

Variabilité et amélioration de la technologie traditionnelle de production de la pâte fermentée de maïs au Congo

D. Louembé, S. Kéléké, S.C. Kobawila & J.P. Nzoussi

Keywords: Fermentation- Maize- Dough- Lactic acid bacteria- Yeasts

Résumé

Le procédé de production de poto-poto est caractérisé par la grande variabilité dans certaines des étapes de production, particulièrement les opérations de lavage et de conservation. Les opérations de lavage réalisées avant et après trempage paraissent très importantes en effet en ce qu'elles influent considérablement sur les qualités organoleptiques (couleur, odeur) et hygiéniques du produit fini.

Afin d'améliorer les qualités nutritionnelles, l'utilisation des grains germés a été étudiée. Du point de vue de ses caractéristiques biochimiques, le poto-poto produit à partir des grains germés présente une diminution de la concentration de l'acide lactique et une augmentation de celle de l'acide acétique. Par contre, pour le poto-poto à base des grains non germés, la concentration de l'acide lactique augmente et celle de l'acide acétique diminue. Dans les deux cas, le poto-poto reste acide (pH 3,8 et 3,5), à cause de la présence des acides lactique et acétique, acides organiques résultant de la fermentation.

Le test organoleptique met en évidence des différences sensorielles entre les deux types de poto-poto. Ce sont deux produits différents par rapport à la couleur, au goût, à l'odeur et à la texture. Le poto-poto fabriqué à partir des grains germés de maïs est préféré (100% des dégustateurs): il est légèrement plus sucré (100% des dégustateurs) et plus aigre (40% des dégustateurs), que le poto-poto des grains non germés.

Le procédé de séchage solaire des poto-poto mis au point permet une meilleure conservation du poto-poto.

Summary

Variability and Improvement of Maize Fermented Dough Traditional Technology Production in Congo

The poto-poto production proceeding is characterized by the large variability during some production stages, particularly in washing and conservation operations. The washing operation before and after steeping seems to be very important because it influences considerably the sensorial (colour, odour) and hygienic qualities of final product.

For improving nutritional qualities, germinated seeds utilization has been studied. With respect to biochemistry characteristics, poto-poto made with germinated seeds offers a diminution of lactic acid concentration and an increase of acetic concentration. By contrary, for poto-poto produced from ungerminated seeds, lactic acid concentration increases and that of acetic acid decreases. The two products are acid (pH 3,8 and pH 3,53) because of lactic and acetic presence.

The sensorial test makes evident the sensorial differences existing in two types of products. The are two different products with respect to colour, taste, odour and texture. Poto-poto produced with maize germinated seeds is preferred (100% among tasters). It is slightly more sweet (100% among tasters) and more sour (40% among tasters) than poto-poto produced from ungerminated seeds.

The poto-poto solar drying proceeding used allows a better conservation of poto-poto.

Introduction

Au Congo, la transformation des grains de maïs en pâte fermentée est l'unique voie de valorisation du maïs alors qu'il en existe plus d'une quarantaine en Afrique de l'Ouest (14, 15). Dans presque tous les cas, le procédé général comporte 5 étapes principales: (1) le trempage, (2) la mouture des grains humides, (3) le tamisage de la farine humide, (5) la décantation et (6) la fermentation (24 à 72 heures).

Cependant, dans tous ces procédés traditionnels, de grandes variabilités existent dans les étapes de trans-

formation d'un atelier à un autre. Cette variabilité conduit à des différences importantes dans la qualité du produit fini et peut constituer par ailleurs un facteur de risques à la santé publique, à la durabilité et à la valeur marchande du produit.

Par ailleurs, la bouillie après cuisson, du fait de sa très grande viscosité et de la capacité d'absorption de l'enfant, ne permet pas de couvrir les besoins énergétiques journaliers de l'enfant (16, 17). Ainsi, plusieurs travaux ont été réalisés pour réduire la viscosité et

augmenter la valeur énergétique de la bouillie: addition d'huile ou de graisse, de malt ou d'enzymes amylolytiques (1, 2, 5, 7, 9, 11, 12, 17, 19, 21, 22, 23). Bien que ces méthodes améliorent la valeur nutritionnelle des aliments et réduisent la viscosité, ces technologies restent très limitées du fait surtout de la grande technicité qu'elles exigent comme dans le cas de l'utilisation des enzymes.

En vue de permettre la production d'un produit répondant aux attentes de qualité d'ordre organoleptique, nutritionnel, la présente étude a été conduite pour déterminer les points critiques du procédé de production du poto-poto, caractériser le procédé de production de la pâte fermentée obtenue avec des grains germés et enfin mettre au point un procédé de conservation adéquat de la pâte fermentée pour la préparation des bouillies de sevrage.

Matériel et méthodes

Etude des procédés traditionnels de fabrication de poto-poto à base des grains non germés

Vingt-cinq ateliers de type artisanal de production de poto-poto ont été choisis au hasard dans la ville de Pointe-Noire pour décrire de façon séquentielle les procédés de fabrication et comprendre le fonctionnement de ces ateliers (Figure 1). Ce travail a été réalisé sur la base d'un questionnaire.

Etude de procédés de fabrication de poto-poto à partir des grains de maïs prégermés

La figure 2 présente le diagramme de production de la pâte de maïs fermentée à partir des grains germés mis au point au laboratoire.

Après un tri manuel de 5 kg de grains secs acquis dans les marchés locaux, les grains de maïs sont tamisés, lavés plusieurs fois à l'eau et placés durant 48 heures dans des tonnelets contenant de l'eau à température ambiante. Les grains réhydratés sont mis à germer durant 3 jours. Après dégermage, lavage et égouttage, les maïs germés propres sont broyés au moulin. La farine obtenue est défibrée par tamisage à l'eau à travers un tissu de mousseline. Le lait d'amidon recueilli est soumis à la décantation durant 4 heures. La pâte obtenue après décantation est ensuite laissée en fermentation spontanée pendant 72 heures à la température ambiante. Chaque préparation est faite en triple par des productrices locales expérimentées.

Analyse des paramètres physico-chimiques

Au cours de la production du poto-poto, nous avons étudié l'évolution de la pression d'oxygène dissous de l'eau, du pH de l'eau, et de la température de l'eau pendant le trempage.



Figure 1: Diagramme du procédé traditionnel de fabrication du poto-poto à base des grains non germés.

1. - Mesure des paramètres physico-chimiques pendant la phase de trempage des grains dans l'eau

1.1- Mesure du pH

Le pH de l'eau de trempage est déterminé à l'aide du pHmètre de type HI 9321 bioblock scientifique.

1.2 - Mesure de la pression d'oxygène de l'eau

La pression d'oxygène dissous dans l'eau de trempage est mesurée à l'aide d'un oxymètre de type HI 9142 bioblock scientifique afin de suivre l'évolution de la teneur en oxygène, paramètre qui détermine les conditions de fermentation (aérobie ou anaérobie).

1.3- Mesure de la température

Les températures au cours du trempage sont mesurées directement à l'aide d'un thermomètre à sonde de type NO.SA 880SSX.

2. - Mesure des paramètres physico-chimiques de la farine humide et du pototo-poto en fermentation

2.1 - Prélèvement des échantillons

Dans les ateliers de fabrication, 100 g d'échantillons sont prélevés à deux étapes de la production au niveau de la farine humide (farine obtenue tout juste après broyage) et le pototo-poto.

2.2 - Mesure du pH

Après 0, 24, 48 et 72 heures de fermentation, 100 g de farine humide et de pâte de maïs en fermentation sont prélevés, homogénéisés dans 400 ml d'eau distillée et filtrés à travers sur papier filtre Whatman GF/A. Le pH du filtrat est déterminé à l'aide du pHmètre de type HI 9321 bioblock scientifique.

2.3 - Mesure de la température

Les températures de la farine humide après broyage et pendant la fermentation du pototo-poto sont mesurées directement à l'aide d'un thermomètre à sonde de type NO.SA 880SSX.

2.4 - Dosage des acides organiques et de l'éthanol de la pâte fermentée

A 0, 24, 48 et 72 heures, 100 g de pâte à analyser sont homogénéisés dans 50 ml d'une solution de H₂SO₄ 6 mM au waring blender. L'homogénéisat ainsi obtenu est centrifugé à 10 000 tours/min pendant 10 minutes. Le surnageant est filtré à travers la membrane Millipore 0,45 µm. Des dilutions de mélanges de solutions de référence d'acides organiques et d'alcool sont traitées de la même manière que les échantillons. 20 µl de surnageant sont analysés par chromatographie liquide haute performance (HPLC) selon les conditions suivantes: - Colonne échangeuse d'ions Aminex HPX87H, Biorad Co; - Détecteur: réfractomètre Philips PU pour sucres et alcool et spectrophotomètre UV LDC 3100 pour acides organiques; - Phase mobile: acide sulfurique 6 mM dégazé et filtré à travers une membrane Millipore 0,45 µm; Débit: 0,80 ml/min; Température du four: 65 °C.

2.5 - Détermination de la matière sèche des graines et du pototo-poto

Cent grammes d'échantillon des grains de maïs ou de pâte fermentée sont mis dans un four à 105 °C jusqu'à poids constant. La mesure est réalisée en triple. La teneur en eau du pototo-poto fait à base des grains non germés et à base des grains germés est déterminée par la formule suivante:

$$\% \text{ eau} = [(m_0 - m_1)/m_0] \times 100$$

% eau: teneur en eau

m₀: masse avant séchage à l'étuve

m₁: masse après séchage à l'étuve

3 - Détermination du rendement du pototo-poto

Le rendement du pototo-poto est calculé en déterminant le poids des grains et du pototo-poto exprimé poids frais.

Essai de conservation du pototo-poto par la technique de séchage au soleil

1. - Caractéristiques du séchoir

Les deux types de pâtes ont été séchées dans un séchoir solaire constitué d'une armature métallique de 3,80 m de long sur 2,60 m de large avec de 2 hauteurs: 1,57 m à la base du toit et 2,57 m au sommet du toit. Les murs sont en toile plastique et le toit est en plexiglas.

2. - Conditions de séchage

La pâte fermentée de maïs à sécher est étalée dans le séchoir sur des bâches de plastique noir en couche fine et est retournée toutes les 60 minutes pendant 5 et 8 heures. La température est mesurée à l'aide d'un thermomètre électronique avec plage de mesure étendue (-50 °C à 260 °C), muni d'une sonde en acier inoxydable placée à l'intérieur du séchoir.

Evaluation sensorielle

Au cours de cette étude, nous avons utilisé l'épreuve de classement. Elle permet de comparer directement les produits entre eux sur une caractéristique organoleptique précise. L'épreuve de classement ne portant que sur deux produits, l'épreuve par paire a été utilisée pour les échantillons des deux types de pâte fermentée pour évaluer les préférences des consommateurs vis-à-vis des produits finis.

On compare les valeurs observées aux valeurs théoriques au seuil de 5%, valeurs lues sur la table donnant les valeurs critiques pour une épreuve par paire (ASTM, 1968).

Les caractéristiques testées concernent la couleur, l'odeur, le goût et la texture. Le panel est constitué de 32 personnes consommateurs habituels de pototo-poto. Les questions posées aux 32 consommateurs sont les suivantes:

1. Deux échantillons A et B de pototo-poto vous sont présentés. Goutez-les dans l'ordre qui vous convient (vous précisez l'ordre) et classez-les par ordre de préférence. De l'eau est à votre disposition, rincez la bouche avant de goûter chaque produit.

2. Deux échantillons A et B de poto-poto vous sont présentés. Classez-les par rapport aux caractéristiques suivantes: (a) plus clair ou moins clair; (b) plus sucré ou moins sucré; (c) plus aigre ou moins aigre; (d) plus visqueux ou moins visqueux.

Résultats

Procédé de fabrication traditionnel de fabrication du poto-poto

Le diagramme courant de production du poto-poto présente les opérations essentielles récapitulées dans la figure 1.

L'analyse des résultats de l'enquête révèle une grande variabilité au niveau des étapes suivantes:

1- Traitement physique de la matière première (tri et tamisage manuel des grains)

Le tri manuel des bonnes graines et le tamisage des graines sont des opérations importantes permettant d'ôter la poussière des grains et d'éliminer les graines attaquées par les moisissures et des insectes. Cette opération améliore les qualités organoleptiques et hygiéniques du produit. Sur les 25 ateliers de type artisanal enquêtés, 70% d'ateliers réalisent cette étape.

2 - Lavage des grains de maïs

Le lavage des grains précède ou suit le trempage des grains dans l'eau selon les ateliers. L'enquête a permis de regrouper les ateliers en 7 groupes selon qu'il y a lavage ou non avant et après trempage.

- 1 - Pas de lavage des grains avant trempage: 13 ateliers, ensemble
A= {1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 17, 20}
- 2 - Pas de lavage des grains après trempage: 6 ateliers, ensemble B= {8, 12, 13, 15, 17, 20}
- 3 - Pas de lavage des grains avant et après trempage: 4 ateliers, ensemble C= {8, 13, 17, 20}
- 4 - Lavage des grains avant trempage: 6 ateliers, ensemble D= {2, 12, 14, 15, 16, 18}
- 5 - Lavage des grains après trempage: 14 ateliers, ensemble E= {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 14, 16, 18, 19}
- 6 - Lavage des grains avant ou après trempage: 16 ateliers, ensemble
F= {1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 14, 15, 18, 19}
- 7 - Lavage des grains avant et après trempage: 4 ateliers, ensemble G= {2, 14, 16, 18}

En somme, quatre groupes d'ateliers peuvent être considérés:

- 1 - Les ateliers où les grains sont lavés avant le trempage: D= {2, 12, 14, 15, 16, 18}

2 - Les ateliers où les grains sont lavés après le trempage: E= {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 14, 16, 18, 19}

3 - Les ateliers où les grains sont lavés avant et après le trempage: G= {2, 14, 16, 18}

4 - Les ateliers où les grains ne sont lavés ni avant ni après trempage: C= {8, 13, 17, 20}

Les produits de chacun des groupes d'ateliers montrent une différence significative du point de vue de la couleur et de l'odeur du produit final. Les ateliers où est pratiqué le lavage des grains avant et après trempage donnent du poto-poto plus blanc ayant par ailleurs une odeur moins forte.

Dans la suite des travaux, nous avons suivi le procédé de fabrication de la pâte des ateliers qui lavent les grains avant et après trempage.

3 - Le trempage

Le trempage est la première étape constante dans la fabrication du poto-poto. Au cours du trempage, il apparaît de la mousse en surface et une odeur de plus en plus forte. Ainsi dans 20% des ateliers, l'eau de trempage est changée au moins une fois au cours de cette opération.

4 - Extraction de l'amidon et décantation

La farine humide obtenue après broyage au moulin est déposée, soit sur un tamis immergé dans de l'eau, soit sur une passoire en tissu. La farine humide peut être stockée dans un récipient en plastique pour une extraction ultérieure d'amidon.

5 - La conservation

Cinq cents grammes de poto-poto fermenté sont placés dans des sachets plastiques étanches à l'eau et à l'air. Dans 40% d'ateliers de fabrication, les sachets sont plongés dans l'eau à la température ambiante (23 à 26 °C) qui est renouvelée tous les deux jours. Cinquante-cinq pourcent d'ateliers immergent directement la pâte de maïs fermentée dans un récipient en plastique ou en aluminium contenant de l'eau. Cette eau est changée quotidiennement durant la conservation. Cette dernière étant fonction de la demande sur le marché. Le reste des ateliers (5%) conserve la pâte de maïs fermentée au réfrigérateur à la température de 4 °C.

Procédé de fabrication de poto-poto à partir des grains germés

1 - Description du procédé

La figure 2 représente les étapes de la fabrication du poto-poto mis au point au laboratoire à partir des grains pré-germés.

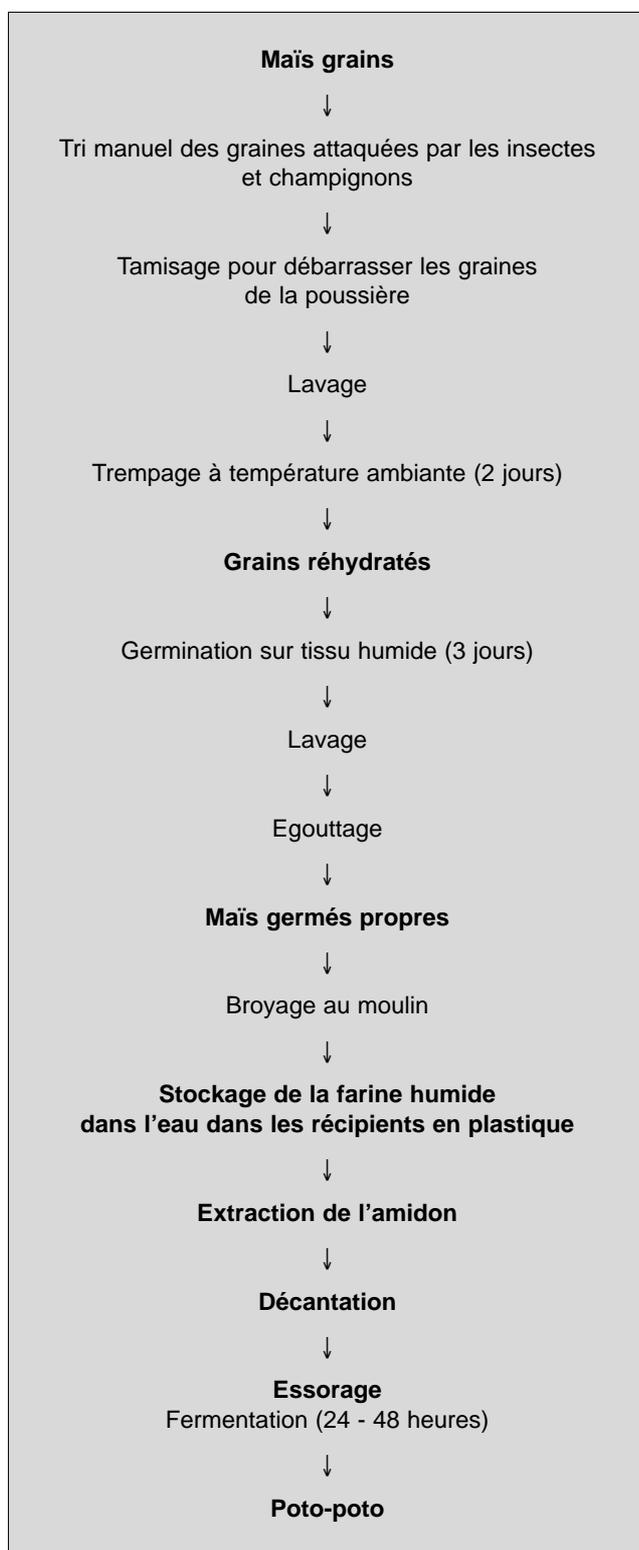


Figure 2: Diagramme du procédé de fabrication du poto-poto à base des grains germés.

2- Matière sèche

La matière sèche des poto-poto est en moyenne de 48,8% pour les poto-poto à base de grains germés et de 49,4% pour les poto-poto faits avec les grains non germés. Les poto-poto contiennent donc 51% d'eau

en moyenne, ce qui explique tous les problèmes de conservation rencontrés par les producteurs.

Tableau 1

Détermination du taux de la matière sèche au cours de la transformation

	Taux de matière sèche des graines avant le trempage (% P.S)	Taux de matière sèche des graines à la fin du trempage (% P.S)	Taux de matière sèche de la pâte à la fin de la fermentation (% P.S)
G.NG	86	60	49
G.G	86	60	48,8

G.G= Pâte fait à base des grains germés.

G.NG= Pâte fait à base des grains non germés.

3 - Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du poto-poto

3.1- Température

La température de fermentation à l'intérieur du poto-poto varie entre 27,5 à 26,5 °C et 27,10 °C à 26,50 °C (Tableau 2) dans les deux types de produits à grains germés et à grains non germés, la température ambiante étant de 23 à 25 °C.

Tableau 2

Evolution de la température dans les pâtes fermentées

Temps en (heures)	Température (°C) du poto-poto à base des grains germés	Température (°C) du poto-poto à base des grains non germés
0	27,50	27,10
35	26,50	26,50
48	26,50	26,50
72	26,50	26,50

3.2 - pH

Pendant la fermentation, le pH des poto-poto diminue (Tableau 3): il passe de 4,50 à 3,75 pour les poto-poto à base de grains non germés et de 4,26 à 3,80 pour les poto-poto à base de grains germés.

Tableau 3

Evolution du pH au cours de la transformation

pH	Temps (heures)	0	24	48	72
		G.NG	4,50	3,78	3,75
	G.G	4,26	3,82	3,81	3,80

G.G= Pâte fait à base des grains germés.

G.NG= Pâte fait à base des grains non germés.

3.3 - Evolution des acides organiques et de l'éthanol

Les analyses faites sur 10 échantillons provenant de chacun des 25 ateliers ont montré que le potopoto fait à partir des grains germés présente une diminution de la concentration de l'acide lactique et une augmentation de l'acide acétique. En effet, la quantité de l'acide lactique passe de 3,2 g/l à 2,2 g/l après 72 heures de fermentation pendant que la quantité de l'acide acétique passe de 0,2 g/l à 1,0 g/l après 72 heures de fermentation. Tandis que dans le potopoto fait à partir des grains non germés, il y a augmentation de l'acide lactique et diminution de l'acide acétique. Les valeurs de l'acide lactique passent de 2,3 g/l à 7,9 g/l après 72 heures et celles de l'acide acétique de 2,1 g/l à 0,3 g/l après 72 heures de fermentation (Tableau 4).

3.4 - Evolution de l'éthanol

Les concentrations de l'éthanol chute de 1,0 à 0,3 g/l dans le potopoto à grains non germés; non décelé à 24 heures, la concentration de l'éthanol est de 0,2 g/l après 72 heures dans les potopoto à grains germés (Tableau 4).

Tableau 4

Evolution des acides organiques et alcools dans les pâtes fermentées

	Temps (heures)	Acide lactique (g/l)	Acide acétique	Acide propionique	Ethanol
G.G	24	3,20	0,2	–	1,0
	72	2,2	1,0	0,4	0,3
G.NG	24	2,3	2,1	0,5	–
	72	7,9	0,3	–	0,2

G.G= Pâte fait à base des grains germés.

G.NG= Pâte fait à base des grains non germés.

Caractéristiques physico-chimiques du potopoto séché fait à base des grains germés et non germés

1 – Evolution du pH

Les deux types de potopoto présentent de faibles variations de pH après séchage des produits (Tableau 5).

2 – Variation de la teneur résiduelle en eau

La teneur résiduelle en eau qui chute de 75 à 11% en 8 heures se fixe à cette dernière valeur pendant le reste de la période étudiée (Tableau 5).

Caractéristiques organoleptiques de la pâte fermentée séchée obtenue à partir des grains germés et non germés

Le potopoto fabriqué à partir des grains germés de maïs n'est pas du tout clair (100% des dégustateurs), son goût légèrement plus sucré (100% des dégustateurs) et plus aigre (40% des dégustateurs), sa texture est moins visqueuse (100% des dégustateurs) que le potopoto des grains non germés (Tableau 6).

Tableau 5

Evolution pH du potopoto séché fait à base des grains germés et non germés

Durée de séchage (heures)	Températures moyennes dans le séchoir (°C)	Nature du produit	pH avant séchage	pH après séchage	Variation du pH	Teneur en eau (%)
5	43,7	G.NG	3,88	3,90	0,02	14
		G.G	3,84	3,86	0,02	15
8	43,7	G.NG	3,82	3,86	0,04	11
		G.G	3,84	3,88	0,04	11

G.G= Pâte fait à base des grains germés.

G.NG= Pâte fait à base des grains non germés.

Tableau 6
Résultats du test organoleptique effectué sur la pâte
obtenue à base des grains germés et non germés
exprimés en pourcentage de personnes

Caractéristiques		G.NG	G.G
		Effectif (%)	Effectif (%)
Couleur	claire	100	
	sombre		100
Odeur	agréable	15	55
	acceptable	65	25
Goût	plus sucré		100
	moins sucré	100	
	plus aigre		40
	moins aigre	15	
Texture	plus consistant		100
	moins consistant	100	

Discussion et conclusion

Pendant la production du pototo-poto, la phase de lavage des grains avant et après trempage est une opération importante, elle influe sur les caractéristiques organoleptiques des produits finis. Les ateliers pratiquant le lavage des grains avant et après trempage produisent un pototo-poto de meilleure qualité.

Du point de vue caractéristiques biochimiques, le pototo-poto à base des grains germés présente une diminution de l'acide lactique et une augmentation de l'acide acétique tandis que dans le pototo-poto à base des grains non germés l'acide lactique augmente et l'acide acétique diminue. Cette différence résulterait des caractéristiques métaboliques de certaines bactéries lactiques qui peuvent utiliser le lactate comme source d'énergie. En effet, après élimination du glucose du milieu, le lactate peut être converti en acétate, en présence d'oxygène, par *Lactobacillus plantarum* en empruntant la voie de la pyruvate oxydase (4). De même Murphy *et al.* (13) ont montré une croissance de *Lactobacillus plantarum* aux dépens du lactate dans un milieu complexe.

Les deux produits obtenus sont acides (pH= 3,8 et 3,75), résultat d'une production d'acides organiques (acides lactique, acétique) dans les deux types de pototo-poto. Ces résultats confirment ceux de Louembé *et al.* (8). Cette acidité serait responsable comme l'ont signalé plusieurs travaux (3, 10, 18) de l'inhibition du développement de la flore indésirable tels que les entérobactéries et préserveraient donc cet aliment de la contamination microbienne.

La différence de consistance et le goût légèrement sucré résulterait de l'hydrolyse partielle de l'amidon dans la pâte fait des grains germés par les micro-organismes présents; le goût plus aigre du pototo-poto fait à base des grains germés proviendrait de la concentration plus importante de l'acide acétique.

L'emploi des grains pré-germés dans la fabrication du pototo-poto peut être considéré comme un moyen d'améliorer les qualités nutritionnelles de ce produit utilisé fréquemment comme aliment de sevrage. En effet, bien que le procédé de fabrication de la pâte à partir des grains pré-germés est laborieux et dure plus longtemps que le procédé habituellement utilisé pour fabriquer le pototo-poto, la production du pototo-poto à partir des grains pré-germés a un impact sur le plan nutritionnel. En effet, comme plusieurs auteurs (17, 24) l'ont souligné, la germination des graines de maïs permet la solubilisation de certains acides aminés (lysine et tryptophane), l'augmentation de la teneur en certaines vitamines [acide ascorbique, niacine (B₃), riboflavine (B₂)] et dégradation partielle des phytates et polysaccharides. En outre, la germination, selon Raimbault (20), conduit à l'hydrolyse partielle de l'amidon provoquant la fluidisation et une chute de la viscosité des produits et permet en conséquence d'obtenir des concentrations énergétiques élevées des produits préparés.

La faible variation de pH (2% et 4%) au cours du séchage au soleil suggère des variations des proportions en acide lactique comme dans le cas du séchage de l'amidon aigre (6).

La teneur en eau de 11% représente certainement l'eau résiduelle. Cette teneur en eau proche de la teneur standard (environ 10%) des aliments séchés, peut donc être considérée comme acceptable et préserve la pâte séchée des contaminations microbiennes. En effet, c'est la disponibilité de l'eau (activité de l'eau, A_w) de même que l'acidité et la température de l'environnement qui sont d'une importance vitale pour tous les organismes vivants. Ces paramètres conditionnent les activités métaboliques et donc la vie des micro-organismes.

Remerciements

Les auteurs adressent leurs vifs remerciements à l'Agence Aire-Développement et à l'Unesco d'avoir mis à leur disposition des moyens financiers ayant permis la réalisation de la présente étude.

Références bibliographiques

1. Akinrele I.A. & Edwards C.C.A., 1971, An assessment of the nutritive value of maize-soja mixture, soy-ogi, as a weaning food in Nigeria. *Brit. J. Nutr.* 26, 177-185.
2. Chavan J.K. & Kadam S.S., 1989, Nutritional improvement of cereals by fermentation. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 28, 5, 351-400.
3. Cooke R.D., Twiddy D.R. & Reilly P.J.A., 1987, Lactic acid fermented as a low-cost means of food preservation in tropical countries. *FEMS Microbiol. Rev.* 46, 369-379.
4. de Roissart H. & Luquet F.M., 1994, Bactéries lactiques, aspects fondamentaux et technologiques. Volume 1, éditeur Loriga.
5. 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.
6. Dufour D., Zakhia N. & Chuzel G., 1995, Influence de la fermentation et du séchage solaire sur l'acquisition du pouvoir de panification de l'amidon aigre de manioc. *In: Transformation alimentaire du manioc*; T. Agbor, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche. Ed. Orstom.
7. Gopaldas T., Deshpande S. & John C., 1988, Studies on a wheat based amylase-rich food. *Food and Nutrition Bulletin*, 10, 55-59.
8. Louembé D., Brauman A., Tchicaya F. & Kobawila S.C., 1996, Etude microbiologique et biochimique de la bouillie de maïs "poto-poto". *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 14, 245-253.
9. Mensah P., Ndiokwelu C.I., Uwagebuta A., Ablordey A., Van Boxtel A.M.G.A., Brinkman C., Nout M.J.R. & Ngoddy P.O., 1995, Feeding of lactic-fermented high nutrient density weaning formula in pediatric settings in Ghana and Nigeria: acceptance by mother and infant and performance during recovery from acute diarrhoea. *International Journal of Sciences and Nutrition*, 46, 353-362.
10. Mensah P., Tomkins A.M., Drasar B.-S. & Harrison T.J., 1992, Antimicrobial effect of fermented Ghanaian maize dough. *J. Appl. Bacteriol.* 70, 203-210.
11. Moshia 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.
12. Murdock F.A. & Fields M.L., 1984, B-vitamin content of natural lactic acid fermented corn meal. *J. Food Sci.* 49, 373-375.
13. Murphy & Condon, 1985, *In: Bactéries lactiques*; Roissart et Luquet, vol. 1, page 303. Ed. Loriga F. 38410 Uriage, 1994.
14. Nago C.M., Devautour H. & Muchnik J., 1990, Technical resources of food processing microentreprises in Benin. *Agritrop.* 14,3, 7-11.
15. Nago C.M., Hounhouigan J.D., Akissoe N., Zanou Elisabeth & Mestres C., 1998, Characterization of Beninese traditional ogi, a fermented maize slurry: physicochemical and microbiological aspects. *International Journal of Food Science and Technology*, 33, 307-315.
16. Nicol B.M., 1971, Protein and calories concentration. *Nutrition Reviews*, 29, 83-88.
17. Nout M.J.R., 1993, Processed weaning foods for tropical climates. *International Journal of Sciences and Nutrition*, 43, 213-221.
18. Okafor N. & Oyolu C., 1984, Study on cassava retting for foo-foo production. *J. Appl. Bacteriol.* 56, 1-13.
19. Plahar W.A. & Leung H.K., 1983, Composition of Ghanaian fermented maize meal and the effect of soya fortification on sensory properties. *J. Sci. Food Agric.* 34, 407-411.
20. Raimbault M., 1995, Importance des bactéries lactiques dans les fermentations du manioc. *In: Transformation alimentaire du manioc*, T. Agbor Egbe, A. Brauman, D. Griffon, S. Trèche (éd) 1995, édition ORSTOM.
21. Rutishauser I.H.E., 1974, Factors affecting the intake of energy and protein in Ugandan pre-school children. *Ecology of food and Nutrition*, 3, 213-222.
22. Trèche S. & Giamarchi P., 1991, Utilisation d'enzymes produites industriellement pour l'amélioration de la densité des bouillies de sevrage. Communication présentée au séminaire - atelier "Les bouillies de sevrage en Afrique centrale", 21-24 mai 1991, Bureau régionale de l'OMS, Brazzaville.
23. Trèche S., Giamarchi P., Gallon G. & Massamba J., 1992, Les bouillies de sevrage au Congo: composition, valeur nutritionnelle et modalités d'utilisation. 5^{ème} journée internationale du Germ. Montpellier, 22-27 novembre 1992.
24. Wearver L.T., 1994, Feeding the weaning in the developing world: Problems and solutions. *Inter. J. Foods Sci. Nutr.* 45, 127-134.

D. Louembé, Congolais, Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Maître de Conférences, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi.

S.C. Kobawila, Congolais, Doctorat 3^{ème} cycle, Maître Assistant, Faculté des Sciences, Université Marien Ngouabi.

S. Kéléké, Congolais, Doctorat unique, Chargé de Recherche, Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technologique.

J.- P. Nzoussi, Congolais, Etudiant, Diplôme Ingénieur de développement rural.