

## **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 détoxification 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 amylicés, 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 amyolytic activity were isolated, what represents a scientific progress, because the rare lactic acid bacteria with amyolytic 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 chikwangu 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).

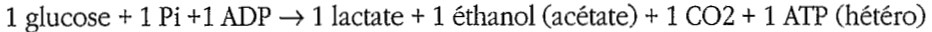
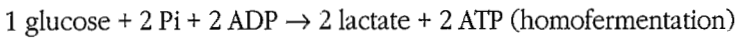
Ces études sur le rôle et le fonctionnement des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc, nous ont conduit récemment à démontrer l'existence jusqu'alors peu reconnue de nombreuses bactéries lactiques possédant des propriétés naturelles d'hydrolyse de l'amidon dans les produits fermentés du 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 détoxification et l'élimination des cyanures contenus dans le manioc soient le fait des seules bactéries lactiques, ni même qu'elles soient indispensables à cette détoxification. 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 :



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 :

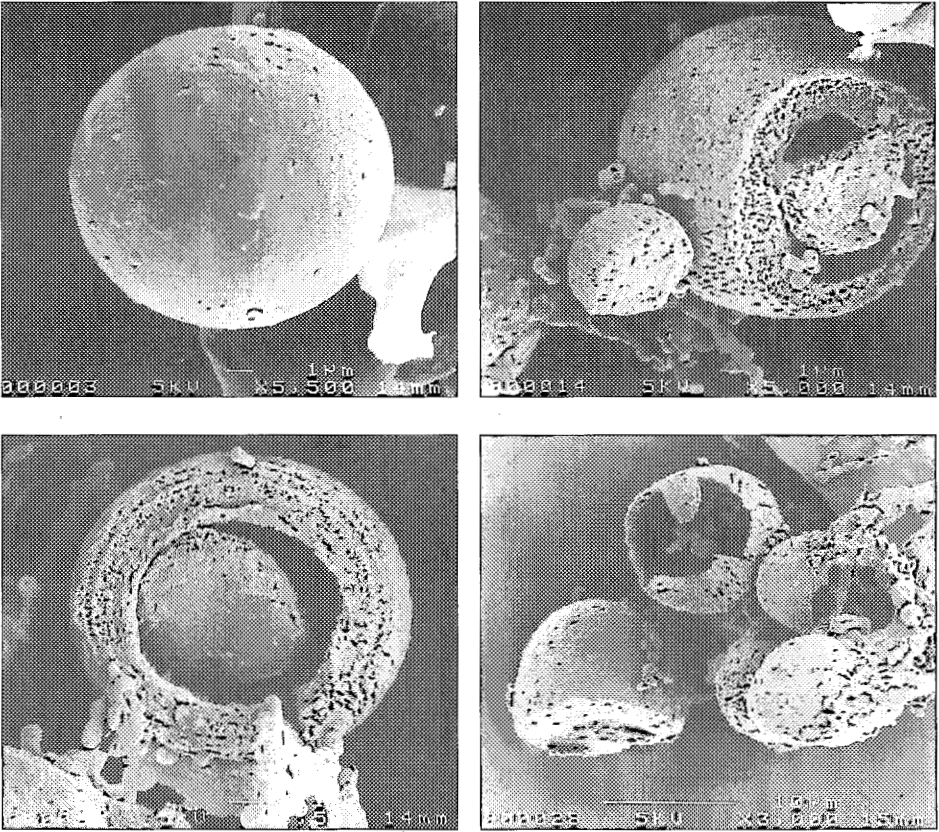
- elles contribuent à développer les qualités organoleptiques par la formation d'acide lactique, d'acétoïne, d'acétaldehyde, diacétyl, de peptides et d'acides aminés, qui sont des précurseurs d'arômes, lesquels se développent lors des étapes ultérieures des procédés de fabrication des produits ;
- des 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 indispensables 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 acidophilus* 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, on 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 acidification 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*

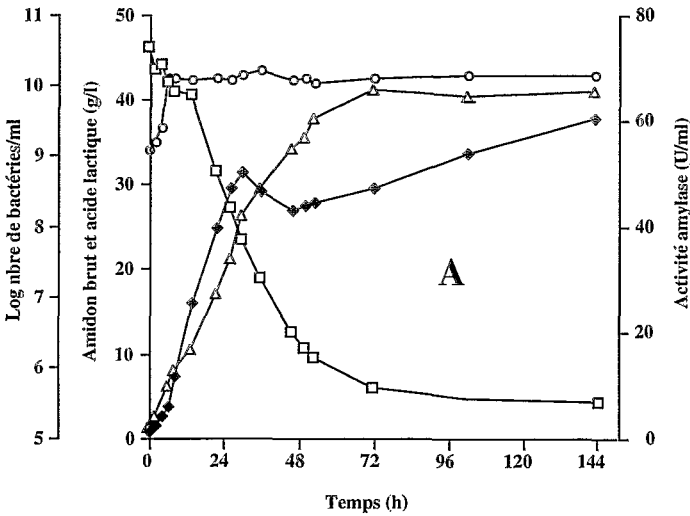
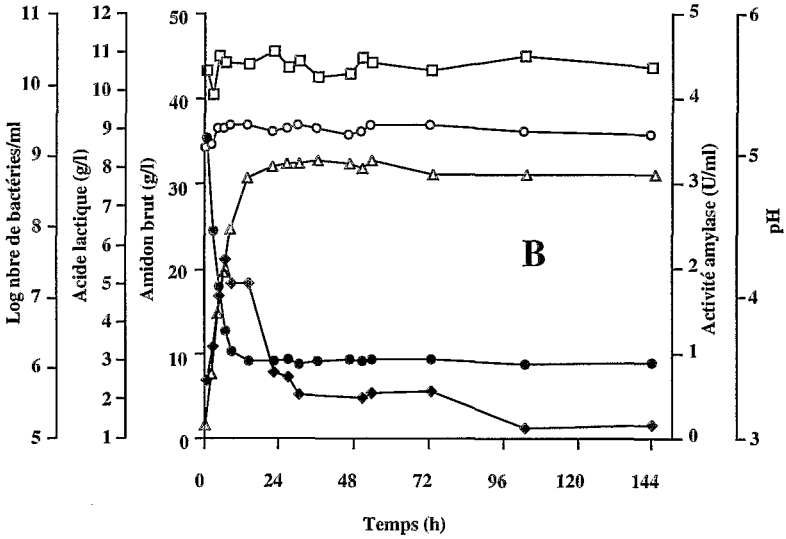


Figure 1

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 dysenteriae*, et les implications sur l'état de populations d'enfants alimentés avec des produits amylicés 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 amylicés 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 développées 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 rencontré 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  $\beta$ -glucosidases (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 une 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 détoxification 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 amylics 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 - H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 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 dietary 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 Fermentation. *J. Sci. Food Agric.*, 62 : 77-82.

GPLEN (B.), 1989 - « Lactic acid bacteria implications for health ». In *Laits fermentés : actualité de la recherche*. Cong. int. 14-16 déc., Paris : 95-104.

IKEDIABI (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.), CHAUHAN (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.), CHAUHAN (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<sup>o</sup> 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.), DRASER (B.), HARRISON (T.), 1989 - Effect of fermentation of ghanaiian 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 microgranisms. *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.), EJIJOFOR (M.), 1985 - Linamarase of *Leuconostoc mesenteroides* : production, isolation and properties. *J. Sci. Food Agric.*, 36 : 669-678.

OKAFOR (N.), EJIJOFOR (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 evaluation as cassava starter cultures ». *Traditional African Food - Quality and Nutrition*. IFS ed. : 145-149
- PARK (H.), MARTH (E.), 1972 - Behaviour of *Salmonella typhimurium* 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 between 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 borne 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 à la malnutrition infantile au Congo. *ORSTOM Actualités*, n° 32 : 19-24.

WESTBY (A.), TWIDDY (D.), 1992 - « Role of microorganisms in the reduction of cyanide during traditional processing of African cassava products ». *In IFS Proceed. Workshop Trad. African Foods, Quality and Nutrition*, 25-29 Nov. 1991, Ed. Westby & Reilly : 127-131.