



Available online at <http://www.ifg-dg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 10(2): 506-518, April 2016

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal
of Biological and
Chemical Sciences

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Caractéristiques biochimiques et microbiologiques de moutardes africaines produites à base de graines fermentées de *Parkia biglobosa* et de *Glycine max*, vendues en Côte d'Ivoire

Camara FATOUMATA^{1*}, Soro SORONIKPOHO², Traore SOULEYMANE¹,
Brou KOUAKOU¹ et Dje Koffi MARCELLIN³

¹Laboratoire de Nutrition et Sécurité Alimentaire, UFR Science et Technologie des Aliments (STA),
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire de Biochimie et Sciences des Aliments (LaBSA), UFR Biosciences,
Université Félix HOUPHOUËT-BOIGNY, Abidjan 22 Bp 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

³Laboratoire de Biotechnologie et Microbiologie, UFR Science et Technologie des Aliments (STA),
Université Nangui Abrogoua, Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Corresponding author; E-mail: cfabimay@yahoo.com; Tel: +22506165829

RESUME

Cette étude a été menée pour déterminer les compositions biochimiques et microbiologiques de moutardes africaines (*soumbara*) à base de graines de néré et de soja vendues sur les marchés locaux. Pour la composition chimique, les teneurs moyennes en eau se situent entre $15,35 \pm 3,28$ et $29,53 \pm 2,33\%$, les teneurs moyennes en cendres entre $2,81 \pm 0,06$ et $4,93 \pm 0,08\%$, les teneurs moyennes en protéines brutes entre $28,47 \pm 3,1$ et $30,90 \pm 2,16\%$ et les teneurs moyennes en lipides entre $18,42 \pm 0,86$ et $37,13 \pm 2,69\%$. Il a été noté que les *soumbara* des différentes villes diffèrent significativement par leurs teneurs en eau, en cendres et en lipides. La charge microbiologique et la composition chimique des *soumbara* ont été déterminées par les méthodes classiques. Pour les caractéristiques microbiologiques, la qualité évaluée selon la directive 2005/2073/CE relatives aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires a été jugée acceptable. En outre, ces travaux ont montré que la microflore associée à la fermentation des graines de *Parkia biglobosa* et de *Glycine max*, était essentiellement constituée de *Bacillus*, de *Staphylococcus*, de streptocoques du groupe D et C, ainsi que de levures et de moisissures. Trois *Bacillus* ont été impliquées dans la production du *soumbara* à base des graines fermentées de *Parkia biglobosa*. Deux *Bacillus* ont été impliquées dans la production du *soumbara* à base de graines de *Glycine max*. La présente étude constitue une première pour l'élaboration des normes de conformités applicables aux moutardes africaines en vue d'une standardisation de leurs caractéristiques de qualité.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : *Parkia biglobosa*, *Glycine max*, valeur nutritive, fermentation, microflore, protéines, Côte d'Ivoire.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i2.5>

2535-IJBCS

Biochemical and microbiological characteristics of African mustards produced from fermented *Parkia biglobosa* seeds and fermented *Glycine max*, sold in Côte d'Ivoire

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate "the African mustard" produced from fermented *Parkia biglobosa* seeds and fermented *Glycine max*, in order to determine their nutritional and microbial qualities. Overall composition of these local condiments was determined. Results indicated that the water content ranged from 15.35 ± 3.28 to $29.53 \pm 2.33\%$, ash content ranged from 2.81 ± 0.06 to $4.93 \pm 0.08\%$, protein content ranged from 28.47 ± 3.1 to $30.90 \pm 2.16\%$ and lipid content were 18.42 ± 0.86 to $37.13 \pm 2.69\%$. It should be noted that mustards sampling in different cities were significantly different in their water, ash and fat content. For microbial, bacterial and fungal counts were observed. Food security and quality were assessed according to EC 2005/2073 recommendation. This observation indicated microbiological safety to all samples of mustards. Study shown that, fermentative bacteria of *Parkia biglobosa* and *Glycine max* seed were *Bacillus*, *Staphylococcus*, *Streptococcus* C and D, as well as yeasts and molds. Three *Bacillus* are commonly involved in Nere mustard fermentation. Two *Bacillus* are involved in soy mustard fermentation.
© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: *Parkia biglobosa*, *Glycine max*, nutritive value, fermentation, proteins, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

L'urbanisation rapide en Afrique de l'Ouest a contribué au développement de secteurs artisanaux de transformation et de commercialisation des produits agricoles locaux (Cheyins et Bricas, 2003). Cette dynamique s'apparente à une « révolution de l'alimentation traditionnelle », provoquée par la montée en force d'une classe urbaine qui, de plus en plus, complète son alimentation par des produits dont les techniques culinaires simples et peu onéreuses. Parmi ces procédés, la fermentation met à profit le métabolisme d'une véritable "machinerie" microbienne pour une bioconversion des substrats végétaux (YAO et al., 2009).

Dans le cas de la fermentation des graines de Néré (*Parkia biglobosa*), ce procédé permet d'obtenir un condiment des sauces connu en Afrique de l'Ouest sous le nom de *soumbara* en Côte d'Ivoire (aussi appelé *soumbala* au Burkina Faso et au Mali, *dawa-dawa* au Niger et au Nigéria, *nététu* au Bénin et Sénégal) (Azokpota et al., 2006). Ce procédé traditionnel a été appliqué aux graines de soja (*Glycine max*), pour obtenir du *soumbara* à base de soja, dans un souci de diversification des sources végétales de protéines. La fabrication de ces produits

aromatiques est un procédé pertinent qui varie selon les pays et les ethnies. Son élaboration est longue (4 à 5 jours) et comprend trois étapes essentielles : une double cuisson des graines, une fermentation des cotylédons et ensuite un séchage du produit fermenté (Ahouansou, 2012). Ces condiments font l'objet de très nombreuses transactions commerciales entre différents pays et se retrouvent sur tous les marchés locaux. En outre, il convient de reconnaître qu'en Afrique subsaharienne, la production tend à s'organiser autour des pôles urbains de consommation qui sont déjà parfaitement arrimés au marché global (Bonfoh et al., 2007 ; Fokou et al., 2010).

Si vis-à-vis de ces produits, les consommateurs ont diverses attentes de qualité, une préoccupation commune est d'acquiescer, sur le marché, des produits présentant des garanties de qualité sanitaire ou de conformité à des normes de fabrication (Giner, 2010). Ces constats recommandent que la problématique de l'hygiène et de la qualité de ces aliments devienne une question de veille permanente. Aussi faudrait-il que ces condiments soient régulièrement analysés en impliquant les divers acteurs concernés

(producteurs, industries de transformation, réseaux de distributions, consommateurs).

L'objectif de cette étude était d'évaluer les caractéristiques des produits issus des techniques traditionnelles de préparation de cette potentielle source de protéines pour l'alimentation humaine. Ainsi, des échantillons prélevés, ont été analysés pour leur composition en macronutriments. Les microorganismes impliqués dans la fermentation et dans la dégradation de la qualité marchande ont été dénombrés.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Le matériel végétal est constitué d'échantillons de moutardes africaines (*soumbara*) collectés suivant un plan d'échantillonnage à plusieurs degrés.

Plan d'échantillonnage et collecte des échantillons

La collecte des échantillons de *soumbara* a été faite sur les marchés selon un plan stratifié à deux degrés. Dans un premier temps les trois principales villes de la Côte d'Ivoire ont été retenues ; Korhogo, Bouaké et Abidjan. Korhogo étant la plus grande ville du nord où le *soumbara* est traditionnellement consommé). Bouaké étant la plus grande ville du centre, où est retrouvée une forte communauté des peuples du Nord de la Côte d'Ivoire pour qui la moutarde africaine à base de graines de *Parkia biglobosa* (*soumbara*) est culturellement intégrée dans leur alimentation et d'autres communautés des peuples du Sud de la Côte d'Ivoire qui ont adopté la consommation du *soumbara*. Quant à Abidjan, c'est la plus grande ville du pays où cohabitent en fortes proportions tous les peuples vivant en Côte d'Ivoire. Dans un premier temps, trois lots d'échantillons ont été collectés dans chaque ville.

A Korhogo, les échantillons collectés sont de production locale. Les sites de collecte sont le grand-marché, les deux autres lots sont collectés selon une cartographie qui subdivise les marchés de la ville en deux groupes.

A Bouaké, les trois lots d'échantillons sont ; la production locale à bouaké, le

soumbara de Guinée et le *soumbara* du Burkina Faso.

A Abidjan, les trois lots d'échantillons sont ; le *soumbara* de Korhogo, le *soumbara* de Guinée et le *soumbara* du Burkina Faso.

Les échantillons ont été collectés lors d'une enquête réalisée sur le commerce du *soumbara* en Côte d'Ivoire. Cette enquête a été effectuée dans les trois principales villes du pays. Deux échantillons (d'environ 250 g) ont été achetés chez chacune des vendeuses de *soumbara* enquêtées. L'un des échantillons a été immédiatement introduit dans un sachet 'stomacher' (par la vendeuse) pour les analyses microbiologiques. Le second lot a été emballé chez chaque vendeuse dans un pot en plastique. Tous les échantillons ont été conservés au congélateur au-delà de (-)18 °C

Analyses physico-chimiques

Traitement des échantillons

Les échantillons des lots de *soumbara* affectés à cet effet, ont été pilés dans un mortier pour obtenir une farine. L'ensemble a été conservé au congélateur.

Analyses

La composition en macronutriments (protéines, glucides, lipides) a été déterminée selon les méthodes AOAC (1995). Les teneurs en humidité ont été déterminées par chauffage à l'étuve jusqu'à une masse constante. Les teneurs en lipides ont été déterminées après extraction au SOXHLET. Les teneurs en protéines ont été déterminées selon la méthode Kjeldhal. Le pH a été mesuré avec un pH-mètre (pH-meter P 107 bioblock, France). Les teneurs en cendres ont été déterminées par le rapport de la masse de l'échantillon après incinération à 650 °C pendant 6 h sur la masse de l'échantillon avant incinération. Les teneurs en hydrates de carbones ont été déterminées par différences entre la masse de l'échantillon et celles des protides, lipides, cendres et de l'eau.

La valeur énergétique a été calculée à l'aide des coefficients spécifiques d'Atwater pour les protéines, les lipides et les glucides (FAO, 2006).

Analyses microbiologiques

Traitement appliqué aux échantillons

Les différents échantillons de chaque ville, affectés à ces analyses, ont été écrasés (maintenu dans le sachet 'stomacher') dans un mortier. Ces échantillons ont été ensuite rassemblés dans un sachet en plastique stérile et mélangés à l'intérieur du sachet. L'ensemble a été conservé au congélateur.

Analyses

Les microorganismes impliqués dans la fermentation ont été isolés sur milieu gélosé à partir des échantillons collectés. Les principales souches ont été caractérisées par des tests morphologiques et métaboliques.

Les échantillons de moutardes africaines à analyser ont été préparés dans les proportions (g/mL), selon la technique décrite par la norme NF EN ISO 6887-V08-010-6 (2013). 10 g de moutardes africaines à analyser ont été homogénéisés dans 90 mL d'eau peptonnée stérile à l'aide d'un Stomacher. A partir de ces suspensions mères, des dilutions décimales successives (10^{-1} à 10^{-7}) ont été réalisées dans de l'eau peptonnée stérile. L'ensemencement de 0,1 mL des solutions mères et des dilutions préparées a été fait en double, selon la méthode d'analyse microbiologique décrite par Mensah et al. (2002), par étalement en surface sur les milieux de culture gélosés stériles dans des boîtes de Pétri.

- Les germes aérobies mésophile (GAM) ont été déterminés sur le milieu Plate Count Agar (PCA) (Fluka BioChemica 70152) incubé en aérobiose à 37 °C pendant 24 à 72 heures (ISO 4833, 2003).

- la gélose Man Rogosa Sharpe a été ensemencée et incubée à 30 °C pendant 48h en anaérobiose, pour dénombrer les *Lactobacillus* et les *Pediococcus* (AFNOR, NF ISO 15214, V08-030, 1998).

- la gélose de Mayeux a été ensemencée et incubée à 25 °C pendant 24 à 48 heures, pour dénombrer les *Leuconostoc*.

- la gélose Bile Esculine Azide a été ensemencée et incubée à 37 °C pendant 48h, pour dénombrer les *Enterococcus* (BEA, ISO 7899/1, 1999).

- la gélose de Chalmers a été ensemencée et incubée à 25 °C pendant 48 heures, pour dénombrer les *Lactococcus*.

- la gélose sabouraud + chloramphénicol a été ensemencée et incubée à 25 °C pendant 3 à 5 jours, pour dénombrer les levures (AFNOR, NF ISO 21527-2, 2008).

- la gélose TSN (Tryptone-Sulfite-Neomycine) en surfusion, a été ensemencée en profondeur et incubée à 37 °C pendant 48 heures pour dénombrer les *Clostridium* sulfito-réducteurs formant de grosses colonies noires en profondeur.

- la gélose MRS (Man-Rogosa-Sharpe) a été ensemencée et incubée à 30 °C pendant 48 heures, pour le dénombrement et l'identification des *Lactobacillus* d'apparence lisse, brillante, Blanchâtre et envahissante. Les tests respiratoires (catalase, peroxydase) et de la température de croissance (15 - 20 °C) ont été effectués (AFNOR, NF ISO 15214).

- le milieu mosel coulé en boîte de Pétri a été ensemencé et incubé à 30 °C pendant 24 heures. Pour le dénombrement et l'identification des *Bacillus* d'apparence rouges. Les tests de la catalase et de croissance à pH 3, ainsi que l'incubation à 50 °C, l'hydrolyse de la gélatine et de l'amidon ont été effectués.

Analyses statistiques

L'analyse des données a été réalisée avec la méthode ANOVA à un et deux facteurs (s) à l'aide du logiciel STATISTICA (Stat., Soft, Inc, 1995). Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ($P < 0,05$) sont considérées comme significatives.

RESULTATS

Composition des *soumbara*

Les résultats présentés dans le Tableau 1 indiquent une différence significative ($P > 0,05$) au niveau de la composition chimique des *soumbara* collectées. Les teneurs moyennes en eau des *soumbara* se situent entre $15,35 \pm 3,28$ et $29,53 \pm 2,33\%$. Les teneurs moyennes en cendres se situent entre $2,81 \pm 0,06$ et $4,93 \pm 0,08\%$. Les teneurs moyennes en protéines brutes se situent entre

28,47±3,1 et 30,90±2,16%. Les teneurs moyennes en lipides se situent entre 18,42±0,86 et 37,13±2,69%. Le *soumbara* de soja possède la plus forte teneur moyennes en eau 29,53±2,33%; la teneur la plus faible en lipides, 18,42±0,86% et est moins énergétique, 330,19±41,6 kcal/100g. Quant aux teneurs moyennes en protéines, elles ne sont pas significativement différentes ($P < 0,05$) pour tous les échantillons. La plus faible teneur moyenne en cendres, 2,81±0,06 est celle du *soumbara* provenant de Korhogo qui possède la plus forte teneur moyenne en lipides 37,13±2,69% et est plus énergétique, 512,96±26,61 kcal/100g.

Le tableau de corrélation de Person (Tableau 2) montre que l'origine des échantillons de *soumbara* influence fortement leur composition chimique.

Profil microbien du *soumbara*

Les résultats présentés dans le Tableau 3 indiquent une charge élevée en germes aérobies mésophiles ($2,8.10^4 \pm 1,7.10^3$ à $1,8.10^5 \pm 2.10^4$ ufc/g) pour tous les échantillons analysés. Toutefois, les échantillons provenant de la ville de Korhogo présentent une qualité microbiologique satisfaisante. Par contre, la qualité des échantillons d'Abidjan et de Bouaké pourrait être non satisfaisante pour

leur teneur en *Staphylococcus* au-dessus de la limite d'acceptabilité. Les résultats du Tableau 3, indiquent une absence d'isolement de germes indicateurs de contamination fécale (coliformes) et de salmonelles. Les fréquences d'isolement des différents genres de microorganismes sont indiquées dans la Figure 1.

Les résultats, n'ont pas indiqué de différences significatives au niveau des fréquences d'isolement des *Streptococcus*, des *Staphylococcus*, des levures et des moisissures. Aussi, les échantillons collectés dans les différentes villes (Tableau 3), n'ont pas présentés de différences significatives au niveau des profils microbiologiques, à l'exception des contaminations à *staphylococcus*.

Les espèces *Bacillus* les plus fréquentes dans le *soumbara* de Néré sont *Bacillus subtilis* et *Bacillus pumilus* en proportions respectives de 91,57% et 8,42% (Figure 2). Cependant les espèces de *Bacillus* identifiées dans le *soumbara* de soja sont les *Bacillus subtilis*, *bacillus pumilus* et *Bacillus lichenformis* avec des fréquences respectives de 62,5%, 28,5% et 12,5% (Figure 3). Selon la classification de Lancefield, 80% des *Streptococcus* isolés appartiennent au groupe D et (20%) au groupe C (Figure 4).

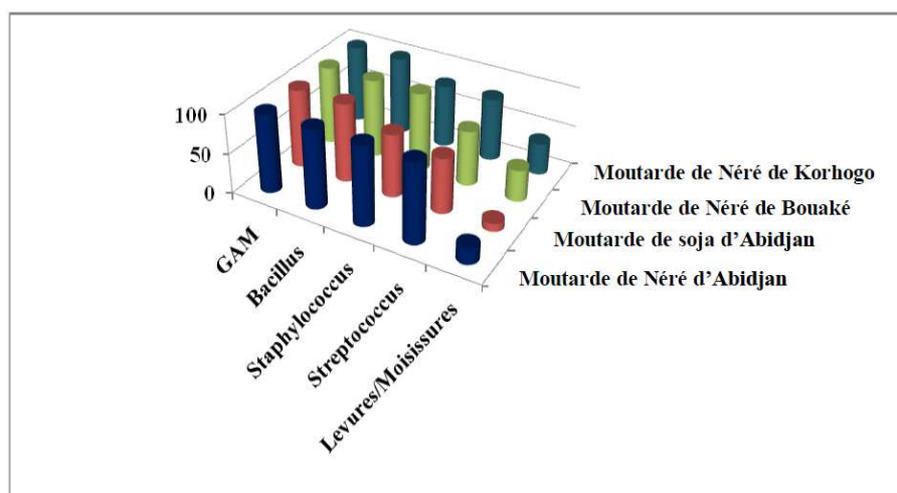


Figure 1 : Fréquences d'isolement des différents microorganismes dans les moutardes.

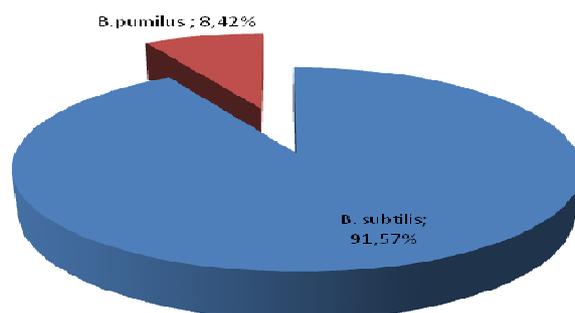


Figure 2 : Proportion des microorganismes du genre *Bacillus* isolés dans le soumbara de Néré.

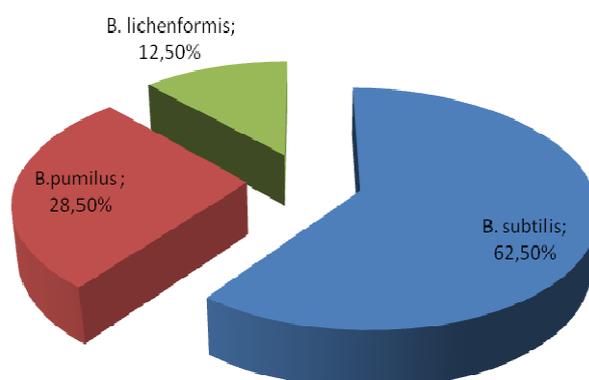


Figure 3 : Proportion d'isolement des microorganismes du genre *Bacillus* dans le soumbara soja.

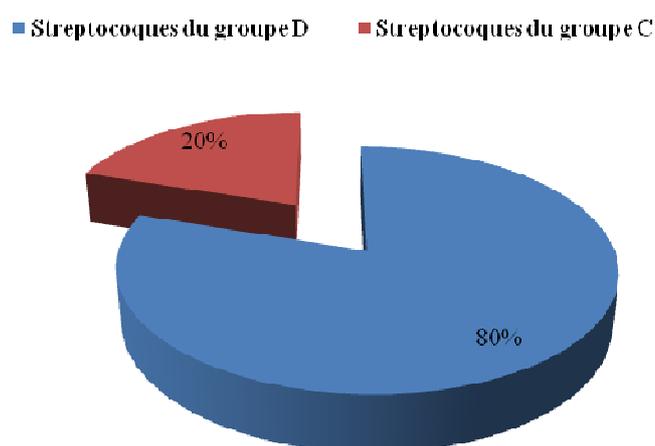


Figure 4 : Proportion de *Streptococcus* isolés dans le soumbara selon la classification de Lancefield.

Tableau 1 : Composition chimique des échantillons de *soumbara*.

Echantillons	Humidité (g/100g)	Cendres (g/100g)	Lipides (g/100g)	Protéines (g/100g)	hydrates de carbone (g/100g)	pH	Energie (kcal)
SNK	15,35±3,28a	2,81±0,06a	37,13±2,69a	30,48±3,65a	14,21±3,49a	6,95±0,11a	512,96±26,61a
SNB	23,86±4,09b	4,25±0,06b	26,66±2,88b	28,47±3,1a	16,74±1,92a	6,60±0,13a	441,87±33,11b
SNA	19,55±3,66ab	4,04±1,32b	29,20±3,34b	28,84±5,74a	18,35±0,61b	7,45±0,18a	451,60±8,98b
SNS	27,53±2,33c	4,93±0,08b	18,42±0,86c	30,90±2,16a	20,08±2,03ba	6,66±0,35b	330,19±41,61c

SNK : Echantillons de *soumbara*, achetés sur les marchés de Korhogo ; SNB: Echantillons de *soumbara*, achetés sur les marchés de Bouaké ; SNA: Echantillons de *soumbara*, achetés sur les marchés d'Abidjan ; SNS: Echantillons de *soumbara*, achetés sur les marchés d'Abidjan ; Toutes ces valeurs sont les moyennes de trois déterminations et sont évaluées par rapport à la masse du produit frais. Dans chaque colonne les valeurs moyennes succédées des mêmes indices, ne sont pas statistiquement différentes au seuil 0,05. Korhogo, Bouaké et Abidjan, indique les localités où ont été collectés les échantillons de *soumbara* de Néré. Soja : indique les échantillons de *soumbara* de soja.

Tableau 2 : Corrélations entre les différents paramètres.

	Villes	Humidité	Cendres	Lipides	Protéines	Glucides	pH	Energie
Villes	1							
Humidité	0,718	1						
Cendres	0,731	0,587	1					
Lipides	-0,893	-0,783	-0,713	1				
Protéines	0,033	-0,338	-0,075	-0,125	1			
Glucides	0,584	0,322	0,438	-0,415	-0,329	1		
pH	-0,083	-0,503	-0,336	0,289	-0,095	0,329	1	
Energie	-0,855	-0,873	-0,713	0,973	0,065	-0,370	0,338	1

Les coefficients de corrélation indiquant une relation de forte interaction (>0,70, en valeurs absolue) sont en gras.

Tableau 3 : Profil microbien des échantillons de *soumbara* (UFC/ g de farine).

Villes	Echantillons d'Abidjan		Echantillon de Bouaké	Echantillon de Korhogo	Seuils limites
Echantillons	Néré	Soja	Néré	Néré	M
Echantillons	21	9	36	38	-
GAM	$1,8.10^5 \pm 2.10^{4a}$	$1,2.10^5 \pm 2.10^{4ab}$	$2,8.10^4 \pm 1,7.10^{3a}$	$7,7.10^4 \pm 1,2.10^{4a}$	10^6
<i>Streptococcus</i>	360 ± 13^a	21 ± 2^{bc}	110 ± 5^a	170 ± 22^a	10^2
C totaux	0	0	0	0	10^3
CTH	0	0	0	0	10
<i>Staphylococcus</i>	230 ± 120^a	420 ± 61^{ab}	130 ± 110^a	81 ± 10^a	100
<i>Bacillus</i>	$1,1.10^3 \pm 7,3.10^{2a}$	$6,2.10^3 \pm 4.10^{2a}$	$2,2.10^3 \pm 1,4.10^{2ab}$	$2,5.10^3 \pm 1,6.10^{2ab}$	-
Lev. / Moisis	12 ± 2^a	7 ± 2^a	50 ± 13^{bc}	87 ± 22^c	10^4
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence	Absence	Absence
ASR	0	0	0	0	10^3

Sur chaque ligne les valeurs moyennes succédées des mêmes indices, ne sont pas statistiquement différentes au seuil de significativité $\alpha < 0,05$.

DISCUSSION

Les teneurs ($28,47 \pm 3,1$ à $30,90 \pm 2,16\%$) en protéines mesurées sont dans le même ordre de grandeur que celles ($33 \pm 2,4$ à $34,6 \pm 2,6\%$) rapportées pour des échantillons de graines de *Hibiscus sabbariffa* L. fermentées (un condiment Ouest-africain) analysés par Bengaly (2005). L'écart entre ces résultats pourrait être lié aux caractéristiques variétales et aux fortes teneurs en eau des échantillons de *soumbara* analysés. Aussi, leur exposition à l'air libre au cours de la commercialisation pourraient-elles occasionner une forte activité des protéases produites par les microorganismes et une forte dégradation des protéines (Omabuvbe et al., 2002 ; Li et Fang, 2007 ; Koura et al., 2014).

Les teneurs en matières grasses ($26,66 \pm 2,88$ à $37,13 \pm 2,69\%$) déterminées au cours de cette étude pour le *soumbara* de Néré sont significativement supérieures aux valeurs ($19,39$ à $22,56\%$) indiquées par Koura et al. (2014) pour les graines brutes de *Parkia biglobosa* en usage au Bénin. Cela indiquerait que les graines de *Parkia biglobosa* en usage en Côte d'Ivoire, auraient des caractéristiques physiques (longueurs et masses) et composition chimiques significativement

différentes de celles en usage aux Bénin (Koura et al., 2014). Les teneurs en eau des *soumbara* de Néré sont élevées, variables et inférieures à celles du *soumbara* de soja. Cette forte teneur en eau du *soumbara* de soja s'expliquerait par un séchage insuffisant. Aussi les graines de soja pourraient-elles avoir une meilleure capacité d'absorption-rétention d'eau, comparées à celle des graines de Néré et d'autres protéines végétales. Ces fortes teneurs en eau du *soumbara* et particulièrement celle à base de soja pourrait favoriser la prolifération de microorganisme pouvant entraîner la détérioration lors de son conditionnement (Popoola et al., 2007). Ce taux d'humidité élevé a une influence sur l'oxydation de la matière grasse et pourrait expliquer que le *soumbara* de soja ait une plus faible teneur en lipides. Les différences observées, particulièrement aux niveaux des taux de cendres, s'expliqueraient notamment par la diversité des procédés. En effet, pour la fermentation, les productrices de Korhogo recouvreraient les graines de *soumbara*, de farines de céréales, alors que celles de Guinée ou du Burkina Faso recouvreraient les graines de cendre. Les processus de production pourraient aussi entraîner quelques pertes de

minéraux (Babacar et al., 2000). Toutefois, ces taux de cendres $2,81 \pm 0,06$ à $4,93 \pm 0,08\%$ sont relativement élevés et quel que soit le site de collecte ou la nature du matériel de base (Néré ou soja), les *soumbara* produites ou vendues en Côte d'Ivoire seraient d'importantes sources de micronutriments. Les compositions chimiques de ces condiments étudiés sont en accord avec plusieurs travaux qui présentent le *soumbara*, ainsi que d'autres condiments similaires produits dans la sous région, à savoir le *dawadawa*, l'*afitin*, l'*iru*, et le *netéu* comme d'importantes sources d'éléments nutritifs (Diawara et al., 2004 ; Bengaly, 2005 ; Azokpota et al., 2006). Les valeurs élevées de pH seraient attribuées aux fortes teneurs en protéines (36 – 40%) des graines de Néré et de soja qui joueraient un rôle tampon au cours de la fermentation occasionnant une faible diminution du pH. Des résultats rapportés par Sefa-Dedeh et al. (2001) ont indiqué que les protéines du haricot contribuaient à ralentir la baisse de pH pendant la fermentation des farines composées haricot-maïs.

L'examen microbiologique a permis d'évaluer le niveau de contamination des *soumbara* par des microorganismes non fermentaires. La charge élevée des germes aérobies mésophiles favoriserait une forte altération des *soumbara* et constituerait un risque de présence de germes pathogène (Kasse et al., 2014). Cette flore d'altération, constituée par la flore aérobie mésophile totale dont la teneur la plus élevée ($1,8.10^5 \pm 2.10^4$ ufc/g) serait du même ordre de grandeur que à $18,47.10^4$ ufc/g rapporté par Fall et al. (2014), dans le *Guedji*, un condiment à base de poissons fermentés et séchés. A celle-ci, s'ajouteraient certaines levures et les moisissures rattachées au règne végétal par leur structure cellulaire, ainsi que des staphylocoques présumés pathogènes. Ces

microorganismes pourraient dégrader les produits en altérant le goût, l'odeur, l'aspect, en somme la qualité marchande des *soumbara* (Lortal, 2015). L'étude a indiqué l'absence de coliformes, de Salmonelles et des Anaérobies Sulfito-Réducteurs qui serait due à la fermentation qui rend le milieu hostile à leur croissance (Yao et al., 2009). L'évaluation de la qualité marchande des échantillons de *soumbara* selon la directive 2005/2073/CE relatives aux critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires, a indiqué une qualité microbiologique acceptable pour les échantillons de *soumbara* de korhogo. Par contre, du fait de leurs teneurs en *Staphylococcus* supérieures à la valeur maximale acceptable (100 UFC/g), les *soumbara* d'Abidjan et de Bouaké seraient de qualité microbiologique non satisfaisante. Cette forte charge en staphylococcus serait due à l'exposition à l'air libre lors du séchage ou de la vente. Toutefois des mesures de correction pourraient contribuer à diminuer la charge en *Staphylococcus*. Cependant, la plupart des *Staphylococcus* isolés seraient impliqués dans la fermentation des graines de Néré et de soja. En effet, les travaux de Babacar et al. (2000) ont indiqué que la souche de *Staphylococcus* serait probablement responsable de la genèse des composés d'arômes qui interviendraient au cours de la maturation. Cette souche de *Staphylococcus sp.* excréterait des composés d'arômes pendant sa croissance, lors de la maturation du produit.

D'autres souches seraient impliquées dans la fermentation des graines de *Parkia biglobosa* ou de *Glycine max.* Des souches de *Bacillus*, de *Staphylococcus*, de *Streptococcus*, de levures et de moisissures, qui ont été isolées sur les échantillons du *soumbara*, pourraient être assimilées à la flore de fermentation. Deux *Bacillus* (*B. subtilis* et *B. pumilus*) seraient impliqués dans la

fermentation du *soumbara de Néré*. Trois *Bacillus* (*B. subtilis*, *B. pumilus* et *B. lichenformis*) seraient impliqués dans la fermentation du *soumbara de soja*. Ces souches d'intérêt technologiques seraient probablement responsables de l'excrétion de métabolites (enzymes, exopolysaccharides, lipopeptides, ...) et de la genèse des composés d'arômes pendant la fermentation (Yao et al., 2009). Ce sont ces composés qui donneraient aux produits finaux (*soumbara*), le goût, l'odeur et l'arôme caractéristique et qui seraient responsables de phénomène d'antibiose (Djè et al., 2008 ; Sobowale et al., 2008 ; Savadogo et al., 2011). Ces phénomène d'antibiose contribueraient à l'élimination de la flore pathogènes sur le milieu de fermentation, permettant ainsi d'améliorer la qualité du *soumbara* (Yao et al., 2009 ; Kayodé et al., 2012).

Conclusion

La présente étude a permis d'évaluer les caractéristiques biochimiques et microbiologiques des *soumbara* vendu en Côte d'Ivoire. L'étude a montré que les valeurs de chacun des paramètres mesurés varient de façon significative d'un échantillon à un autre, et selon les villes ou selon les pays, à l'exception des protéines, du pH et des glucides. Les différences observées au niveau de la composition chimique s'expliqueraient notamment par la diversité des procédés de production.

D'un point de vue nutritionnel, le *soumbara*, produit de fermentation de la graine de *P. biglobosa* ou de *glycine max*, contribuerait significativement à améliorer l'apport protéique dans l'alimentation des populations de l'Ouest-africain. Dans les familles pauvres, il pourrait trouver sa place comme substitut de la viande mais principalement comme condiment, vu que ses

propriétés organoleptiques sont très appréciées.

Pour les perspectives, nous suggérons une caractérisation des graines et la mise au point d'un procédé mieux adaptés pour la fermentation. L'utilisation de starters sélectionnés devrait contribuer à contrôler la saveur et l'arôme de ces produits.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

CF a été l'initiatrice de cette étude. Elle a été responsable de toutes les analyses, de l'exploitation des résultats et de la rédaction du manuscrit. SS : a participé à l'exécution des protocoles au laboratoire, à la réalisation des analyses statistiques, ainsi qu'à l'exploitation des résultats. TS, a contribué à la rédaction du manuscrit et a corrigé plusieurs fois le manuscrit. DK a contribué à l'amélioration du manuscrit et à valider les protocoles de laboratoire et supervisé tous les travaux. KB a contribué à l'amélioration du manuscrit et à valider les protocoles de laboratoire et supervisé tous les travaux. Il a été le responsable scientifique de cette étude.

REMERCIEMENTS

Nous remercions l'équipe de l'Unité d'Analyse Microbiologique du Laboratoire National de la Santé Publique de Côte d'Ivoire.

REFERENCES

- AOAC. 1995. Official methods of Analysis of the Association of official Analytical Chemists International, 16th ed. AOAC International Arlington, VA, 250p. <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.05.023>.

- Ahouansou RH. 2012. Contribution à la mise au point et à l'optimisation des équipements de transformation agroalimentaire au Bénin : Cas de la décortiqueuse de néré et de la presse d'afitin. Thèse de Doctorat Unique de l'Université d'Abomey-Calavi, 285p. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v75i1.4>.
- Azokpota P, Hounhouigan DJ, Nago CM. 2006. Microbiological and chemical changes during the fermentation of African locust bean (*Parkia biglobosa*) to produce afitin, iru, and sonru, three traditional condiments produced in Benin. *International Journal of Food Microbiology*, **107**: 304-309. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v75i1.4>.
- Babacar N, Georges L, Bernard W, Colette C, Michel M, Philippe T. 2000. Composition chimique du nétéu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **4**(2): 101-105.
- Bengaly MD, Augustin BB, Alfred ST. 2005. Les graines de *Hibiscus sabdariffa* L. fermentées : un condiment ouest africain riche en protéines ; potentiel véhicule pour la fortification en fer. Maîtrise des procédés en vue d'améliorer la qualité et la sécurité des aliments. Utilisation des OGM. Analyse des risques en agroalimentaire Ouagadougou, 8-11 Novembre, 2005.
- Bonfoh B, Fokou G, Ould TM, Fane A, Woirin D, Laimaibao N, Zinsstag J. 2007. Dynamiques des systèmes de production laitière, risques et transformations socio-économiques au Mali. *Revue Élev. Méd. Vét. Pays Trop*, **60**(1-4): 67-76.
- Cheyns E, Bricas N. 2003. La construction de la qualité des produits alimentaires : le cas du soumbala, des céréales et des viandes sur le marché de Ouagadougou au Burkina Faso = Food product quality development processes. Case studies on soumbala, cereal and meat products on the Ouagadougou market. Montpellier : CIRAD, 82 p. (Série ALISA).
- Dje MK, N'guessan KF, Djeni TN, Dadie TA. 2008. Biochemical changes during alcoholic fermentation in the production of 'achapalo', a traditional sorghum beer. *Int. J. Food Eng.*, **4**: 44-50.
- Fall NG, Tounkara ILT, Diop MB, Thiaw OT, Thonart P. 2014. Etude socio-économique et technologique de la production du poisson fermenté et séché (Guedj) au Sénégal. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(6): 2523-2538, <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i6.15>.
- FAO Corporate Document Repository. 2006. Calculation of the Energy Content of Foods-Energy Conversion Factors. [<http://www.fao.org/ag>].
- Fokou G, Kone BV, Bonfoh B. 2010. Mon lait est pur et ne peut pas rendre malade » : motivations des acteurs du secteur informel et qualité du lait local au Mali. *Revue Africaine de Santé et de Productions Animales*, **8**: 75-86.
- Giner C. 2010. Nouvelle piste de création de valeur dans le secteur agroalimentaire. Editions OCDE, 40p.
- ISO 4833. 2003. Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes, Technique de comptage des colonies à 30 °C sur PCA, 19p.
- ISO 6579. 2002. Microbiology of food and animal feeding stuffs, Horizontal method for the detection of *Salmonella* spp, Fourth edition, 34p.
- ISO 7899-1. 1999. Water quality-detection and Enumeration of intestinal Enterococci-Part 1 : Miniaturized Method (Most Probable Number) by inoculation

- in liquid Medium. International Organisation for Standardization, Geneva, 7p.
- Kasse M, Cisse M, Toure A, Ducamp-collin MN, Guisse M. 2014. Qualité microbiologique des tranches de mangues (*Mangifera indica* L.) vendues à Dakar (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1611-1619. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i4.23>.
- Kayodé APP, Akogou FUG, Amoussa WH, Hounhouigan JD. 2012. Effets des procédés de transformation sur la valeur nutritionnelle des formulations de bouillies de complément à base de sorgho. *Int. J., Biol., Chem., Sci.*, **6**(5): 2192-2201. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Koura K, Ouidohh PIG, Azokpota P, Ganglo JC, Hounhouigan DJ. 2014. Caractérisation physique et chimique des graines de *Parkia biglobosa* (Jacq.) R. Br. En usage au Nord-Bénin. *J. Appl. Biosci.* **75** : 6239-6249. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v75i1.4>.
- Li C, Fang HHP. 2007. Fermentative Hydrogen Production From Wastewater and Solid Wastes by Mixed Cultures. *Crit. Rev. Environ. Science Technol.*, **37**(1): 1-39. doi : 10.5772/47750
- Lortal. 2015. Ferments et aliments : une longue histoire riche d'enseignements. *Innovations Agronomiques*, **44** : 1-13. <https://www6.inra.fr/ciag/revues/volumes>.
- Mensah P, Yeboah-Manu D, Owusu-Darko K, Ablorde A. 2002. Street foods in Accra, Ghana: how safe are they? *Bull W. H. O.*, **80** (7): 546-554. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2567559/pdf/12163918.pdf>
- NF ISO 21527-2. 2008. Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures, Partie 2 : technique par comptage des colonies dans les produits à activité d'eau inférieure ou égale à 0,95, 9p.
- NF ISO 15214 (V 08-030). 1998. Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des bactéries lactiques mésophiles, Technique par comptage des colonies à 30°C sur la gélose MRS, 7p.
- NF ISO 4832 (V 08-015). 2006. Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes, Méthode par comptage des colonies obtenues à 37°C, 6p.
- NF ISO 4832 (V08-060). 2009. Microbiologie des aliments, Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44°C, Biokar diagnostics Violet Red Bile Agar (VRBA), 4p.
- NF EN ISO 6888-1/A1. 2004. Microbiologie des aliments, Méthode horizontale pour le dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces), Partie 1 : Technique utilisant le milieu gélosé de Baird- Parker, Amendement 1 : Inclusion des données de fidélité, 18p.
- NF EN ISO 6887-V08-010-6. 2013. Microbiologie des aliments-Préparation des échantillons, de la suspension mère et des dilutions décimales en vue de l'examen microbiologique-Partie 6 : règle spécifiques pour la préparation des échantillons prélevés au stade de production primaire, 5p.
- Omabuvfe BO, Abiose SH, Shonukan OO. 2002. Fermentation of soybean (glycine max) for soy-daddawa production by starter cultures of bacillus. *Food. Microbiol.*, **19**(6): 561-566. <http://www.refdoc.fr/r=1>
- Popoola TOS, Kolapo AL, Afolabi OR. 2007. Biochemical deterioration of soybean dawa dawa.-A condiment. *J Food Agric.*

- Environ.*, **5**(1): 67-70.
<http://www.medwelljournals.org/ref.php?doi=ajft.2007.440.445>.
- Savadogo A, Traoré AS. 2011. La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *Int. J., Biol., Chem., Sci.*, **5**(5): 2057-2075. <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
- Sefa-Dedeh S, Kluvitse Y, Afoakwa OE. 2001. Influence of fermentation and cowpea steaming on some quality characteristics of maize-cowpea blends. *African Journal of Science and Technology*, **2**(2): 71-80. <http://www.ajol.info/index.php/ajst/article/viewFile/44674/28175>
- Sobowale AO, Oyewole OB. 2008. Effect of lactic acid fermentation of cassava on functional and sensory characteristics of fufu flour. *J. Food Process. Preserv.*, **32**: 560-570.
- Yao AA, Egounlety M, Kouame LP, ThonarTP. 2009. Les bactéries lactiques dans les aliments ou boissons amylicés et fermentés de l'Afrique de l'Ouest : leur utilisation actuelle. *Ann. Méd. Vét.*, **153**: 54-65.