

Rouissage des tubercules de manioc à partir de “pied de cuve” à base de manioc roui

D. Louembé, S.C. Kobawila, S. Keléké, P. Diakabana & Blanche Nkoussou Moulassou

Keywords: Starter– Cassava roots– Retting– Softenmen– Fermentation– Lactic acid bacteria

Résumé

Les essais de rouissage en laboratoire selon la technique de “pied de cuve” à base de manioc roui de 72 et 96 heures et de l'eau diluée à 10% d'un précédent rouissage ont montré la même évolution des caractéristiques physico-chimiques que les rouissages témoins. Tous les milieux de rouissage deviennent acides (pH 4,5) et anaérobies ($pO_2 = 0,8$ mg/l) avec des températures qui varient entre 22 à 24 °C.

Du point de vue microbiologique, le nombre de bactéries lactiques augmente au niveau des tuberculesensemencés par rapport au témoin. Leur rôle apparaît dans la préparation des conditions environnementales adéquates (diminution du pH et de la pression partielle en oxygène) pour un rouissage réussi.

Les rouissages réalisés avec les “pieds de cuve” réduisent les odeurs des tubercules rouis et la durée de rouissage de 24 à 36 heures. Ces résultats se sont confirmés en milieu réel, dans l'étang. L'utilisation des “pieds de cuve” permet donc d'améliorer les qualités des produits de rouissage.

Les ensemencements avec d'autres types de “pieds de cuves” (tubercules rouis de 48 heures, eau d'un précédent rouissage non diluée) ne donnent pas les effets recherchés. Ils augmentent le temps de rouissage: le ramollissement des tubercules est observé au bout de 8 à 10 jours.

Summary

Cassava Roots Retting with Undefined Starter from Retted Cassava Roots

The retting experiments on laboratory with «pied de cuve» method by using retted cassava starter from 72 and 96 hours of fermentation and 10% diluted water from previous retting indicated the same evolution of physical and chemical characteristics than the retting evidences without starter. All retting media became acid (pH 4.5) and anaerobic ($pO_2 = 0.8$ mg/l) and temperatures varied between 22 °C and 24 °C.

With respect to microbiological aspects, the lactic acid bacteria number increased on inoculated roots comparatively to evidence. Their role is found with the preparation of adequate environmental conditions (pH and oxygen pressure decreasing for retting success).

The rettings accomplished with these methods decreased the smell of retted roots and the retting duration from 24 to 36 hours. These results are confirmed in nature especially in ponds. Then, this «pied de cuve» method may improve the retting products qualities.

The inoculations from other products (retted roots from 48 hours of fermentation, undiluted water from a previous retting) did not yield the researched effects. The retting carried out with these products induce prolongation of the retting duration: the roots softening is observed between eight and ten days.

Introduction

La pâte fermentée de manioc est obtenue à partir d'une fermentation spontanée de tubercules de manioc appelée rouissage. De nombreuses études ont été consacrées à la flore microbienne associée (1, 4, 5, 7, 8, 15, 17, 21, 22, 23, 25), aux caractéristiques physico-chimiques et toxique (3, 5, 6, 9, 16, 24, 26), aux produits organiques libérés et aux mécanismes de ramollissement des tubercules de manioc (12) aux technologies du rouissage (11), à la valeur nutritionnelle (10). Au Congo, cette technologie de fermentation qui se fait sur les bords aménagés des rivières, des ruisseaux, dans les étangs, les marigots et de plus en plus dans les bacs de fermentations permet la détoxification, le ramollissement des tubercules et une longue conservation de la pâte fermentée (14). Cependant cette technologie suffisamment maîtrisée

par les populations congolaises est caractérisée par une grande variabilité des qualités organoleptiques des produits finis et de la durée de rouissage ainsi que beaucoup de pertes.

Généralement, l'optimisation des conditions de croissance des micro-organismes ou l'utilisation des ferments spécifiques permettent de mieux maîtriser les procédés, de prévenir ces accidents de fermentation, garantir la réussite des productions et assurer une production plus rapide, plus standardisée et de meilleure qualité. Ainsi, en ce qui concerne le rouissage, Ampe *et al.* (1) ont cherché d'améliorer ce procédé traditionnel par la maîtrise des paramètres physico-chimiques; ils ont montré que sur les six facteurs étudiés: modalités d'épluchage, durée de rouissage,

température, variété et taille de tubercules, inoculation avec du jus d'un précédent rouissage, seule la température avait une influence sur la durée de rouissage qui pouvait être ramenée à 24 heures. Il était donc possible, en chauffant l'eau de rouissage, de raccourcir la durée du rouissage, mais ce procédé est énergétiquement coûteux.

Aussi, des études ont été portées sur l'utilisation des micro-organismes avec Oyewole (27) d'abord, qui met au point un ferment constitué de *Bacillus*, *Klebsiella* ssp., *Candida krusei* pour la fermentation des tubercules de manioc en milieu stérile. Kéléké (12), en inoculant le milieu de fermentation stérile avec une bactérie lactique (*Leuconostoc citreum*) associée à une bactérie non lactique (*Clostridium* MGPP 179), reproduit en laboratoire les principales caractéristiques du rouissage naturel.

L'utilisation de ces ferments, constitués de cultures pures de souches sélectionnées, exige cependant une certaine technicité, des conditions de fermentation et des substrats stériles. En somme, ces procédés sont plus adaptés en milieu industriel (19) qu'en milieu rural où l'utilisation de "pieds de cuve" est plus recommandée.

En effet, les "pieds de cuve", d'un emploi plus simple et n'exigeant pas des conditions aseptiques particulières, résistent relativement bien aux conditions environnementales: la microflore est sélectionnée par l'effet cumulatif de plusieurs facteurs comme la teneur en oxygène, l'activité de l'eau, les antagonismes bactériens. Par ailleurs, la variété de micro-organismes présents dans les "pieds de cuve" créent une richesse de saveurs que l'on ne peut avoir ou imiter avec des starters purs en conditions stériles. L'utilisation de la méthode de "pied de cuve" peut permettre le saut technologique du stade artisanal au stade semi-industriel, comme dans le cas du tempé pour lequel au niveau artisanal des feuilles d'hibiscus portant une microflore mixte dont des souches de *Rhizopus oligosporus* sont empiriquement utilisés (29).

Aussi, par ses caractéristiques, sa facilité d'obtention et d'usage, ses faibles coûts de production, la technique du "pied de cuve" a été choisie dans notre étude en vue de l'amélioration du procédé traditionnel de rouissage.

L'évolution des facteurs environnementaux tel le pH, la pression partielle en oxygène dissous dans l'eau et la température tout comme l'évolution de la microflore totale et lactique ont été étudiés lors des rouissages réalisés avec différents types de "pieds de cuve" aussi bien au laboratoire qu'en milieu naturel.

Matériel et méthodes

1. Origine des tubercules de manioc utilisés

Les tubercules de manioc (*Manihot esculenta*), âgés de 18 mois, proviennent des champs de manioc situés à Ngondji, aux environs de la ville de Pointe-Noire.

2. Préparation des différents "pieds de cuve"

Les préparations constituées d'eau du précédent rouissage ou des tubercules prélevés à 48, 72 et 96 heures du rouissage ont été testées afin de déterminer le meilleur type de "pied de cuve":

"Pied de cuve" 48 heures: Il est constitué des tubercules de manioc broyés issus d'un rouissage de 48 heures;

"Pied de cuve" enrichi 48 heures ou 48 E: Il est obtenu après 3 cycles de fermentation de 48 heures. Au départ de chaque nouveau cycle, le produit en fermentation est ajouté comme starter à la concentration de 10% (P/P). C'est le principe de sélection graduelle de micro-organismes par recyclage de l'inoculum décrit par Nout *et al.* (18);

"Pied de cuve" 72 heures: Il est constitué de racines issues d'un précédent rouissage de 72 heures;

"Pied de cuve" 96 heures: c'est l'essai constitué de la pâte issue d'un rouissage de durée normale de 96 heures;

"Pied de cuve" 10% eau de fermentation ou 10 W: Il est constitué de l'eau d'un précédent rouissage traditionnel de 96 heures, diluée à 10% (V/V);

"Pied de cuve" 100% eau de fermentation ou 100 W: Il est constitué de l'eau d'un précédent rouissage non diluée.

3. Réalisation des essais au laboratoire

Les différents types de tubercules rous (48, 48 E, 72, 96) sont broyés par pilage dans un mortier en porcelaine. Une quantité correspondant à 10% P/P (2 kg pour 20 kg de tubercules à rouir) est placée dans des tonnelets en plastique de 50 litres servant de cuve de fermentation. On ajoute 5 litres d'eau et on homogénéise. Les tubercules préalablement épluchés y sont plongés. Après 15 minutes de contact, on complète à 20 litres d'eau.

Avec les essais 10 W et 100 W, 20 kg de tubercules de manioc préalablement épluchés sont placés dans 20 litres d'eau de fermentation d'un précédent rouissage diluée à 10% ou non diluée.

Ces essais sont menés parallèlement avec des rouissages-témoins réalisés avec des tubercules non semencés, placés dans des tonnelets contenant 20 litres d'eau.

Les essais sont conduits à température ambiante et réalisés 9 fois (3 x 3 essais).

4. Réalisation des rouissages en milieu naturel

Les rouissages en milieu naturel sont réalisés dans les étangs avec des racines de manioc préalablement épluchées en présence ou non du "pied de cuve" 96 heures. Ces rouissages ont été répétés trois fois. Les proportions de racines à rouir et de "pied de cuve" sont les mêmes que dans les expériences réalisées au laboratoire (2 kg de "pied de cuve" pour 20 kg de racines de manioc). Les racines inoculées ou non sont introduites dans des sacs en jute communément utili-

sés par les productrices de pâte rouie de manioc. Ces sacs sont ensuite immergés dans les étangs.

5. Analyses physico-chimiques

Les évolutions des paramètres physico-chimiques: pH, pression partielle en oxygène dissous, température de l'eau de fermentation ont été étudiées au temps T_0 , $T_{1\text{jour}}$, $T_{2\text{jours}}$, $T_{3\text{jours}}$ et $T_{4\text{jours}}$ du rouissage.

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre de table de type HI 9321 Bioblock scientifique; l'évolution de la pression partielle en oxygène dissous est suivie avec l'oxymètre Hanna instrument H I9142 Bioblock; la température est déterminée avec un thermomètre à sonde de type HI 9214 Bioblock scientifique. Les analyses sont effectuées selon les indications des fournisseurs.

6. Analyses bactériologiques

Les bactéries lactiques et la flore totale des "pieds de cuve" et des échantillons de manioc en rouissage ont été dénombrées et déterminées selon la méthodologie classique. Le milieu employé pour la culture des bactéries lactiques est la gélose Man, Rogosa et Shape (milieu MRS) et le Plate Count Agar (PCA) pour la microflore mésophile totale.

L'inoculum est préparé à partir de 6 à 10 tubercules prélevés au hasard et broyés. Dix grammes de broyat sont mélangés à 90 ml d'eau peptonée stérile. Les dilutions successives sont préparées à partir de cette suspension mère. Les milieux de culture sontensemencés avec 0,1 ml des dilutions appropriées à raison de 3 boîtes par dilution. Après ensemencement, les cultures sont incubées à 30 °C pendant 24-72 heures.

7. Ramollissement des tubercules au cours des essais de rouissage

Ce paramètre est très important parce que le principal intérêt du rouissage réside principalement dans le ramollissement des tubercules indispensable pour les transformations ultérieures. L'évolution du ramollisse-

ment des tubercules est apprécié par toucher des tubercules toutes les 24 heures.

Résultats

1. Rouissages en laboratoire

Rouissages témoins

Caractéristiques physico-chimiques

Une diminution du pH est notée au bout de 24 heures de fermentation; il passe de 6,9 à 4,5 en moyenne (Tableau 1). La pression partielle en oxygène décroît également après 24 heures: il passe de 5,12 à 1,24 mg/l et demeure constante à cette valeur pendant le reste du temps de rouissage (Tableau 2). Ainsi après 24 heures de fermentation, le rouissage se déroule en milieu acide et anaérobie. La température varie également au cours de tous les essais de 22,5 à 23 °C (Tableau 3).

Caractéristiques bactériologiques

Après trois jours, le rouissage s'accompagne d'une augmentation de l'ensemble de la microflore; la population des bactéries lactiques passe de $5,2 \cdot 10^5$ à $9,5 \cdot 10^7$ c.f.u./ml et la microflore totale de $6,1 \cdot 10^6$ à $3,3 \cdot 10^8$ c.f.u./ml.

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement total des tubercules a lieu à partir du 4^{ème} jour pour les 9 essais de rouissage comme le révèle le tableau 4.

Essais 48 heures

Caractéristiques physico-chimiques des essais

Les résultats de tous les essais sont similaires à ceux des rouissages témoins (Tableaux 1, 2 et 3): le pH diminue de 6,53 à 4,5; la pression partielle en oxygène de 4,94 à 1,71 mg/l et la température varie de 22,5 à 22,6 °C.

Tableau 1
Evolution des pH (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de "pieds de cuve"

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	6,53 (0,08)	4,67 (0,07)	4,45 (0,15)	4,50 (0,20)	4,50 (0,13)
48 E (σ)	5,84 (0,10)	4,47 (0,10)	4,55 (0,18)	4,75 (0,15)	4,61 (0,11)
72 heures (σ)	6,14 (0,15)	4,53 (0,11)	4,38 (0,19)	4,30 (0,20)	–
96 heures (σ)	6,07 (0,13)	4,27 (0,13)	4,17 (0,12)	4,11 (0,16)	–
10 W (σ)	6,54 (0,20)	4,67 (0,13)	4,45 (0,15)	4,50 (0,20)	4,50 (0,13)
XE (σ)	6,22 (0,27)	4,52 (0,15)	4,40 (0,13)	4,43 (0,22)	4,53 (0,05)
Témoin (σ)	6,90 (0,00)	4,49 (0,08)	4,56 (0,08)	4,51 (0,06)	4,50 (0,07)
100 W (σ)	4,40 (0,07)	4,17 (0,07)	4,20 (0,02)	4,20 (0,07)	4,32 (0,08)
Etang (σ)	5,54 (0,26)	5,63 (0,43)	5,62 (0,30)	4,64 (0,36)	–

XE: Valeur moyenne des pH des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W
(σ): écart-type

Tableau 2

Evolution de la pression partielle en oxygène (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de pieds

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	4,94 (0,10)	1,56 (0,13)	1,64 (0,10)	1,81 (0,04)	1,71 (0,11)
48 E (σ)	4,88 (0,11)	1,51 (0,11)	1,36 (0,20)	1,73 (0,11)	1,65 (0,19)
72 heures (σ)	5,11 (0,11)	1,07 (0,15)	1,03 (0,09)	1,08 (0,14)	–
96 heures (σ)	5,12 (0,13)	0,97 (0,10)	0,93 (0,09)	1,00 (0,13)	–
10 W (σ)	4,94 (0,10)	1,56 (0,13)	1,64 (0,10)	1,81 (0,04)	1,71 (0,18)
XE (σ)	5,00 (0,10)	1,53 (0,32)	1,32 (0,29)	1,49 (0,49)	1,69 (0,03)
Témoin (σ)	5,12 (0,08)	1,01 (0,06)	1,10 (0,08)	1,18 (0,17)	1,24 (0,19)
100 W (σ)	3,25 (0,75)	1,07 (0,15)	1,20 (0,10)	1,45 (0,10)	1,45 (0,10)
Etang (σ)	1,96 (0,24)	1,87 (0,20)	1,83 (0,40)	1,71 (0,32)	–

XE: Valeur moyenne des pressions partielles des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W
 (σ): écart-type

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement effectif des tubercules ne se produit qu'après 9 jours (Tableau 4).

Essais 48 E

Caractéristiques physico-chimiques

Une acidification du milieu apparaît au cours de tous les essais : le pH passe de 5,84 à 4,61 et se stabilise à cette valeur comme dans les essais témoins avec une disparition rapide de l'oxygène dissous: sa pression partielle chute également comme dans les essais précédents de 4,88 à 1,65 mg/l, révélant que les essais se déroulent en anaérobiose. La température varie entre 22,5 et 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement des tubercules ne survient ici également qu'après 9 jours de rouissage (Tableau 4).

Essais 72 heures

Caractéristiques physico-chimiques

Comme dans les précédents essais, après 72 heures, le pH chute de 6,14 à 4,3 et la pression partielle en oxygène de 5,11 à 1,08 mg/l pour tous les essais. Les températures varient de 22,5 à 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Ramollissement des tubercules

Il est effectif et total entre 2 et 3 jours de rouissage pour tous les essais (Tableau 4).

Essais 96 heures

Paramètres du "pied de cuve"

Le pH est de 4,5; les bactéries lactiques sont présentes à la concentration de 27.10^7 c.f.u./ml et la microflore totale est évaluée à 19.10^8 c.f.u. /ml au moment de l'ensemencement.

Tableau 3

Evolution de la température (valeur moyenne et écart-type) des essais avec les différents types de pieds

Essais	Temps (jours)				
	0	1	2	3	4
48 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	22,60 (0,89)
48 E (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	23,10 (1,08)
72 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	–
96 heures (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,08)	–
10 W (σ)	22,50 (1,00)	22,50 (1,000)	22,80 (0,92)	23,10 (1,04)	22,60 (0,89)
XE (σ)	22,50 (0,00)	22,50 (0,000)	22,80 (0,00)	23,10 (0,00)	22,77 (0,24)
Témoin (σ)	22,50 (0,17)	22,50 (0,170)	22,80 (0,54)	23,10 (0,63)	23,00 (0,82)
100 W (σ)	22,60 (0,41)	22,50 (0,125)	22,75 (0,42)	23,00 (0,61)	23,10 (0,54)
Etang (σ)	28,25 (0,51)	28,05 (0,870)	27,65 (1,62)	27,80 (0,78)	–

XE: Valeur moyenne des températures en °C des essais 48 heures, 48 E, 72 heures, 96 heures, 10 W
 (σ): écart-type

Caractéristiques physico-chimiques des essais

Après 72 heures, le pH baisse de 6,07 à 4,11; la pression partielle en oxygène chute de 5,12 à 1,0 mg/l et les températures se situent entre 22,5 et 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Caractéristiques microbiologiques

Pour tous les essais, une augmentation de l'ensemble de la microflore est constatée: la population de bactéries lactiques passe de $4,6.10^6$ à $6,2.10^8$ c.f.u./ml et la microflore totale de $7,2.10^7$ et $6,3.10^9$ c.f.u./ml.

Evolution du ramollissement

Le ramollissement complet et homogène des tubercules de manioc survient entre le 2^{ème} et 3^{ème} jour pour tous les essais réalisés avec ce type de "pied de cuve" (Tableau 4).

Essais 100 W

Caractéristiques physico-chimiques

Le pH de l'eau qui provient d'un précédent rouissage est acide (4,4 à 4,17), la pression partielle en oxygène diminue de 3,25 à 1,075 mg/l pendant le rouissage pour tous les essais. La température varie entre 23,1 et 22,5°C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Le ramollissement n'est obtenu qu'après 8 jours (Tableau 4).

Essais 10 W

Caractéristiques physico-chimiques

Comme avec les précédents essais, le pH décroît de 6,54 à 4,45; la pression partielle en oxygène dissous chute de 4,94 à 1,76 mg/l. La température varie très peu de 22,5 à 23,1 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement des tubercules de manioc

Les tubercules de manioc sont tous ramollis à partir du 3^{ème} jour dans tous les essais (Tableau 4).

2. Rouissages en milieu naturel (étang)

Caractéristiques de l'inoculum

Le pH de l'inoculum constitué du "pied de cuve" 96 est de 4,3. Les bactéries lactiques dénombrées sur MRS sont évaluées à 2.10^8 cfu/ml et la flore totale dénombrée sur PCA est de 1.10^9 cfu/ml.

Evolution des caractéristiques physico-chimiques de l'étang

Au temps t_0 , le pH est de 5,54; la pression partielle en oxygène dissous de 1,96 mg/l et la température de 28,25 °C. Après trois jours, on note une diminution du pH (4,64) et la pression partielle en oxygène dissous ne varie que très peu (1,71). La température passe à 27,8 °C (Tableaux 1, 2 et 3).

Evolution du ramollissement de racines de manioc

Un ramollissement complet et homogène est observé au niveau des racines de manioc des sacs témoin non ensemencés à 96 heures tandis que dans les sacs avec des racines inoculées, le ramollissement total survient à 48 heures (Tableau 4). Par ailleurs, les arômes sont moins prononcés avec les racines rouies en présence d'inocula de "pied de cuve".

Evolution de la microflore lactique

Les bactéries lactiques augmentent de $1,4.10^8$ cfu/ml à $3,84.10^8$ cfu/ml pour les sacs témoins non ensemencés et de $3,10^9$ c.f.u./ml à 1.10^{11} c.f.u./ml pour les essais inoculés.

Discussions - conclusions

Le pH, le pO_2 et les populations microbiennes, au départ du rouissage constituent chacun un facteur influençant le bon déroulement de la fermentation.

S'il n'existe pas de différences significatives du point de vue des paramètres physico-chimiques des essais réalisés au laboratoire avec les différents "pieds de cuve", deux ensembles, néanmoins, de "pieds de cuve" peuvent être distingués. Le premier, comprenant les tubercules rouis de 72 et de 96 heures ainsi que l'eau provenant d'un précédent rouissage diluée à 10%, produit des effets se traduisant par [1] une

Tableau 4
Evolution du ramollissement des tubercules de manioc au cours des différents essais

Essais	Temps (jours)										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Témoin	-	-	-	-	+	+	+	+	+	+	+
48 heures	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
48 E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
72 heures	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
96 heures	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
10 W	-	-	+-	+	+	+	+	+	+	+	+
100 W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+
Etangs	-	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+

-: pas ramollissement observé de tubercules

+: ramollissement observé des tubercules

réduction du temps de ramollissement des tubercules, 2 à 3 jours, au lieu de 4 à 5 jours, et [2] l'obtention d'un produit ayant une odeur moins forte que le produit témoin. Ces résultats se sont confirmés en milieu réel (étang): ils montrent un effet positif sur la cinétique fermentaire et sur la qualité du produit fini et confirme que la technique de pied de cuve préconisée par Ko (13), Tünçel *et al.* (30) et Nout *et al.* (18, 19, 20) est donc bien appropriée que l'utilisation des cultures pures (28) dans les procédés traditionnels comme le rouissage.

Du point de vue microbiologique, le rôle du "pied de cuve" est bien perceptible; on note une augmentation nette des bactéries lactiques et de la microflore totale lorsque l'essai des rouissages est réalisé avec le "pied de cuve" adéquat; les tubercules rouis constituent un réservoir naturel de micro-organismes.

Cette méthode peut encore être améliorée avec l'emploi de "pied de cuve" enrichi selon la méthode de recyclage utilisée avec succès dans plusieurs cas comme la production du tempé (18). La présence des micro-organismes plus adaptés pourrait en être la raison. La sélection graduelle de micro-organismes favorise par la pression des conditions physico-chimiques les micro-organismes les plus appropriés (18). Dans le cas du rouissage, le pH et l'anaérobiose pourrait favoriser cette sélection.

Le deuxième ensemble de "pieds de cuve" constitués de tubercules rouis de 48 heures et de l'eau provenant d'un précédent rouissage non dilué, ont un effet négatif sur la cinétique du rouissage. Celui-ci se traduit par un retard dans le ramollissement des tubercules (8 à 10 jours), malgré une évolution des facteurs environnementaux (pH, pO₂ et température) similaire à celle des témoins. La différence entre les deux types de

"pieds de cuve" ne peut provenir de la concentration de la population des bactéries lactiques et de la microflore totale qui sont à leur maximum à partir de 48 heures (15). Tout se passerait, comme si ces "pieds de cuve" contenaient des composés qui influenceraient négativement le ramollissement. Les effets positifs sur le rouissage de l'inoculum 10 W qui est dilué confirment cette hypothèse.

Dans les cuves de fermentation, le ramollissement survient après 8 jours lorsque la même eau est réutilisée, alors que dans les étangs où plusieurs rouissages successifs et même simultanés ont lieu, il se produit après 48 heures en présence du "pied de cuve" et 72 heures dans les essais témoins sans "pied de cuve". Les conditions environnementales des étangs (pluie, eaux de ruissellement, eaux d'infiltration, évaporation, échange avec le sol...) pourraient jouer sur la durée de rouissage. En effet, dans les étangs les valeurs de pH sont comprises en fin de rouissage entre 6 et 4 et les pO₂ sont pour la plupart compris entre 2 et 1 mg/l pendant qu'au laboratoire les pO₂ ont des valeurs se situant autour de 0,9 mg/l (15). La diminution du pH et de la pO₂ est moins importante en milieu naturel.

L'utilisation de "pieds de cuve" affectent les qualités organoleptiques du produit final: ils réduisent les odeurs des tubercules rouis. Il est donc possible d'améliorer le goût et l'arôme du produit.

Remerciements

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

Références bibliographiques

1. Abe M.O & Lindsay R.C., 1978, Evidence for a lactic streptococcal role in nigerian acid cassava (*Manihot esculenta* Crantz) fermentation. J. Food Protection, 41, 781-784.
2. Ampe F., Agossou A., Treche S. & Brauman A., 1994, Cassava retting, optimization of a traditional fermentation by experimental research methodology. J. Sci. Food Agric., 65, 355-361.
3. Bissett F. H., Clapp R. C., Coburn R. A., Ettlinger M.G. & Long L. Jr., 1969, Cyanogenesis in manioc: concerning lotaustralin, phytochemistry, 8, 22-35.
4. Brauman A., Keléké S., Malonga M., Miambi E. & Ampe F., 1996, Microbiological and Biochemical characterization of cassava retting a traditional lactic acid fermentation for Foo-foo (cassava flour) production. Applied and Environ. Microbiol., 68 (8), 2854-2858.
5. Brauman A., Keléké S., Mavoungou O., Ampe F. & Miambi E., 1995, Etude cinétique du rouissage traditionnel des racines de manioc en Afrique centrale (Congo) In: Agbor-Egbe (T.), Brauman(A.), Griffon (D.) Et Treche (S.), Ed.: Transformation alimentaire du manioc. Paris, ORSTOM.
6. Bulter G.W., 1965, The distribution of the cyanoglucosides linamarin and lotaustralin in higher plants, Phytochemistry, 4, 127.
7. Cereda M. P., 1981, Estudos físico-químicos microbianos da esterilização e da fermentação da fécula de mandioca. Thèse, Botucatu, Faculdade de Ciencias Agronomicas, Brésil, 89 p.
8. Collard P. & Levi S., 1959, A two-stage fermentation of cassava. Nature, 183, 620-621.
9. De Bruijn G.H., 1971, Etude du caractère cyanogénétique du manioc. Communication de l'université Agronomique, Wageningen, Pays-Bas, p. 13-71.
10. Favier J.C., 1971, Valeur alimentaire de deux aliments de base africains: Le manioc et le sorgho. Paris, travaux et documents n° 67, ORSTOM, 122p.
11. Gami N. & Treche S., 1995, Le rouissage sous terre de racines de manioc, une technique spécifique au plateau Kikuya (Congo). In: Agbor Egbe (T.), Brauman(A.), Griffon (D.), & Treche (S.), éd. Transformation alimentaire du manioc. Paris, O.R.S.T.O.M.
12. Keléké S., 1996, Le rouissage du manioc, contribution à l'étude du phénomène de ramollissement des racines de manioc. Thèse, Université Paris XIII, Val de Marne, 160p.
13. Ko S.D., 1985, Some microbial aspects of tempe starters. Proceedings, Asian Symposium on non-salted soybean fermentation, Tsukuba, Japan, July 1985, 101-109.
14. Louembe D., Bouanga-Kalou G. & Malonga M., 1998, Bioconservation de la pâte rouie de manioc. Microbiologie, Alimentation, Nutrition, 16, 143-149.
15. Malonga M., Mavoungou O., Kobawila S. C., Louembé D. & Brauman A., 1993, Les bactéries lactiques du manioc au cours du rouissage, Caractérisation et Evolution. Microbiologie, Alimentation, Nutrition, 1, 471-475.
16. Nartey F., 1968, Studies on cassava (*Manihot utilissima* pohl.) Cyanogenesis, the biosynthesis of linamarin and lotaustralin in etiolated seedling. Phytochemistry, 7, 1307-1312.
17. Ngaba P.R. & Lee J.S., 1979, Fermentation of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). J. Food Science, 44, 1570-1571.
18. Nout M.J.R., De Dreu M.A., Zuurbier A.M., Bonan T.S. & Van Laar Houen I. A.G., 1987, Ecology of controled soja beans acidification for tempe manufacture. Food Microbiology, 4, 165-172.

19. Nout M.J.R., Martoyunwono T.D., Bone P.C.J. & Odamtten G.T., 1992, Hibiscus leaves for the manufacture of usar, a traditional inoculum for tempe. J. Sci. Agric., 58, 339-346.
20. Nout M.J.R., 1993, Processed weaning foods for tropical climates. J. Food Sci. Nutr., 43, 213-221.
21. Nwakwo D., Anadu E. & Usoro R., 1989, Cassava fermenting organisms. Mircen J., 5, 169-179.
22. Okafor N. 1977, Microorganisms associated with cassava fermentation for gari production. J. Appl. Bacteriology, 42, 279-284.
23. Okafor N., Ijioma B. & Oyolou C. 1984, Studies on the microbiology of cassava retting for foo-foo production. J. Bacteriol. 56, 13.
24. Okafor N. & Eliofofor M.A.N., 1986, The microbial breakdown of linamarin in fermenting pulp of cassava (*Manihot esculenta* Crantz), Mircen J., 2, 327-338.
25. Oyewole O. B. & Odunfa S.A., 1988, Microbiological studies on cassava fermentation for «Lafun» production. Food Microbiology, 5, 125-133.
26. Oyewole O.B. & Odunfa S.A., 1989, Effect of fermentation on carbohydrate, mineral and protein contents of cassava during "fufu" production. Journal of food Composition and Analysis, 2, 170-176.
27. Oyewole O. B., 1990, Optimization of cassava fermentation for fufu production: effect of single starter cultures. J. Appl. Bacteriol., 68, 49-54.
28. Pederson C. S., Albury M.N., 1961, The effect of pure culture inoculation on fermentation of cucumbers. Food technology, 15, 351-354.
29. Soetarto H.E.S., Takada N. & Oshima Y. 1979, Microflora in ragi and usar. J. Ferm. Technol. 57, 251-259.
30. Tüncel G., Nout M.J.R. & Rombouts F.M., 1989, Effect of acidification on the microbial composition and performance of tempe starter. Food Microbiology, 6, 37-43.

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

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

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

P. Diakabana, Congolais, Diplôme d'Etudes approfondies (DEA), Attaché de Recherche, Délégation Générale de la Recherche Scientifique et Technologique.

Blanche Nkoussou Moulassou, Congolaise, Etudiante, Diplôme Ingénieur de développement rural.

AVIS DE CHANGEMENT D'ADRESSE CHANGING OF ADDRESS ADRESVERANDERING CAMBIO DE DIRECCION

Tropicultura vous intéresse! Dès lors signalez-nous, à temps, votre changement d'adresse faute de quoi votre numéro nous reviendra avec la mention «N'habite plus à l'adresse indiquée» et votre nom sera rayé de notre liste.

You are interested in Tropicultura! Make sure to inform us any change of your address in advance. Otherwise your issue will be sent back to us with the postal remarks "Adresse not traceable on this address" and then you risk that your name is struck-off from our mailing list.

U bent in Tropicultura geïnteresseerd! Stuur ons dan uw adresverandering tijdig door, anders riskeert U dat uw nummer ons teruggezonden wordt met de vermelding «Woont niet meer op dit adres» en uw naam wordt dan automatisch van de adressenlijst geschrapt.

Si Tropicultura se interesa, comuniquenos a tiempo cualquier cambio de dirección. De lo contrario la publicación que Ud. recibe nos será devuelta con la mención "No reside en la dirección indicada" y su nombre será suprimido de la lista de abonados.