

Production du gambari-lifin (farine raffinée de maïs) de bonne qualité par l'amélioration du procédé traditionnel production au Bénin

[Production of good quality of the gambari-lifin (refined flour of corn) by improvement of the traditional process in Benin]

Paul A. F. HOUSSOU¹, Sègla W. PADONOU¹, Marlène C. D. N. VODOUHE¹, Hermine Djivoh¹, Valère DANSOU¹, Abel B. HOTEgni¹, and Robert Metohoue²

¹Programme Technologies Agricole Alimentaire, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, Porto-Novo, Benin

²Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquées (DANA), Ministère de l'Agriculture de l'Elevage et de la pêche, Porto-Novo, Benin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: *Gambari-lifin* is a flour obtained from the shelled and corn. This flour is used to prepare the dough consumed with a sauce. It can also be used, mixed with the wheat flour, in pastry and in bakery. A rapid diagnosis achieved in Porto-Novo, Missérété and Sakété in Benin, permitted to identify three different technologies of production of *gambari-lifin* that differ according to the process and the type of equipment used for the shelling. But the characterization of flours obtained from these three technologies reveals light differences from a physico - chemical point of view (d.m : 85.59 to 90.24 %; ash: 0.07 to 0.52 %; fiber: 0.019 to 0.033 %; lipids: 0.03 to 0.71 %: particle size: 33% to 75% for an opening of stitch of 200µm) and microbiological (lactic acid bacteria: 10^2 to 4.10^4; total coliforms 10^2 in $6,9.10^3$ CFU/g; yeasts and fungus 10^2 in L: 30 CFU/g; M :$1,36.10^4$ CFU/g). The shelling, the soaking and the drying constitute the main critical point of the technology susceptible to affect the quality of *gambari-lifin*. The works on the standardization of this flour permitted to reduce the time of soaking to 16 h instead of 24h or 36h observed for the traditional technologies. Moreover, the use of the hybrid drier (solar drier) permits to dry flour faster with a gain of time of 2 hours at least as compared with the traditional method of drying (sun drying) and protect the flour against environment contamination.

KEYWORDS: *Gambari-lifin*, corn, processes, quality, Benin.

RESUME: *Gambari-lifin* est une farine obtenue à partir du maïs décortiqué et dégermé. Cette farine est utilisée pour préparer une pâte cuite consommée avec divers sauces. Elle peut être aussi utilisée, mixée avec la farine de blé, en pâtisserie et en boulangerie. Un diagnostic rapide réalisé dans la région de Porto-Novo, Missérété et Sakété ont permis d'identifier trois différentes technologies de production de *gambari-lifin* qui diffèrent suivant le procédé et le type d'équipement utilisé pour le décortiqué. La caractérisation des farines issues de ces trois technologies a révélé de légères différences du point de vue physico-chimique (matière sèche : 85,59 à 90,24 % ; cendre : 0,07 à 0,52 % ; fibres : 0,019 à 0,03% ; lipides : 0,03 à 0,7% ; granulométrie : 33% à 75% pour une ouverture de maille de 200µm) et microbiologique (bactéries lactiques : 10^2 à $4,10^4$; coliformes totaux 10^2 à $6,9.10^3$ CFU/g ; levures et moisissures 10^2 à L :30 CFU/g ; M :$1,36.10^4$ CFU/g). Le décortiqué, le trempage et le séchage constituent les principaux points critiques de la technologie susceptibles d'affecter la qualité de *gambari-lifin*. Les travaux de standardisation de cette farine ont permis de réduire le temps de trempage à 16h au lieu de 24h ou 36h observée pour les technologies traditionnelles. De plus l'utilisation du séchoir hybride permet de vite sécher la farine avec un gain de temps de 2h au moins par rapport à la méthode traditionnelle et protège la farine contre les contaminations environnementales.

MOTS-CLEFS: *Gambari-lifin*, maïs, procédés, qualité, Bénin.

1 INTRODUCTION

Le maïs est la céréale la plus consommée au Bénin, loin devant le riz et le sorgho. En effet, cette céréale s'intègre aux habitudes alimentaires de toute la population béninoise mais à des degrés divers [1]. La consommation moyenne par habitant et par an varie de 69 à 103 kg [2]. Une centaine de produits dérivés dont quatre-vingt-treize (93) recettes de mets et sept (07) de boissons à base de maïs ont été identifiés dans les systèmes de consommation alimentaire du Bénin [3], [4]. Cette diversité montre l'enracinement culturel profond du maïs et de ses produits dans les habitudes alimentaires [5]. En général, la préparation de ces produits issus du maïs reste encore artisanale et la technique de préparation se transmet de mère en fille [6]. L'un de ces produits dérivés du maïs qui était pendant longtemps négligé mais particulièrement d'intérêt pour certaines communautés est le *gambari-lifin*. Le *gambari-lifin* serait originaire du Mali /ou et du Niger. C'est une farine prestigieuse qu'on utilise au cours des événements spéciaux (cérémonies de mariage, de décès et autres fêtes particulières) pour préparer diverses pâtes prêtes à être consommées avec la sauce. La production de *gambari-lifin* repose sur des techniques artisanales de transformations pratiquées couramment dans la ville de Porto-Novo et ses environs [7]. Ainsi, comme tout aliment transformé de manière artisanale, la production de *gambari-lifin* est sujette à de nombreuses contraintes dont notamment une variabilité au niveau de la qualité de la farine due à la diversité des procédés de production et la non maîtrise des paramètres technologiques [8]; la méthode de séchage à l'air libre qui constitue une source importante de contamination microbienne pour le produit. Très peu d'études ont été consacrées au *gambari-lifin*. La référence [7] a testé au cours de ses travaux, l'effet de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique du *gambari lifin*. D'autres travaux ont démarré au Programme Technologies Agricole Alimentaire (PTAA) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) pour la valorisation du *gambari-lifin* en panification et pâtisserie. La présente étude vise l'évaluation et l'amélioration des techniques traditionnelles existantes de production de *gambari-lifin* pour une meilleure qualité du produit fini.

2 MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MATÉRIELS

Le maïs des variétés locales est la matière première utilisée. Les variétés locales les plus utilisées sont le chankpot (TZPB) (communément appelée maïs de Parakou), gangan et èlèkpèlè ainsi nommés en langue locale au Sud du Bénin. Les principaux équipements utilisés sont une décortiqueuse Engelberg et un moulin à meules. La décortiqueuse et le moulin à meules sont actionnés par un moteur électrique. Un séchoir hybride utilisant l'énergie solaire et l'énergie de gaz combustible a été utilisé pour le séchage de la farine.

2.2 MÉTHODOLOGIE

Pour atteindre l'objectif fixé l'étude a été déroulée en différentes étapes à savoir :

- Diagnostic rapide auprès de plusieurs transformatrices de maïs dans les quartiers de Porto-Novo, de Misséré et de Sakété pour identifier les différents procédés de production de *gambari-lifin* ;
- Suivi technologique de production de *gambari-lifin* à partir des différents procédés technologiques existants ;
- Détermination des caractéristiques et comparaison de la qualité des farines de *gambari-lifin* issues des différents procédés technologiques existants ;
- Amélioration des paramètres technologiques (durée de trempage et séchage) du procédé traditionnel de production du *gambari-lifin*.

2.2.1 ENQUETE DIAGNOSTIC

Le diagnostic a été réalisé à travers des interviews non structurés avec différentes productrices de *gambari lifin* de la ville de Porto-Novo, de Misséré et de Sakété ; mais aussi avec des personnes ressources. A cet effet, un questionnaire a été conçu pour collecter des informations sur les pratiques de production de *gambari- lifin* (procédés et équipements utilisés).

2.2.2 SUIVI ET CARACTERISATION DES TECHNOLOGIES EXISTANTES DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN*

Le suivi des technologies a été effectué auprès de trois transformatrices professionnelles sur leur site de production. Les paramètres tels que la description des opérations unitaires, les ingrédients utilisés, la durée de production et le rendement suite au bilan des matières ont été enregistrés pour permettre la caractérisation des technologies.

2.2.3 DETERMINATION DES POINTS CRITIQUES DURANT LES PROCÉDES DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN*

La détermination des points critiques a été faite en identifiant tout au long du processus, les étapes qui pourraient être à l'origine de l'altération de la qualité du produit final.

2.2.4 ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES

La couleur des farines a été mesurée avec un chromamètre Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing, Inc, Osaka, Japan) d'après la méthode décrite dans [9]. L'appareil a été étalonné avec une céramique blanche de référence dont les coordonnées de couleur sont : $Y= 93,2$; $x= 0,3161$ et $y= 0,3329$; les mesures ont été réalisées en système L^* , a^* , b^* avec :

- L^* représentant la luminance ou la clarté variant de 0 pour le noir absolu à 100 pour la couleur blanche ;
- a^* l'indice de saturation en rouge variant de +60 pour la coloration rouge à -60 pour la coloration verte et
- b^* l'indice de saturation en jaune variant de +60 pour la coloration jaune à -60 pour la coloration bleue.

La granulométrie a été déterminée sur des échantillons de 100g de farine qui ont été tamisées avec un ensemble de deux tamis superposés d'ouverture de maille croissante : 125 μ m, 200 μ m. A l'aide d'un pinceau, on remue la farine pendant 10 minutes pour faire passer à travers les mailles les grains fins (temps nécessaire pour tamiser 100g la farine de blé pris comme référence). Le pourcentage passant (PP) de l'échantillon à travers chaque tamis a été déterminé.

La teneur en matière sèche et la teneur en cendres brutes des échantillons ont été déterminées [10]. La teneur en lipides bruts a été déterminée suivant la méthode de Soxhlet [10].

Le pH et de l'acidité titrable ont été déterminés en utilisant la méthode décrite dans [11].

Pour la détermination de la teneur en fibres, la méthode de Weende a été utilisée [12].

2.2.5 ANALYSE MICROBIOLOGIQUE

Après les dilutions décimales des échantillons de *gambari lifin* dans de l'eau peptonée salée faite de 0,1% de peptone bactériologique (Oxoid LP 0037, Basingstoke, Hampshire, England) et de 0,8% de NaCl (Avondale Labs, Branbury, Oxon., England), les coliformes totaux ont été dénombrés en boîtes de pétri sur le milieu de culture Violet Red Bile Glucose Agar (VRBG; Oxoid CM 485, England) après 48 heures d'incubation en anaérobiose à 30°C. Les bactéries lactiques ont été dénombrées sur la gélose de Man, Rogosa and Sharp (MRS agar; Oxoid CM 361) après 48 heures d'incubation en anaérobiose à 30 °C. Les levures et moisissures ont été dénombrées sur le milieu Malt Yeast Glucose Peptone (MYGP) gélosé [3 g/l d'extrait de Malt (Oxoid LP 39), 3 g/l d'extrait de Levure (Oxoid LP 21), 10 g/l de Glucose (Merck), 5 g/l de Peptone Bactériologique (Oxoid LP 37) et 20 g/l d'agar (Oxoid LP 11)] supplémenté de chloramphénicol à 1 % après 48 à 72 heures d'incubation à 28 °C. Les dénombrements ont été réalisés en double sur les boîtes contenant entre 30 et 300 colonies.

2.2.6 AMELIORATION DES OPERATIONS DE DECORTICAGE, TREMPAGE ET SECHAGE

Les tests ont été réalisés sur les trois principales opérations qui ont un impact sur la qualité et le rendement du *gambari-lifin*. Il s'agit du décortilage du maïs (type de machine utilisé), le trempage des gritz (durée de trempage) et le séchage (mode de séchage).

Pour le décortilage, 50 kg de grains de maïs ont été traités. La moitié, soit 25 kg de maïs a été décortiquée suite à un concassage par un moulin à maïs type REX, et la deuxième moitié par la décortiqueuse de type Engelberg. A la fin de l'opération, le temps de décortilage, le rendement en gritz et les taux de décortilage ont été déterminés.

Pour les tests de trempage des gritz dans l'eau, six (06) durées ont été appliquées. Il s'agit de trempage des gritz pour 4 h, 8h 12h 16h, 20h et 24h. Lors de ce trempage le pH a été mesuré toutes les heures et après chaque durée les gritz trempés

ont été moulus et le rendement en farine a été déterminé. La facilité à la mouture a été également enregistrée par l'appréciation des transformatrices ayant participées aux essais.

Enfin, pour le séchage du *gambari lifin*, la méthode de séchage traditionnelle par exposition directe aux rayons solaires a été comparée au séchage avec l'utilisation du séchoir hybride pour le séchage des différents échantillons. La température et la teneur en eau de la farine lors du séchage ont été mesurées à chaque heure jusqu'à ce que les farines atteignent une teneur en de 12%.

A la fin du séchage les analyses physico-chimiques (teneurs en cendres, lipides, et acide lactique) et microbiologiques (flore totale, coliformes totaux et moisissures) ont été effectuées afin d'apprécier la qualité sanitaire des échantillons de farine issus des deux modes de séchage.

2.2.7 ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats d'analyses ont été traités à l'aide du tableur Microsoft Excel 2007. Les moyennes et écarts-type ont été calculés. La comparaison des moyennes a été faite par l'analyse de variance (ANOVA) en utilisant le logiciel SPSS.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

3.1 TECHNOLOGIES ENDOGENES DE TRANSFORMATION DE *GAMBARI-LIFIN*

La production de *gambari-lifin* est une activité surtout pratiquée par les femmes au Bénin dont les connaissances technologiques sont surtout ancestrales (85% de productrices). Cependant des hommes interviennent quelques fois dans les opérations de décortilage/dégermage et de mouture en prestation de service. Par ailleurs, l'enquête diagnostique a permis de découvrir qu'il existe au Bénin, trois procédés d'obtention de *gambari-lifin*. Parmi les trois technologies trouvées, la plus répandue est pratiquée par 70% des productrices et les deux autres technologies sont pratiquées par les 10% et 20% des productrices restantes. Les deux dernières technologies sont peu répandues et ont été découvertes dans les régions de Missérété (10% des transformatrices) et de Sakété (20% des transformatrices). Le diagramme ci-dessous (Figure 1) retrace les étapes de production du *gambari-lifin* par la technologie la plus répandue dénommée ici la technologie A.

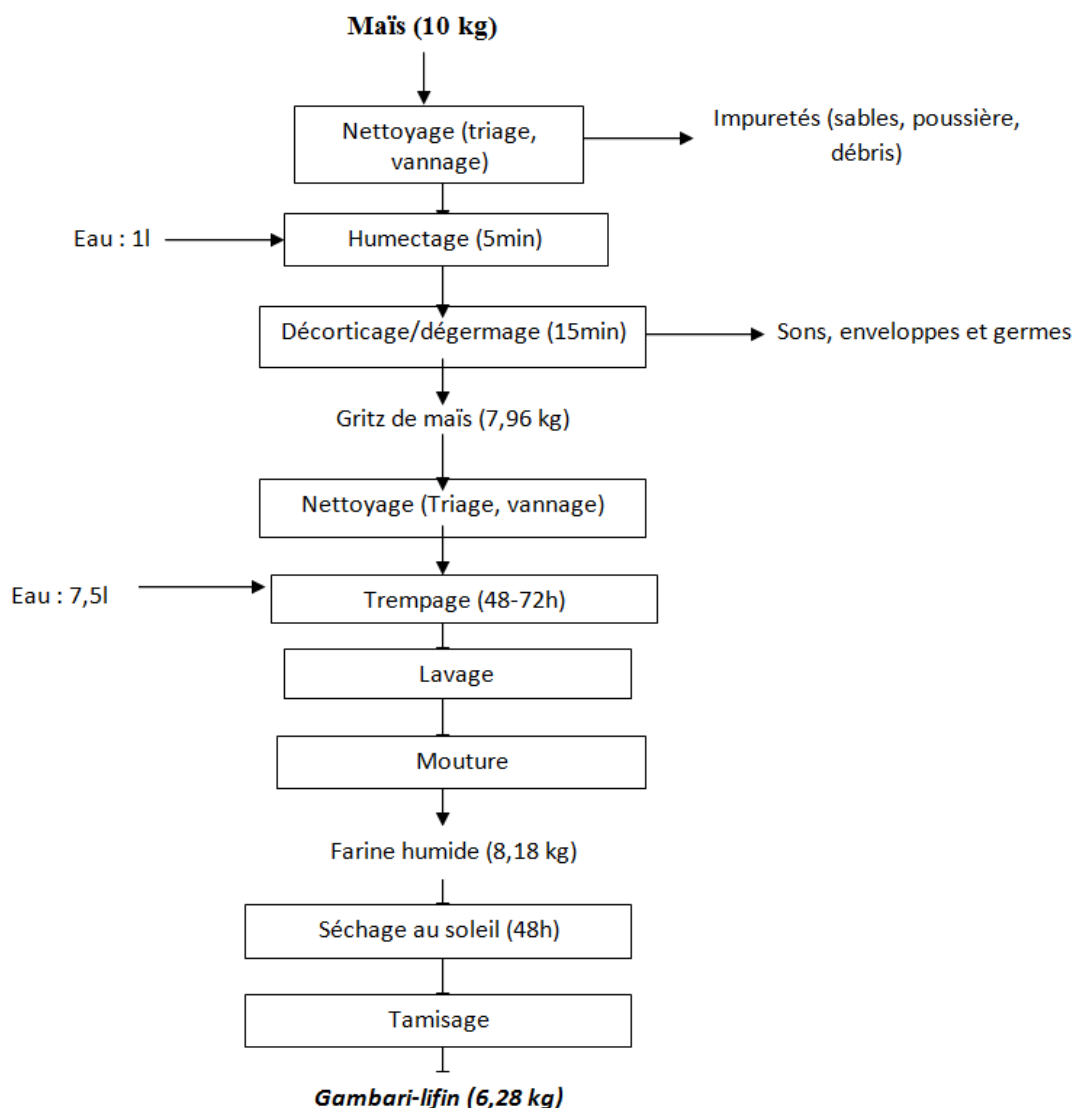


Figure 1 : Diagramme technologique de gambari-lifin (technologie A)

Cette technologie (A) est la plus répandue et est dite 'technologie ordinaire'. Pour cette technologie les grains de maïs sont triés, humectés et décortiqués avec le décortiqueuse Engelberg. Après décorticage, on obtient des gritz qui sont trempés pendant 48h à 72h selon chaque transformatrice. Les gritz sont ensuite égouttés puis moulus pour obtenir la farine humide. Cette farine humide est séchée au soleil soit sur des nattes soit sur des toiles noires pendant au moins 24h puis enfin tamisée.

Pour la seconde technologie découverte à Misséréte et pratiquée par 10% des productrices (technologie B), les grains de maïs sont triés, lavés et concassés au moulin à meule. On sépare le mélange obtenu en trois parties à savoir la farine fine, les gritz et les sons. Les gritz sont trempés dans l'eau pendant 24 h environ et ensuite égouttés. La farine fine est ensuite mélangée aux gritz humide et l'ensemble est moulu pour obtention de la farine humide. Cette farine humide est ensuite séchée au soleil sur une à deux toiles noires étalées à même le sol. Le séchage dure en moyenne 24 h. Après le séchage, la farine sèche est moulue au moulin deux à trois fois et ensuite tamisée pour l'obtention du *gambari-lifin*.

Dans le cas de la troisième technologie découverte à Sakété et pratiquée par 20% des productrices (Technologie C), les grains de maïs sont trempés dans l'eau pendant environ 1 h puis concassés au moulin. On sépare le mélange obtenue en deux parties à savoir les gritz et les sons. Les gritz sont ensuite mis sur une toile noire puis séchés au soleil. Les gritz secs sont moulus au moulin et la farine obtenu est ensuite tamisée pour obtention du *gambari-lifin*.

3.2 CARACTERISTIQUE DES DIFFERENTES TECHNOLOGIES DE PRODUCTION DE GAMBARI LIFIN

Les trois technologies de production de gambari-lifin identifiées ont été caractérisées par rapport à la nature de chaque opération unitaire, leur durée, les produits intermédiaires obtenus et les rendements des produits. Les tableaux 1, 2 et 3 présentent le bilan des matières des trois (3) technologies.

Tableau 1 : Bilan des matières et rendement de la technologie A

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (min)
Nettoyage (triage, vannage)	maïs grains nettoyés	10	96,80	20
Humectage	maïs grains mouillés	10	110	5
Décorticage-Dégermage	Gritz de maïs + sons	8,08	80,86	30
Nettoyage (triage, vannage)	Gritz nettoyé	7,96	98,44	10
Trempage	Gritz trempé	13,7	172,11	2160
Lavage et égouttage	Gritz lavé et égoutté	13,5	98,54	30
Mouture	Farine humide	8,18	60,59	30
Séchage	Farine séchée	6,90	84,62	2880
Tamissage	Gambari lifin	6,28	89,98	69
Global	-	-	62,80	5234

Tableau 2: Bilan-matière et rendement de la technologie B

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (minutes)
Nettoyage (triage, vannage)	Maïs grain propre	10	94,78	80
Lavage	Maïs grain lavé	10,5	105	5
Concassage	Gritz de maïs + sons	9,75	92,85	15
Nettoyage (triage, vannage)	Gritz de maïs	8,75	89,74	25
Lavage/Tamissage/	Gritz lavé	8,82	100,8	60
Trempage	Gritz trempé	11,33	128,45	1380
Egouttage	Gritz égoutté	10,88	96,02	60
Mouture	Farine humide	9,02	82,90	1080
Séchage	Farine séchée	7,67	85,03	4320
Mouture	Farine moulue	6,4	83,44	10
Tamissage	Gambari lifin	6,14	95,93	67
Global			61,40	7102

Tableau 3 : Bilan-matière et rendement de la technologie C

Opérations	Produits intermédiaires	Quantité (kg)	Rendement de chaque opération (%)	Durée par opération (mn)
Nettoyage (triage, vannage)	Maïs grain propre	10	96,15	45
Lavage	Maïs lavé	10,4	113,13	3
Trempage	Maïs trempé	11,80	96,41	50
Egouttage	Maïs égoutté	11,40	98,27	5
Concassage	Gritz de maïs + sons	10,00	114,03	14
Lavage	Gritz lavé	9,60	89,23	33
Séchage	Gritz séché	7,2	62,06	2940
Mouture	Gambari lifin	5,80	91,66	10
Global		-	58	3100

De l'analyse comparative des trois (03) procédés d'obtention de *gambari-lifin*, en plus de la durée de production qui a varié en fonction de la technologie et suivant le soin apporté par chaque transformatrice, certaines opérations unitaires sont aussi différentes et peuvent avoir un impact sur la qualité du *gambari-lifin*. Il s'agit des opérations de décortilage, de trempage et de séchage. En effet, la technologie A pour laquelle s'effectuent le décortilage et le dégermage ne requiert pas un lavage des gritz long et fastidieux observé pour les deux autres technologies (B et C). A l'opposé, ces deux dernières technologies donnent une farine plus fine car le concassage fragmente les grains en de petites particules contrairement au décortilage dans le cas de la technologie A. Le Tableau 4 présente les spécificités des trois technologies et la qualité physique des farines obtenues.

Tableau 4 : Spécificités des trois technologies de production de gambari-lifin découvertes

Technologies	Durée	Opérations unitaires spécifiques	Qualités physiques de la farine selon les transformatrices
Technologie A	2 jours selon le degré de l'ensoleillement	Humectage des grains de maïs, décortilage/dégermage des grains	Moins fine et blanche
Technologie B	4 à 5 jours selon le degré de l'ensoleillement	Lavage des grains de maïs, concassage, pilage des gritz grossiers, triple mouture après séchage	Très fine et plus blanche
Technologie C	1 jour	Trempage des grains de maïs, séchage et mouture des gritz	Très fine et blanche

En terme de rendement global de production de *gambari-lifin*, il a été constaté que la technologie A a un rendement de 62,80% légèrement inférieur à celui de la technologie B qui est de 61,4% et celui de la technologie C qui est de 58,0%.

3.3 POINTS CRITIQUES ET MESURE PREVENTIVES LORS DU PROCESSUS DE PRODUCTION DE *GAMBARI LIFIN*

Le suivi technologique des différents procédés d'obtention de *gambari lifin* a permis d'identifier 05 points critiques (Tableau 5). A chacun de ces points critiques des mesures préventives ont été proposées dans la perspective d'obtenir une farine de *gambari-lifin* de bonne qualité.

Tableau 5 : Points critiques des trois technologies de production de gambari-lifin et mesures de contrôle pour l'assurance de la qualité

N°	Points critiques	Effet sur le produit	Mesures préventives
1	Décorticage	Si mal fait : le rendement est faible et la farine grossière	Assurer la maintenance de l'équipement et opter pour l'équipement approprié
2	Durée de trempage	Durée longue entraîne un rendement faible et complique la mouture ; acidifie les gritz	Durée de trempage doit être convenable
3	Durée de séchage	Trop courte entraîne durée de conservation pas assez longue. Trop longue entraîne une farine avec un taux d'humidité faible ce qui n'arrangerait pas la transformatrice qui en fait une activité génératrice de revenu	Définir le temps nécessaire pour sécher
4	Conditions environnementales du séchage	Risque de contamination du produit par les corps étrangers et micro-organisme pathogènes et d'altération	Utiliser un séchoir adapté pour éviter de sécher la farine à ciel ouvert
5	Stockage	Conditionnement dans les papiers de ciments	Produire des emballages appropriés

3.4 CARACTERISTIQUE PHYSICO-CHIMIQUE DES FARINES DE *GAMBARI-LIFIN* ISSUES DES TROIS TECHNOLOGIES DECOUVERTES

Granulométrie des farines : La Figure 2 indique en fonction de la technologie la répartition de la taille des particules des différentes farines.

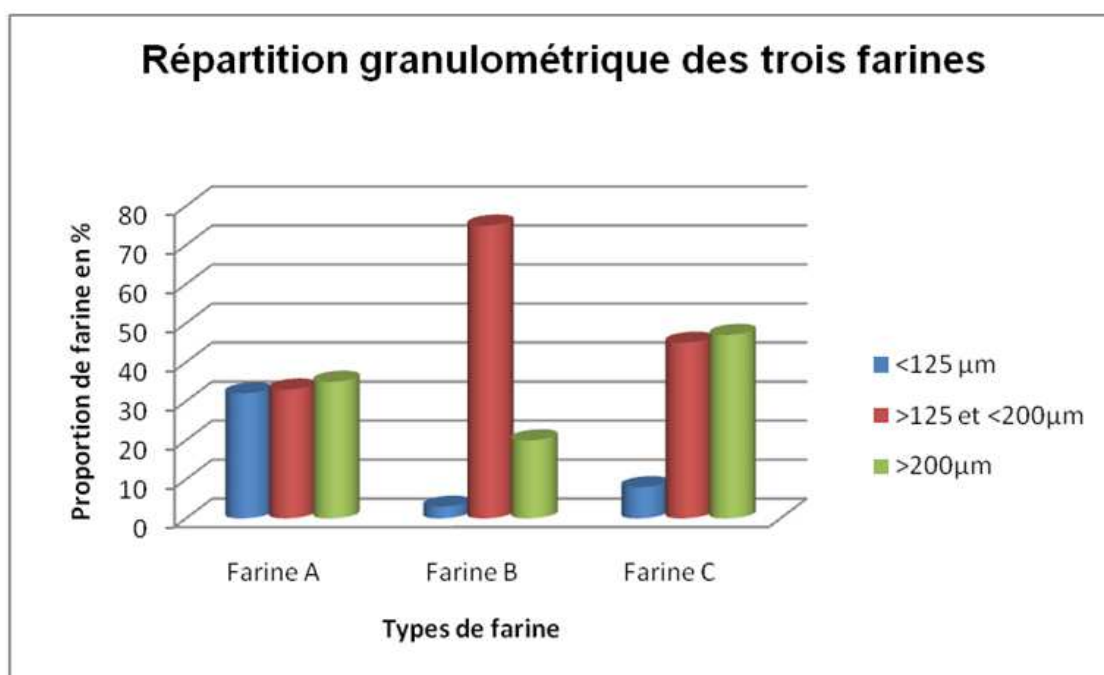


Figure 2 : Répartition granulométrique des trois farines de gambari-lifin

Ainsi, pour une ouverture de mailles de 200μm, le pourcentage de passage est d'environ 33% pour la farine issue de la technologie A, de 75% pour la farine issue de la technologie B et de 45% pour la farine issue de la technologie C. Et pour une ouverture de 125 μm le pourcentage de passage est d'environ 32% pour la farine A tandis qu'il est de 3% pour la farine B et de 8% pour la farine C. Ces résultats montrent que la farine B est plus uniforme et fine que les farines A et C qui semblent

moins uniformes en terme de granulométrie. La farine B a une granulométrie plus proche de celle de la farine de blé contrairement aux deux autres. En effet, la farine de blé prise dans cette analyse comme référence a un taux de 90% de particules dont le diamètre est inférieur à 200 µm. Toutefois, il y a le besoin que la farine B soit encore plus homogène par rapport à la finesse des particules pour respecter la norme pour une farine de maïs panifiable (farine uniforme et de granulométrie < 200 µm).

Couleur des farines : La couleur est un facteur d'apparence qui conditionne les choix des consommateurs ; ainsi les paramètres de couleur des différentes farines de *gambari-lifin* obtenues sont consignés dans le Tableau 6.

Tableau 6 : Couleur des farines de gambari lifin issues des trois procédés

Couleur	Farine issue de la technologie A	Farine issue de la technologie B	Farine issue de la technologie C
L* (%)	89,61±0,01	91,31±0,02	90,67±0,02
a* (%)	-2,01±0,00	-2,11±0,00	-2,05±0,00
b* (%)	7,03±0,00	5,37±0,01	5,93±0,00
ΔE (%)	5,81±0,01	3,66±0,01	4,44±0,02

Il ressort de l'analyse de ce tableau que les farines avec une valeur L* (luminance) respective de 91,31%, 90,67% et 89,61% sont blanches. Ces valeurs sont proches de celle obtenue par d'autres auteurs [13] qui donnaient une luminance de 90,02% pour la farine de maïs. Ces valeurs sont aussi largement supérieures à celle obtenue sur les farines de maïs entier (85,1%) [14] et à celle de 86,12% obtenue comme luminance [7]. L'observation des résultats montre qu'à priorité la farine issue de la technologie B est la plus blanche, suivie de celle de la technologie C et enfin celle de la technologie A qui est la moins blanche. Ces résultats peuvent être justifiés par le fait des différentes étapes de lavage au niveau des technologies B et C. La référence [13] a montré que la luminance croit en fonction de la finesse de la granulométrie de la farine. Ainsi le fait que la farine issue de la technologie B soit blanche pourrait être aussi lié à la granulométrie fine que présente cette farine. La blancheur et la finesse sont, de façon générale, des critères de qualité qui déterminent l'acceptabilité d'une farine céréalière sèche. Les deux paramètres sont étroitement liés [14] ; la farine apparaît d'autant plus blanche qu'elle est plus fine [13].

3.5 TENEUR EN MATIERE SECHE, EN CENDRES, EN FIBRE, EN LIPIDES ET EN ACIDE LACTIQUE

Les teneurs en matières sèches témoignent de l'humidité relative du produit ou du degré de séchage qui est déterminant dans la conservation du produit. Les teneurs en acide lactique témoignent de l'acidité du produit final résultant d'un séchage trop lent qui favoriserait le démarrage d'une fermentation lactique du produit. Les autres paramètres tels que les teneurs en fibres en cendres et lipides sont mesurés et les résultats présentés dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Composition chimique des farines de gambari-lifin issues des 03 technologies découvertes lors de la présente étude

Composition (%)	Farine A	Farine B	Farine C
Matière sèche	85,59±0,01	88,79±0,01	90,24±0,02
Cendres	0,52±0,01	0,18±0,01	0,07±0,00
Fibres	0,019±0,00	0,033±0,01	0,026±0,01
Lipides	0,3±0,01	0,7±0,01	0,03±0,01
Acide lactique	0,060±0,000	0,077±0,00	0,40±0,00

La teneur en matières sèches varie en moyenne de 85,59% à 90,24% selon la technologie appliquée. La farine issue de la technologie C paraît plus sèche que les deux autres farines ce qui a pour corollaire sa teneur en matière sèche plus élevée. Cela se justifie en se référant aux durées de trempage au niveau de chaque technologie. Ces résultats se rapprochent des valeurs seuils de la norme Codex Alimentarius qui fixe à environ 89% la teneur en matière sèche de la farine de maïs entier et à environ 85% celle de la farine de maïs dégermée et décortiquée [15]. En comparant les teneurs en cendres à celle de la farine de maïs entier qui est de 1,3% ([16], des pertes seraient intervenues au niveau des farines issues des technologies A, B et C mais ces valeurs en cendres respectent la norme du Codex Alimentarius (cendres inférieures à 1% pour les farines cérésières) [15]. Ces faibles valeurs de cendres enregistrées sont probablement liées à l'intensité des activités de décorticage/dégermage, lavage et tamisage. La disparité entre la teneur en cendres de la farine issue de la technologie A et

celles des farines issues des technologies B et C est essentiellement due à l'inefficacité du décortilage mais aussi au mauvais lavage des gritz avant trempage. Les taux de fibres et de lipides sont significativement faibles dans les trois farines. En se référant à la norme du Codex Alimentarius [15], ces valeurs doivent être supérieures à 2,25%. Par contre la teneur en acide lactique de la farine issue de la technologie C semble plus élevée (0,4) à celle des deux autres farines qui sont respectivement de 0,077 pour B et de 0,06 pour A. Ces écarts s'expliquent par le fait qu'à l'opposé des autres farines, la farine issue de la technologie C ne passe pas par le trempage du gritz.

Du point de vue chimique, les trois farines issues des trois différentes technologies ont des caractéristiques d'une farine qui peut être utilisée en panification. En effet suivant la référence [16] une farine panifiable doit avoir les caractéristiques suivantes : les teneurs en lipides < 12%, cendres <1%, fibres < 1%, acide lactique <1% conformément aux recommandations.

3.6 QUALITE MICROBIOLOGIQUES DES FARINES DE GAMBARI-LIFIN

Le dénombrement de la flore bactérienne, de la flore lactique et de la flore microbienne dans les échantillons des trois farines collectées sur le terrain a donné les résultats consignés dans le tableau 8.

Tableau 8: Comparaison de la qualité microbiologique des trois farines de gambari-lifin

Flores microbiennes (CFU/g)	Normes	Farine A	Farine B	Farine C
Bactéries lactiques		4.10^4	$1,4.10^3$	$<10^2$
Coliformes totaux	$<10^2$	$6,9.10^3$	$4,3.10^3$	$<10^2$
Levures et moisissures	$<10^2$	L :< 30 ; M : 9.10^3	L :< 30 ; M : $1,36.10^4$	$<10^2$

NB : L=levures et M=moisissures

Ces résultats montrent que la farine issue de la technologie C ne contient pas de micro-organismes détectables ; les levures sont pratiquement absentes tandis que les bactéries lactiques et les coliformes sont présents dans les farines issues des technologies A et B. Le fait que la flore des farines A et B constituée de bactéries lactiques à des taux plus élevés que dans la farine C, justifie le degré d'acidité plus élevé dans le cas des farines A et B. Le faible taux d'acidité et la faiblesse de la charge en bactéries lactiques de la farine C seraient liés à la faible durée de trempage dans l'eau appliquée à cette technologie. Une présence à des proportions anormales de coliformes totaux jusqu'à 10^3 pour les farines A et B a été également notée. Ces coliformes sont des indices d'une contamination justifiant ainsi d'un manque d'hygiène et d'une contamination probable lors du séchage (séchage traditionnel et à ciel ouvert) qui dure plus au niveau de ces deux technologies A et B (48 h et 72 h respectivement) comparativement à la technologie C (24 h), ce qui réduit la durée d'exposition du produit à la contamination par la poussière et autres débris de l'environnement. Le nombre considérable de moisissures dans les farines B et A témoigne d'un risque d'altération à court terme de ces farines [17]. Dans le cas de la technologie C, le trempage n'étant pas long et se faisant sur des gritz entiers, on assiste à une faible absorption d'eau et un séchage plus rapide du produit ne permettant pas une prolifération des moisissures.

La technologie de la farine A étant la plus pratiquée par la majorité des acteurs, il était nécessaire de conduire des travaux de recherche pour son amélioration. Cette amélioration a porté sur la durée de trempage des gritz et le mode de séchage afin d'avoir un *gambari-lifin* qui répond au goût des consommateurs et ne soit pas contaminé par les micro-organismes pathogènes qui infectent le produit lors du séchage.

3.7 AMELIORATION DU PROCEDE DE PRODUCTION DE GAMBARI-LIFIN

Opération de décortilage : L'opération de décortilage des grains de maïs pour avoir des gritz constitue l'une des variantes des procédés de production du *gambari-lifin*. La comparaison des deux (2) équipements (décortiqueuse Engelberg et moulin à maïs) a montré que le rendement obtenu en gritz pour la décortiqueuse Engelberg est de $85\pm 0,02\%$ contre $55\pm 0,01\%$ pour le moulin (moulin à meules) à maïs utilisé pour le décortilage. Le résultat obtenu avec l'Engelberg est proche de celle obtenue par d'autres auteurs au Cameroun [18] qui avaient rapporté un rendement de gritz de 80% pour la même machine. Par ailleurs le taux obtenu avec le moulin à meules est proche de celles obtenues d'autres auteurs au Bénin [19] qui ont trouvé des rendements de 61% pour la décortiqueuse de type Mini-PRL. Ces résultats montrent l'efficacité de la décortiqueuse de type Engelberg par rapport au moulin à meules lors de l'opération de décortilage.

Opération de trempage des gritz : Selon la référence [7], la durée de trempage des gritz de maïs avant mouture observée par les transformatrices de *gambari lifin* varie entre 24 h et 40 h. Ceci induit la variabilité de la qualité de la farine en termes de degré d'acidité, la qualité de la mouture et autre. En utilisant les gritz issus du décorticage avec Engelberg, il a été observé que plus les gritz durent trop longtemps dans l'eau, plus la farine s'acidifie et que la mouture de ces gritz trop humide est difficile affectant ainsi le rendement. Dans le cadre de cette étude, les durées de trempage appliquées ont révélé qu'un trempage des gritz de 16 h donne le meilleur résultat. Avec l'évolution de la durée de trempage, il a été observé la diminution de pH qui est passé de 6 à 3,96 à 16 h de trempage. A 20 h et à 24 h de trempage, le pH a chuté à 3,6 et à 3,4 rendant ainsi les milieux plus acides. La mouture de ces gritz donnera alors des farines de *gambari-lifin* plus acide. Une telle farine n'est pas recherchée par les consommateurs.

Opération de séchage de gambari-lifin : Le séchage du *gambari-lifin* par l'utilisation du séchoir hybride a amélioré la qualité du produit fini. Avec la farine obtenue des gritz trempés pendant 16h, Il a été constaté une réduction de 2 h de la durée de séchage par rapport à la technologie traditionnelle. De plus le produit est protégé contre toute sorte de contamination environnementale. Les qualités physico-chimiques des farines issues de l'utilisation de la méthode traditionnelle et la méthode améliorée de production du *gambari-lifin* avec sont présentées dans le Tableau 9.

Tableau 9 : Caractéristiques des échantillons des gambari-lifin obtenus par la méthode traditionnelle (MT) et la méthode améliorée avec séchoir hybride (MA)

Composition (%)	MT	M.A
Matière sèche	85,59±0,01	84,79±0,01
Cendres	0,52±0,01	0,18±0,01
Lipides	0,3±0,01	0,13±0,01
Acide lactique	0,077±0,00	0,060±0,000

Les valeurs (Tableau 9) sont proches même si on constate une légère hausse des cendres lipides et matières sèches dans le *gambari-lifin* issu du séchage traditionnelle. Ceci indique ces deux méthodes n'entraînent pas une différence significative ($p > 0,05$) sur les qualités physico-chimique de la farine. Par contre, d'autres travaux [20] ont montré l'effet de quatre types de séchage (y inclut séchage solaire direct et séchage solaire indirect) sur la qualité nutritionnelle d'un fruit.

Par rapport à la qualité microbiologique des farines de *gambari-lifin* issues des deux types de séchage, il a été observé une réduction considérable de la flore totale, des coliformes totaux et des moisissures avec le séchage amélioré (Tableau 10). Les valeurs obtenues respectent les normes Codex Alimentarius [15]. Ceci n'a pas été le cas pour la farine séchée avec la méthode traditionnelle ou le produit est très contaminé par la flore totale, les coliformes totaux et les moisissures après le séchage.

Tableau 10 : Qualité microbiologique des farines de gambari-lifin obtenus par la méthode traditionnelle (MT) et la méthode améliorée avec séchoir hybride (MA)

Flores microbiennes (CFU/g)	norms Codex	M.T	M.A
Flore totale	$< 5.10^6$	8.10^8	$2,4.10^4$
Coliformes totaux	$< 10^3$	$6,9.10^3$	< 1
Moisissures	$< 5.10^3$	9.0^3	$2,10^2$

Ces résultats suggèrent que le séchage traditionnel tel qu'il se pratique par les transformatrices doit être décommandé au profit de la promotion des séchoirs solaires qui non seulement accélèrent le séchage mais aussi protège le *gambari-lifin* contre la contamination microbienne.

4 CONCLUSION

Trois technologies traditionnelles de production de *gambari-lifin* sont en usage dans la région de Porto-Novo, Misséréte et Sakété au sud-est du Bénin. Ces technologies diffèrent les unes des autres, surtout par les équipements utilisés pour l'opération de décorticage et aussi par certaines opérations telles la durée de trempage et la méthode de séchage de la farine. Ainsi, ces variantes influent sur la qualité du produit qui n'est pas standard. L'amélioration de ces technologies de

production de *gambari-lifin* recommande l'utilisation de la décortiqueuse de type Engelberg pour la production de gritz, le trempage de ces gritz dans l'eau pour 16 h de temps et le séchage de la farine moulue à l'aide d'un séchoir hybride ou tout autre séchoir solaire qui protège le produit contre les contaminations environnementales.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu financièrement par le Centre National de Spécialisation sur le Maïs du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest au Bénin (CNS-Maïs /PPAAO-Bénin). Nos remerciements à l'endroit de Mr. Jean MONHOUANOU pour la lecture de cet article.

REFERENCES

- [1] Adegbola P.Y. et Aloukoutou A., 2011. Compétitivité du maïs au Bénin, Programme de Renforcement et de Recherche sur la Sécurité Alimentaire en Afrique de l'Ouest (PRESAO), Rapport final N° 1-2011-11. PRESAO/INRAB.13p.
- [2] Sodjinou E., Adegbola P.Y., Zinsou J. et Oloukoi L., 2008. Stratification des systèmes de production des filières riz et maïs au Bénin. PAPA/INRAB-ADRAO, 46p.
- [3] Nago C.M., Thuiller C. et Hounhouigan D.J., Etude des systèmes techniques de transformations artisanales du maïs au Bénin. In : Alimentation, techniques et innovations dans les régions tropicales. Actes des journées scientifiques du CIRAD, Montpellier, Novembre 1992, Coordinateur : Muchnik J., Eds : l'Harmattan, pp.385-404., 1993.
- [4] Adjadi O., Lokossou C., Azéloknonon O. G., Bankol C. D., Djinadou A. K. A., AhoyoAdjovi R. N. et Adjanohoun A., 2015. Recueil de mets et de boissons à base de maïs consommés au Bénin. INRAB & PPAAO/WAAPP /Bénin. Dépôt légal N° 7931 du 04 juin 2015, 2ème trimestre, ISBN : 978-99919-0-532-7, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. 155 p.
- [5] Devautour H. et Nago C. M., Le maïs au Sud-Bénin : Innovations technologiques et alimentation. Céréales en régions chaudes. AUPELF-UREF, Eds John Libbey Eurotext, Paris © 1989, pp. 167-177, 1989.
- [6] PSRSA, 2010 : Plan Stratégique de Relance du Secteur Agricole au Bénin : Orientations stratégiques et Plan d'action. Version finale, République du Bénin, Cotonou, 110p.
- [7] A.N. Adjile, A.P.F Houssou, N. Monteiro, M.C. Fainou, N.H. Akissoe, et F., Toukourou, "Caractérisation du procédé de gambari et influence de la variété de maïs sur la qualité chimique et rhéologique", Revue «*Nature & Technologie* » B- Sciences Agronomiques et Biologiques, vol.12, pp.141-149, 2014.
- [8] N. Maoura, M. Mbaiguinam, C. Gaillardin et J. Pourquie, "Suivi technique, analytique et microbiologique du « bili bili », bière traditionnelle tchadienne" *Afrique Science*, vol. 02, pp. 69 – 82, 2006.
- [9] Hounhouigan D.J., 1994. Fermentation of maize (Zea mays L.) meal for mawè production in Benin: physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands 83p.
- [10] AOAC, "Official Methods of Analysis". 13th edition Washington, pp. 56-132, 1984.
- [11] M.J.R. Nout, F.M. Rombouts et A. Havelaar, "Effect of accelerated natural lactic fermentation of infant good ingredients on some pathogenic microorganism", *Int. J. Food Microbiol.*, vol. 8, pp. 351-361, 1989.
- [12] AOAC, Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th edn). Washington, DC,1990.
- [13] M.K. Bolade, I.A. Adeyemi et O.A. Ogunsua, "Influence of particle size fractions on the physicochemical properties of maize flour and textural characteristics of a maize-based non fermented food gel", *International Journal of food Science and Technology*, vol.44, no. 3, pp. 644-650, 2008.
- [14] M.K. Nago, 1997 "La transformation alimentaire traditionnelle du maïs au Bénin : détermination des caractéristiques physico-chimiques des variétés en usage ; relations avec l'obtention et la qualité des principaux produits dérivés". Travaux Universitaires – Thèse de doctorat d'Etat. 1997 (N° : 97 PA07 7258).
- [15] Codex stan, codex standard for wheat flour codex stan 152-1985 (rev. 1-1995) 1-6p.
- [16] R. Taga, "Panification. Les farines composées : une technologie facile à maîtriser". *Bulletin du Réseau TPA* 10, pp.10–11,1995.
- [17] Sall K., 1998 : Contrôle de qualité des farines céréalières mises sur le marché au Sénégal. Mémoire de thèse soutenue en juillet 1998, pp. 60-70.
- [18] Ndjouenkeu R., Mbofung C.M.F. et Etoa F.X., 1989 : Étude comparative de quelques techniques de transformation du maïs en farine dans l'Adamaoua. Département des Sciences de l'Alimentation. ENSIAAC, Centre Universitaire de N'Gaoundéré, B.P. 455, N'Gaoundéré, Cameroun pp 19-22.
- [19] J.D. Hounhouigan, A.P.P Kayodé, M.C. Nago, and C. Mestres, "Etude de la mécanisation du décortilage du maïs pour la production du mawè", *Annales des sciences agronomiques du Bénin*, vol. 2, pp. 99-113, 1999.
- [20] D.S. Pragati, et S.S. Dhanwan, "Effect of drying methods on nutritional composition of dehydrated aonla fruit (*Emblica officinalis* Gaertn) during storage", *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 58, pp.1-9, 2003.