

ÉVALUATION DE LA QUALITÉ DE YÊKÈ-YÊKÈ (COUSCOUS DE MAÏS) ET DE GAMBARI-LIFIN (FARINE RAFFINÉE DE MAÏS) AU COURS DU STOCKAGE

Paul A. F. HOUSSOU^{1*}, Nestor R. AHOYO ADJOVI²,
Robert METOHOUE³, Valère DANSOU¹, Hermine DJIVOH¹,
Abel B. HOTEGNI¹ et Guy A. MENSAH¹

¹Programme Technologies Agricole Alimentaire, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 128 Porto-Novo, République du Bénin

²Direction Scientifique de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin, 01 BP 128 Porto-Novo, République du Bénin

³Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquées (DANA), Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la pêche, 01 BP 295 Porto-Novo, République du Bénin

* Correspondance, e-mail : houssou02@yahoo.fr

RÉSUMÉ

Le *gambari-lifin* et le *yêkè-yêkè* sont deux produits prometteurs dérivés du maïs et dont les technologies endogènes et la stabilité ont fait l'objet d'amélioration. L'objectif de ce travail a été de connaître l'évolution des paramètres de qualité de ces produits au cours de stockage afin de déterminer leur durée de vie (*shelf life*). Les méthodes utilisées consistent à soumettre des échantillons des produits fabriqués à un test de vieillissement en effectuant trimestriellement des prélèvements pour analyses physico-chimiques et microbiologiques. Les résultats obtenus montrent qu'au bout de 9 mois, les paramètres mesurés ont évolué dans l'ensemble, mais sont restés dans les normes du Codex Alimentarius. L'activité de l'eau a varié de 0,40 au départ à 0,67 après 9 mois. Le pH est resté dans l'intervalle de 5,5 à 6,5. Du point de vue microbiologique, les germes aérobies mésophiles ont été dénombrés dans des limites de $4,0 \cdot 10^4$ à $4,4 \cdot 10^6$ UFC/g au début et sont restés presque dans les mêmes limites 9 mois après ($2 \cdot 10^4$ à $2,8 \cdot 10^6$ UFC/g). Les coliformes totaux n'ont été révélés dans aucun échantillon au départ ; mais au bout de 9 mois, leur présence a été détectée dans les *yêkè-yêkè* enrichis au soja ($4,0 \cdot 10^2$ UFC/g) et au niébé ($5,2 \cdot 10^2$ UFC/g). Le nombre de moisissures décelées a varié de $2,0 \cdot 10^2$ à $6,0 \cdot 10^2$ UFC/g le premier jour ; mais a régressé les mois suivants allant de $3,0 \cdot 10^1$ à $7,0 \cdot 10^1$ UFC/g. Ces différentes valeurs sont restées dans les limites prescrites par les normes du codex relatives aux produits végétaux

séchés. Au vu de ces résultats, Il est donc permis d'affirmer que le *yêkè-yêkè* et le *gambari-lifin* fabriqués suivant les bonnes pratiques d'hygiène peuvent avoir une durée de vie d'au moins 9 mois.

Mots-clés : *gambari-lifin, yêkè-yêkè, maïs, analyses, Codex Alimentarius.*

ABSTRACT

Assessment of the quality of *yêkè-yêkè* (couscous of corn) and of *gambari-lifin* (refined corn flour) during the storage

Gambari-lifin and *yêkè-yêkè* are two promising maize products whose endogenous technologies and their stability have been improved. The objective of this work was, to know the progress of quality parameters of these products during storage in order to determine their shelf life. The methods used are, to submit the samples of products made to an aging test every three months by performing on the samples physico-chemical and microbiological analyzes. The results obtained show that after 9 months, the parameters measured have progressed, but remained in the standards of the Codex Alimentarius. The water activity varied slightly from 0.40 at baseline to 0.67 after 9 months. The pH remained in the range of 5.5 to 6.5, the mesophylls aerobic bacteria were counted in the limits of 4.0×10^4 to 4.4×10^6 UFC/g at the beginning and remained almost the same after 9 months (2.0×10^4 to 2.8×10^6 UFC/g). Total coliforms did not revealed in any sample at the beginning but after 9 months their presence has been detected in the *yêkè-yêkè* enriched with soybean (4.0×10^2 UFC/g) and cowpea (5.2×10^2 UFC/g). The number detected for the fungi ranged from 2.0×10^2 to 6.0×10^2 UFC/g the first day but declined in the following months from 3.0×10^1 to 7.0×10^1 UFC/g. Regarding these results, *yêkè-yêkè* and *gambari-lifin* manufactured according to the good hygienic practices can have a lifespan of at least 9 months.

Keywords : *gambari-lifin, yêkè-yêkè, corn, analyzes, Codex Alimentarius.*

I - INTRODUCTION

Les pouvoirs publics, pour ne pas dire tout le monde, s'accordent aujourd'hui pour que les denrées alimentaires saines soient mises sur les marchés afin de protéger la santé et assurer la sécurité des consommateurs. Cette préoccupation concerne non seulement les importations et exportations, mais aussi les aliments produits à des fins de consommation locale [1]. Loin de rester indifférent, les consommateurs sont de plus en plus exigeants sur la qualité des aliments que le marché leur propose et sont prêts à sanctionner tout produit

réputé à causer de préjudices à leur santé. Il ne peut en être autrement, les multiples crises alimentaires, la crise de la «vache folle», celle du «poulet à la dioxine», le scandale du lait frelaté à la mélamine qui toucha la Chine, de nombreux cas d'intoxication alimentaire, ont fini par instituer les « peurs alimentaires » chez les consommateurs [2]. Selon [3], les données disponibles sur la diarrhée due aux aliments et à l'eau contaminée estiment dans les pays africains, la mortalité à environ 700 000 personnes par an, dans toutes les tranches d'âge. Les prescriptions des institutions internationales sont sans équivoque et stipulent que les denrées alimentaires doivent être conformes aux règles strictes de sécurité sanitaire et de qualité afin d'avoir accès aux marchés les plus lucratifs [1]. Du coup, il s'impose aux industriels et autres producteurs d'aliments de tout mettre en œuvre pour assurer la qualité sanitaire et marchande des denrées alimentaires mises à la vente. Ils devront se préoccuper particulièrement de la stabilité des produits élaborés, qui leur permet de se conserver durablement tout en préservant leur qualité organoleptique. C'est dire l'importance de la durée de vie d'un produit qui témoigne de l'utilité de ce produit et du niveau de confiance qu'il convient de lui accorder.

Bon nombre de produits localement élaborés souffrent de stabilité et deviennent vite non conformes du point de vue de la qualité microbiologique et physico-chimique. Ces préoccupations cadrent aussi avec la vision qui sous-tend cette étude qui s'intéresse à la promotion des dérivés de maïs que sont, le *yêkè-yêkè* et le *gambari-lifin*. Ainsi après amélioration de certaines opérations fondamentales et la standardisation du procédé de fabrication, il s'est avéré nécessaire de cerner le comportement des deux types de denrées alimentaires sur le marché. Certes, des études ont été menées au Bénin [4] en vue d'amorcer l'amélioration de ces produits sur les farines de maïs et du mawè (pâte fermentée), qui ont été orientées vers les caractéristiques de ces dérivés du maïs en rapport avec la variété ; et aussi sur la mécanisation du décorticage et du dégermage du maïs pour la production du Mawè [5], la stabilisation du mawè et du « Aklui » [6, 7]. De même des tentatives de stabilisation de *yêkè-yêkè* ont été entreprises [6, 8] mais ces études se sont très peu préoccupées de la durée de vie réelle de ces produits sur le marché afin d'aider les promoteurs à donner des informations fiables sur les dates limites de consommation de leurs produits. La présente étude s'est fixée comme objectif de contribuer à combler ce vide en visant la détermination du shelf life de *yêkè-yêkè* et de *gambari-lifin* stockés dans les conditions du marché.

II - MATÉRIEL ET MÉTHODES

II-1. Matériel

Les produits soumis à l'analyse sont constitués de *gambari-lifin*, de *yèkè-yèkè* non enrichi (100 % maïs), de *yèkè-yèkè* enrichi au niébé, au soja, et au voandzou. La matière première principale utilisée est le maïs blanc (*Zea mays* L.) de variété farineuse appelée « Chaoukpa » en langue locale au Bénin et les matières premières secondaires utilisées sont le niébé blanc (*Vigna unguiculata*) appelé « tchayé daho » en langue locale au Bénin, le soja (*Glycine maxima*) et le voandzou (*Vigna subterranea* (L.) Verd). Le matériel pour décortiquer le maïs est une décortiqueuse de type Engelberg ; le broyage des grains décortiqués a été réalisé dans un moulin à meules. Le séchage a eu lieu dans un séchoir hybride mis au point au PTAA/INRAB [9]. L'emballage primaire est en polyéthylène de haute densité (PEHD), de classification 2 du système à 7 codes de l'industrie plastique. L'épaisseur des sachets est de 120 µm. Ces sachets après remplissage sont introduits dans des étuis (emballage secondaire) en carton vernissé.

II-2. Méthodes

II-2-1. Préparation des produits

Les produits étudiés, *yèkè-yèkè* et *gambari-lifin* ont été fabriqués suivant la méthode améliorée décrite par [10] et [11] (**Figures 1 et 2**) en observant de manière stricte les règles de bonnes pratiques d'hygiène. Les échantillons de *yèkè-yèkè* enrichis légumineuses ont été élaborés suivant les mêmes diagrammes que le produit original avec des taux d'incorporation de 20 %. Le *yèkè-yèkè* enrichi à 20 % de niébé, le *yèkè-yèkè* enrichi à 20 % de soja, le *yèkè-yèkè* enrichi à 20 % de voandzou et le *yèkè-yèkè* 100 % maïs ont été produits. Le *mawè* non fermenté indexé dans le diagramme a été obtenu à partir du maïs décortiqué, trempé et moulu.

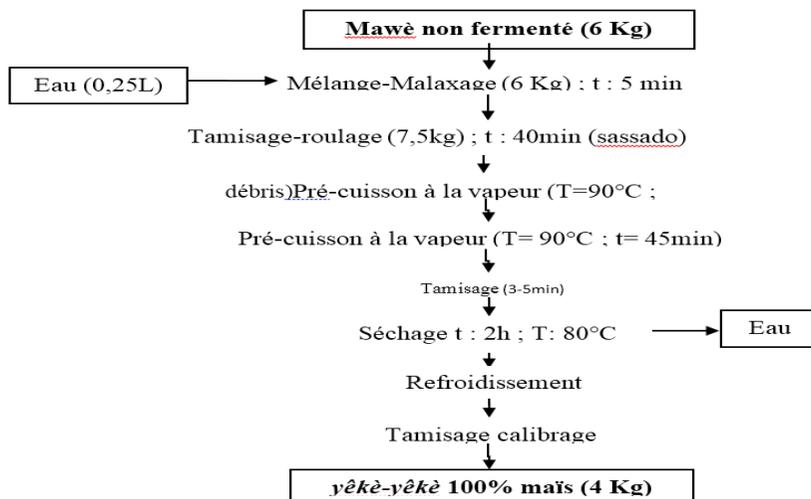


Figure 1 : Diagramme technologique de production du yêkè-yêkè 100 % maïs

Ci-dessous est indiqué le diagramme de gambari-lifin.

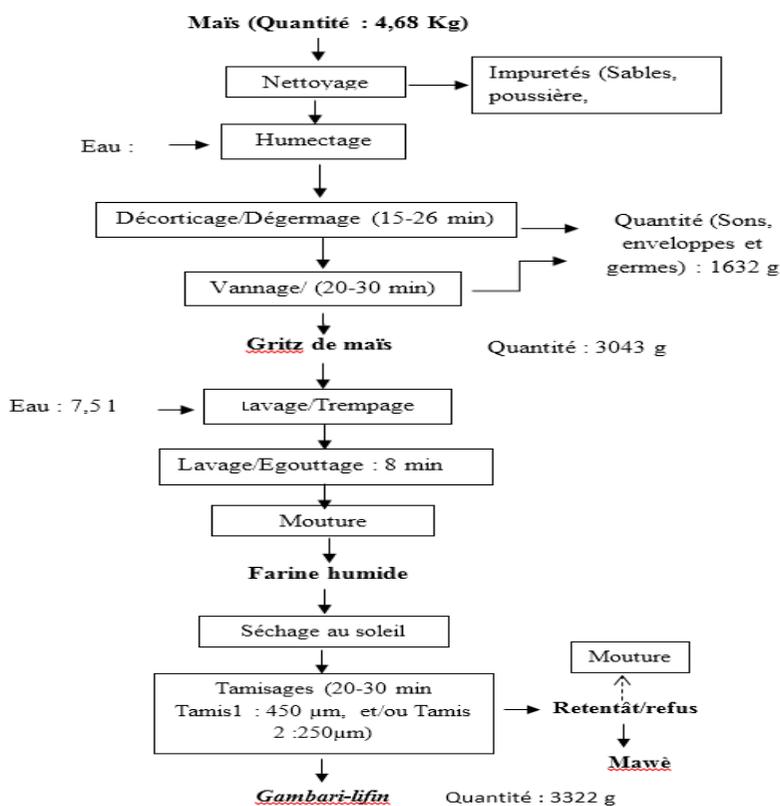


Figure 2 : Diagramme technologique de gambari-lifin

II-2-2. Echantillonnage

Pour chaque essai de production, 50 unités de conditionnement de 500 g ont été prélevées et stockées dans un local aménagé à cet effet. Les échantillons ont été conservés dans les conditions ambiantes, mais protégés contre les insectes. Au début, une série d'analyses a été effectuée, puis les autres séries tous les 3 mois pendant 9 mois. A chaque échéance, 3 échantillons de chaque produit sont prélevés au hasard et soumis aux analyses physico-chimiques et microbiologiques.

II-2-3. Recherche des germes microbiologiques

Les germes aérobies mésophiles ont été recherchés en suivant la méthode de référence ; ISO 4833, (PCA, 30°C, pendant 24 h) ; les coliformes totaux ont été recherchés suivant la norme: ISO 4832; les levures et moisissures en se basant sur la norme NF ISO 7954, (ensemencement dans gélose Sabouraud, 20°C pendant 5 jours).

II-2-4. Méthodes d'analyses physicochimiques

La teneur en cendre des produits a été déterminée selon la méthode AOAC [12]. Tandis que la teneur en eau a été évaluée en se référant à la norme ISO 712 : 1998. Les lipides ont été déterminés suivant la méthode référencée, AOAC [13]. L'activité de l'eau a été mesurée à partir d'un appareil portatif à 2 canaux avec un capteur à enficher de 10 mm, de référence Hygro Palm 23-AW-A. Une alarme acoustique permet de signaler la fin de la mesure. Pour *gambari-lifin*, les parasites (charançons) ont été recherchés en procédant à des tamisages à partir des tamis de mailles de diamètre 500 µm qui laissent passer les grains de farine tout en retenant d'éventuels parasites adultes.

II-2-5. Analyses statistiques et interprétations des résultats

Les données des analyses ont été traitées à partir d'Excel 2007. Les interprétations des résultats ont été réalisées sur la base des critères microbiologiques AFNOR (Germes aérobies mésophiles max 10^5 UFC/g; levures et moisissures, max 10^2 UFC/g ; coliformes totaux max : 10^2 UFC/g) [14] et des critères se rapportant aux limites HACCP (Germes aérobies mésophiles 10^5 - 10^6 UFC/g; levures et moisissures, max 10^3 UFC/g ; coliformes totaux max : 10^3 UFC/g) [15, 16]. Pour les paramètres physico-chimiques, les normes CODEX STAN 155-1985 [17] ont servi de références pour le *gambari-lifin* et CODEX STAN 202-1995 [18] pour les *yèkè-yèkè*.

III - RÉSULTATS ET DISCUSSION

III-1. Comportement physique des échantillons

Il n'a été noté la présence de parasites adultes ni de larves dans aucun des échantillons soumis aux analyses, ni des changements physiques remarquables. Les échantillons sont restés sans dommage tout au long du stockage.

III-2. Caractéristiques physico-chimiques de *gambari-lifin*

Les paramètres physico-chimiques de *gambari-lifin* mesurés au début des essais et neuf mois après, sont consignés dans le **Tableau 1**. Les résultats du début comme ceux d'après 9 mois, restent conformes à la norme Codex référencée dans le tableau, là où les critères sont précisés. Ainsi la teneur en eau (8,37 %) enregistrée au départ a atteint dans le temps une valeur supérieure (9,9 %), mais qui reste inférieure à 15 % comme indiqué par la norme. Les autres paramètres n'ont pas évolué de manière remarquable et restent aussi dans les limites. Toutefois elles apparaissent très faibles au regard de certains résultats de la littérature. Les teneurs en cendre sont évaluées à 0,002 % plus faibles que celles trouvées par [19], et 0,33 % sur les échantillons de *gambari-lifin* collectés sur le marché. De même les lipides sont apparus faibles au regard des valeurs rapportées par ces mêmes auteurs. Toutefois, comme le souligne [20], des valeurs d'Aw (activités de l'eau) très faibles, sont à craindre pour le stockage du produit à cause du rancissement qui pourrait intervenir si l'aliment avait une forte teneur en lipide.

Bien évidemment ce n'est heureusement pas le cas ici étant donné que les taux de lipides enregistrés pour *gambari-lifin*, sont des plus faibles (0,013 %) très loin de la borne supérieure qu'indique la norme (2,5 %) [14]. Le dégermage poussé des grains, dû aux traitements technologiques, pourrait expliquer cette situation étant donné que des valeurs plus élevées ont été rapportées par des auteurs : 3,3 % pour la farine tamisée du maïs [14] et 4,5 % pour le maïs grain [21]. Il est à noter une baisse non négligeable du pH qui passe de 5,03 à 4,71 laissant deviner une activité de fermentation qui a eu lieu au cours de la fabrication et qui s'est poursuivie dans le produit fini.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques de gambari-lifin au début et six mois après

N ^o	Paramètres	Valeurs au début	Valeurs 3 mois après	Valeurs 6 mois après	Valeurs 9 mois après	Norme CODEX STAN 155-1985 (Rév. 1-1995)
01	Activité de l'eau (a _w)	0,4115±0.000	0,4201±0.000	0,667±0,000	0,669±0,000	-
02	Teneur en eau %	8,37 ±0,34	8,70 ±0,34	9,8 ±0,3	9,9 ±0,3	< 15
03	Acidité titrable en % d'acide lactique (%)	0,202±0,001	0,221±0,001	0,24±0,02	0,26±0,02	-
04	Cendres (% bs)	0,002±0.00	0,002±0.00	0,002±0,000	0,002±0,000	0,8 – 1
05	Lipides(%)	0,013 ± 0,001	0,013 ± 0,001	0,013 ±0,001	0,013 ±0,001	Maximum 2,5
06	pH	5,03±0,01	5,00±0,01	4,81±0,01	4,71±0,01	-

III-3. Caractéristiques physico-chimiques des yêkè-yêkè

Les **Tableaux 2** et **3** présentent les valeurs des paramètres physico chimiques des 4 produits (Le yêkè-yêkè enrichi à 20 % de niébé, le yêkè-yêkè enrichi à 20 % de soja, le yêkè-yêkè enrichi à 20 % de voandzou et le yêkè-yêkè non enrichi : 100 % maïs) au début de la mise en observation et 9 mois après. Les mêmes observations pour les résultats sur *gambari-lifin* restent valables ici. Dans l'ensemble, on note une augmentation des valeurs par rapport aux valeurs du début des essais. Pour l'activité de l'eau, c'est le yêkè-yêkè non enrichi qui a la plus faible valeur (0,244), tandis que le chiffre le plus élevé se retrouve avec celui enrichi à partir du soja (0,3475). Cette tendance est la même concernant la teneur en eau. Neuf mois après les valeurs ont évolué mais le yêkè-yêkè non enrichi conserve la valeur la plus faible et celui enrichi au voandzou montre le chiffre le plus élevé (0,569). Les teneurs en eau vont de 8,25 % (yêkè-yêkè non enrichi) à 8,87 % (yêkè-yêkè enrichi au soja). Mais toutes les valeurs sont conformes à la norme Codex. Les pH pour tout échantillon confondu, sont restés élevés et proches de 7 avec une variation entre 6,44 (yêkè-yêkè enrichi au voandzou) et 6,78 (yêkè-yêkè non enrichi). Neuf mois après, ces valeurs ont connu de diminution à 5,85 pour le produit enrichi au voandzou.

Tableau 2 : Caractéristiques physico-chimiques des yêkè-yêkè au début de l'étude

N ⁰	Paramètres	Valeurs				Norme CODEX pour le couscous CODEX STAN 202-1995
		yêkè-yêkè non enrichi	yêkè-yêkè enrichi au niébé	yêkè-yêkè enrichi au soja	yêkè-yêkè enrichi au voandzou	
01	Activité de l'eau (a _w)	0,244±0,08	0,284±0,001	0,3475±0,000	0,302±0,001	-
02	Teneur en eau(%)	8,25±0,05	8,42±0,3	8,87±0,08	8,86±0,07	<13,5 %
03	Acidité titrable en % d'acide lactique	0,078 ±0,02	0,088±0,010	0,076±0,001	0,088±0,019	-
04	Cendres (%)	0,0029±0,00	0,007±0,00	0,01±0,00	0,01±0,00	maximum 1,1 %
05	Lipides(%)	0,113±0,00	0,133±0,001	0,226±0,000	0,212±0,002	< 5 %
06	pH	6,78±0,02	6,73±0,03	6,56±0,01	6,44±0,06	-

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques des yêkè-yêkè 9 mois après fabrication

N	Paramètres	Valeurs				Norme CODEX pour le couscous CODEX STAN 202-1995
		yêkè-yêkè non enrichi	yêkè-yêkè enrichi au niébé	yêkè-yêkè enrichi au soja	yêkè-yêkè enrichi au voandzou	
1	Activité de l'eau (A _w)	0,41±0,01	0,549±0,00	0,539±0,01	0,569±0,01	-
2	Teneur en eau(%)	8,30±0,03	8,42±0,3	8,87±0,09	8,86±0,07	<13,5 %
3	Acidité titrable en % d'acide lactique	0,079 ±0,01	0,05±0,01	0,08±0,02	0,07±0,01	-
4	Cendres (%)	0,0028±0,00	0,006±0,003	0,012±0,000	0,009±0,00	maximum 1,1 %
5	Lipides(%)	0,113±0,00	0,133±0,001	0,226±0,000	0,212±0,002	< 5 % base sèche
6	pH	6,45±0,03	6,29±0,02	6,06±0,00	5,85±0,01	-

III-4. Profil microbiologique des produits

III-4-1. Profil microbiologique des yêkè-yêkè

Le *Tableau 4* donne les caractéristiques microbiologiques des yêkè-yêkè soumis aux analyses. Il faut constater que les paramètres du yêkè-yêkè non enrichi sont conformes à la norme Codex. Au niveau des autres produits, des variations ont été observées. Ainsi pour les Germes aérobies mésophiles, le yêkè-yêkè non enrichi et celui enrichi au niébé ont des valeurs ne dépassant pas 10^5 UFC/g alors que les yêkè-yêkè au soja et au voandzou ont des valeurs supérieures ($4,4 \cdot 10^6$ et $9,4 \cdot 10^5$ UFC/g) un peu plus élevées que les valeurs du Codex mais proches de celles obtenues par [16]. Mais après neuf mois les valeurs ont diminué. Concernant les coliformes, ils n'ont été décelés dans aucun échantillon au départ. On peut en déduire que les conditions hygiéniques instaurées au cours de la fabrication ont été bénéfiques. En revanche ces coliformes ont été retrouvés dans deux échantillons 9 mois après ($4 \cdot 10^2$ UFC/g dans le yêkè-yêkè enrichi au soja et $5,2 \cdot 10^2$ UFC/g dans le produit enrichi au niébé). En ce qui concerne les moisissures, elles ont été décelées dans les quatre produits mais dans les limites de la norme. Par contre le nombre de moisissures a diminué dans tous les produits enrichis à la fin de 9 mois de conservation voire une disparition totale au niveau des formules utilisant le soja et le voandzou. Quant aux levures, elles étaient absentes au départ dans les formulations utilisant le soja et le voandzou puis se sont apparues neuf mois avec des valeurs conformes aux normes en vigueur (*Tableau 4*).

Tableau 4 : Caractéristiques microbiologiques des yêkè-yêkè, au début et 9 mois après

Groupes de microorganismes	Critères microbiologiques	Yêkè-Yêkè non enrichi		Yêkè-Yêkè enrichi au Niébé		Yêkè-Yêkè enrichi au soja		Yêkè-Yêkè enrichi au voandzou	
		Début	9 mois après	Début	9 mois après	Début	9 mois après	Début	9 mois après
Germes aérobies mésophiles	10^5 /g UFC	$4,2 \cdot 10^4$	$9,5 \cdot 10^4$	$2,6 \cdot 10^4$	$4,8 \cdot 10^4$	$4,4 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$9,44 \cdot 10^5$	$2,6 \cdot 10^5$
Coliformes totaux	10^2 /g UFC	<1	<1	<1	$5,2 \cdot 10^2$	<1	$4 \cdot 10^2$	<1	<1
Moisissures	$5 \cdot 10^2$ /g UFC	$5 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^2$	$5 \cdot 10^2$	$3 \cdot 10^1$	$2 \cdot 10^2$	<1	$2,5 \cdot 10^2$	<1
Levures		<1	<1	<1	<1	<1	$5,7 \cdot 10^2$	<1	$7 \cdot 10^1$

III-4-2. Profil microbiologique de gambari-lifin

Les résultats des analyses au début et neuf mois après sont indiqués dans le **Tableau 5**.

Tableau 5 : Caractéristiques microbiologiques de gambari-lifin, au début et 9 mois après

Groupes de microorganismes	Critères microbiologiques	Gambari-lifin Au début	Gambari-lifin 9 mois après
Germes aérobies mésophiles	$10^5/g$ UFC	07.10^4	2.10^4
Coliformes totaux	$10^2/g$ UFC	<1	<1
Moisissures	$5.10^2/g$ UFC	2.10^2	3.10^1
Levures	-	-	7.10^1

En se référant au **Tableau 5**, il est à noter que tous les résultats sont conformes aux critères microbiologiques. Les germes aérobies mésophiles ont été dénombrés mais dans des proportions acceptables. Leur nombre a même connu de diminution 9 mois après passant de 07.10^4 à 2.10^4 UFC/g. Mais une augmentation a été observée au niveau des moisissures, qui sont passées de 2.10^2 à 3.10^1 UFC/g. Concernant les coliformes, leur présence n'a été décelée dans aucun échantillon. Ces observations ne sont pas entièrement conformes à celles rapportées par [22] qui étudiaient le comportement microbiologique des farines Ouando en cours du stockage.

III-5. Evolution de l'activité de l'eau des produits au cours du stockage

Cette évolution est révélée par la **Figure 3**. Il a lieu de noter que tous les produits ont des activités de l'eau faibles au départ mais qui ont connu d'augmentation au fil du temps et ne dépassant pas néanmoins 0,7 au bout de neuf mois.

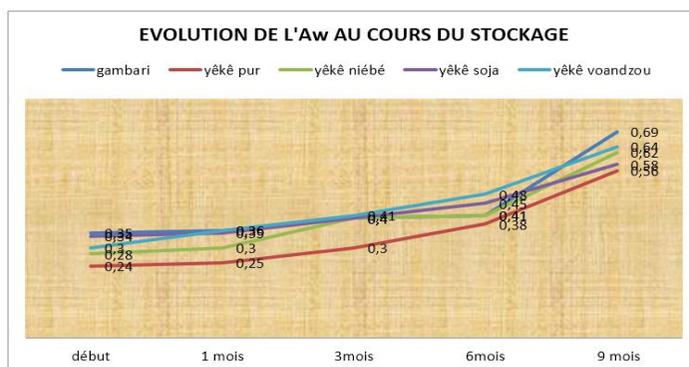


Figure 3 : Évolution de l'activité de l'eau au cours du stockage

C'est bien intéressant que les produits aient des valeurs d'activités de l'eau fluctuant entre 0,2 et 0,42. Ces valeurs sont déjà une barrière importante pour le développement des microorganismes s'ils se trouvaient dans les produits au départ. La disponibilité de l'eau, le pH et la température sont les principaux facteurs qui contrôlent la rapidité avec laquelle s'effectue l'altération des aliments et la croissance des microorganismes. Si la réduction de l' A_w est extrêmement importante, la cellule microbienne, incapable de réparer l'homéostasie, ne peut plus proliférer et peut même mourir [21]. Selon cet auteur, pour conserver un aliment en n'utilisant que la réduction de l' A_w comme facteur de stress, on devra l'abaisser au minimum jusqu'à 0,6 afin de contrôler non seulement la croissance microbienne mais aussi les autres réactions induisant l'altération. On comprend donc pourquoi les paramètres microbiologiques des produits à l'étude sont dans l'ensemble satisfaisants. Et même lorsque les valeurs ont été élevées, elles ont diminué au fil des jours. On est arrivé à ne plus détecter certains germes à l'arrivée comme les moisissures qui s'y trouvaient au départ. C'est dire l'importance de l'activité de l'eau et la nécessité de réaliser un bon séchage des produits pour avoir des valeurs se situant entre 0,3 et 0,6. De plus au niveau de *gambari-lifin*, le pH a diminué rendant davantage le milieu hostile au développement de certains germes. L'emballage utilisé a aussi un rôle important surtout en ce qui concerne l'épaisseur des sachets en polyéthylène qui devrait être comprise entre 120 et 250 μm pour ne pas favoriser l'augmentation des valeurs des A_w au cours de la conservation, ce qui a été le cas dans cette étude. Selon [23], seul un emballage en polyéthylène d'une épaisseur supérieure à 150 μm est exigé et permet une conservation pendant plus d'un an.

IV - CONCLUSION

Cette étude visait à connaître l'évolution de la qualité de *yèkè-yèkè* et de *gambari-lifin*, deux produits dérivés de maïs, au cours du stockage afin de déterminer leur durée de conservation. Au terme de l'étude on peut affirmer que, fabriqués selon les bonnes pratiques d'hygiène et selon un diagramme standardisé, ces produits peuvent se conserver pendant au moins 9 mois. Lorsque le *yèkè-yèkè* est enrichi, des dispositions supplémentaires devraient être prises pour une conservation durable. L'étude ne s'est pas appesantie sur le comportement des paramètres organoleptiques qui devraient aussi situer les transformateurs et les consommateurs. Ces aspects peuvent faire l'objet d'études complémentaires tout comme le choix d'autres emballages et l'étude de certains microorganismes comme les *Bacillus cereus* surtout lorsque le *gambari-lifin* sera destiné pour la panification.

RÉFÉRENCES

- [1] - FAO/OMS, Le secteur informel de la distribution de produits alimentaires (aliments vendus sur la voie publique): importance et enjeux. Conférence régionale pour l'Afrique sur la sécurité sanitaire des aliments 3-6 octobre 2005 Harare Zimbabwe) Rome, extrait de la conférence, (2005) 11 p.
- [2] - K. S. B. SYLLA, B. MUSABYEMARIYA et Mg. SEYDI, Qualité et sécurité sanitaire des aliments en Afrique subsaharienne francophone. Leçon inaugurale de la Rentrée solennelle du 21 février 2014. Ecole Inter-États des Sciences et Médecines Vétérinaires. 5077 – Dakar-Fann. Sénégal, (2014) 16 p.
- [3] - OMS, Guide pour l'élaboration et la mise en œuvre d'une politique et d'un plan stratégique nationaux en matière de sécurité sanitaire des aliments. Bureau régional de l'OMS pour l'Afrique Brazzaville, (2012) 64p.
- [4] - M. C. NAGO, H. N. AKISSOÉ, F. MATENCIO, C. MESTRES, End use quality of some african corn kernels. 1. Physico-chemical characteristics of kernels and their relationship with the quality of lifin, a traditional whole dry-milled maize flour from Benin. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 45 (1997) 555 - 564.
- [5] - A. LOUIS-ALEXANDRE, ET C. M. NAGO, Essai de mécanisation de roulage de mawé, Rapport d'activité de février à juin 1992, FSA-UNB-CIRAD-IRAT, (1992) 6p.
- [6] - J. D. HOUNHOUGAN, De la recherche à la production semi-industrielle: une expérience de valorisation du maïs au Bénin. Acte de l'atelier scientifique post-récolte. Bénin. Bohicon. (2001) 134 - 143.
- [7] - N. H. AKISSOE ET M. C NAGO, Essai de mécanisation de roulage de mawé : Cinétique de séchage pour le maintien de l'acidité du produit, Rapport de recherche, FSA, (1993) 21p.
- [8] - E. A. ODJO, Etude de la mécanisation de l'émottage et du roulage de la farine de mawê pour l'obtention de produits granules: cas de aklui (bouillie fermentée de maïs). Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur Agronome. Université d'Abomey-Calavi, (2002) 66 p.
- [9] - P. A. F. HOUSSOU, N. R. AHOYO ADJOVI, A. HOUNYEVOU KLOTUE, V. DANSOU, H. DJIVOH, A. B. HOTEgni, R. METOHOUE et N. H. AKISSOE, Évaluation des performances d'un séchoir hybride pour le séchage de yèkê-yèkê (couscous de maïs) et de gambari-lifin (farine raffinée de maïs) au Benin. Revue Ivoirienne des Sciences et Technologies. N° 27, JUIN2016 in presse.

- [10] - A. P. F. HOUSSOU, N. R. AHOYO ADJOVI, R. AHOANSOU, V. DANSOU, H. DJIVOH, A. ADJANOHOON, G. A. MENSAH, Fiche Technique : Production de yêkè-yêkè (couscous de maïs) enrichi au niébé. Dépôt légal N° 7651 du 16/12/2014, 4^{ème} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin – ISBN : 978 – 99919 – 0 – 261 – 6, (2014) 13 p.
- [11] - A. P. F. HOUSSOU, N. R. AHOYO ADJOVI, A. HOUNYEVOU-KLOTOE, V. DANSOU, D. OLOU, H. DJIVOH, K. J. EKPO : Guide pratique pour la production de *gambari-lifin* au Bénin. Dépôt légal N° 8306 du 08/12/2015, 4^{ème} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin– ISBN : 978-99919-0-833-5, (2015) 9 p.
- [12] - AOAC INTERNATIONAL, Official methods of analysis of AOAC International., Food composition; additives; natural contaminants, 2 (1995) 171 - 175.
- [13] - AOAC INTERNATIONAL: Official methods of Analysis of AOAC International, 16th ed. AOAC International Arlington, VA, (1995) 250 p.
- [14] - DANA/LTM, Alimentation et Nutrition au Bénin : le guide de l'enseignant. Rome, (1985) 129 p.
- [15] - COMITE SUR L'ELABORATION DES CRITERES MICROBIOLOGIQUES DANS LES ALIMENTS (CECMA), Lignes Directrices et Normes pour l'interprétation des résultats analytiques en Microbiologie Alimentaire, Gouvernement de Québec, dépôt légal 2009, Bibliothèque Nationale du Québec, Bibliothèque Nationale du CANADA, ISBN 978-2-550-56811-7, (2009) 58 p.
- [16] - I. LEGUERIEL, Détermination des dates limites de consommation. Institut Universitaire Technologie de Quimper, Département de Biologie. Cours de formation en Industrie Agro-Alimentaire. Paris, (2014) 50 p.
- [17] - CODEX STAN, Codex standard for wheat flour codex stan, 152-1985 (rev. 1 1995) 6 p.
- [18] - CODEX STANDARD, Codex standard for couscous codex stan, 202-1995 (1995) 3 p.
- [19] - N. A. ADJILE, A. P. F. HOUSSOU, N. MONTEIRO, M. C. FAINOU, N.H. AKISSOE, F. TOUKOUROU, Caractérisation du procédé de *gambari-lifin* (farine de maïs décortiqué-dégermé) et influence de la variété de maïs sur la qualité physico-chimique et rhéologique. Revue « Nature & Technologie ».B- Sciences Agronomiques et Biologiques, 12 (2015) 141 - 149.
- [20] - J. C. CHEFTEL, H. CHEFTEL, Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, Volume 1. Technique et documentation Lavoisier, Paris, (1979) 381 pp.
- [21] - FAO, Technologies combinées de conservation des fruits et légumes. . <http://www.Fao.org>, consulté le 30/6/15, (2012).

- [22] - M. O. K. YOUSOUF, Evaluation de la qualité des farines Ouando. Mémoire de fin de formation pour l'obtention du diplôme de master en biotechnologie agro-alimentaire, Université Africaine de Technologie et de Management UATM/GASA Formation/GAZA Formation Cotonou, (2015) 36 p.
- [23] - O. BRUYERON, C. MONQUET ET S. TRECHE, Caractéristiques d'une bonne farine infantile. Bulletin du réseau PTA, 15 (1998) 9 - 11.