribué à la création de l'atelier et qui joue le rôle de comité de pilotage.

L'inauguration officielle de l'atelier a eu lieu le 16 octobre 1992 par le ministre de la Santé en présence de quatre autres membres du gouvernement congolais à l'occasion de la Journée mondiale de l'alimentation organisée par la FAO.

2. Justification

Les choix nécessaires à différents niveaux de l'élaboration du projet ont été effectués, à partir d'analyses des situations, avec l'objectif principal de mettre à la disposition du plus grand nombre d'enfants un aliment de sevrage de qualité suffisante pour contribuer efficacement à la diminution de la prévalence de la malnutrition protéino-énergétique.

Ainsi, compte tenu des pratiques de sevrage observées au Congo, notamment au niveau des fréquences journalières de distribution (Trèche *et al.*, 1992 ; Cornu *et al.*, 1993), il est apparu indispensable que la bouillie préparée à partir de la farine

Vitafort ait une densité énergétique et des teneurs en nutriments essentiels suffisantes pour que deux prises par jour permettent de compléter intégralement les apports en énergie et en nutriments du lait maternel dans la couverture des besoins nutritionnels à partir de 4 à 6 mois jusqu'à 8 mois ou 9 mois.

A Brazzaville et Pointe-Noire qui regroupent plus de la moitié des habitants du Congo, la très grande majorité des mères ont pris l'habitude d'acheter les aliments servant de base à la préparation des bouillies, mais leur pouvoir d'achat reste limité et le prix de vente des farines ne doit donc pas dépasser celui du *poto-poto,* pâte de maïs fermentée de qualité nutritionnelle médiocre, actuellement utilisée dans la plupart des cas. Le coût des matières premières étant l'élément déterminant du prix de revient, la farine de manioc, l'aliment le plus disponible, a été choisi comme base des mélanges.

L'échec de projets antérieurs, au Congo mais aussi dans d'autres pays, semble montrer que pour durer et atteindre des niveaux de production significatifs, les unités de fabrication d'aliments doivent être gérées par des entrepreneurs indépendants initialement formés au niveau de la technologie et de la gestion et suffisamment motivés par les bénéfices qu'ils pourront tirer de leur activité. Par ailleurs, pour que cette mise sur le marché d'aliments de sevrage ait une chance d'avoir un impact nutritionnel notable, il est nécessaire que ces ateliers puissent se multiplier. De ces constations a découlé le choix de créer un atelier pilote dont l'objectif principal est d'assurer une formation en milieu réel aux jeunes entrepreneurs qui devront s'installer dans les principales villes du pays.

L'atelier pilote Vitafort a été installé sur la station de Kombé à 17 km de Brazzaville dans des bâtiments mis à disposition par Agricongo dans le cadre d'une convention signée entre cet organisme et le ministère de la Santé.

3. Qualité nutritionnelle

Pour produire tout au long de l'année une farine de composition équilibrée au meilleur prix, il peut être nécessaire de modifier la nature et les proportions des différents ingrédients incorporés en fonction de la disponibilité et des prix des matières premières. Mais la qualité nutritionnelle, en particulier la composition en nutriments, d'une farine de sevrage doit rester dans les limites de normes préalablement arrêtées. Dans le cas du Congo, ces normes ont été établies par le conseil consultatif du PAAN. La conformation à ces normes permet l'utilisation du label « Aliment de sevrage agréé par le ministère de la Santé ». Elles concernent essentiellement la qualité microbiologique, la granulométrie et la composition en nutriments des farines et leur aptitude a être préparée sous forme de bouillies de densité énergétique suffisante.

3.1. Qualité microbiologique :

- Coliformes totaux : moins de 10^3 par g de farine;
- *E. coli* : moins de 10 par g de farine;
- *Salmonella* : moins de 1 par 25 g de farine;
- absence d'*Aspergillus flavus* et de mycotoxines.

3.2. Granulométrie

La farine ne doit pas contenir de particules de dimensions supérieures à 500 micromètres.

3.3. Composition en nutriments

Teneur en eau	< 8 g/100 g de matière brute
Teneur en fibres (cellulose + lignine)	< 3 g/100 g de matière sèche
Teneur en saccharose	< 10 g/100 g MS
Teneur en lipides :	> 4 g/100 g MS
Teneur en acide linoléique :	> 1,2 g/100 g MS
Teneur en protéines brutes :	> 10,5 et < 16 g/100 g MS
Teneur en acides aminés :	
Histidine :	> 40 mg/100 g MS
Isoleucine :	> 248 mg/100 g MS
Leucine :	> 720 mg/100 g MS
Lysine :	> 388 mg/100 g MS
acides aminés soufrés :	> 160 mg/100 g MS
Phénylalanine + Tyrosine :	> 560 mg/100 g MS
Tryptophane	> 40 mg/100 g MS
Thréonine :	> 432 mg/100 g MS
Valine :	> 400 mg/100 g MS

Les farines Vitafort peuvent, en outre, utiliser la mention « Enrichie en minéraux ou en vitamines » quand les compléments minéraux et vitaminiques utilisés leur permettent de contenir au moins :

- Calcium :	360 mg/100 g MS
- Fer :	16 mg/100 g MS
- Zinc :	2 mg/100 g MS
- Cuivre :	240 microg/100 g MS
- Iode :	20 microg/100 g MS
- Vitamine A :	1000 UI/100 g MS
- Vitamine D :	160 UI/100 g MS
- Acide ascorbique :	32 mg/100 g MS
- Thiamine :	160 microg/100 g MS

- Riboflavine :	240 microg/100 g MS
- Nicotinamide :	1 mg/100 g MS
- Vitamine B6 :	180 microg/100 g MS
- Acide Folique :	16 microg/100 g MS
- Acide pantothénique :	1,2 mg/100 g MS
- Vitamine B12 :	0,6 microg/100 g MS
- Vitamine K1 :	16 microg/100 g MS
- Biotine :	6 microg/100 g MS
- Vitamine E :	0,7 UI/1 g d'acide linoléique

3.4. Densité énergétique

La bouillie, après préparation selon les instructions figurant sur l'emballage, doit avoir une densité énergétique (DE) proche de 120 kcal/100 ml (entre 100 et 140 kcal/100 ml) tout en gardant une consistance suffisamment fluide pour être bien acceptée par les enfants.

Quand elle est préparée à la DE de 100 kcal/100 ml, elle doit avoir une fluidité [1] minimum de 140 mm/30 sec ou une viscosité [2] inférieure à 0,75 Pa.s. (Trèche, 1994 ; Giamarchi et Trèche, 1995). Quand elle est préparée à la DE de 140 kcal/100 ml, elle doit avoir une fluidité nulle ou une viscosité supérieure à 5 Pa.s.

4. Ingrédients utilisés

Les farines Vitafort contiennent nécessairement :

- une source énergétique principale composée d'une farine ou d'un mélange de farines élaboré à partir d'aliments de base riches en amidon (manioc, maïs, riz...) ;
- une source protéique constituée par une farine de graines de légumineuses (soja, haricot...) ;
- du sucre commercial en quantité modérée afin de ne pas accoutumer trop rapidement les enfants au goût sucré ;
- une source d'alpha-amylases capable d'hydrolyser suffisamment l'amidon au cours de la cuisson pour limiter son gonflement et, par conséquent, la viscosité des bouillies. Jusqu'à maintenant, c'est la BAN 800 MG, une amylase produite industriellement pour l'agro-alimentaire par la firme Novo-Nordisk, qui a été utilisée (Giamarchi et Trèche, 1995).

En outre un complément minéral et un complément vitaminique spécialement préparés à partir de produits de qualité alimentaire fabriqués industriellement peuvent être ajoutés.

La composition de la farine vendue de 1992 à 1994 est la suivante :

- farine de manioc : 43,4 %
- farine de maïs : 30,0 %
- farine de soja : 18,6 %
- sucre : 8,0 %
- Ban 800 MG : 28 KNU[3]/100 gMB (soit 32,5 mg/100 g MB).

Lorsque cette formule est enrichie en minéraux et en vitamines, 1 kg de complément minéral et 0,1 kg de complément vitaminique se substituent à 1,1 kg de farine de manioc dans 100 kg de mélange.

5. Mode de Fabrication

Le schéma général de fabrication des farines de sevrage Vitafort est donné sur la figure 1.

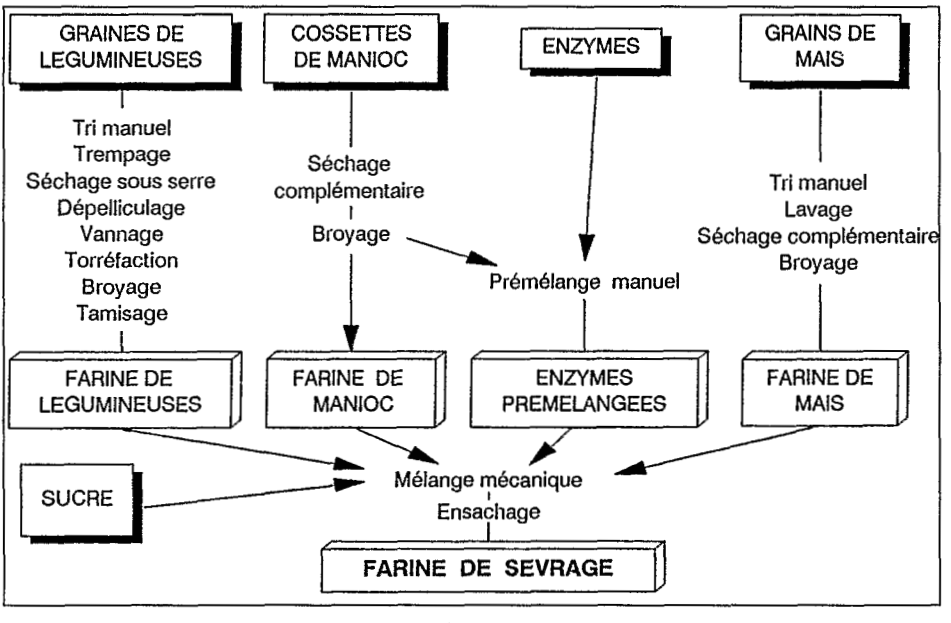


Figure 1

Schéma de fabrication des farines de sevrage Vitafort.

Les traitements appliqués aux matières premières (graines de légumineuses, grains de maïs) ou semi-transformées (cossettes de manioc) utilisées dans l'atelier peuvent être regroupés en plusieurs catégories :

- les traitements permettant d'améliorer la qualité bactériologique des farines : triage, lavage, séchage complémentaire ;

- les traitements permettant d'éliminer les composés toxiques et de réduire les activités anti-nutritionnelles, en particulier la torréfaction ;
- les traitements permettant de limiter le taux de fibres alimentaires : dépelliculage et vannage des graines de légumineuses ;
- traitements permettant l'élaboration d'un produit homogène : broyage, tamisage, prémélange, mélange ;
- traitements assurant le conditionnement : ensachage, étiquetage, thermo-soudage.

Le manioc arrive à l'atelier sous forme de cossettes séchées au soleil de manière traditionnelle (Trèche et Massamba, 1995 ; Trèche *et al.*, 1995). Ces cossettes préparées à partir de racines ayant subi au moins trois jours de rouissage pour éliminer la presque totalité des composés cyanés (teneur en cyanures totaux inférieure à 15 ppm) ont des teneurs résiduelles en eau généralement comprises entre 14 et 18 % ce qui rend nécessaire un séchage complémentaire réalisé sous serre ou sur des claies disposées au dessus du torréfacteur. Les cossettes sont ensuite broyées dans un broyeur à marteaux muni d'un grille de maille 0,8 mm (débit 350 kg/heure).

Le maïs est acheté après contrôle de sa qualité (absence d'insectes ou de graines abîmées ; humidité inférieure à 15 %) auprès de commerçants et provient soit de l'intérieur du pays, soit du Zaïre. Il est stocké jusqu'au moment de son utilisation. Les grains subissent alors un triage manuel, un lavage et une torréfaction modérée (20 mn à 120°C) qui permet de ramener leur humidité à un taux inférieur à 10 %. Les grains sont ensuite étalés pour subir un dernier triage au cours duquel ils refroidissent et finissent de sécher avant de passer dans le broyeur à marteaux muni d'une grille de maille 0,5 mm (débit : 350 kg/heure).

Les graines de soja proviennent de producteurs de l'intérieur du pays. Comme les grains de maïs, les graines de soja sont contrôlées et stockées jusqu'au moment de leur utilisation. Celle-ci commence par un tri manuel, un trempage au cours duquel les graines qui surnagent sont éliminées et un séchage sous serre. les graines sont ensuite dépelliculées par passage dans un broyeur à meules et par vannage manuel. Enfin les graines sont torréfiées (30 mn à 180 °C) avant d'être passées dans un broyeur à marteaux muni d'une grille de maille 0,5 mm.

Le sucre, produit au Congo, est acheté sur les marchés en poudre ou en morceaux. Dans le dernier cas, il est passé dans le broyeur à marteaux.

Les enzymes sont achetées à la firme Novo Nordisk S.A. (Novo allé - 2880 - Bagsvaerd - Danemark) en fûts de 40 kg qui sont stockés en armoire frigorifique. Au cours de la semaine précédant leur utilisation, elles sont minutieusement prémélangées à de la farine de manioc (50 g d'enzymes dans 5 kg de farine de manioc). Ce prémélange qui nécessite une balance de précision est ensuite incorporé au taux de 3,35 kg pour 100 kg de farine Vitafort.

Les compléments minéraux et vitaminiques utilisés dans les farines enrichies sont actuellement préparés par un atelier spécialisé d'un institut français de recherches étant donné que les discussions entamées avec plusieurs firmes européennes fabricant ces minéraux et vitamines n'ont jamais pu déboucher sur un accord pour la livraison de quantités de compléments conformes à nos besoins.

Le mélange des différents composants (farine de manioc, farine de maïs, farine de soja, sucre, prémélange enzymatique et, éventuellement, compléments minéraux et vitaminiques) se fait dans un tonneau mélangeur manuel d'une capacité de 50 litres. Les farines sont ensuite emballées à la main dans des sachets transparents en polyéthylène de 50 microns d'épaisseur. Le dosage se fait sur la base du volume en utilisant un récipient gradué. L'emballage est composé de deux sachets identiques inclus l'un dans l'autre ; entre les deux sachets sont glissées deux étiquettes sur lesquelles sont figurés le nom, le logo, et diverses informations concernant l'atelier Vitafort, les caractéristiques du produit et son mode de préparation. Les deux sachets sont ensuite fermés à l'aide d'une thermo-soudeuse.

6. Equipement de l'atelier

La liste et le prix ainsi que la durée et la valeur annuelle de l'amortissement des installations de l'atelier pilote Vitafort sont donnés dans le tableau 1. La valeur totale de l'ensemble des installations est légèrement supérieure à 6 millions de francs CFA (valeur 1993 avant dévaluation). L'amortissement annuel est de l'ordre de 1 million de francs CFA.

Les broyeurs à meules et à marteaux ainsi que la thermo-soudeuse, le nettoyeur haute pression et les balances sont importés. En revanche, la table de tri, les installations de séchage, le torréfacteur et le tonneau mélangeur sont de fabrication locale.

Le torréfacteur est constitué par un demi tonneau métallique placé au dessus d'un foyer à bois. Des pales métalliques actionnées par un moteur (vitesse de rotation : 6 tr/min) permettent de remuer les graines (rendement : 40 kg/h).

Un système de claies disposées au dessus du torréfacteur à l'intérieur d'une sorte de hotte permet de récupérer la chaleur au moment de la torréfaction pour le séchage complémentaire des cossettes de manioc.

Le tonneau mélangeur est constitué d'un fût en aluminium, spécialement aménagé (trappe d'ouverture ; cannelures intérieures), posé sur un support grâce à des barres métalliques soudées à ses parois de telle manière que son axe principal soit incliné à 45°. La rotation de l'ensemble est réalisée à la main à l'aide d'une manivelle et permet de mélanger 25 kg de farine en 10 minutes.

Tableau 1
Valeur et amortissement des outils de production (valeur 1993)

Designation	Valeur (francs CFA)	Durée d'amortissement	Amortissement annuel
Bâtiments : 4 pièces pour les machines, le stockage, l'ensachage, la toilette	2 500 000	15 ans	166 667
Installations électriques	200 000	5 ans	40 000
Mobiliers : 2 chaises, 1 table	18 554	3 ans	6 184
Ustensiles ménagers : 4 bassines	36 000	3 ans	12 000
Ventilateur	30 000	5 ans	6 000
Table de tri des graines	75 000	5 ans	15 000
Installations de séchage	125 000	5 ans	25 000
Broyeur à meules + moteur	600 000	5 ans	120 000
Broyeur à marteaux + moteur	1 500 000	5 ans	300 000
Torréfacteur + moteur	450 000	5 ans	90 000
Tonneau mélangeur	100 000	5 ans	20 000
Ensacheuse	75 000	5 ans	15 000
Thermo-soudeuse	200 000	5 ans	40 000
Nettoyeur haute pression	150 000	5 ans	30 000
Balance de 100 kg	100 000	2 ans	50 000
Balance de précision	125 000	2 ans	62 500
Totaux	6 284 554		998 351

7. Fonctionnement de l'atelier

Tel qu'il a été modélisé, l'atelier peut fonctionner avec trois ou quatre personnes : le chef d'entreprise qui s'occupe plus particulièrement de l'approvisionnement en matières premières, du planning de production et de la commercialisation des produits, 2 ouvriers qui assurent les étapes manuelles (lavage, ensachage) et mécanisées des transformations et un temporaire d'appoint pour les opérations de triage.

L'emploi du temps journalier de chacun des deux ouvriers peut être schématisé de la manière suivante :

Transformation de 45 kg de manioc, de 18 kg de maïs et de 21 kg de soja)

- tri des graines : 1 heure et 30 minutes ;
- torréfaction 30 minutes ;
- broyage 30 minutes ;
- mélange 30 minutes ;
- ensachage 3 heures.

Afin qu'il puisse remplir son rôle d'unité de formation, il est prévu que l'atelier Vitafort soit confié successivement à des candidats à l'installation. Après sélection et formation sur les aspects techniques, sanitaires et gestionnaires, chaque candidat entrepreneur commencera à suivre pendant quelques semaines le fonctionnement de l'atelier géré par son prédécesseur puis s'en verra confier la responsabilité pour une période de 4 à 6 mois. Pendant cette période, il sera libre du choix de ses employés et versera au comité de pilotage de l'atelier un loyer correspondant au montant des remboursements d'emprunt qu'il aura à supporter lorsqu'il sera installé. A l'issue de sa période d'essai, le comité de pilotage aide l'apprenti entrepreneur, s'il le souhaite, à monter un dossier de demande de prêt auprès des bailleurs de fonds potentiels. Fin 1994, en dépit des graves perturbations liées aux troubles socio-politiques survenus au Congo depuis la mi-1993, deux entrepreneurs s'étaient installés et deux autres venaient de finir leur formation.

8. Système de promotion et de commercialisation

L'objectif principal du projet Vitafort étant de promouvoir la création de plusieurs ateliers produisant des aliments de sevrage ayant une qualité nutritionnelle adaptée au contexte d'utilisation congolais et utilisable par le plus grand nombre d'enfants, le système de promotion et de commercialisation adopté est à deux niveaux.

Le premier niveau a consisté à donner une image de marque aux farines de sevrage produites dans l'atelier pilote. Pour cela des études de marché ont permis de définir un nom, un logo, le conditionnement et le dimensionnement des sachets et la nature du circuit de distribution. Le choix du nom et du logo a été particulièrement difficile : des propositions faites par le comité de pilotage ou recueillies auprès de mères au cours de réunions ont été testées par sondage auprès d'échantillons représentatifs des mères brazzavilloises. Compte tenu de la multiplicité des langues locales, il est apparu préférable de choisir un nom de consonance française ; la richesse en vitamines étant aux yeux de la très grande majorité des mères la qualité première d'une bouillie, il était difficile d'éviter d'utiliser un radical évoquant leur présence dans les farines. Le comité de pilotage souhaitant insister sur les notions d'énergie, de force et de vitalité un compromis a été trouvé avec le mot Vitafort et le slogan « L'énergie pour les bébés ». Ce nom et un logo représentant un bébé joufflu ont été plébiscités par les mères au cours du sondage. Le conditionnement choisi est simple et bon marché : deux sachets de polyéthylène transparent placés l'un dans l'autre afin d'assurer une meilleure protection et de pouvoir glisser entre les deux les étiquettes supportant le logo et

les recommandations d'emploi. Le poids des sachets a été fixé à 250 g de façon à ce qu'ils permettent 3 à 5 jours d'utilisation sans que le prix de vente au consommateur ne soit trop élevé (175 francs CFA le sachet en 1993).

Ces sachets ont été mis en vente dans un réseau de petites boutiques indépendantes spécialisées dans la vente de produits alimentaires, d'entretien ou de toilette. Une affiche disposée sur ces boutiques permet d'avertir la clientèle de la présence des farines Vitafort. Dans le même temps un film vidéo de 13 minutes a été tourné et une chanson a été composée pour populariser la farine Vitafort : ils ont été diffusés à la télévision et à la radio.

Le second niveau à considérer est l'organisation du circuit de vente des entrepreneurs après leur période de formation. Après son installation, chaque entrepreneur est libre de l'organisation de son circuit de commercialisation et doit choisir un nom et un logo personnels. Toutefois, il a la possibilité de reproduire sur son emballage un label portant la mention « Aliment de sevrage agréé par le ministère de la Santé » et de se recommander de l'atelier Vitafort, si l'aliment de sevrage est conforme aux normes établies par le comité consultatif du PAAN. Le respect des normes est censé se faire sous le contrôle de la Direction de la santé et de la famille et concerne, d'une part, la qualité microbiologique et la composition en nutriments des farines et, d'autre part, la densité énergétique des bouillies après préparation. Les entrepreneurs peuvent s'approvisionner en prémélange enzymatique et, éventuellement, en compléments minéraux et vitaminiques auprès de l'atelier Vitafort.

9. Résultats économiques

9.1. Investissements

La chaîne de fabrication Vitafort comprend un bâtiment de stockage et d'exploitation ainsi qu'un ensemble de matériel et de machines dont le détail a été donné dans le tableau 1. Le montant total des investissements nécessaires était en 1993 de 6 285 000 francs CFA. Ce montant est compatible avec la possibilité d'endettement d'un petit entrepreneur.

9.2. Compte de résultat prévisionnel

En raison des troubles socio-politiques qui ont à plusieurs reprises interrompu le fonctionnement de l'atelier pilote, il n'est pas encore possible d'établir de bilan sur une période d'activité suffisamment représentative. En revanche, le compte de résultat prévisionnel, dont le détail est donné dans le tableau 2, permet d'évaluer la rentabilité de l'activité et la possibilité pour l'entrepreneur de rembourser un éventuel crédit. Les prévisions faites dans le cas de l'atelier Vitafort reposent sur les prix et les chiffres observés dans l'atelier pilote au cours de l'année 1992.

Le maximum d'activité pour l'atelier est de 2,5 tonnes de produits traités avec un seuil de rentabilité de 1 tonne environ ; le niveau de production retenu pour le compte de résultat prévisionnel a été fixé à 2 tonnes.

9.2.1. Charges variables

Les charges variables sont constituées par le coût des aliments rentrant dans la composition de la farine (69,4%), le coût des sachets et des étiquettes (24,3%), la main d'œuvre temporaire (4,5%) et les consommations énergétiques (1,8%). Elles représentent environ 73 % du total des charges et s'élèvent à 655 000 francs CFA par mois.

On peut noter que les frais liés à l'incorporation d'enzymes importées d'Europe ne représentent que 1,4 % des charges variables et 1,1 % des charges totales.

9.2.2. Charges fixes

Les charges fixes qui s'élèvent au total à 236 000 francs CFA sont constituées par le coût de la structure de l'atelier et les frais de personnel. Les amortissements et les frais financiers s'élèvent à environ 136 600 francs CFA par mois, les frais de personnel pour deux ouvriers qualifiés à 100 000 francs CFA par mois. L'importance relative des charges fixes dans les charges totales (27 %) peut être considérée comme raisonnable par rapport à la sécurité de l'activité.

Les frais financiers sont générés par deux types d'emprunts : d'une part, un emprunt à moyen terme (14 % par an) servant à financer l'investissement, d'autre part, par des emprunts à court terme servant à financer les stocks.

L'entrepreneur est considéré comme un artisan et est soumis à une fiscalité de 20 000 francs CFA par an dont il est exonéré la première année. Comme l'entreprise est de type familial, la rémunération de l'entrepreneur n'a pas été incluse dans les frais de personnel.

9.2.3. Produits

Le chiffre d'affaire mensuel, de l'ordre de 1 116 000 francs CFA, est uniquement constitué par la vente en gros de sachets de 250 g au prix unitaire de 140 francs CFA. La production mensuelle de croisière s'élève à 8 000 sachets ce qui correspond aux besoins d'environ 800 enfants entre 4 et 9 mois consommant les bouillies Vitafort comme unique complément au lait maternel.

9.2.4. Marge

En 1993, le prix de revient, toutes charges incluses, d'un sachet de farine Vitafort était de 112 francs CFA. Le prix de vente à la sortie de l'atelier étant de 140 francs CFA, la marge par sachet était de 28 francs CFA soit 20 % du prix de vente. Sur la totalité de la production, le résultat mensuel était de 224 000 francs CFA. Ce résultat correspond, d'une part, à la rémunération de l'entrepreneur et, d'autre part, à l'épargne en vue d'investir dans l'entreprise et de renouveler le matériel. Il est souhaitable que l'entrepreneur épargne au moins 50 % du résultat.

Tableau 2
Compte de résultat prévisionnel d'un atelier fonctionnant sur le modèle de l'atelier pilote Vitafort

Charges				Produits			
Charges variables	**QTE**	**P.U.**	**P.T.**		**QTE**	**P.U.**	**P.T.**
Cossettes de manioc (kg)	940	180	169 200	Vente	7 974	140	1 116 388
Grains de Maïs (kg)	689	135	93 015	de farine			
Graines de soja	533	225	119 925	(sachet			
Sucre (kg)	156	400	62 400	de 250 g)			
Enzymes (kg)	0,65	15 000	9 750				
Emballage	7 974	20	159 484				
Bois de chauffe (fagots)	99	100	9 900				
Electricité (kW/h)	49	45	2 205				
Main d'œuvre (h)	148	200	29 592				
		s/total	655 471				
Charges fixes							
Dotation aux amortissements			83 196				
Frais financiers			53 385				
Frais de personnel			100 000				
Impôts et taxes			0				
		s/total	236 581				
Total des charges			**892 052**	**Total des produits**			**1 116 388**
Bénéfice de l'exercice			**224 336**	**Perte de l'exercice**			**0**

Charges variables par kilo	329 F. CFA	Quantité totale produite	1 994 kg
Marge brute par kilo	231 F. CFA	Taux de pertes	15 %
Prix de revient du Kilo	447 F. CFA	Activité journalière	75 kg
Seuil de rentabilité	1 012 kg	Marge brute sur C.A	41,3 %
Marge nette/chiffre d'affaires	20,1 %	Marge nette par sachet	28 F. CFA

10. Conclusion

L'atelier Vitafort est sensiblement différent des autres ateliers de fabrication de farine de sevrage existant en Afrique dans la mesure où il est sous le contrôle d'un comité de pilotage réunissant des chercheurs, des acteurs du développement et des responsables de services de santé et qu'il est censé assurer une triple fonction : formation d'entrepreneurs ; vulgarisation du produit Vitafort et du label du ministère de la Santé dont pourront bénéficier les entrepreneurs après leur installation ; support pour des études à l'échelle pilote en vue d'améliorer et de diversifier les produits.

Il en résulte que la rentabilité économique du modèle d'atelier mis au point dans l'expérience Vitafort n'est pas une fin en soi mais seulement une des conditions indispensables à la poursuite de l'objectif principal qui est de mettre à la disposition du plus grand nombre d'enfants des aliments de sevrage de bonne valeur nutritionnelle. Cet objectif ne pourra être atteint que si d'autres conditions sont remplies : production de farines répondant aux normes définies dans le label élaboré par le ministère de la santé ; sensibilisation suffisante des mères à l'intérêt d'utiliser des aliments de sevrage améliorés ; multiplication de ce type d'atelier en nombre suffisant pour approvisionner toute la clientèle potentielle.

Une autre particularité de l'atelier Vitafort est, compte tenu de la nature des disponibilités alimentaires du Congo, d'utiliser du manioc comme matière première. Il faut souligner que la farine de manioc s'est révélée particulièrement bien adaptée aux traitements mis en œuvre pour augmenter la densité énergétique des bouillies (Giamarchi et Trèche, 1995).

La création de l'atelier pilote Vitafort s'inscrit dans une stratégie générale d'amélioration de l'alimentation des jeunes enfants pendant la période de sevrage. Cette stratégie globale repose non seulement sur le développement d'un réseau d'ateliers gérés par des entrepreneurs indépendants mais aussi sur une action au niveau des centres de santé. En effet, si un aliment de sevrage n'est pas un médicament et ne doit pas apparaître comme tel, l'existence d'habitudes alimentaires néfastes au Congo, notamment une trop grande précocité dans les dates d'introduction et de cessation des bouillies, nécessite que la mise à disposition d'aliments améliorés s'accompagne de messages simples d'éducation nutritionnelle. La stratégie globale de mise à disposition de la farine au plus grand nombre d'enfants comprend donc la création de circuits de commercialisation sous la responsabilité des entrepreneurs, notamment par l'intermédiaire des petites boutiques existantes, mais aussi une sensibilisation personnalisées des mères au niveau des Centres de santé intégrés (CSI) dans le cadre des activités de surveillance de la croissance.

Notes

1. Distance parcourue en 30 s par 100 g de bouillie à une température comprise entre 40 et 42°C dans un polivisc Kinematica.
2. Mesurée sur les bouillies maintenues à 45 °C à l'aide d'un viscosimétre rotatif HAAKE VT500 muni d'un dispositif de mesure SV-DIN à une vitesse de rotation de 64,5 tr/min.
3. KNU (Kilo-unité Alpha-amylase Novo) : quantité d'enzyme qui dégage 5,26 g d'amidon soluble (Merck, Erg B6) par heure selon la méthode standard Novo.

Remerciements

Les recherches ayant permis la rédaction de cet article ont été financées pour partie par la DG XII de la CEE dans le programme STD2 « sciences et technique au service du développement » (contrat n° TS2A-0226) et par le fonds français d'Aide et de Coopération (FAC) et l'Unicef dans le cadre du programme d'appui aux activités de nutrition (PAAN) de la direction de la Santé de la famille (DSF) du ministère congolais de la Santé.

Références

CORNU (A.), TRECHE (S.), MASSAMBA (J.P.), MASSAMBA (J.), DELPEUCH (F.), 1993 - Alimentation de sevrage et interventions nutritionnelles au Congo. *Cahiers Santé (AUPELF-UREF)*, 3 : 168-177.

GIAMARCHI (P.), TRECHE (S.), 1995 - « Fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de manioc ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

TRECHE (S.), 1994 - *Techniques utilisables pour augmenter la densité énergétique des bouillies de sevrage.* Communication présentée à l'atelier inter-pays OMS/ORSTOM sur l'alimentation de complément du jeune enfant, 20-24 novembre 1994, Alexandrie, Egypte.

TRECHE (S.), GIAMARCHI (P.), PEZENNEC (S.), GALLON (G.), MASSAMBA (J.), 1992 - *Les bouillies de sevrage au Congo : composition, valeur nutritionnelle et modalités d'utilisation.* Communication présentée aux Ve journées internationales du GERM, 23-27 novembre 1992, Balaruc, France.

TRECHE (S.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

TRECHE (S.), TCHILOEMBA-POBA (R.), GALLON (G.), MASSAMBA (J.), 1995 - « Facteurs de variation de la qualité des farines de manioc fabriquées traditionnellement au Congo ». *In* Agbor Egbe (T.), Brauman (A.), Griffon (D.), Trèche (S.), éd. : *Transformation alimentaire du manioc*, Editions ORSTOM.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

La *tiquira* : une boisson fermentée à base de manioc

The tiquira *: a fermented cassava beverage*

G. CHUZEL* * & **, *M. P. CEREDA* *

** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
*** UNESP-FCA, Botucatu (Brésil)*

– Résumé –

Le Brésil a hérité de la culture indienne sud-américaine une tradition de préparation et de consommation de produits fermentés à partir de manioc : des produits entrant dans l'alimentation de base comme le *polvilho azedo* (amidon fermenté pendant 40 à 60 jours, puis séché au soleil) ; la *farinha de agua*, similaire au gari ou la *carima* ou mandioca puba avec une étape de rouissage des racines, mais aussi des boissons alcoolisées comme la *tiquira*.

Le procédé artisanal de production de cet alcool de manioc, traditionnel dans les régions Nord du Brésil (Etats du Nordeste, Pernambuco, Maranhao), est décrit dans ses différentes étapes :

- *première transformation des racines* : les racines sont épluchées et râpées ; des gâteaux de 30 cm de diamètre et de 3 à 4 cm d'épaisseur sont confectionnés avec la pulpe préalablement pressée puis toastés sur une plaque métallique chaude sur leurs deux faces, conduisant ainsi à la gélatinisation de l'amidon ;
- *saccharification de l'amidon gélatinisé* : les gâteaux ainsi obtenus, qui ont une teneur en eau d'environ 35 %, sont placés dans une jarre, séparés les uns des autres par un tapis de feuilles de manioc et laissés ainsi à l'abri de la lumière dans une ambiance chaude et humide durant 10 à 12 jours. Durant cette étape, se développe une flore naturelle, principalement des champignons (identifiés comme *Monilia citophila, Aspergillus niger, Penicillium*), provenant des feuilles et qui hydrolysent l'amidon gélatinisé ;
- *fermentation alcoolique* : après saccharification, les gâteaux sont émiettés en présence d'eau jusqu'à obtention d'une concentration en sucres d'environ 14 °Brix ; cette solution est laissée à fermenter durant 40 à 48 heures puis distillée jusqu'à un degré d'alcool de 54 à 56 °GL (degrés Gay Lussac).

La boisson obtenue, appelée tiquira, présente une coloration rosée, une bonne apparence, des arômes et une saveur agréables. Cette boisson est très appréciée des populations locales.

– Abstract –

Traditional preparation and consumption of fermented cassava-based products is a habit that brazilian inherited from the South American Indian civilization. Fermented cassava foods are too various, ranging from staple foods such as « polvilho azedo » (a 40-60 days fermented and sun-dried starch) ; « farinha de agua » (very similar to the African gari) ; carima or mandioca puba (involving cassava retting) and alcoholic beverages such as « tiquira ».

« Tiquira » is traditionally consumed in the North of Brazil (states of North East, Pernambuco, Maranhao). This alcoholic cassava beverage is processed into 3 steps :

- *cassava root processing* : roots are washed, peeled and grated. The pulp is squeezed to take the water out and then shaped into cakes (30 cm diameter, 3-4 cm thickness). Theses cakes are laid on a hot metallic sheet and toasted (on each side) up to 35 % of water content (wet basis). Starch gelatinization occurs during toasting ;
- *saccharification of the gelatinized starch* : the toasted cakes are stacked into a jar, separated by layers of cassava leaves. They last for 10-12 days in this warm, wet and dark atmosphere, which allows a natural microbial flora to develop and grow. This flora is mainly constituted of molds initially present on the cassava leaves which start to hydrolyze the gelatinized starch and convert it into sugars. Some molds, such as *Monilia citophila, Aspergillus niger* and *Penicillium* were identified ;
- *alcoholic fermentation* : when the saccharification has been performed, the cakes are mixed with water and crumbled, up to a concentration of about 14 °Brix. The concentrated solution is let to ferment for 40-48 hours and then distilled until 54 to 56 °Gay Lussac alcoholic degree.

The final beverage, called « tiquira », shows pink colour, good appearance and pleasant flavour ; it is very appreciated by local consumers.

Introduction

Le Brésil a hérité de la culture indienne sud-américaine une tradition de produits fermentés à base de manioc : des produits entrant dans l'alimentation traditionnelle de base comme le *povilho azedo* (amidon fermenté naturellement après son extraction), la *farinha de agua* similaire au gari de l'Afrique de l'Ouest ou la *carimã* ou *mandioca puba*, farine torréfiée obtenu après rouissage des racines, mais aussi des boissons alcoolisées comme la *tiquira* ou eau-de-vie de manioc.

Cet alcool de manioc est produit principalement dans l'État du Maranhão dans le Nordeste brésilien par les producteurs de *farinha*.

Le procédé traditionnel, dont le diagramme est donné à la figure n° 1, comporte les étapes suivantes (Koblitz ; 1941, Gonçalvez de Lima ; 1943, Maia ; 1981, Cereda, 1982) :

1. Première transformation des racines

Les premières étapes de transformation reprennent celles de la préparation de la *farinha* : les racines de manioc sont lavées, épluchées et râpées ; la pulpe ainsi obtenue est pressée, les eaux de pressage (*manipueira*) sont parfois récupérées pour en faire, après diverses cuissons et aromatisation, le *tipiti*, sauce accompagnant de nombreux plats locaux et aujourd'hui encore largement utilisée dans ces régions.

La pulpe pressée, qui a une teneur en eau voisine de 50 %, est émiettée à la main grossièrement et distribuée sur la plaque de cuisson utilisée pour la *farinha* en forme d'un gâteau de 30 cm de diamètre et de 3 à 4 cm d'épaisseur. Ce gâteau est ensuite retourné, d'un coté de l'autre, sur la plaque de cuisson, et cuit jusqu'à avoir ses deux faces toastées. Les crêpes ainsi obtenues, au nombre de quelques dizaines jusqu'à une centaine suivant la capacité de l'unité, sont appelées localement *beijus*.

2. Saccharification

Une fois refroidis, les *beijus*, qui ont une teneur en eau de l'ordre de 30 % à 35 %, sont empilés sur une table de bambou recouverte de feuilles de banane ou de palmes avec entre deux *beijus* successifs une couche de feuilles de manioc. Un local en pisé est généralement réservé à cet effet, présentant des conditions d'humidité relative et de température spécifiques.

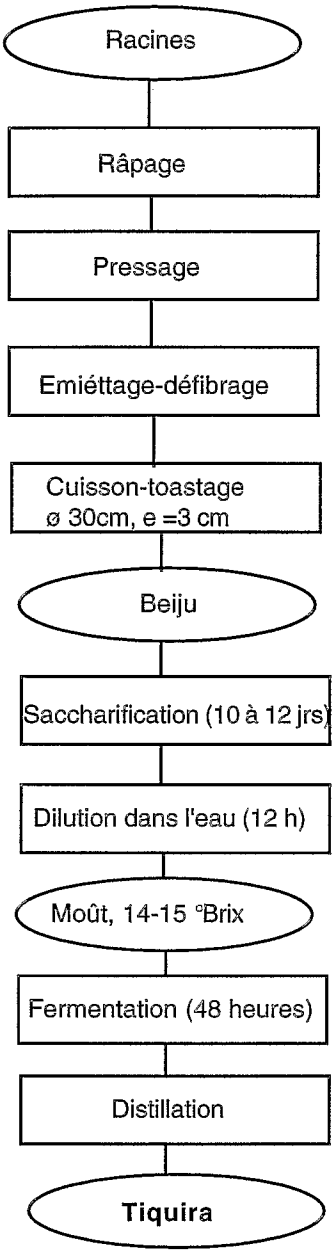


Figure 1
Diagramme du procédé traditionnel de fabrication de la tiquira

Après quatre ou cinq jours de fermentation, les *beijus* présentent en superficie des myceliums de teinte légèrement rosée et dégagent une forte odeur de pomme. Cette coloration rosée constitue un indicateur pour les producteurs pour s'assurer que le produit final sera de bonne qualité et de rendement en alcool élevé. Généralement, ils écartent les *beijus* qui ne présentent pas cette couleur.

La flore responsable de cette saccharification fut identifiée comme une *Monila Sitophila.* de forte activité amylolitique, provenant vraisemblablement des feuilles de manioc. Il a également été isolé des souches d'*Aspergillus Niger* et un *Pénicillium.*

Au fur et à mesure que les jours passent, les *beijus* perdent de leur humidité et les myceliums, qui les premiers jours n'étaient présents qu'en superficie, colonisent leur partie interne et au bout de 10 à 12 jours, la saccharification de l'amidon est complète (réaction à l'iode négative).

Les *beijus* sont alors placés dans un *côcho* (tronc d'arbre évidé) d'une capacité de plus ou moins 200 l et recouverts d'eau, elle-même couverte d'une couche de feuilles de bananes ou de palmes. Cette opération se fait généralement en fin d'après-midi et le lendemain, les *beijus* se sont désintégrés dans l'eau, avec un aspect de sirop concentré. Le récipient est alors rempli d'eau et les indigènes brassent ce moût pour l'aérer et ramener à la surface les fibres présentes pour les retirer. Le moût présente un Brix de 14 à 15 degrés.

3. Fermentation et distillation

Le moût ainsi obtenu est laissé fermenté durant environ quarante huit heures. Outre la flore déjà mentionnée, des espèces sauvages de *Saccharomyces* ont été identifiées. Il est ensuite distillé dans des alambics en cuivre ou en argile de petites capacités. Certains producteurs, pour éviter un mauvais goût de la boisson du à une pyrolyse des substances cellulosiques dans le fonds de l'alambic directement en contact avec le feu, filtrent le moût avant la distillation. D'autres ont développés certains alambics dont la conception évite le contact direct du fond de la cuve avec le feu, en la plaçant au dessous du foyer, pour éliminer ce problème et ainsi éviter l'étape de filtration qui est longue et fastidieuse.

A partir de 100 litres de moût, il se distille 15 à 20 litres de Tiquira, qui présente un degré alcoolique de 54 °GL à 56 °GL, une couleur légèrement bleutée, une odeur agréable rappelant le gin et le genièvre.

La *tiquira* est encore produite de nos jours suivant ces techniques traditionnelles à l'échelle villageoise et ses qualités ont toujours été fort appréciées. Nous citerons à titre anecdotique l'intérêt manifesté dans les années 1950 par une firme américaine pour importer cet alcool qui avait séduit le contingent américain présent dans le Maranhão durant la dernière guerre, mais la petite quantité produite et l'irrégularité de cette production n'a jamais pu permettre de concrétiser ce marché.

Il reste que cette boisson devrait constituer une voie de diversification de valorisation du manioc ou de ses sous-produits, en particulier les tourteaux d'extraction, intéressante à prospecter

Bibliographie

CEREDA (M.P.) 1982 - *Fabricação da Tiquira.* Communication personnelle, 5 p.

GONÇALVEZ DE LIMA (O.) 1943 - *Identificação e estudo dos môfos sacarificantes do amido na elaboração da aguardente Tiquira, uma bebida regional do Maranhão* Anais da Sociedade de Biologia de Pernambuco, Tomo IV, n° 1, p 11-30.

KOBLITZ (C.), 1941 - *Comunicação.* Anais da Sociedade de Biologia de Pernambuco, Tomo II, n° 1 : 23-26.

MAIA (R.), 1982 - *Tiquira : Aguardente de mandioca.* Communication personnelle, 7 p.

Chapitre 5
Conclusions et perspectives

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Le réseau sur la biotechnologie du manioc son histoire, ses objectifs, et ses recherches actuelles

A. M. THRO, W. M. ROCA**, G. HENRY****

** réseau biotechnologie du manioc, ** Unité de recherche de biotechnologie*
**** programme manioc, Cali, (Colombie)*

Le manioc et la biotechnologie

Les différentes réunions internationales sur le manioc ont permis à chacun de prendre conscience de l'importance de cette plante dans les pays tropicaux. Ces racines féculentes produisent plus de calories à l'hectare que toutes autres productions agricoles, à l'exception de la canne à sucre. La supériorité du manioc sur les autres cultures est particulièrement sensible sur les sols acides et dans les environnements agro-écologiques ou la culture du riz n'est pas adaptée. Le manioc peut jouer deux rôles majeurs dans l'agriculture tropicale, celui d'une culture de sécurité et celui d'une production de base pour le développement économique des régions pauvres.

Le réseau "biotechnologie du manioc", connu sous l'appellation CBN (Cassava Biotechnology Network) est une réponse apportée par le CIAT à la situation d'il y a une dizaine d'années, lorsque l'importance du manioc était rarement mentionnée au plan international et peu connue en dehors des tropiques.

Des outils biotechnologiques puissants pour la recherche agricole se sont développés rapidement dans le monde, mais principalement dans les pays où le manioc est absent des préoccupations des chercheurs. Aussi, peu de travaux ont-ils porté sur l'application de ces outils au développement du manioc. Pourtant les biotechnologies constituent pour cette plante des voies d'amélioration évidente, qu'il s'agisse des produits traditionnels ou des nouvelles formes d'utilisation pour satisfaire les marchés diversifiés.

CBN a été crée en 1988 pour constituer un forum sur les applications de la biotechnologie pour l'amélioration du manioc et de ses produits et pour encourager la recherche à conduire des études prioritaires dans ce domaine. Depuis cette date, beaucoup de projets de recherche faisant appel à la biotechnologie ont été mis en oeuvre pour le manioc (cf. tableau 1).

Tableau 1
Projets de recherches biotechnologiques du manioc, liste partielle, 1993

RECHERCHE	No. de projets	PAYS ET CENTRES INTERNATIONAUX
Culture de tissu, micro propagation	+++	Barbados, Brésil, Cameroun, Cuba, Chine, Indonésie, Nigeria, Panama, Pérou, Samoa, Venezuela, Zaïre, et autres ; CIAT, IITA
Régénération	9	Chine, France, Pays Bas, Royaume Uni, USA, Zimbabwe ; CIAT, IITA
Transformation génétique	7	Canada, Brésil, Royaume uni, USA ; CIAT, IITA
Carte moléculaire, marquers	6	France, Royaume uni, USA ; CIAT, IITA
Résistance au virus	3	Pays Bas, USA, Zimbabwe
Cyanogénese	7	Danemark, Pays Bas, Thaïlande, USA ; CIAT, IITA
Photosynthèse	2	Australie, USA
Cryopréservation	2	France ; CIAT
Transformation commerciale (produits alimentaires)	+++	Argentine, Brésil, CIAT, Colombie, Congo, France, Ghana, Inde, Nigeria, Afrique du Sud, Tanzanie, Royaume uni, et autres

+++ plusieurs projets

Les objectifs du CBN comprennent :
- l'identification des priorités de recherche
- l'encouragement à conduire ces recherches en collaboration et dans un esprit de complémentarité au travers :
  - de l'éducation de la communauté des chercheurs sur l'importance du manioc et sur le rôle des biotechnologies dans la recherche et le développement
- de l'organisation d'opportunités de rencontre et de communication entre chercheurs
- de l'encouragement à échanger librement les informations sur la recherche en biotechnologie du manioc y compris sur les techniques, les matériaux et les résultats.

Les objectifs de recherche pour la biotechnologie du manioc

La biotechnologie demande un investissement important qui s'étale souvent sur le long terme. En conséquence, il est nécessaire d'établir les priorités avec soin. Comme pour toute recherche agronomique, l'objectif de la biotechnologie est de produire une technologie effective, efficiente et appropriable par un nombre d'utilisateurs le plus important possible. Dans le cas du manioc les utilisateurs ciblés sont le petit agriculteur, le transformateur et le consommateur.

La première étape de la recherche en biotechnologie du manioc est commune à toutes opérations de recherche et développement. Il s'agit d'identifier les limites de la production et de l'utilisation pour les groupes intéressés qui dépendent de cette culture pour leur sécurité alimentaire. Il s'agit aussi d'envisager les nouvelles opportunités pour le manioc pour augmenter les revenus ruraux et pour améliorer l'accès des consommateurs urbains à des produits de qualité, à bas prix. Cette démarche, dont le concept nous est familier, est souvent bien difficile à réaliser.

La deuxième étape consiste à mesurer l'importance des apports de la biotechnologie pour réduire une contrainte ou pour saisir une opportunité de la production locale. Pourquoi et où est-ce important ? Le tableau 2 illustre cette étape de la démarche. Il montre par région l'importance relative de certaines contraintes clefs à la production du manioc, comme les maladies virales et les insectes ravageurs, ou encore des contraintes à l'utilisation du manioc comme le caractère toxique des variétés ou les qualités de l'amidon. Ce tableau tente également de situer l'impact des innovations potentielles de la biotechnologie du manioc sur le marketing des produits.

La troisième étape est d'identifier parmi les limites et les opportunités régionales de production, celles pour lesquelles la biotechnologie peut offrir un avantage comparatif par rapport aux autres techniques. Dans cette étape, pour pouvoir développer des innovations appropriées et pratiques, la composante biotechnologique de la stratégie de recherche doit être intégrée aux autres disciplines scientifiques comme l'amélioration des plantes, la défense des cultures, l'agronomie, les sciences de l'alimentation, l'économie, la sociologie, etc.

Plusieurs assemblées (CIAT, 1988 ; IITA, 1989 ; Amsterdam DGIS, 1990 ; Cartagena, 1992 ; CIAT, 1992) et plusieurs études (Panman *et al.*, 1989 ; Henry, 1991) ont appliqué la démarche précédente à la définition des priorités et des stratégies de la recherche en biotechnologie du manioc. Les participants à ces assemblées constituent aujourd'hui un groupe important, avec cependant quelques exceptions. Ainsi, les contacts avec les membres de la CORAF sont-ils peu nombreux. CBN a pris récemment des initiatives pour mieux connaître les travaux de la CORAF et son intérêt à participer au réseau sur la biotechnologie du manioc. Puisse cette présentation fournir à ses membres des informations sur le réseau et ses priorités de recherche et les inciter à communiquer leurs travaux sur la biotechnologie du manioc.

Tableau 2

Importance relative des difficultés et opportunités du manioc, pour lesquelles la biotechnologie peut avoir un avantage relatif de recherche, par région, et impact de la biotechnologie sur les innovations

	Importance par région			Impact des innovations	
Recherche	Afrique	Amérique Latine	Asie	sur le Rendement	sur le marché
Maladies virales	+++	+++	+	+++	+
Insectes pestes	+++	+++	+	+++	+
Cyanure toxique	+++	+	++	0	++
Qualité d'amidon	++	++	+++	0	+++
Détérioration post-récolte des racines	++	+++	+++	0	+++

+++ haute ; ++ moyenne ; + basse ; 0 pas de changement

Source : Roca, W. M., G. Henry, F. Angel, and R. Sarria, 1992
Biotechnology research applied to cassava improvement at the International Center of Tropical Agriculture (CIAT). AgBiotech News and Info. 4:303N-308N.

Les priorités de recherches, présentées dans le tableau 3, peuvent être divisées en applications et outils biotechnologiques. Les applications correspondent aux produits ultimes de la recherche biotechnologique sur le manioc. Elles comprennent les travaux portant sur la qualité du manioc et sur l'élaboration de produits nouveaux ainsi que ceux portant sur l'efficacité de la production, l'IPM, le management optimum de la cyanogénese du manioc et autres...

Les outils de la biotechnologie sont ensuite énumérés et correspondent aux moyens nécessaires pour faire aboutir les recherches. Les outils biotechnologiques pour le manioc comprennent la caractérisation du génome, la carte moléculaire, la transformation génétique et la régénération des plantes transformées. Quand les protocoles de transformation sont prêts, la préparation des gènes utiles et des promoteurs de gènes peut être assurée. Un autre groupe d'outils permet alors de conserver et d'utiliser le germoplasme.

L'établissement des priorités pour la biotechnologie du manioc constitue, comme pour toutes autres recherches, un processus dynamique et continuel. Le CBN se propose de mettre à jour, tous les deux ans, l'état des avancés scientifiques, des évolutions économiques et des nouvelles voies de la recherche. Par exemple, les besoins et les attentes des agriculteurs, des transformateurs et des consommateurs seront incorporés au prochain état.

Tableau 3
Priorités de recherche biotechnologiques du manioc

Applications biotechnologique pour réaliser des opportunités pour le manioc.

Quantité et qualité de l'amidon pour utilisations diverses.
D'autres procédés pour produits améliorés et nouveaux
Efficience de cycle de nutrition des plantes
Productivité en zones agroécologiques sous optimales (photosynthèse sous stress, interactions mycorrhizales, engrais bios)

Applications biotechnologiques : pour résoudre les problèmes du manioc

Management intégré de pestes
Biochimie cyanogénique pour production maximum de manioc et utilisation
Mise en valeur de traitement pour la réduction de cyanogène
Management de déchets
Réduction de la détérioration après récolte
Développement de vraies graines pour la production de manioc

Outils biotechnologiques : pour le manioc génétiquement amélioré

Caractérisation de génomes Manihot
Carte moléculaire du manioc
Clonage de gènes utilisés et de gènes promoteurs
Régénération et transformation génétique
Régulation de biologie reproductive

Outils biotechnologiques : pour conserver et échanger la diversité génétique du Manihot

Méthodes de diagnostique pour le transfert de germoplasme propre
Cryopréservation pour la conservation à long terme
Culture de tissue pour la conservation et micropropagation

Etablissement de priorités pour la recherche biotechnologique du manioc

Etudes socio-économiques :
Perspective des petits producteurs et de traiteurs
Données sur les problèmes et opportunités du manioc
Etudes interdisciplinaires pour éclaircir les questions complexes du manioc
Cyanogénésis
Détérioration du manioc après récolte
De vraies graines plutôt que de la propagation végétative.

Les recherches et progrès actuels sur la biotechnologie du manioc

Les travaux sur la biotechnologie du manioc, en particulier ceux sur la culture de tissu et la conservation in vitro avaient commencé au CIAT dès 1978. Cependant, l'essor des recherches en biotechnologie sur ce produit n'a réellement commencé qu'en 1988, à la création du CBN.

Les progrès les plus importants ont concerné le développement des outils biotechnologiques pour le manioc. Ces développements indispensables à la recherche appliquée ont constitué la priorité initiale.

Les outils biotechnologiques les plus développés à présent concernent la conservation de la diversité génétique du manioc et des espèces sauvages. La micropropagation et la conservation in vitro sont utilisées dans de nombreux pays tropicaux parmi lesquels il convient de citer les Barbades, le Brésil, le Cameroun, la Chine, l'Indonésie, le Niger, le Panama, le Pérou, les Iles Samoa, le Venezuela, le Zaïre, ... Les indicateurs moléculaires sont utilisés pour identifier les doubles dans les collections de germoplasme. Des méthodes de cryopréservation, pour assurer, à peu de frais, la conservation de la diversité génétique du manioc ont été développé au CIAT à Cali et à l'ORSTOM à Montpellier. Elles sont à présent prêtes pour une application réelle sur le long terme.

Dans les sujets de recherche sur le génome du *Manihot*, les études ont démontré qu'il y a compatibilité chromosomale entre les espèces alors que les polymorphismes moléculaires existent à l'intérieur et entre les espèces. Initialement, la recherche moléculaire de phylogénie s'est concentrée au Nord-Ouest de l'Amérique du Sud qui peut être considéré comme le berceau originel du manioc avec comme parent sauvage *M. aesculifolia*. Ces études se sont à présent étendues pour tenir compte de l'importance du centre du Brésil dans la diversité du *Manihot*. Les chercheurs qui ont utilisé les indicateurs isozymes et DNA aussi bien au CIAT qu'à l'ORSTOM ou aux USA ont démontré que le germoplasme du manioc d'Amérique du Sud et Centrale, auquel il convient d'ajouter celui d'Afrique, contient au niveau moléculaire une diversité génétique considérable.

La carte moléculaire du manioc pour l'identification des gènes et pour leur amélioration est en cours de construction. Elle se fait au travers d'agréments, d'échanges et de collaborations. Des librairies génomiques et une population ont été produites. Le plan de la carte moléculaire est commencé. Pour en accélérer sa réalisation, plusieurs types d'indicateurs moléculaires sont utilisés : RFLPs obtenu via DNA génomique complet ; cDNA (qui ne contient que les séquences transcrites) et RAPD primers. La structure de la carte et la population même seront accessibles aux chercheurs et aux programmes d'amélioration du manioc. Les progrès enregistrés vers la transformation génétique du manioc sont substantiels. Aujourd'hui, la régénération a été accomplie grâce à l'embryogénese somatique pour de nombreux

génotypes. La limite à ce travail a été la régénération de plantules uniformément modifiés à partir d'une seule cellule transformée. Aucune régénération à partir de callus ou de protoplasmes n'a été réalisée. Les études sur la culture en suspension de l'embryon sont encourageantes et la possibilité d'utiliser d'autres systèmes de régénération à partir d'une cellule unique devrait être recherchée.

La possibilité de transformer des cellules de manioc a été prouvée, et les embryons chimériques somatiques sont obtenus très régulièrement. Si le financement pour la recherche actuelle de la transformation génétique du manioc est maintenu, des plantes transgéniques devraient voir le jour dans un temps raisonnable.

La résistance aux virus, au travers de la transformation génétique, en utilisant la méthode de la protéine avec revêtement viral est effective pour le virus commun de la mosaïque du manioc (CCMV). Les essais ont porté sur *Nicotania benthamii*, une espèce de tabac sensible aux virus du manioc. L'efficacité de la transformation contre le virus africain de la mosaïque du manioc (ACMV) reste encore à démontrer. Les deux gènes modifiés par revêtement de protéine seront testés sur le manioc dès que la transformation sera disponible.

Dans le domaine important de la qualité du manioc des progrès significatifs ont été réalisés. Ils concernent la compréhension biochimique de la cyanogenese du manioc. Le gène a été cloné avec la linamarase, une enzyme clef dans la voie de cyanogénese. De nouvelles méthodes pour la détermination des composés cyanés du manioc ont été développés. Elles sont plus rapides, moins coûteuses et moins toxiques que les méthodes antérieures. La compréhension du rôle des composés cyanés au cours de la production du manioc et lors de sa transformation a augmenté. Il y a maintenant plus d'informations sur la toxicité des composés cyanés. La mise en évidence de l'association de différents glucosides cyanogénétiques permet d'analyser leurs impacts respectifs sur la résistance aux insectes de la plante et sur la qualité des produits consommés.

Un projet majeur, financé par l'Union européenne relie plusieurs institutions de recherche latino-américaine et européennes pour développer des recherches sur la transformation du manioc. Dans ce projet, le CIAT, le CIRAD, l'ORSTOM, le NRI travaillent en collaboration avec l'Université del Valle en Colombie, l'Université de l'Etat de Sao Paolo au Brésil et l'Université de Buenos Aires en Argentine. Cinq objectifs ont été définies :

- améliorer la qualité de la farine et de l'amidon de manioc et leur traitements respectifs
- étudier les voies d'utilisation des déchets liquides et solides de la transformation du manioc (biogaz, compost, alcool, aliment pour animaux, production d'acide lactique)

- améliorer les propriétés fonctionnelles des farines et amidons de manioc
- rechercher par bioconversion des farines et des amidons des formulations d'aliments nouveaux
- étudier le marché potentiel des nouveaux dérivés du manioc.

Un autre projet, multidisciplinaire, a été développé avec le concours de la FAO. Il concerne l'analyse des limites de la production et du marketing des produits face à la rapide détérioration après récolte des racines de manioc. Ce problème qui jusqu'à présent n'était pas pris en compte dans les thèmes de recherche va permettre d'intégrer la biotechnologie dans la limitation des pertes après-récolte, grâce aux avancées de la génétique moléculaire.

Les perspectives pour la biotechnologie du manioc

Les expériences accumulées sur d'autres plantes laissent espérer qu'un protocole pour la transformation génétique du manioc est proche, surtout si on peut développer de meilleures systèmes de régénération.

L'assemblage de la structure de la carte moléculaire qui doit être réalisé pour pouvoir suivre la localisation des gènes majeurs devrait être achevé en 1994. La carte et la population utilisées seront disponibles et accessibles aux chercheurs qui pourront l'enrichir et y développer des recherches génétiques complémentaires.

La prochaine étape de la recherche sur la biotechnologie du manioc comprendra l'identification et le clonage de gènes utiles pour des applications variées concernant par exemple l'amélioration de la qualité des amidons, l'élaboration de produits nouveaux ou le management des déchets de la transformation.

Des règlements nationaux pour autoriser la diffusion dans l'environnement des plantes transformées, y compris le manioc, deviendront une étape critique pour l'avenir de la biotechnologie.

Les applications visant à la manipulation de la physiologie de la plante et à la compréhension des interactions plantes-environnement, comme celles liées à la photosynthèse et au cycle de nutrition des plantes, sont encore bien éloignées mais doivent être envisagées.

A plus court terme, il apparaît très important que les futures orientations des recherches sur la biotechnologie du manioc prennent en compte les études socio-économique pour améliorer les perspectives de développement du petit producteur, et du transformateur de manioc face aux marchés et aux économies mondiales.

Bibliographie

CIAT, 1989 - *Report on the founding workshop for the Advanced Cassava Research Network.* Held at CIAT, Sept. 6-9, 1988. Cali, Colombia.

DGIS, 1991 - «Cassava and biotechnology». Proceedings of a workshop held in Amsterdam, 21-23 March, 1990. Directorate General for International Cooperation, The Hague.

IITA, 1988 - «The use of biotechnology for the improvement of cassava, yams, and plantain in Africa.» Contributions from a meeting of African Research Institutions. Ibadan, 8-9 August, 1988. IITA Meeting Reports Series 1988/2.

HENRY (G.), 1991 - «Assessment of socio-economic constraints and benefits to small-scale farmers from cassava biotechnology research.» In: CIAT, 1991. *Proposal for DGIS funding of coordination and activities of the Cassava Biotechnology Network* (CBN). June 1991.

PANMAN (J.), SCHEEPENS (A. J.), DE BRUIJN (G. H.), FRESCO (L. O.), 1989 - *Cassava and Biotechnology: Production constraints and potential solutions.* Literature review carried out at the request of the Netherlands Directorate General for International Cooperation. Dept. of Tropical Crop Science, Agricultural University, Wageningen.

ROCA (W. M.), HENRY (G.), ANGEL (F.), SARRIA (R.), 1992 - Biotechnology research applied to cassava improvement at the International Center of Tropical Agriculture (CIAT). *Ag Biotech News and Info.* 4 : 303N-308N.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Des orientations pour la recherche et le développement des racines et des tubercules tropicaux

Orientations for research and development in tropical root and tuber crops

D. GRIFFON

Centre de Coopération International de Recherche Agronomique pour le développement, Département des Systèmes agro-alimentaires et ruraux

– Résumé –

Les racines et tubercules tropicaux constituent un domaine essentiel de l'économie agro-alimentaire des pays du Sud. Ils contribuent de manière significative à la satisfaction des besoins alimentaires de base des populations rurales et urbaines de ces pays. Mais confrontés à l'internationalisation des échanges commerciaux, les marchés des racines et tubercules tropicaux, mal organisés et mal structurés, subissent le contrecoup du retard accumulé depuis de nombreuses années par la recherche et le développement de ce secteur.

Sorti de l'économie domestique de subsistance, l'éventail des produits disponibles sur les marchés reste insuffisant et l'irrégularité de leur qualité commerciale apparaît comme un facteur limitant essentiel à l'essor de la filière.

Face à ce constat, l'auteur met en évidence l'intérêt d'un pilotage de la recherche par le marché de façon à :

- mieux répondre au défi de l'alimentation des villes
- élargir l'espace commercial des produits actuels
- proposer des produits nouveaux de qualité
- adapter les systèmes de production aux attentes du marché.

Il présente une démarche où le partenariat entre producteurs transformateurs et consommateurs guide la recherche-développement et privilégie l'approche marketing dans le processus d'innovation.

– Abstract –

Tropical root and tuber crops constitute an essential area in the agro-economics of countries in the southern hemispere. They contribute significantly in the basic food requirements of the rural and urban populations of this countries. But faced with the internationalisation of commercial exchanges, the root and tuber markets, badly organized and structured, undergo a backdrop in research and development due to backwardnes in this sector accumulated over many years. Coming from a domestic subsistence economy, the stock of avaible products in the market remains insifficient and the irregularity in their commercial quality appears to be an essential limiting factor in the expansion this sector.

With this established fact, the author has put forward the interest of consummers in guiding market research in order to :

- better respond to the challenge of feeding in towns ;
- expend the commercial area of present products ;
- propose new quality products ;
- adapt production systems to the needs of the market.

This paper also presents an approach where the parterneship between producers, processors and consummers direct research and development and privilege marketing in innovation procedures.

Introduction

Les racines et tubercules tropicaux constituent une base importante de la consommation alimentaire des pays en développement. Le manioc, l'igname, la patate douce, la pomme de terre, le taro, l'arrow-root..., rentrent dans le régime alimentaire de base de plus d'un milliard de personnes vivant sous les tropiques en Afrique, en Amérique Latine et en Asie.

Avec une production dans les pays du Sud estimée à 388 millions de tonnes (152 pour le manioc, 123 pour les patates douces, 81 pour les pommes de terre, 25 pour les ignames et 5 pour les taros), les racines et tubercules constituent un enjeu alimentaire considérable et une ressource économique essentielle pour ces pays. Dans certains d'entre eux, comme ceux d'Afrique Centrale par exemple, les éléments de base sont constitués par plus de 70 % des racines et tubercules, contre 30 % pour les céréales dont près d'un tiers est importé (source FAO, 1994).

Mais confrontés à l'internationalisation des échanges commerciaux, ils subissent le contre coup d'un retard accumulé pendant de nombreuses années en termes de recherche et de développement. C'est en particulier dans le domaine de la valorisation des produits après leur récolte, en fonction des marchés à satisfaire, que le besoin de recherche est le plus urgent.

1. Des faiblesses commerciales, mais des dynamiques locales réelles

1.1. La marginalisation des échanges commerciaux

Malgré leur importance, leur potentiel énergétique considérable et leur rôle dans la sécurité alimentaire de nombreux pays de ces régions, les racines et tubercules tropicaux n'ont pas bénéficié, au cours des 30 dernières années d'un intérêt aussi marqué que celui porté aux céréales à l'échelle mondiale.

Le manque d'intérêt porté aux racines et tubercules est-il lié au fait qu'ils n'ont pas su se débarrasser, ni d'une image de marque de cultures « primitives », ni d'une réputation d'aliments pour « pauvres » ? Ou ce manque d'intérêt est-il dû au fait qu'étant très périssables après la récolte, difficiles à stabiliser, lourds et encombrants à transporter, ils n'ont pas pu se prêter à des transactions commerciales importantes ?

Plus vraisemblablement, s'ils restent marginalisés, peu valorisés, voire oubliés dans les négociations internationales, et ne participent pas encore à l'offre organisée et diversifiée des produits alimentaires de base capables de répondre aux besoins variés de la consommation alimentaire humaine, de la fabrication des

aliments du bétail ou des utilisations industrielles alimentaires ou non alimentaires, c'est que leur marché reste insuffisamment actif et peu organisé. Il n'y a pas, au niveau des racines et tubercules tropicaux, ni « Organisme international de produit » (OIP), ni « Accord international de produit » (AIP) consacré au manioc, à l'igname ou à la patate douce comme ceux établis par exemple, sous forme d'organes autonomes pour le café, le cacao ou le blé, ni même sous forme de groupes intergouvernementaux sous l'égide de la FAO, comme c'est le cas pour la banane, les agrumes, les graines oléagineuses, le riz ou le thé. Ainsi le Fonds commun pour les produits de base (FCPB), institution financière internationale, crée en 1989, qui a largement ouvert son champ d'intervention aux produits agro-alimentaires, n'a-t-il pas pris en considération les produits de la filière racines et tubercules, faute d'accords internationaux sur ces produits.

Ces accords quand ils existent ont un rôle régulateur important et permettent de structurer un marché actif présentant des produits nombreux et diversifiés. L'exemple de la Thaïlande et de l'échec de sa politique de développement du manioc est significatif. Rappelons que sous la poussée de quelques multinationales de l'agro-alimentaire, ce pays, qui n'avait pas de tradition alimentaire à base de manioc, est certes devenu le deuxième producteur mondial de cette racine, mais est confronté à présent à de très sérieuses perturbations sociales et écologiques. La culture du manioc y est devenue en effet spéculative. Sous la pression des céréaliculteurs, inquiets de ce que les importations de manioc, pour la fabrication des aliments de bétail, ne remplacent à leur dépens les produits agricoles européens, la CEE a fixée des quotas d'importation pour les cossettes, pellets et fécules de manioc. Malgré ses efforts, le gouvernement thaïlandais n'a pas pu maintenir des prix rémunérateurs à la production et d'énormes réserves de pellets de manioc se sont accumulées.

Les autres pays producteurs de manioc sont eux aussi touchés par les quotas de la CEE et ont des difficultés à être compétitifs avec les produits thaïlandais. De nouveaux débouchés sont recherchés, dans les pays de l'Est, en Corée, au Japon et en Israël.

Mais il n'y aura pas d'arrangement international de produit (AIP), tant que l'offre des producteurs restera limitée à la seule commercialisation du manioc en cossettes ou en pellets.

La diversification dans l'utilisation des produits à base de manioc est indispensable pour favoriser le développement de la culture de cette racine.

Il faut bien reconnaître que si les responsables des politiques commerciales internationales n'ont pas encore pris en compte les atouts de la diversification des produits de cette filière, c'est que la rentabilité économique de cette diversification n'a pas encore été démontrée, même si de nombreuses expériences techniques locales en ont montré la possibilité.

1.2. Le dynamisme des acteurs locaux

Dans de nombreux pays producteurs, les gouvernements ont bien analysés cette nécessité de diversification et ont refusé une politique de commercialisation de produits agricoles déconnectés des besoins internes domestiques. Conduits à des importations alimentaires onéreuses pour alimenter les villes, ces états recherchent de plus en plus à utiliser les vivriers locaux et en particulier à améliorer la production des racines et tubercules, capables de répondre rapidement à la demande urbaine croissante d'aliment de base énergétiques. Pour promouvoir cette recherche, certains d'entre eux ont créé des institutions, des centres ou des programmes visant à accroître les efforts de production et de valorisation des racines et de tubercules, non seulement pour assurer l'alimentation des populations rurales et urbaines, mais aussi pour développer localement des unités de fabrication d'aliments du bétail, ainsi qu'une industrie de l'amidon à usage alimentaire et non alimentaire, assurant une diversification des débouchés.

Ces initiatives locales se sont multipliées. Elles témoignent d'un réel dynamisme des acteurs de la chaîne agro-alimentaire dans les pays du Sud.

En Amérique Latine, au Brésil en particulier, mais aussi en Colombie ou en Equateur, la transformation du manioc pour l'alimentation du bétail local est venue élargir les voies de valorisation traditionnelle sous forme de « farinha ». Les technologies de fabrication de l'amidon aigre, pour la préparation des « pan de yuca » se sont améliorées et conduisent à des produits de qualité plus régulière.

En Afrique de l'ouest, les technologies de fabrication du « gari », cette semoule stabilisée de manioc, se sont répandues hors de leurs zones géographiques originelles. Par leurs adaptations aux nouveaux modes de consommation dans les zones urbaines, les produits du manioc entraînent même une très notable augmentation de la culture de cette racine dans des régions, comme le nord Cameroun, où elle était peu présente.

La dynamique locale, autour des racines et tubercules existe donc, mais les initiatives prises restent encore trop limitées car trop peu soutenues. Les moyens disponibles dans les pays producteurs ne peuvent pas couvrir, à eux seuls, les coûts de recherche-développement nécessaires à la formulation, à la transformation et à la mise en marché des produits issus de ces cultures.

Aussi, pour être plus efficaces, les efforts locaux doivent-ils pouvoir bénéficier d'appuis extérieurs. Il reste beaucoup à faire en recherche et en développement pour améliorer les technologies traditionnelles de transformation des racines et tubercules. Pour le manioc par exemple, il faut arriver à garantir au plan commercial sa totale innocuité par l'élimination de son caractère toxique dû aux composés cyanés qu'il contient. Il reste plus à faire encore en recherche et en développement pour l'igname qui, bien que conservant une grande dimension

culturelle risque de disparaître de l'avenir des cultures tropicales si la demande commerciale actuelle, induite par le phénomène d'urbanisation, ne trouve pas rapidement une offre en produits frais et transformés répondant réellement aux besoins du marché. Les expériences industrielles du « Bonfoutou » en Côte-d'Ivoire montrent bien les difficultés à approcher des marchés inédits.

1.3. La mobilisation de la recherche agronomique internationale

Des instituts internationaux de recherche agronomique, tels le Centre international d'agriculture tropicale (CIAT), le Centre international de la pomme de terre (CIP), et l'Institut international d'agriculture tropical (IITA) ont des mandats spécifiques pour faire avancer les connaissances nécessaires à l'amélioration du matériel végétal, à la défense des cultures et à la maîtrise des pratiques culturales. Plus récemment, ces organismes ont pris conscience de l'importance à accorder à « l'après récolte », aux « procédés » de transformation et aux « marketing » des produits frais ou transformés. Cette orientation, dictée par le marché n'est toutefois que récente. Les résultats sont limités et nécessitent des études et des recherches complémentaires.

Dans cette perspective, les centres internationaux recherchent des alliances avec les institutions scientifiques et techniques dans les pays du Sud eux-mêmes, ainsi que dans les pays industrialisés. Leur demande s'exprime tout particulièrement en termes de technologies capables d'apporter une réelle valeur ajoutée à la production.

La communauté scientifique, du Nord et du Sud, peut répondre à cette demande, si en partenariat elle s'organise pour mieux adapter l'offre de production actuelle en racines et tubercules aux demandes de consommation alimentaire et d'utilisation industrielle sur des marchés variés.

Il s'agit de faire remonter pas à pas vers l'amont agronomique et la maîtrise du matériel végétal des thèmes de recherche visant à améliorer les systèmes de production.

Les enjeux pour cette recherche sont importants pour le développement économique des pays du Sud.

2. Les grandes orientations de la recherche à promouvoir

Les recherches à conduire dans le domaine des racines et tubercules tropicaux peuvent être regroupées autour de quatre grandes orientations.

2.1. Mieux répondre au défi de la crise alimentaire

Il s'agit ici avant tout de reconnaître et de faire reconnaître que de plus en plus, les cultures appelées jadis « mineures », comme c'était le cas des racines et tubercules, constituent aujourd'hui un élément essentiel de la consommation alimentaire des populations à faibles revenus.

L'effet de l'urbanisation massive, vient accroître de jour en jour le risque d'une crise alimentaire majeure, surtout en Afrique ou le déficit céréalier est évalué à plus de 30 millions de tonnes et pourrait atteindre d'après la FAO 100 millions de tonnes en 2010.

L'augmentation des productions de racines et tubercules, en utilisant des variétés plus performantes sur le plan à la fois des rendements, de la capacité de résistance aux maladies, de l'aptitude à la transformation (en fonction des utilisations finales), permettrait d'assurer un approvisionnement régulier des marchés intérieurs. Mais ces marchés ont changé sans que la filière ne s'y adapte et permette de répondre aux effets de l'urbanisation.

Relativement faciles à cultiver, les racines et tubercules, aliments traditionnels, correspondent au goût et aux habitudes alimentaires des populations, mais ces aliments « sûrs » ne sont pas bien adaptés à la consommation urbaine. Le manioc par exemple qui peut être cultivé toute l'année et être conservé dans le sol pendant deux ans, prêt à être consommé, dès sa récolte, offre une qualité d'aliment de « réserve » tout à fait intéressante, qu'il convient d'exploiter. Des études pour l'adapter aux besoins des marchés urbains sont à développer.

2.2. Ecouter les besoins du marché et élargir l'espace commercial

Il importe de bien savoir quels sont les attentes et les comportements des consommateurs pour pouvoir identifier aussi bien les facteurs qui les incitent à utiliser les produits mis sur le marché que ceux qui les en dissuadent. Une analyse fine de ces facteurs aidera à définir les politiques marketing les mieux adaptées au besoin (type de produit, niveau de qualité, prix, canal de distribution...) et permettra d'affiner les segmentations du marché sur lesquelles doivent porter les efforts.

Dans les pays africains de la zone franc, la récente dévaluation du CFA peut avoir un effet bénéfique sur le développement des productions locales et donc en particulier sur celles des racines et tubercules. Il y a là une opportunité à saisir pour adapter, par la transformation des produits de la filière, l'offre de production rurale à la demande de la consommation urbaine.

L'amélioration des conditions de commercialisation des racines et tubercules constitue sans doute l'un des enjeux les plus importants du développement des produits de cette filière. L'analyse fine des besoins du marché devra conduire à des dispositions spéciales capables de promouvoir le commerce national d'abord, mais

aussi régional et international de ces produits. Leur positionnement dans les échanges inter-régionaux, voire internationaux, doit s'affirmer. Dans ce sens, l'organisation des différents agents économiques de la filière, associant producteurs, transformateurs, commerçants et utilisateurs, doit être étudiée et déboucher sur la mise en œuvre d'une stratégie « marketing ». Elargir l'espace commercial suppose en effet la maîtrise d'un art délicat, celui du marketing mix (le produit lui-même, son prix, sa distribution et sa promotion) et celui du production mix lié aux ressources agricoles, technologiques et humaines nécessaires pour rendre disponible au moindre coût une gamme de produits diversifiés.

A différents niveaux, les informations sur les marchés, la qualité des produits, les prix, les technologies nécessaires, sont à réunir et à rendre accessibles au plus grand nombre.

Le système traditionnel de commercialisation comprend un grand nombre de petits négociants qui sont essentiels pour approvisionner les différents quartiers des zones urbaines grandissantes. Cependant, comme dans le cas des petits producteurs et des petits transformateurs, si les systèmes traditionnels de commercialisation présentent des intérêts sociaux et économiques qu'il ne faut pas sous-estimer, il faut bien prendre conscience que cette multitude de « petits métiers » ne permet pas de rassembler des quantités suffisantes de produits frais ou transformés capables de constituer une offre commerciale significative de qualité homogène sur des marchés élargis.

Une véritable organisation professionnelle de la filière à des échelles variées est donc à mettre en œuvre. Au delà du regroupement professionnel des producteurs, elle implique la réalisation et la gestion de diverses installations pour la réception, le stockage, la transformation ou le conditionnement des produits à différentes échelles. Elle exige des équipements adaptés à la taille des unités de transformation. Elle implique une organisation de la collecte et des moyens de transport appropriés aux infrastructures existantes. Elle suppose une réorganisation de la distribution qui, tout en tenant compte des circuits traditionnels du secteur informel, puissent intégrer les exigences du secteur moderne de la commercialisation. Elle réclame pour cela une plus forte implication des paysans au devenir commercial de leur production, ce qui suppose, à leur niveau, des accès plus faciles aux crédits pour pouvoir conduire leur exploitation comme une véritable « entreprise agricole ».

Cet élargissement commercial n'a donc de sens que s'il est soutenu par les différents acteurs du développement économique qui devront y trouver, chacun à leur niveau, une voie capable de stimuler la production, de créer des emplois, et d'assurer une plus grande stabilité de leurs revenus. Il ne peut s'envisager que si une réelle complicité volontaire entre producteurs-transformateurs et commerçants se met en place.

Pour être efficace, cette complicité doit s'appuyer, tout au long de la chaîne, sur une démarche méthodologique qui repose sur la combinaison des approches entre les différents acteurs de la filière et qui relève toujours de l'état d'esprit « marketing ».

L'information, la formation et la démonstration doivent accompagner cette démarche.

2.3. Gagner en productivité, diversifier, assurer la qualité, innover

Sans la démarche commerciale évoquée ci-dessus, les racines et tubercules traditionnels ne pourront pas participer au développement économique des pays producteurs, ni constituer une alternative aux importations coûteuses de denrées alimentaires en provenance des pays développés. Mais pour que cette démarche commerciale soit possible, il convient de disposer d'une gamme diversifiée de produits à mettre sur le marché et cela impose transformations et conditionnements appropriés de ces produits en fonction des marchés à satisfaire.

Dans ce sens, l'amélioration des technologies traditionnelles et des innovations sur les produits et les procédés sont à réaliser tout au long de la chaîne agro-alimentaire. Accroître la disponibilité dans le temps et dans l'espace des produits de la filière suppose qu'une recherche suivie et systémique sur les différents maillons de la chaîne, qui conduit du champ à l'utilisateur final soit plus importante qu'elle ne l'est actuellement.

Il convient à ce niveau de s'appuyer sur le savoir-faire traditionnel des populations, puis de proposer des améliorations techniques, des équipements appropriés et des outils de contrôle permettant d'obtenir des produits frais ou transformés de qualité régulière. Mais il convient également d'innover et de créer des produits nouveaux. Ces « innovations-produits » exigent des recherches en technologie alimentaire qui s'appuient sur les acquis scientifiques et techniques du génie alimentaire et de la science des aliments et de plus en plus sur les biotechnologies. Les nouvelles possibilités de valorisation par bioconversion des farines et des amidons des produits de la filière sont des pistes de recherche tout à fait essentielles. Il s'agit pour cela de mieux connaître les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques des constituants de la matière première, d'en étudier les propriétés fonctionnelles spécifiques et de proposer des produits nouveaux, utilisables dans les industries alimentaires et non alimentaires. C'est donc à un véritable « cracking » de la matière première qu'il convient de s'atteler, pour exploiter par recombinaisons des propriétés fonctionnelles particulières.

Informations scientifiques et techniques, recherches appliquées, expérimentation pilote, démonstration de la faisabilité technique et économique des procédés mis en œuvre, organisation du crédit, contrôle de la qualité des produits et programme de formation sont des éléments qu'il convient de prendre en compte pour promouvoir ces innovations.

2.4. Diversifier les productions et développer les ressources génétiques

En remontant la filière, les innovations précédentes vont permettre de fixer des critères de sélection des variétés à recommander pour tel ou tel usage final. Il existe déjà, grâce en particulier aux centres internationaux un gros travail de sélection et de caractérisation des variétés. Ces travaux doivent être poursuivis et complétés. En particulier, les recherches sur l'aptitude à la conservation et à la transformation pour des utilisations variées sont à réaliser de façon plus systématique. Le dialogue entre technologues et sélectionneurs est donc à renforcer. A la base de ce dialogue, les technologues ont à conduire des tests au niveau pilote, avec établissement des bilans matières et énergie, pour vérifier la faisabilité et la rentabilité technique des transformations nécessaires et des tests d'acceptabilité des produits élaborés, tant pour l'alimentation humaine et animale que pour l'utilisation industrielle alimentaire et non alimentaire.

Cette caractérisation technologique doit permettre de fournir aux sélectionneurs le cahier des charges des variétés à développer.

Bien sur, les critères de sélection habituels, en termes de rendement, d'adaptation des cultivars aux conditions pédologiques et climatiques, de résistance aux maladies, de pratiques culturales et de défense des cultures sont également à prendre en compte. Mais cette dimension est déjà largement étudiée et fait l'objet de la plupart des actions de démonstration, de vulgarisation et de formation des paysans, liées à l'utilisation des variétés améliorées.

En remontant encore dans la maîtrise du matériel végétal, il convient de souligner l'importance à accorder au management des ressources génétiques des racines et tubercules. Il en va de la nécessaire recherche sur la bio-diversité des espèces et de leurs conséquences sur la gestion des systèmes agraires. La diversification des variétés actuelles, pour une meilleure prise en compte des contraintes biotiques et abiotiques liées au développement « durable » des cultures à base de racines et tubercules, dans les différentes zones de production actuelles et potentielles, doit rester une préoccupation importante de la recherche agronomique.

Aussi, l'entretien des collections actuelles, leur enrichissement et surtout le transfert et la diffusion des techniques nécessaires (marqueurs moléculaires, analyse isotopique, biométrie, modélisation...) est-il à assurer pour encourager les échanges internationaux. Il s'agit donc de développer des recherches de base en génétique, non seulement pour contribuer à enrichir par recombinaison de clones les variétés actuelles, mais aussi pour mieux répondre aux besoins de maîtrise des ressources génétiques régionales.

Il convient de mentionner que les recherches sur les ressources génétiques ne se limitent pas à l'amont agricole de la filière racines et tubercules. En aval, en exploitant les « savoir-faire » traditionnels des populations, il est important de citer toute la richesse que représente les aliments fermentés à base de racines et tubercules. Ces aliments constituent l'une des voies de traitement les plus répandues à travers le monde et offre des thèmes de recherche sur la bio-diversité microbienne qu'il ne faut pas négliger. Les travaux déjà engagés sur les bactéries lactiques dans la fabrication de « gari », de « chikwangue » ou d'« amidon aigre » de manioc montrent en effet tout l'intérêt à accorder à ces bactéries pour développer, par bioconversion, des produits nouveaux solides ou liquides. Les résultats acquis par exemple sur le rôle de ces micro-organismes dans la panification des farines sans gluten laisse à penser que l'avenir pour le développement d'une industrie alimentaire dynamique dans les pays du Sud puisse passer par des recherches sur les spécificités que l'on pourra tirer non seulement des constituants des produits tropicaux eux-mêmes, mais aussi des ressources enzymatiques et micro-biologiques associées à leur bioconversion.

3. Une démarche de valorisation commerciale

Compte tenu des besoins évoqués ci-dessus, il apparaît bien évident que « le développement des racines et tubercules tropicaux » dépasse les capacités d'équipes isolées. Mais chacune d'entre elles peut y contribuer valablement si la mise en réseau de leurs expériences, de leurs acquis et de leurs résultats qui devient de plus en plus nécessaire est mieux organisée.

Actuellement, les équipes interviennent souvent de façon trop « confidentielle » pour que leurs expériences et leurs acquis puissent constituer une réponse cohérente aux exigences commerciales des produits de la filière.

Ces exigences du marché se traduisent par une nécessaire recherche de productivité et de plus grande valeur ajoutée tout au long de la chaîne alimentaire.

Ces gains de productivité sont toutefois bien plus accessibles dans les différentes séquences de « l'après-récolte » que ceux susceptibles de se réaliser en amont.

3.1. Des objectifs généraux

Dans cet esprit de « valorisation », les objectifs généraux des projets de recherche en coopération pour le développement répondant aux besoins d'intégration des produits « racines et tubercules tropicaux » dans l'économie des pays du sud et dans leur développement durable pourraient être les suivants :

- Améliorer l'accès aux marchés de produits de la filière, en assurant par le regroupement des producteurs, des transformateurs ou des commerçants une régularité des approvisionnements en produits de qualité homogène.

- Améliorer les systèmes de commercialisation, de distribution et de transport des racines et tubercules, sous forme brutes et transformées.

- Améliorer la compétitivité des produits de la filière face aux autres amylacés (céréales importées en particulier), en diversifiant les utilisations potentielles, en recherchant de nouvelles méthodes de traitement, en modernisant les technologies traditionnelles, en développant des procédés et des équipements adaptés aux situations locales, en élaborant des produits nouveaux de qualité commerciale régulière et normalisée, en assurant également le traitement des sous-produits de la transformation, qu'il s'agisse d'accroître la rentabilité des unités de transformation où de réduire l'impact des déchets sur l'environnement.

- Améliorer les modes de production et les techniques culturales en s'appuyant sur l'amélioration variétale et les ressources génétiques

3.2. Une méthode d'approche : le pilotage par l'aval

Pour atteindre les objectifs énoncés, la méthode proposée correspond à un pilotage des recherches par le marché.

Il s'agit de partir de l'aval, de l'écoute de l'utilisateur et de remonter maillon par maillon vers l'amont agronomique et la biologie du gène.

Dans ce type de démarche, ou la demande du marché précède l'offre du producteur, les recherches à effectuer portent sur :

- la caractérisation des marchés actuels (nationaux et internationaux, segmentation...) tant d'un point de vue de flux que d'organisation de la filière (de la production à la consommation en passant par la transformation) ;
- l'analyse des réponses apportées par chaque pays à ce marché pour définir, en tenant compte des ressources naturelles, du savoir-faire et des instruments existants, des situations géographiques (localisation par rapport au marché), des avantages comparatifs de chaque pays ;
- la définition de la demande potentielle (prospective) à partir des évolutions du marché et la formulation des produits à élaborer en tenant compte des disponibilités techniques liées aux procédés existants ou novateurs à mettre au point ;
- la programmation des axes de recherche, pour chaque pays concerné, pour répondre à cette demande potentielle avec prise en compte des avantages comparatifs des pays concernés : les axes de recherche retenus concernent tout autant les approches technico-économiques (procédés de transformation et production des matières premières), que socio-économiques (organisation de la filière et rôle des acteurs).

Conclusion

La dimension commerciale de la démarche proposée, relève d'une approche « marketing » de la recherche.

Il s'agit en effet de traduire le savoir scientifique et technique des chercheurs en applications concrètes acceptées par les marchés intérieurs ou par ceux de l'export. Il s'agit de passer d'une dimension prospective et macro-économique de l'analyse des filières à une étude de plus en plus finalisée, ciblée, précise.

Le recours à l'analyse marketing, pour accompagner le processus de recherche en coopération doit permettre de passer d'une situation de cumul des risques lors de l'identification des thèmes de recherche à une situation de maîtrise des risques dans la diffusion des innovations de la recherche.

Cette analyse qui se préoccupe autant des attentes des utilisateurs que de l'intérêt scientifique de la recherche à conduire peut permettre de réconcilier producteurs, transformateurs et commerçants au profit du développement de la filière des racines et tubercules tropicaux.

Dans le présent ouvrage consacré à la transformation alimentaire du manioc, plusieurs auteurs présentent déjà des contributions tout à fait en phase avec cette approche « marketing » de la recherche. Dans leurs études, l'importance accordée au comportement alimentaire, à la caractérisation de la demande du marché, à la maîtrise des technologies de transformation, à la formulation de produits nouveaux... témoigne de leur préoccupation à finaliser leurs travaux en fonction des utilisations, actuelles ou potentielles, des produits de la filière.

Puisse la présente réflexion sur les orientations à donner à la recherche et au développement des racines et tubercules tropicaux, encourager ces chercheurs à poursuivre leurs efforts et en inciter d'autres à enrichir par leur contribution cette démarche promotionnelle des produits de la filière.

Transformation Alimentaire du Manioc.
T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd)
© 1995, éditions ORSTOM

Quelles perspectives de recherche pour le manioc ?

G. HAINNAUX
ORSTOM - MAA

- Résumé -

Aliment de base d'importantes populations, le manioc peut être aussi la matière première d'une industrie agro-alimentaire diversifiée et praticable à de petites ou grandes échelles.

A ces divers titres, il demande à être revalorisé auprès des décideurs, afin que dans le cadre d'une politique globale de développement, son potentiel soit mieux exploité.

A cette fin, une approche intégrée de la filière alimentaire basée sur le manioc est proposée dans une perspective où la compréhension de la demande alimentaire, l'analyse du marché et les circuits commerciaux sont considérés comme déterminants pour le développement des procédés de transformation et le fonctionnement des systèmes de productions.

Introduction

Compte tenu du déclin de l'autosuffisance alimentaire, il est probable que la production vivrière restera l'un des problèmes majeurs de l'Afrique sub-saharienne dans la décennie à venir.

En effet, étant donné l'ensemble des contraintes d'ordre technique, économique, social et politique, les efforts de promotion des vivriers et d'utilisation des produits locaux traditionnels n'ont eu que des effets limités par rapport à l'ampleur des besoins.

S'agissant de la production, la révolution verte a montré ses limites. Basée sur l'amélioration génétique du matériel végétal et la mise au point des paquets technologiques d'accompagnement, elle s'est révélée mal adaptée à certains environnements socio-économiques.

Elle a par ailleurs souvent négligé ou insuffisamment exploité le potentiel de cultures souffrant d'une image de marque négative telle que le manioc.

Pourtant, avec une production mondiale de l'ordre de 150 millions de tonnes dont environ 1/3 en Afrique, c'est un produit qui constitue un enjeu alimentaire primordial et qui peut être une ressource économique essentielle.

En effet, aliment de base d'importantes populations, en particulier en Afrique humide où il constitue l'essentiel de la ration calorique, il peut être aussi la matière première d'une industrie de transformation agro-alimentaire diversifiée et praticable à de petites ou grandes échelles.

Il peut donc contribuer à relever le défi de la sécurité alimentaire et de l'approvisionnement des villes, mais cela nécessite qu'il soit "réhabilité" auprès des décideurs.

1. Le contexte

Dans cette perspective, toute démarche qui permettrait d'exploiter plus efficacement le potentiel de cette culture dans le cadre d'une politique globale de développement doit s'inscrire dans un double contexte caractérisé par :

- un accroissement démographique et une urbanisation qui ont pour corollaire une demande alimentaire accrue qui nécessite d'augmenter la production mais aussi d'améliorer la transformation et la commercialisation.
- une mondialisation des échanges et une libération des marchés impliquant l'amélioration de la productivité et recherche de compétitivité.

Ce contexte implique d'une part une pression différentielle sur les ressources naturelles et l'environnement qui engendre des risques importants pour le capital écologique et peut d'autre part induire la création de disparités économiques et sociales. Il remet également en cause les dichotomies traditionnelles :

- Rural / Urbain
- Développement / Environnement
- Agronomie / Ecologie
- Social / Technique

2. Quelle recherche ?

Il convient donc de situer la contribution de la Recherche dans ce nouveau contexte en prenant en compte l'évolution du concept de développement qui ne peut plus seulement se référer à des modèles normatifs productivistes mais à des modèles qui doivent intégrer à la fois la globalité et la diversité des situations pour répondre à l'attente d'une demande diversifiée en évitant toute ségrégation spatiale et sociale. En effet, la satisfaction aux échelles locales, nationales et régionales des besoins alimentaires reste une priorité et ne peut se raisonner seulement par rapport aux seules lois du marché, ce qui pourrait aboutir, pour certains pays, à être privés de l'agriculture dont ils ont besoin.

Sur la base de ce constat, une nouvelle méthodologie de recherche conçue dès l'origine comme partie intégrante d'une stratégie de développement doit être encouragée.

L'objectif premier d'identification des nouveaux thèmes de recherche et des nouvelles options méthodologiques résultent donc de la nécessité :

- d'une adéquation plus étroite entre recherche et développement agricole par une meilleure caractérisation et prise en compte de la demande sociale,
- d'une contribution plus efficace aux initiatives émanant des diverse instances internationales qui, à travers une approche éco-régionale, incitent à une coordination des recherches dans les domaines de la préservation de l'environnement, de la durabilité écologique, économique et sociale des systèmes de productions et de valorisation des ressources génétiques.

Il semble acquis que les priorités ne concernent plus seulement l'acquisition de connaissances techniques, mais le calage des actes techniques dans l'ensemble des contraintes socio-économiques que doit prendre en compte le producteur pour définir sa stratégie.

Enfin, une analyse du fonctionnement des systèmes et unités de productions en terme de stratégie des acteurs implique une connaissance intégrée de l'ensemble du continuum consommation, utilisation, transformation, commercialisation, production.

Aussi, au niveau de chacun des maillons de cette filière, il est nécessaire de procéder à une approche systémique et fonctionnelle qui doit permettre de mieux identifier les goulots, de mieux apprécier les capacités évolutives et les aptitudes à intégrer les innovations.

Cela nécessite également pour la recherche un questionnement qui s'appuie sur l'analyse du réel par des méthodes d'enquêtes-diagnostic et sur un partenariat étroit avec les acteurs de la production. Dans cette perspective, le relais par les organisations socio-professionnelles est un impératif.

Cela suppose également qu'à partir des typologies, soient sélectionnées des situations types autant sur des critères de représentativité que de significativité.

Corollairement, toute focalisation sur ces modèles ne doit pas exclure une prise en compte simultanée de la diversité des pratiques, diversité qui constitue un gage d'adaptabilité à un environnement changeant.

3. Cadrage d'un projet de recherche sur le manioc

3.1. Au plan méthodologique

L'objectif spécifique d'un tel projet doit être l'étude intégrée des composantes et de leurs inter-relations, des trois principaux systèmes autour desquels s'articule la filière alimentaire basée sur le manioc :

- le système de consommation et de transformation
- le système de commercialisation
- le système de culture et de production

de façon à combiner dans une approche globale :

- la compréhension de la demande alimentaire et la prise en compte des besoins nutritionnels,
- l'analyse des déterminants des circuits commerciaux et de la formation des prix,
- le rôle accordé au manioc dans les stratégies des producteurs par rapport aux possibilités réelles de mise sur le marché de la production.

Cette approche globale complète les approches sectorielles plus généralement pratiquées et implique une étroite interdisciplinarité.

3.2. Au plan des opérations de recherche

Les domaines de recherche prioritaires pour chacun des trois volets du triptyque concernent :

3.2.1. Volet système de consommation/système de transformation

Ce thème vise à préciser la place et le rôle du manioc (actuel et potentiel) dans les régimes alimentaires et les travaux seront centrés sur :

- l'amélioration des modes de transformation,
- les modalités d'utilisation et de consommation des produits et la possibilité de leur diversification,
- la complémentarité des rations à base manioc et les possibilités d'utilisation des produits locaux.

3.2.2. Volet système de commercialisation

Le volet sera appréhendé en liaison avec la filière alimentaire et ciblera :

- l'organisation et le fonctionnement du marché ainsi que l'étude des circuits de commercialisation des divers produits issus de la racine de manioc,
- la situation de concurrence/compétitivité du manioc dans l'ensemble de la filière alimentaire,
- le niveau de performance économique des systèmes alimentaires à base manioc.

Les travaux auront à prendre en compte le rôle des politiques d'importation des produits de substitution et à approfondir les déterminants de la fixation des prix et de l'utilisation des produits.

Par ailleurs, ils développeront un volet prospectif basé sur l'analyse des tendances évolutives en vue d'identifier les potentiels de diversification des produits et d'évolution des circuits.

Enfin, ils prendront également en compte les paramètres liés à la démographie et à l'urbanisation.

3.2.3. Volet système de production/système de culture

Dans le domaine de l'environnement et de la gestion des ressources naturelles, un intérêt particulier doit être apporté à la sauvegarde des capacités de production du milieu et dans le cas d'agricultures à faibles intrants, il conviendrait d'étendre et développer les études sur le rôle des jachères et des systèmes de cultures.

Le domaine de l'évaluation de la pression parasitaire et du risque phytosanitaire reste également prioritaire, ainsi que son contrôle par des méthodes de lutte intégrée. Ce domaine contribue en effet aux objectifs d'amélioration de la productivité des cultures, d'accroissement, de régulation ou de stabilisation de la production qui deviennent des impératifs pour le développement des agricultures africaines.

Pour les mêmes raisons, le secteur des relations génotypes x environnement reste-t-il aussi une priorité de même que :

- la gestion des associations culturales à base manioc,
- l'analyse des stratégies de production par rapport aux contraintes de transformation et de commercialisation

Outre la variabilité des facteurs agro-écologiques, les études entreprises dans le cadre de ce thème prendront en compte des paramètres tels que la pression démographique, la proximité des centres urbains ou de voies de communications les approvisionnant qui règlent pour partie l'intensité et les modes d'utilisation des terres ainsi que les possibilités de transformation et de commercialisation.

3.3. Valorisation des résultats

Le transfert des résultats constitue un volet essentiel dans le processus de l'amélioration de la production du manioc en Afrique du Centre et de l'Ouest. Il nécessite une coopération étroite avec les services chargés de l'encadrement agricole, les producteurs et les transformateurs. Les thèmes prioritaires peuvent être résumés comme suit :

- diffuser les résultats de recherches et les innovations technologiques,
- adapter les résultats d'ensemble de la recherche aux exigences plus spécifiques de l'environnement géographique, agro-écologique et social,
- identifier avec la vulgarisation les thèmes qui nécessitent des mises au point techniques au niveau de la recherche appliquée.

3.4. Au plan des situations à étudier

Deux "modèles" semblent être intéressant à étudier tant du point de vue de leur fonctionnement intrinsèque que du point de vue comparatif. Il s'agit :

- du "modèle Afrique Centrale" basé sur une culture de cycle long (environ 2 ans), dont on utilise outre les racines, les parties aériennes, et basé sur une transformation de base type chikwouangue ou foufou. L'étude de ce modèle peut s'inclure dans une problématique plus générale de développement des zones humides et sub-humides, berceaux écologiques traditionnels du manioc en Afrique.
- du "modèle Afrique de l'Ouest" dans lequel le cycle cultural est moyen à court (1 an environ) : la transformation visant la production de gari ou de cossettes. Un aspect particulier et nouveau de ce modèle est ici la dynamique de "front pionnier" du manioc vers la zone soudanienne où par ailleurs, dans certains cas, le manioc joue actuellement un rôle de légume (cas du Sénégal).

Conclusions

Diverses démarches se sont développées en vue d'élaborer une méthode qui permettrait d'exploiter plus efficacement le potentiel du manioc dans le cadre d'une politique globale de développement et de sécurité alimentaire.

Deux approches ont en particulier été mises en oeuvre :

- la première relève d'une initiative du GCRAI et porte sur les besoins de recherche sur le manioc de 11 pays côtiers de l'Afrique Occidentale et Centrale. Destinée à identifier les priorités sectorielles au niveau de chacun des systèmes nationaux, elle n'a été que partiellement mise en oeuvre,

- la seconde résulte de l'action de la CORAF, destinée également à identifier les priorités des pays membres, mais aussi soucieuse de les organiser autour de thèmes coopératifs permettant de développer un partenariat scientifique Sud/Sud et Sud/Nord.

Ainsi, compte tenu des acquis et des diverses actions en cours, un projet pourrait associer ces deux approches en vue de développer un programme régional de recherche développement comportant l'étude de l'ensemble des maillons de la filière alimentaire basée sur le manioc.

Basé sur une double analyse régionale, il contribuerait à fédérer sur des thèmes précis et identifiés :

- d'une part, des recherches nationales,
- d'autre part, des collaborations avec des institutions de recherche européennes.

Enfin, il se positionne en complémentarité avec les travaux effectués dans le cadre des CIRA.

Bibliographie

MONDIALE, 1993 - *Le Développement dans le Monde. Banque Mondiale,* Rapport de la banque Mondiale,Washington D.C.

CHEVASSUS (B.), AULOUIS, 1994 - «Agronomie et écologie du conflit à la symbiose» *In : Une terre en renaissance, les semences du développement durable.* Coll Savoirs, Le Monde Diplomatique, n° 2 : 101.

COMITÉ CONSULTATIF DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE INTERNATIONALE (CRAI), 1994 - *La position française face aux enjeux de la recherche agronomique pour le développement.* Doc. multigr. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Paris. Juillet 1994., 7p

FAO, 1993 - *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture.* FAO - Rome.

FAYE (J.), 1994 - «La recherche-développement et le défi du développement agricole durable en Afrique de l'Ouest». *In: Systèmes agraires et agriculture durable en Afrique Sub-saharienne,* Actes de Séminaire, Cotonou- Bénin, 7 - 11 Février 1994, FIS : 11-14.

GRIFFON (M.), 1993 - «Les agricultures dans le Monde».. *In:* Berlan-Darque (M.) et Demarne (Y.), éd. : *Agricultures et Société.*, acte du Colloque Agricultures et Société, Paris, 8-10 février 1993, Association Descartes Paris. C. Courtet, INRA Editions : 5-57.

GROUPE CONSULTATIF DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE INTERNATIONALE (GCRAI), 1994 - *Sustainable agriculture for a food secure word. A vision for the GCRAI.*, rapport multigr. 28 p

JONES (J.), 1993 - «Sustainable agriculture: an explanation of a concept in Crop protection and sustainable agriculture». *In* Chadwick (J.) and. Marsch (J.) éd.: Wiley Interscience Publication. Chichester. U.K : 30-38

LYNAM (J.K.), 1989 - « Définition du rôle des cultures à racines et tubercules dans le développement agricole de l'Afrique sub-saharienne».. *In Potentiel et limite pour résoudre les problèmes alimentaires en Afrique,* acte du colloque Racines et Tubercules, FELDAFING - RFA, 2-6 Octobre 1989, DSE - CTA. .

PINEIRO (M.), 1993 - « La place des agricultures du Sud» *In:* Berlan-Darque (M.) et Demarne (Y.), éd. : *Agricultures et Société*, acte du Colloque Agricultures et Société, Paris, 8-10 février 1993, Association Descartes Paris. C. Courtet, INRA Editions : 5-57.

PISANI (E.), 1993 - «Produire pour maintenir la vie».. *In:* Berlan-Darque (M.) et Demarne (Y.), éd. : *Agricultures et Société.*, acte du Colloque Agricultures et Société, Paris, 8-10 février 1993, Association Descartes Paris. C. Courtet, INRA Editions : 5-57.

SAVARY (S.), TENG (P.), 1994 - La protection des cultures dans une agriculture durable. *La Recherche.* 271 (25): 1322-1328.

Glossaire élémentaire de la transformation du manioc
Basic glossary on cassava processing

*T. Agbor Egbe *, A. Brauman **, D. Griffon ***, N. Poulter ****, S. Treche ******

** IMPM, Centre for Food and Nutrition Research, Youndé (Cameroun)*
*** ORSTOM, Laboratoire d'Écophysiologie des Invertébrés, Créteil (France)*
**** CIRAD-SAR, Montpellier (France)*
***** NRI, Crop Post Harvest Chatham, Kent (UK)*
****** ORSTOM, Laboratoire de Nutrition Tropicale, Montpellier (France)*

Introduction

La relecture des articles contenus dans cet ouvrage a fait apparaître d'importants problèmes de terminologie à plusieurs niveaux :
- attribution de sens différents à de même mots tant par les anglophones que par les francophones;
- correspondance entre mots anglais et français;
- définition de termes vernaculaires repris par les scientifiques.

En vue de contribuer à la résolution de ces problèmes, un glossaire élémentaire, présenté en trois parties, a été préparé. Il comprend : une proposition pour une terminologie adaptée au domaine de la transformation alimentaire du manioc, un dictionnaire bilingue (français/anglais et anglais/français) et une définition des termes vernaculaires utilisés. Il n'était pas dans les intentions des auteurs de réaliser un glossaire exhaustif mais ils espèrent que cette partie de l'ouvrage contribuera à clarifier les termes et les notions les plus importantes.

Introduction

When reading through the scientific papers in this book, some important problems in terminology were encountered at different levels:
- Attribution of different meanings to a word by both English and French-speaking authors.
- Connection between English and French words.
- Definition of local language terms as used by research scientists.

In order to contribute in solving these problems, a basic glossary presented in three parts has been included in this book: proposal on the use of cassava processing terms, bilingual dictionary (English/French and French/English) and definition of local language terms. It is not proposed that this glossary is fully comprehensive since some terms and products will have been omitted, but it is our intention that this section serves to clarify the most important issues.

1. Proposition pour une terminologie adaptée au domaine de la transformation alimentaire du manioc

La combinaison des différentes activités que l'on peut identifier et qui sont réalisées au cours de différentes étapes ou "PROCEDES" sur des racines de manioc dans le but de fournir un produit fini peut se désigner par le terme de "TRANSFORMATION". La somme des différents procédés identifiés au cours d'une séquence de production correspond à un "MODE DE TRANSFORMATION" (figure 1f). Par exemple, on peut distinguer 8 procédés pour la transformation de racines en farine de manioc: épluchage, découpage, lavage, immersion dans l'eau, égouttage, séchage au soleil, mouture ou écrasement et tamisage (figure 2f).

Dans la terminologie utilisée en technologie alimentaire, ces procédés peuvent être regroupés en "OPÉRATIONS UNITAIRES": préparation des racines (découpage, lavage, épluchage), fermentation (immersion dans l'eau et égouttage), déshydratation (séchage au soleil), fractionnement (découpage, mouture et tamisage) et cuisson (cuisson dans l'eau). D'autres opérations unitaires peuvent être identifiées dans certains autres modes de transformation du manioc (Ex : l'emballage au cours de la production de la chikwangue).

Chacun des procédés peut être mis en oeuvre en utilisant différentes méthodes ou "TECHNIQUES" (par exemple: immerger les racines dans un récipient ou dans une rivière). L'ensemble des techniques utilisées pour un mode de transformation donné peut être considéré comme une "TECHNOLOGIE".

Un grand nombre de combinaisons de procédés et de techniques peut être utilisé pour produire une multitude de produits dérivés du manioc (foufou, gari, attiéké, chikwangue, amidon aigre, bâton de manioc...) ayant des caractéristiques

1. Proposal on the use of cassava processing terms

The combination of separate and identifiable activities which are usually performed in a certain sequence of stages or "SUB-PROCESSES" on fresh cassava roots in order to yield a final product is called "PROCESSING". The sum of stages used in a production sequence could be refered to as a "PROCESS" (Figure 1e). As shown for cassava flour production there are eight sub-processes: peeling, slicing, washing, soaking, mashing/dewatering, sun drying, milling or pounding and sieving (Figure 2e).

In food technology terms, the above mentioned sub-processes could be grouped under "UNIT OPERATION": root preparation (slicing, washing and peeling), fermentation (soaking and dewatering), dehydration (sun drying), size reduction (milling and sieving) and cooking (boiling). However, others unit operations can be identified in cassava processing (as packaging in chikwangue production).

Each sub-process may be performed using different methods or "SUB-TECHNIQUES" (e.g. soaking in either a basin of water or in a river). The sum of sub-techniques used in a given process could be refered to as "COMPLETE TECHNIQUE".

A wide range of possible combinations of sub-processes and sub-techniques are used to yield a myriad of cassava products (fufu, gari, attiéké, akpu, chikwangue, starch, bâton de manioc etc..) with different organoleptic characteristics. These outputs of a process are referred to as "PROCESSED PRODUCTS" (e.g. chikwangue) and those from complete techniques as "PROCESSED FORMS" (e.g. Ngudi-yaka; form of chikwangue produced in the south of the Congo). Processed cassava products can be grouped into either cooked fresh roots, steamed granule (attiéké), roasted granule (gari), dried

organoleptiques différentes. Les produits correspondant à un mode de transformation donné peuvent être considérés comme des "PRODUITS FINIS" (Ex: la chikwangue) et ceux correspondant à un ensemble bien défini de techniques comme des "FORMES DE CONSOMMATION" (Ex : le "Ngudi-Yaka", forme de chikwangue produite dans le sud du Congo). Les produits finis dérivés du manioc peuvent être regroupés en racines cuites, en semoule cuite à l'étouffée (attiéké), en semoule grillée (gari), en farine ou cossettes séchées (farine de manioc et Lafun), en pâte fermentée et cuite (chikwangue), en fécule cuite granulée et séchée (tapioca), en feuilles et en boissons. La transformation du manioc produit également une large gamme de produits intermédiaires (racine fermentée, râpure, pulpe égouttée) résultant de l'utilisation des différents procédés et techniques.

flour/chips (cassava flour and lafun), cooked fermented paste (chikwangue), sedimented cooked starch granules (tapioca), leaves or drinks. Cassava processing also yields a range of intermediate products (fermented roots, grated roots and dewatered mash) resulting from the use of sub-processes and sub-techniques.

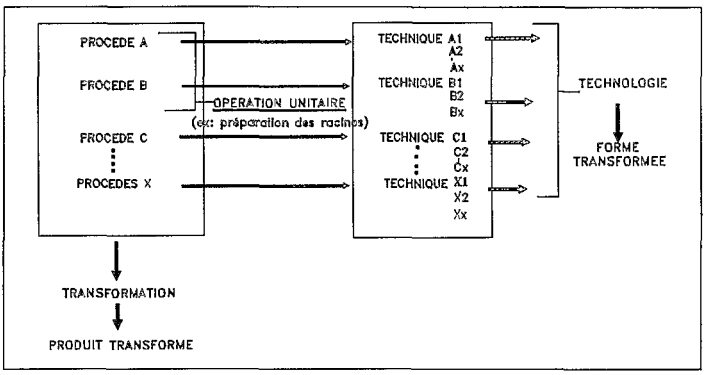


Figure 1f
Termes utilisés

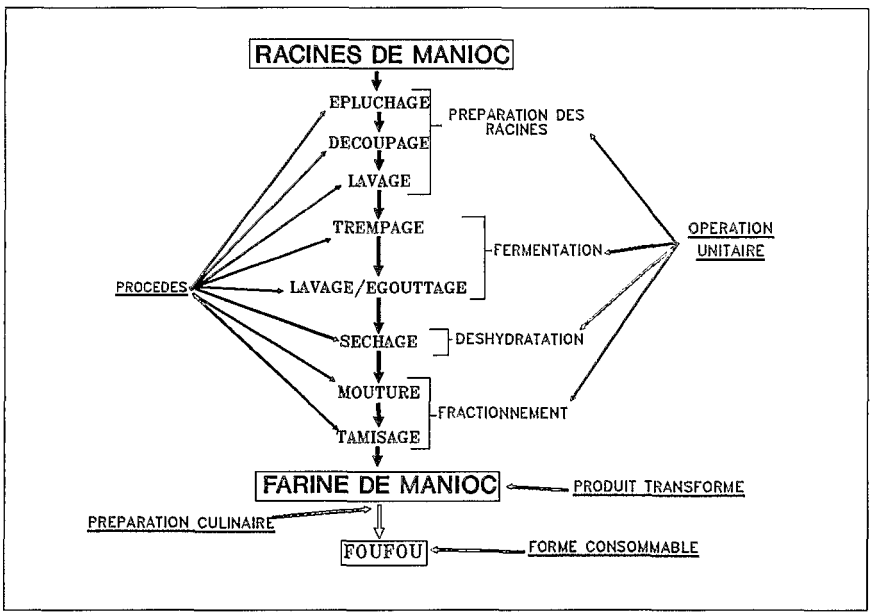


Figure 2f
Préparation du foufou

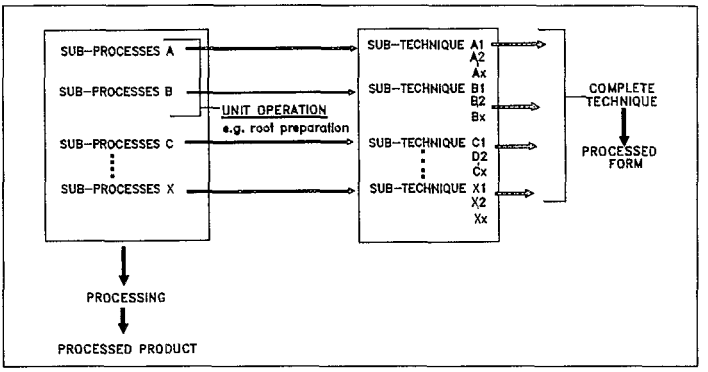


Figure 1e
cassava processing terms

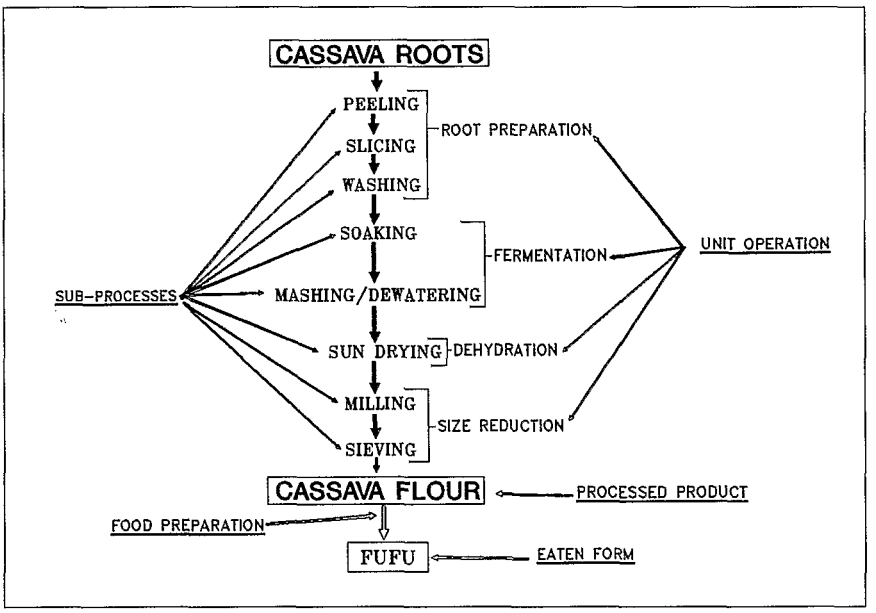


Figure 2e
cassava processing into fufu

2. Lexique bilingue français/anglais

AMIDON AIGRE / Sour starch
Amidon fermenté de manioc produit principalement en Amérique Latine où il est dénommé *almidon agrio* en zones hispanophones et *povilho azedo* au Brésil.

ß-GLUCOSIDASES / ß-glucosidases
Enzymes permettant d'hydrolyser spécifiquemment la liaison ß-1-4 entre un glucose et un composé (acetone cyanhydine pour la linamarase).

BOUILLIE / Gruel
Aliment liquide préparé à partir d'amylacés et pouvant avoir une large gamme de viscosité.

COMPOSES CYANES / Cyanogens
Composés chimiques comprenant les glucosides cyanogénétiques, les cyanhydrines et les cyanures libres.

COSSETTE (de manioc)/ (cassava) chip
Terme utilisé pour désigner un morceau de racine, généralement de forme allongée, destiné à subir, ou ayant déjà subi, un séchage.

CYANURE / Hydrogen cyanide (HCN)
Un des produits issus de l'hydrolyse des glucosides cyanogénétiques par les ß-glucosidases. Il n'est pas présent dans les racines brutes de manioc. Il a été démontré que les fortes teneurs existant dans les produits insuffisamment transformés étaient la cause de toxicité aiguë ou chronique (goitre endémique, "konzo", neuropathie tropicale ataxique...)

2. Bilingual dictionary: English/French

ß-GLUCOSIDASES /ß-Glucosidases
Enzymes capable of hydrolysing the ß- 1-4 linkage between a glucose and another compound (acetone cyanoydrine in case of linamarase)

(Cassava) CHIP / Cossette (de manioc)
Piece or slice of root which is cut up in order to make the root dry (generally in the sun). This word can design the root piece before as well as after drying.

COMPLETE (TECHNIQUE) / Ensemble de techniques ou technologie
The sum of sub-techniques that are used in a process.

COOKING / Cuisson
Hydrothermic sub-process applied to a food material in order to effect physico-chemical changes. It can be differentiated into boiling (cuisson dans l'eau), steam cooking (cuisson à l'étouffée) and pressure cooking (cuisson sous pression).

(HYDROGEN) CYANIDE / Cyanures (HCN)
End-product of cyanogenic glucoside hydrolysis by ß-glucosidases. It is not present in fresh cassava roots and its presence at high levels in insufficiently processed cassava products has been found to cause acute and chronic toxicity (endemic goitre, "konzo" and tropical ataxic neuropathy).

CYANOGENIC GLUCOSIDES / Glucosides cyanogénétiques
Heterosides compounds composed by a glucose unit link in a beta position with a cyanide radical. In the case of cassava, these compounds are linamarine and its

CYANHYDRINES / Cyanohydrins
Composés chimiques produits au cours de l'hydrolyse des glucosides cyanogénétiques par les ß-glucosidases et qui se décomposent spontanément, ou sous l'action de la hydroxynitrile lyase, en acétone (linamarine) ou méthyl éthyl acétone (lotaustraline) et en cyanures.

CUISSON / Cooking
Procédé hydrothermique appliqué aux aliments dans le but de modifier leur état physico-chimique. On peut distinguer la cuisson dans l'eau (boiling), la cuisson à l'étouffée (steam cooking) et la cuisson sous pression (pressure cooking).

DEFIBRAGE / Fibre removal
Procédé qui consiste à retirer la fibre centrale des racines ou les autres fibres présentes dans la pulpe de manioc.

DETOXICATION / Detoxification
Mécanisme mis en oeuvre dans les organismes vivants pour transformer les cyanures d'origine alimentaire en thiocyanate par l'action de la rhodanese (E.C.2.8.1.1). Dans le langage courant, ce mot est souvent utilisé à tort pour désigner la diminution des teneurs en composés cyanés au cours de la transformation.

EGOUTTAGE / Dewatering
Procédé qui consiste à exercer une pression sur de la pulpe de manioc afin de réduire sa teneur en eau.

EMBALLAGE / Packaging
Opération unitaire qui consiste à couvrir ou envelopper des produits dérivés du manioc dans des feuilles ou dans des autres matériaux pour les conserver et/ou les transporter (Ex: l'emballage dans les feuilles utilisé dans la production du miondo et de la chikwangue).

homologue lotaustraline (methyl linamarine). Their hydrolyse by a ß-glucosidase lead to the formation of the correspondant cyanohydrins which can be decomposed into hydrogen cyanide and acetone (linamarine) or methyl ethyl acetone (lotaustraline).

CYANOGENS / Composés cyanés
Compounds which include cyanogenic glucosides, cyanohydrins and hydrogen cyanide.

CYANOHYDRINS / Cyanhydrines
Chemical compounds produced from the hydrolysis of cyanogenic glucosides by ß-glucosidases and which may spontaneously or upon the action of an enzyme hydroxynitrile lyase be decomposed into acetone (linamarine) or methyl ethyl acetone (lotaustraline) and hydrogen cyanide.

DETOXIFICATION / Détoxication
Mechanism occurring in vivo by which dietary cyanide is converted into thiocyanate by the enzyme rhodanese (thiosulfate-cyanide sulphur transferase; E.C.2.8.1.1). In current usage, this word has often been used wrongly to designate the removal of cyanogens during processing.

DEWATERING / Egouttage
Sub-process whose main goal is to remove water from mashed cassava roots using a source of pressure.

DRYING / Séchage
Unit operation that consists of a combination of migration of moisture from the interior of a product to the surface and evaporation through the application of an caloric energy source.

EPLUCHAGE / Peeling
Procédé qui consiste à séparer du cylindre central de la racine l'écorce externe ligneuse (suber) et l'écorce interne (phelloderme).

FERMENTATION LACTIQUE (du manioc) / (Cassava) lactic fermentation
Acidification rapide en l'absence d'oxygène des racines de manioc due à la production d'acides organiques (lactate et acétate) par les bactéries lactiques.

GARIFICATION / Garification
Opération spécifique à la production de gari qui permet la réalisation simultanée d'une cuisson et du séchage/grillage de la pulpe de manioc fermentée.

GLUCOSIDES CYANOGENETIQUES / Cyanogenic glucosides
Hétérosides constitués d'une unité glucose et d'un groupement aglycone cyané lié en bêta. Dans le cas du manioc, ces composés sont la linamarine et son homologue la lotaustraline (méthyl linamarine). Leur hydrolyse par une ß-glucosidase libère des cyanhydrines qui peuvent se décomposer en acide cyanhydrique et acétone (linamarine) ou éthylacétone (lotaustraline).

GRILLAGE / Roasting
Procédé qui consiste à exposer à la chaleur un produit disposé sur une surface métallique à température très élevée.

LAMINAGE / Laminate
Procédé qui consiste à écraser la pâte, le plus souvent sur un plateau à l'aide d'une meule en bois, et qui a pour effet de modifier la structure des grains d'amidon.

LINAMARASE / Linamarase
Enzyme (linamarin ß-D-glucoside glycohydrolase EC 3.2.1.2.1) qui hydrolyse la linamarine en acetone. cyanhydrine et glucose. Elle est localisée dans les racines de manioc au niveau des parois cellulaires.

(Cassava lactic) FERMENTATION / Fermentation lactique du manioc
Rapid acidification in absence of oxygene of the cassava roots associated with the production of organic acids (lactate and acetate) by lactic acid bacteria.

FIBRE REMOVAL / Défibrage
Sub-process that consists of taking away of the crushed central pith or other fibres found in mashed cassava.

FOOD PREPARATION / Préparation culinaire
Activities performed in getting a processed food ready for immediate consumption (e.g. the stirring of cassava flour in boiling water to form a thick paste called fufu).

GARIFICATION / Garification
An operation specific to gari production which permits the simultaneous cooking and drying/roasting of fermented cassava pulp.

GRATING / Rapâge
Sub-process that consists of rubbing cassava roots against a rough and sharp metallic surface in order to effect a size reduction.

GRINDING / Mouture
Sub-process that involves the application of attrition forces so as to effect a size reduction.

GRUEL / Bouillie
Liquid food with a wide range of viscosity prepared from starchy products.

INTERMEDIATE (food products) / (Produits alimentaires) intermédiaires
Outputs from a raw material input (fresh cassava root) resulting from individual sub-processes and sub-techniques (eg. grated roots, dewatered mash).

LINAMARINE / Linamarin
Glucoside cyanogénétique que l'on trouve au niveau des vacuoles des cellules des racines et des feuilles de manioc.

MODE DE TRANSFORMATION / Process
Ensemble des procédés utilisés dans une transformation.

MOUTURE / Grinding
Procédé qui consiste à transformer un produit en farine.

OPERATION UNITAIRE / Unit opération
Regroupement d'activités bien identifiées et délimitées au cours d'une transformation.

PATE / Paste
Pulpe égouttée ayant subi ou non une cuisson.

PILONNAGE / Pounding
Procédé qui consiste à exercer des forces d'attrition à l'aide d'un pilon sur un aliment contenu dans un mortier afin d'en modifier la structure.

PRECUISSON / Pre-cooking
Cuisson partielle d'un aliment généralement suivie d'une cuisson terminale.

PREPARATION CULINAIRE / Food preparation
Activités permettant d'obtenir un aliment transformé prêt à la consommation (Ex : le mélange de farine de manioc dans de l'eau bouillante permet l'obtention d'une pâte dense appelée foufou).

PROCEDE / Sub-process
Activité bien identifiée et délimitée qui est réalisée à une étape précise d'un mode transformation dans le but de modifier un produit.

PRODUIT (intermédiaire) / Intermediate product
Produit non directement consommable résultant de l'application de différents procédés et techniques.

KNEADING / Malaxage + modelage
Sub-process that consists of working and pressing cassava mash in order to reduce water content and give the mash a shape.

LAMINATE / Laminage
Sub-process that involves the rolling of a product into a thin flat shape.

LINAMARASE / Linamarase
Enzyme (linamarin ß-D-glucoside glycohydrolase EC 3.2.1.2.1) found in cassava roots, with the capacity to hydrolyse linamarin into cyanohydrins. The enzyme is stored inside the cell wall.

LINAMARIN / Linamarine
Cyanogenic glucoside found in cassava roots and leaves. It is stored in root cell vacuole.

MASH / Pulpe
Intermediate cassava product obtained after wet size reduction.

PACKAGING / Emballage
Unit operation that involves covering or wrapping of a processed cassava product in large leaves or others materials as a mean of preservation and to ease transportation (eg. as in miondo and chikwangue productions).

PASTE / Pâte
Cooked or uncooked mash drained of water.

PEELING / Épluchage
Sub-process which involves the stripping off of cassava root skin.

POUNDING / Pilonnage
Sub-process that involves the continous application of pressure from a pestle on a food material contained in a mortar in order to effect a size reduction.

PRODUITS (finis) / (Processed) product
Produit terminal d'une transformation (Ex: gari, farine de manioc, lafun...)

PULPE / Mash
Produit intermédiaire obtenu par fractionnement (râpage, pilonnage) des racines préalablement épluchées.

RACINE / Root
Partie comestible résultant de l'accumulation de substances, en particulier d'amidon, dans des racines fibreuses qui deviennent tubéreuses. Ces racines ne peuvent pas développer de bourgeons apicaux et, par conséquence, être utilisées pour la multiplication végétative. La partie souterraine consommée du manioc est une racine et non pas un tubercule qui se caractérise par la présence de bourgeons apicaux.

RAPAGE / Grating
Procédé qui consiste à frotter les racines contre une surface métallique rugueuse pourvue d'orifices coupant dans le but de fractionner les racines.

ROUISSAGE / Retting
Opération spécifique qui consiste à immerger dans de l'eau des racines et qui a pour conséquence leur ramollissement au cours de la fermentation grâce à la dissociation des fibres de cellulose et de leur ciment pectique sous l'action d'enzymes pectinolytiques. Ce ramollissement facilite l'action de la bêta-glucosidase endogène sur les glucosides cyanogénétiques et la réalisation des étapes ultérieures de certaines transformations.

SECHAGE / Drying
Opération unitaire qui consiste à transférer vers la périphérie puis à évaporer l'eau contenue dans les racines ou dans la pulpe en utilisant une source d'énergie calorifique.

PRE-COOKING / Précuisson
Partial cooking of a food usually followed by final cooking.

PROCESS / Mode de transformation
The sum of sub-processes (combination of separate and identifiable activities performed in a sequence) used for a production.

PROCESSING / Transformation
Combination of separate and identifiable activities in a certain sequence in order to yield a final product.

(Processed) PRODUCT / Produit (fini)
Final output from a process (eg. gari, attieké, farine de manioc and lafun).

ROASTING / Grillage
Sub-process that consists of exposing a product to heat by disposing it on a very hot metallic surface.

ROOT / Racine
Food reserve formed by the swelling of some fibrous roots which become tuberous but without the aptitude to form apical buds, hence they can not be used for vegetative propagation. Cassava has roots or tuberous roots and does not have tubers which are distinguished with the presence of apical buds.

RETTING / Rouissage
Specific operation which consists of steeping roots into water. The main effect is a softening of roots during fermentation which results from the dissociation of cellulose fibres from their pectic cement mediated by the action of pectinolytic enzymes. This softening enhances the contact between linamarase and cyanogenic glucosides and facilitates ulterior sub-processes used for specific productions (chikwangue, cassava flour...).

TAMISAGE / Sieving
Procédé qui permet la séparation d'une farine en différentes fractions de granulométries différentes.

TECHNIQUE / Technique
Méthode faisant l'objet d'une description très précise qui peut être utilisée pour la mise en oeuvre d'un procédé (Ex: l'égouttage d'une pulpe fermentée peut être réalisé en la comprimant soit avec une presse hydraulique, soit avec une presse à bande, soit encore plus simplement avec des pierres).

TECHNOLOGIE / Complete technique
Ensemble bien défini de techniques utilisées dans un mode de transformation.

TRANSFORMATION / Processing
Combinaison d'activités bien identifiées et délimitées mises en oeuvre dans un certain ordre dans le but de parvenir à un produit fini.

TREMPAGE / Soaking
Procédé qui consiste à immerger dans l'eau des racines pendant des durées variables pour provoquer leur ramollissement et une fermentation.

SIEVING / Tamisage
Sub-process that consists of selective collection of flour with a particular particle size.

SIZE REDUCTION / fractionnement
Unit operation that involves either slicing, cutting, chipping or grating resulting in smaller dimensions of the product.

SOAKING / Trempage dans l'eau
Sub-process that involves steeping of cassava in water for a period of time as a prelude to root fermentation and softening.

SOUR STARCH / Amidon aigre
Fermented starch produced mostly in Latin America where it is called *almidon agrio* in Spanish speaking countries and *povilho azedo* in Brasil.

SUB-PROCESS / Procédé
Separate and identifiable activity which is performed at a given stage of a process.

SUB-TECHNIQUE / Technique
Method which is well describe and that can be used in a sub-process (e.g. dewatering of fermented roots may be performed using a hydraulic press, a band press or the pressure from stones).

UNIT OPERATION / Opération unitaire
Separate and identifiable activity that regroups actions that are performed in a process (e.g. size reduction: slicing and grating).

3. Définition de quelques termes vernaculaires utilisés

AFRECHO
Sous-produit du procédé d'extraction de l'amidon de manioc obtenu après l'étape de tamisage.

ATTIEKE
Semoule de manioc cuite à l'étouffée fréquemment rencontrée en Côte d'Ivoire. Les racines subissent une fermentation après râpage suivi d'un égouttage, d'un séchage au soleil et d'une cuisson à l'étouffée.

BATON DE MANIOC
Produit pâteux prêt à la consommation se présentant sous une forme cylindrique; il est cuit à l'étouffée après avoir été enveloppé dans des grandes feuilles. Il se rencontre en Afrique Centrale et principalement au Cameroun ou il est dénommé *ébobolo* dans la langue locale (beti).

CASSAVA FLOUR / Farine de Manioc
Farine obtenue par séchage au soleil ou au dessus du feu de pâte ou de cossettes de manioc; selon que les racines aient été ou non fermentées avant séchage, on peut distinguer deux types de farine de manioc. Préparée en la remuant pendant 20 à 30 minutes dans de l'eau bouillante, la farine donne une pâte dense appelée fufu au Cameroun et foufou au Congo et au Zaïre.

CHIKWANGUE
Produit fermenté pâteux prêt à la consommation qui est enveloppé dans de grandes feuilles et qui subit généralement deux cuissons. Il est très fréquent au Congo et au Zaïre.

FARINHA DE MANDIOCA
Farine de manioc fermentée et grillée couramment préparée au Brésil.

3. Definition of some local language terms

By-product of the starch extraction sub-process obtained after sieving.

Steamed cassava granules frequently prepared in Ivory Coast. Fermented cassava roots that have undergone dewatering, sun drying and steam boiling.

Ready to eat fermented cassava paste which has a cylindrical shape, wrapped in large leaves and steam boiled. Found in Central Africa and mostly in Cameroon, where it is locally called *ébobolo* in beti (Cameroonian local language)

Flour obtained from sun dried or smoked fermented cassava mash or root chunks which when stirred in boiling water for 20-30 min forms a thick paste called fufu in Cameroon and foufou in the Congo and Zaire. There are two major types of cassava flour: those obtained from either fermented or unfermented sun dried roots (whole or chopped).

Ready to eat fermented cassava paste which is wrapped in large leaves and has undergone two steam cookings. This processed product is very often used in Congo and Zaire.

Roasted fermented cassava flour mainly prepared in Brazil.

FUFU / Foufou
Terme générique utilisé an Afrique de l'Ouest pour désigner des pâtes épaisses qui peuvent être obtenues soit par pilonnage de racines ou de tubercules cuits soit en remuant des farines de racines, tubercules ou céréales dans de l'eau bouillante. La préparation de foufou est largement répandue en Afrique de l'Ouest et en Afrique Centrale.

Fufu is a generic term used in West Africa to describe all thick pastes produced after either manual pounding of boiled roots/tubers or stirring a root/tuber or cereal based flours in boiling water. Foufou preparation is largely spread in West and Central Africa.

GARI
Semoule de manioc fermentée et grillée. Lorsqu'elle est préparée en la remuant pendant 10 à 20 minutes dans de l'eau bouillante, elle est appelée *eba* au Nigéria.

Roasted fermented cassava granules. After it has been stirred in boiling water for 10-20 minutes it is called *eba* in Nigeria .

LAFUN
Farine fermentée de couleur blanche que l'on trouve principalement au Nigéria et qui est préparée en la remuant dans de l'eau bouillante pendant 25 à 35 minutes.

White coloured fermented cassava flour which is prepared, mostly in Nigeria, by stirring in boiling water for 25-35 minutes.

LECHADA
Lait d'amidon.

Starch slurry.

MANCHA
Sous produit du procédé d'extraction de l'amidon de manioc obtenu après l'étape de sédimentation.

By-product of the starch extraction sub-process obtained after sedimentation.

MIONDO
Produit fermenté pâteux prêt à la consommation; sa forme est rectangulaire et aplatie et il est enveloppé dans de grandes feuilles avant une cuisson à l'étouffée qui dure de 40 à 50 minutes (Cameroun).

Ready to eat fermented cassava paste with a flat rectungular shape wrapped in large leaves and steam boiled for 40-50 minutes (Cameroon).

NIGERIAN FUFU
Pâte de manioc fermentée et cuite.

Cooked fermented cassava paste.

PAN DE BONO ou PAN DE YUCA
Pain à base d'amidon aigre et de fromage (terme colombien).

Bread elaborated with sour starch and cheese in Colombia.

PAO DE QUEIJO ou BISCOITO
Pain à base d'amidon aigre et de fromage (terme brésilien)

Bread elaborated with sour starch and cheese in Brasil.

RALLANDERIAS
Unités de production d'amidon aigre ou doux en Colombie.

Sour or sweet starch production units in Colombia.

TAPIOCA MEAL
Fécule cuite granulée et séchée obtenue par décantation de pulpe de manioc généralement non fermeentée (Afrique de l'Ouest).

Sedimented cooked starch granules (West Africa). It is obtained from generally unfermented cassava pulp which has undergone sedimentation to produce starch.

Index des auteurs

ADOUA-OYILA G.M.
Unité de Recherche en Nutrition et Alimentation Humaine (URNAH), CRVZ, BP 235, Brazzaville Congo

AGBOR-EGBE T.
Laboratoire d'Etudes et de Contrôle des Aliments, Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition, I.M.P.M., B P 6163, Yaoundé, Cameroun.

AGOSSOU A.
Adresse actuelle
Laboratoire de Microbiologie CRVZ, B.P. 235, Brazzaville, Rép du Congo.

ALARCON F
Faculta de ciencas agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, Botucatu, Sao Paulo, Brésil.

AMENY M. A .
Currently at: Department of Food Science, Louisiana State University, Agricultural Center,111 Food Science Building, Baton Rouge, LA 70803-4200
Formerly of: Makerere University, Department of Food Science and Technology, P.O. Box 7060, Kampala, Uganda

AMPE F.
Laboratoire de Physiologie - Département GBA - INSA - Complexe Scientifique de Rangueil - 31 077 Toulouse - France

AVOUAMPO E.
Département de Transformation Alimentaire, Agricongo, BP 14 574, Brazzaville, Congo.

AYERNOR G.S.
Department of Nutrition and Food Science, University of Ghana, Box 134 Legon, Ghana.

BANCROFT, R.D.
Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham Kent, ME4 4TB, United Kingdom

BANEA M.
CEPLANUT, Centre National de Planification de Nutrition Humaine, B.P. 2429, Kinshasa-1, Zaïre.

BAZABANA J.J.M
Laboratoire Systèmes Techniques et Sciences de La Consommation (STCS) CIRAD SAR, 73 rue J.F Breton 34032, Montpellier Cedex

BOKANGA M.
International Institute of Tropical, Agriculture, Oyo Road, PMB 5320, Ibadan, Nigéria.

BOMBILY M.S
Laboratoire des Composés Naturels, (Lacona) B.P. 651 - Conakry, Guinée

BOURANGON dit ONTALI, C.
Unité de Recherche en Nutrition et Alimentation Humaine (URNAH), CRVZ, BP 235, Brazzaville Congo

BRABET C.
CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier cedex, France.

BRAUMAN A.
Laboratoire Ecophysiologie des Invertébrés, UFR de Sciences, Université Paris XII, 94010 Creteil, France

CECIL J.E.
Food and Agricultural, Industries Service, Agricultural Services Division, FAO, Via delle Terme di Caracolla,0100, Rome, Italy

CEREDA M.P.
Facultade de Ciencas Agronomicas, Universidade Estadual Paulista, Caixa Postal 237, Botucatu, Sao Paulo, Brésil

CHUZEL G
CIRAD/SAR, Facultade de Ciencas Agronomicas, Universidade, Estadual Paulista, Caixa Postal 237, Botucatu, Sao Paulo, Brésil

CRENTSIL, D
Post Harvest Development Unit, Ministry of Food and Agriculture, P.O. Box M.37, Accra, Ghana.

DALLIN, S.M.
Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham, Kent ME4 4TB, United Kingdom.

DUFOUR D.
CIRAD/SAR, CIAT, Apartado Areo 6713, Cali, Colombie.

FAVIER J.C.
Centre Informatique sur la Qualité des Aliments (CNEVA-CIQUAL) 16 Rue Claude-Bernard, 75005 Paris, France

FEINBERG M.
Centre Informatique sur la Qualité des Aliments (CNEVA-CIQUAL) 16 Rue Claude-Bernard, 75005 Paris, France

FOURCADE C.
Equipe de recherche de la firme et de l'industrie, Université de Montpellier I 15 avenue Charles Flahault 34090 Montpellier
I

GALLON G
Laboratoire de Nutrition Tropicale, (UR44), ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex

GAMI N.
Unité de Recherche en Nutrition et alimentation humaine (URNAH), CRVZ, BP 235, Brazzaville Congo

GIAMARCHI P.
Laboratoire de chimie des produits naturels, faculté St Jérome, Université Aix-marseille, 13000 Marseille

GIBBS, J.A.
Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham, Kent ME4 4TB, United Kingdom.

GIRAUD E.
Laboratoire de Biotechnologie, Centre ORSTOM, 911 Av. Agropolis, B.P. 5045, 34032 Montpellier, France

GITHUNGURI C.M.
National dryland farming research centre, Katumani, PO Box 340, Machakos, Kenya

GOSSELIN.L.
Laboratoire de Biotechnologie, Centre ORSTOM, 911 Av. Agropolis, B.P. 5045, 34032 Montpellier, France

HAINNEAUX G.
Réseau Manioc CORAF, Centre ORSTOM, 911 Av. Agropolis, B.P. 5045, 34032 Montpellier, France

GRIFFON D.
CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier cedex, France.

HENRY G.
Programme manioc,*CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombie*

IGBEKA J.C.
Faculty of Technology, University of Ibadan, Nigeria

IKAMA R.
Unité de Recherche en Nutrition et alimentation humaine (URNAH), CRVZ, BP 235, Brazzaville Congo.

IRELAND-RIPERT J. , INRA, Centre Informatique sur la Qualité des Aliments (CNEVA-CIQUAL) 16 Rue Claude-Bernard, 75005 Paris, France

KÉLÉKÉ S.
Laboratoire de Microbiologie CRVZ, B.P. 235, Brazzaville, Rép du Congo.

KIMBAMBA E.
Unité de Recherche en Nutrition et Alimentation Humaine (URNAH), CRVZ, BP 235, Brazzaville Congo.

KIMPOLO-KIMFOKO L
Laboratoire de Microbiologie, CRVZ, B.P. 235, Brazzaville, Congo

KLEIH U.
Marketing Systems Economics Section, Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Kent, United Kingdom.

LEGROS O.
AGRISUD, 18 route de lassijan, 33760 Frontenac.

MABOUNDA. R.
Département de Transformation Alimentaire, Agricongo, BP 14 574, Brazzaville, Congo.

MACHIKOURI M.
Laboratoire de Microbiologie, CRVZ, B.P. 235, Brazzaville, Congo

MALONGA B.
Département de Transformation Alimentaire, Agricongo, BP 14 574, Brazzaville, Congo.

MASSAMBA J.
Laboratoire d'Etudes sur la Physiologie, l'Alimentation et la Nutrition, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi, BP 69, Brazzaville, Congo.

MATONDO K.L.
Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Laboratoire de Biotechnologie. B.P. 2012 Kisangani/Zaïre

MAVOUNGOU O.
Laboratoire de Microbiologie CRVZ, B.P 235, Brazzaville, Rép du Congo.

MIAMBI E.
Laboratoire de Microbiologie CRVZ, B.P. 235, Brazzaville, Rép du Congo.

MBOME LAPE I.
Laboratoire d'Etudes et de Contrôle des Aliments, Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition, I.M.P.M., B P 6163, Yaoundé, Cameroun.

MOUREL R.M.
Centre Informatique sur la Qualité des Aliments (CNEVA-CIQUAL) 16 Rue Claude-Bernard, 75005 Paris, France

MUCHNIK J.
Laboratoire Systèmes Techniques et Sciences de La Consommation (STCS) CIRAD SAR, 73 rue J.F Breton 34032, Montpellier Cedex

MUNYANGANIZI B
Institut Facultaire, Agronomique de Yangambi, B.P. 1232 Kisangani/Zaïre.

NAGO M. C.
Faculté des Sciences Agronomiques Université Nationale du Benin, BP 526, Cotonou, Rép. du Benin

NOUBI L.
Laboratoire d'Etudes et de Contrôle des Aliments, Centre de Recherches en Alimentation et Nutrition, I.M.P.M., B P 6163, Yaoundé, Cameroun.

OFOUEME-BERTON Y.
Direction de l'appui au développement , AGRICONGO, BP 14574, Brazzaville. Congo.

OLUKOYA D. K.
Genetics Division Nigerian Institute of Medical Research, P.M.B. 2013, Yaba, Lagos. NIGERIA.

OYEWOLE O.B.
Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, PMB 2240, Abeokuta, Ogun State, Nigeria.

PEREZ D.
CIRAD/SAR, CIAT, Apartado Areo 6713, Cali, Colombie.

POULTER N.H.
Natural Resources Institute, Chatham Maritime, Chatham Kent ME4, 4TB, United Kingdom.

RAIMBAULT M.
Cenicana/Orstom, Av. 5AN,# 20-08, Apartado Aereo: 32417, Cali, Colombia

RAJAONARIVONY M
Centre national de recherches sur l'environnement (C.N.R.E.) B.P. 1739, Antananarivo - Madagascar

ROBERT H.
Laboratoire de Physiologie - Département GBA - INSA - Complexe Scientifique de Rangueil - 31 077 Toulouse - France

ROCA W. M.
Unité de recherche de biotechnologie, *CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombie*

ROSLING H.
International Child Health Unit, Uppsala University, S-751 85 Uppsala, Sweden.

SANNI L.O.,
Department of Food Science and Technology, University of Agriculture, Abeokuta, P.M.B., Abeokuta. Ogun State, Nigeria.

TCHIBINDAT F
Service de Nutrition, DIrection de la Santé et de la Famille, BP 13217, Brazzaville, Congo.

TCHILOEMBA-POBA R
Département de Transformation Alimentaire, Agricongo, BP 14 574, Brazzaville, Congo.

TESSIER Y.
Villa Colinette, rue des près, 44210 Pornic, France

TEWE O.O.
International Institute of Tropical, Agriculture, Oyo Road, PMB 5320, Ibadan, Nigéria.

THRO A. M.
Réseau biotechnologie du manioc, CIAT, A.A. 6713, Cali, Colombia.

TRÈCHE S.
Laboratoire de Nutrition Tropicale, (UR44), Centre ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex

VILPOUX O.
CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier cedex, France.

WAREING, P.W.
Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham, Kent ME4 4TB, United Kingdom.

WESTBY, A.
Natural Resources Institute, Central Avenue, Chatham Maritime, Chatham, Kent ME4 4TB, United Kingdom.

YANDJU D.L.
Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani. Laboratoire de Biotechnologie. B.P. 2012 Kisangani/Zaïre

ZAKHIA N.
CIRAD-SAR, BP 5035, 34032 Montpellier cedex, France.

Table des matières / Table of contents

Sommaire 3

Note des éditeurs 6

Foreword by Dr Poulter 9

"Manio-oca": le voyage des produits et des techniques 15
MUCHNIK J.

Chapitre 1

UTILISATION DU MANIOC DANS DIFFÉRENTS CONTEXTES DES PAYS TROPICAUX 23

• Importance du manioc en alimentation humaine dans différentes régions du monde 25
TRECHE S.

• La consommation du manioc au Congo 37
MASSAMBA J. et TRECHE S.

• Le manioc: une ressource alimentaire importante en Guinée 55
BOMBILY M.S.

• Le manioc au Brésil,, importance socio-économique et diversité 63
CHUZEL G., VILPOUX O. et CEREDA M.P.

• Potential of cassava in Zimbabwe - a case study for the Southern Africa Region 75
KLEIH U.

• Modifications des procédés traditionnels de tranformation du manioc et risque d'exposition au cyanure au Zaïre 89
BANEA M., POULTER N.H. et ROSLING H.

• Consommation et préparations culinaires du manioc à Madagascar 101
RAJAONARIVONY J.

• Traditional cassava processing in Uganda 107
AMENY M.A.

• Cassava food processing and utilization in Kenya 119
GITHUNGURI C.M.

• Les modes de transformation traditionnels du manioc au Congo 133
TRECHE S. et MASSAMBA J.

• Temps de travail et dépense énergétique nécessaires à la transformation du manioc en chikwangue au Congo 151
BOURANGON-DIT-ONTALI C., MASSAMBA J. et TRECHE S.

• Le rouissage sous terre des racines de manioc: une technique spécifique au plateau Kukuya (Congo) 161
GAMI N. et TRECHE S.

• **Transformation et commercialisation du manioc dans le district rural de Mouyondzi au Congo** 167
KIMBAMBA E., TESSIER Y. et TRECHE S.

• **Inventaire et modes de fonctionnement des ateliers de fabrication de chikwangue à Brazzaville** 177
IKAMA R. et TRECHE S.

• **Entreprises, organisation et fonctionnement en réseau : La transformation du manioc au Congo** 189
BAZABANA J.J.M., FOURCADE C. et MUCHNICK J.

• **Notoriété et acceptabilité de la "chikwangue Agricongo" à Brazzaville** 217
TRECHE S., AVOUAMPO E. et ADOUA-OYILA G.M.

• **Comportement et préférences des consommateurs de chikwangue à Brazzaville** 231
ADOUA-OYILA G. M., MASSAMBA J. et TRECHE S.

• **Place des dérivés des racines de manioc dans l'alimentation des Brazzavillois** 243
OFOUEME-BERTON Y et TRECHE S. .

•**Planche de photos sur les procédés traditionnels de transformation du manioc en Afrique centrale** 255

Chapitre 2
BIOCONVERSION DU MANIOC: ÉTUDE DES MÉCANISMES 257

• **Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc** 259
RAIMBAULT M.

• **Application of biotechnology to cassava processing in Africa** 277
OYEWOLE O.B.

• **Étude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique Centrale (Congo)** 287
BRAUMAN A., KÉLÉKÉ S., MAVOUNGOU O., AMPE F. et MIAMBI E.

• **The effectiveness of cyanogen reduction during cassava processing into miondo** 307
AGBOR EGBE T., MBOME L..I., NOUBI L et TRECHE S.

•**Origine et importance de l'activité amylasique dans la fermentation lactique des racines de manioc** 319
KELEKE S., KIMPOLO-KIMFOKO L. et BRAUMAN A.

• **The role and origin of pectin degrading enzymes during cassava retting** 331
AMPE F., KELEKE S,.ROBERT H. and BRAUMAN A.

• **Screening of local isolates of *Lactobacillus* for characters useful in african food fermentations** 345
OLUKOYA D.K.

• **Contrôle de la fermentation du manioc pour un meilleur gari: utilisation d'un starter de *Lactobacillus plantarum* à activité linamarase et amylase** 353
GIRAUD E., BRAUMAN A., KELEKE S., GOSSELIN L. et RAIMBAULT M.

• **Les moisissures toxinogènes impliquées dans le ramollissement des racines tubéreuses du manioc en fermentation sèche** 367
YANDJU D.L.,MATONDO K.L. ET MUNYANGANIZI B.

• **Formation of aflatoxins by *Aspergillus flavus* and *A. parasiticus* isolates from cassava products** 375
WESTBY A., WAREING P.W., GIBBS G.A.and DALLIN S.M

Chapitre 3
INFLUENCE DES OPÉRATIONS UNITAIRES SUR LES CARACTÉRISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES ET LA QUALITÉ DES PRODUITS ... 383

• **Les dérivés du manioc dans une banque de données et dans un système international de codification descriptive des aliments** 385
FAVIER J.C., IRELAND-RIPERT J., FEINBERG M. et MOUREL R.M.

• **Influence de la fermentation et du séchage solaire sur l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre de manioc** 399
DUFOUR D., BRABET C., ZAKHIA N. et CHUZEL G.

• **Etude du procédé traditionnel de cuisson-séchage du gari** 417
CHUZEL G., ZAKHIA N. et GRIFFON D.

• **Influence de la variété et de l'ordre de réalisation de l'épluchage et du rouissage sur l'aptitude à la transformation des racines de manioc** 429
AVOUAMPO E., GALLON G. et TRECHE S.

• **Facteurs de variation de la qualité des farines de manioc fabriquées traditionnellement au Congo** 449
TRECHE S., TCHILOEMBA-POBA R., GALLON G. ET MASSAMBA J.

• **Analysis of traditional food technology analysis : case studies in cassava processing** 461
AYERNOR G.

• **La préparation artisanale du gari au Bénin : aspects technologiques et physico-chimiques** 475
NAGO M. C.

• **The use of cassava starch in the artisanal production of maltose** 495
CECIL J.E.

Chapitre 4
AMÉLIORATION DES PROCÉDÉS TRADITIONNELS ET PRÉSENTATION DE PROCÉDÉS NOUVEAUX 507

• **Etude des facteurs influençant la durée du rouissage et la qualité du foufou en Afrique Centrale** 509
AMPE F., AGOSSOU A., TRECHE S. et BRAUMAN A.

• **Constraints in traditional cassava processing - The case of "fufu" production** 523
OYEWOLE O.B. and SANNI L.O.

• **Etude préliminaire d'une méthode de rouissage des racines de manioc en sac étanche sans ajout d'eau** 531
BRAUMAN A., MACHICOUT M., TRECHE S. et MIAMBI E.

• **Application of a low-cost storage Technique for fresh cassava (*Manihot esculenta*) roots in Ghana** 547
BANCROFT R.D. and CRENTSIL. D.

• **Cassava: opportunities for the food, feed, and other industries in Africa** 557
BOKANGA M. and TEWE O.O.

• **Potentialités des nouveaux produits dérivés du manioc au Brésil** 571
CHUZEL G., ZAKHIA N. et CEREDA M.

• **Recent development in cassava frying operation and equipments used for gari production in Nigeria** 581
IGBEKA J.C.

• **The transfer of improved gari production technology** 595
SANNI M.O.

• **Ligne mécanisée de production de chikwangue au Congo** 603
LEGROS O., MALONGA B., AVOUAMPO E .et MABOUNDA R.

• **Amélioration technologique des équipements d'extraction d'amidon de manioc en Colombie** 623
CHUZEL G., PEREZ D., DUFOUR D. et GRIFFON D.

• **Amélioration d'un système d'extraction par voie humide d'amidon de manioc** ... 637
CHUZEL G., PEREZ D.,DUFOUR D. et ALARCON F

• **Fabrication de bouillies de sevrage de haute densité énergétique à base de manioc** 649
GIAMARCHI P. et TRECHE S.

• **Vitafort: un atelier pilote de fabrication de farine de sevrage à base de manioc au Congo** 667
TRECHE S., LEGROS O. et TCHIBINDAT F.

• **La Tiquira : une boisson fermentée à base de manioc** 683
CHUZEL G., CEREDA M.P

Chapitre 5
CONCLUSION ET PERSPECTIVES 689

• **Le réseau de biotechnologie du manioc : l'histoire, les objectifs, et ses recherches actuelles** 691
THRO A.M., ROCA W.M. et HENRY G.

Des orientations pour la recherche et le développement des racines et des tubercules tropicaux 701
GRIFFON D.

Quelles perspectives de recherche pour le manioc ? 715
HAINNEAU X G.

Glossaire élementaire de la transformation du manioc 725
AGBOR-EGBE T., BRAUMAN A., GRIFFON D. POULTER N et TRECHE S.

Index des auteurs 739

Tables des matières 743

ORSTOM Éditions
Saint-Paul France S.A., 55000 Bar le Duc
Dépôt légal : novembre 1995
N° 10-95-1309

ORSTOM Éditions
213, rue La Fayette
F-75480 Paris Cedex 10
Diffusion
72, route d'Aulnay
F-93143 Bondy Cedex
ISSN : 0767-2896
ISBN : 2-7099-1279-1

1405

Photo de couverture :
Fin de rouissage en étang au Congo
Cliché : Serge Treche