

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 sélectionnée 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 amyliasique (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 détoxification du manioc, dû à une forte activité linamarase endogène. En revanche, cette souche pourrait jouer un rôle significatif dans le développement des qualités organoleptiques et 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 initially 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 détoxification 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 amylytiques 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

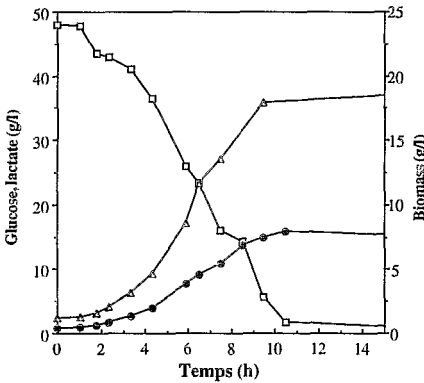


Fig. 1.

Fermentation de *L. plantarum* A6 sur MRS glucose (glucose, □ ; acide lactique, Δ ; biomasse, ●). Température 30°C, pH 6.

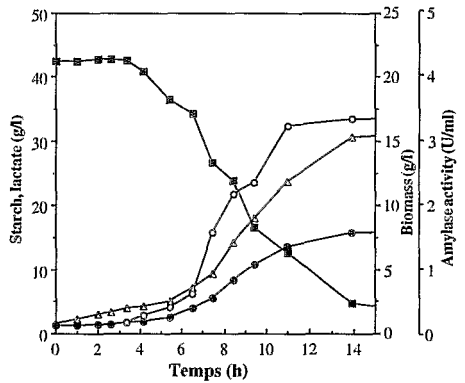


Fig. 2.

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. Dégénération 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'abord 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 Ejiogor, 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 β -glucosidase (la linamarase étant une β -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
<i>L. plantarum</i> A6	2,5	35,5
<i>L. plantarum</i> A43	2,4	31,4
<i>L. plantarum</i> (Lacto labo)	3,0	30,5
<i>L. brevis</i>	0,3	*
<i>L. amylophilus</i>	0,3	*
<i>S. lactis</i>	0,5	19,0
<i>S. equinus</i>	0,4	*
<i>L. mesenteroides</i>	0,5	4,4
<i>L. cremoris</i>	0,3	*
<i>P. pentosaceus</i>	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 avons 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 $5 \cdot 10^9$ 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.

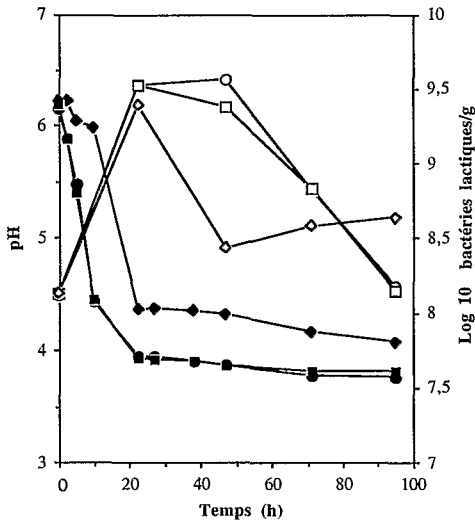


Fig. 3.

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 fofou, 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%.

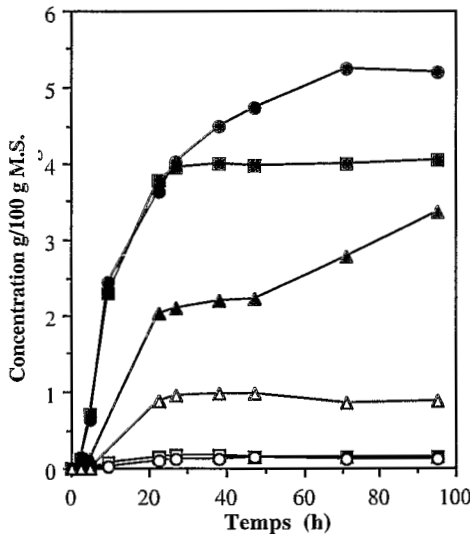


Fig 4 .

Evolution des concentrations en lactate et acétate durant la fermentation du manioc. Fermentation naturelle (▲, lactate; △, 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 dès 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 détoxification 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 détoxification, 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 détoxification 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.*

IKEDIABI (C.O.), ONYIKE (E.), 1982a - Linamarase activity and detoxification of cassava (*Manihot 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.), EJIOPOR (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.), EJIOPOR (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.), ODUNEA (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.