

Formulation et caractérisation physicochimique de la farine infantile composée : Attiéké déshydraté - Amande de cajou

[Formulation and physical chemical characterization of infant flour compound : Attieke - cashew kernel flours]

Salimata KONE¹, Doudjo SORO², and Ernest Kouadio KOFFI¹

¹Université Félix Houphouët Boigny, Unité de Formation et de Recherche de Biosciences, Laboratoire de Biochimie Sciences des Aliments, 01 BP V 34 Abidjan, Côte d'Ivoire

²Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny, UMRI Sciences des Procédés Chimiques, Alimentaires et Environnementaux, BP 1313 Yamoussoukro, Côte d'Ivoire

Copyright © 2019 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: Protein and energy deficiencies and mineral deficiencies are public health problems in developing countries. So the aim of this study is to produce formulations of different infant flours in order to contribute to the fight against malnutrition. Formulations are made from attiéké flour and cashew kernel flours (unfermented cashew kernel flour and fermented cashew kernel flours, 10%, 15%, 20%). Different physico-chemical and functional analyzes are carried out. The results showed that the incorporation of the two types of cashew meal into the attiéké flour increases the protein value of the attiéké flour. Protein levels increase proportionally with the incorporation rate. These values range from 7.53g / 100g FAFCNF10 to 10.62g / 100g for formulations with unfermented flour and 8.23g / 100g FAFCF10 to 11.53 g/100g FAFCF20. Other results range from: moisture (3.33 g / 100 g - 4.66 g / 100 g); ashes (1.60 g / 100 g - 3.20 g / 100 g); Fibers (0.57 g / 100 g -3.84 g / 100 g); lipids (0.18 g / 100 g - 6.68 g / 100 g); carbohydrate (91.16 - 74.92); swelling (298.33% - 158%); solubility (23.05 g / 100 g - 31.77 g / 100 g); (523 kcal / 100 g - 378 cal / 100 g). Cashew almond flours significantly improve the nutritional value of attiéké flour.

KEYWORDS: cashew kernel, infant flour, nutritional value, attiéké, formulation.

RESUME: Les carences en protéines et énergies ainsi que les déficiences en minéraux sont des problèmes de santé publique dans les pays en voie de développement. A cet effet cette étude a pour objectif de réaliser des formulations de différentes farines infantiles dans le but de contribuer à la lutte contre la malnutrition. Des formulations sont effectuées à partir de la farine d'attiéké et les farines d'amande de cajou (la farine d'amande de cajou non fermentée et la farine d'amande de cajou fermentée 10% ; 15% ; 20%). Des différentes analyses physico-chimiques et fonctionnelles sont effectuées. Les résultats ont montré que l'incorporation des deux types farines de cajou à la farine d'attiéké augmente la valeur protéique de la farine d'attiéké. Les teneurs en protéines augmentent proportionnellement avec le taux d'incorporation. Ces valeurs varient de 7,53g/100g FAFCNF10 à 10,62g/100g pour les formulations avec la farine non fermenté et de 8,23 g/100g FAFCF10 à 11,53 g/100g FAFCF20. Les autres résultats varient de : humidité (3.33 g/100 g – 4.66 g/100 g) ; cendres (1.60 g/100 g – 3.20 g/100 g) ; Fibres (0.57 g/100 g –3.84 g/100 g) ; lipides (0.18 g/100 g – 6.68 g/100 g) ; glucide (91.16 – 74.92) ; gonflement (298.33% - 158%) ; solubilité (23.05 g/100 g - 31.77 g/100 g) ; valeur énergétique (523 kcal/100 g - 378 kcal/100 g). Les farines d'amande de cajou permettent d'améliorer significativement la valeur nutritive de la farine d'attiéké.

MOTS-CLEFS: amande de cajou, farines infantiles, valeur nutritive, attiéké, formulation.

1 INTRODUCTION

La carence en protéine et énergie ainsi que la déficience en minéraux sont des problèmes de santé publique dans les pays en voie de développement [1]. Les enfants constituent la couche la plus vulnérable. La malnutrition contribue à 35% des décès d'enfants de moins de 5 ans en Afrique de l'Ouest et du Centre [2]. En Côte d'Ivoire, la prévalence de la malnutrition chez les enfants de moins de 5 ans est de 40,6 % avec 15,7 % de forme sévère et l'insuffisance pondérale touche 20,2 % des enfants, avec 4,3 % de forme sévère [3].

Les causes principales de cette malnutrition sont des déficits en protéines et une carence en certains micronutriments (le calcium, le fer et le zinc). En effet, la santé et le bien-être de chaque individu dépendent d'un apport suffisant en éléments nutritifs de bonne qualité, tels que les lipides, les protéines, les glucides, les vitamines et les minéraux [4]. Ces aliments modulent le système immunitaire.

Pendant la période de sevrage, il faut apporter des aliments de complément aux enfants sous forme liquide ou semi liquide pour compléter les apports du lait maternel. Ainsi durant cette période l'enfant a besoin d'une nourriture spéciale lui fournissant suffisamment d'énergie, de protéines et d'autres matières nutritives comme des vitamines, des minéraux et des oligoéléments [5]. Ces aliments prennent peu à peu le pas sur le lait maternel ou son substitut.

En Afrique subsaharienne, les premiers aliments de complément sont le plus souvent des bouillies à base de céréales, racines ou tubercules agrémentées ou non de sucre. Ils sont riches en glucides et pauvres en protéines. Ces aliments sont incapables de couvrir tous les besoins nutritionnels de l'enfant. Par ailleurs, des farines infantiles de bonne qualité existent sur le marché mais ce sont des produits industriels importés et d'un coût élevé. Pour résoudre ce problème [6] préconisent que les aliments de complément soient confectionnés à partir de produits locaux disponibles et accessibles et de qualité nutritive suffisante pour couvrir les besoins nutritionnels de l'enfant. Parmi ces produits locaux, l'on note le manioc (*Manihot esculenta Crantz*) une racine importante aussi bien pour sa consommation alimentaire élevée que pour sa valeur culturelle en Afrique de l'ouest. En Côte d'Ivoire, la production annuelle de manioc atteint 2,41 millions de tonnes. C'est un produit apprécié à cause de ses produits dérivés dont l'Attiéké qui reste l'aliment le plus consommé [7].

L'attiéké est un produit fermenté à partir du manioc, appelé couramment couscous de manioc. C'est une semoule de manioc cuite à la vapeur avant consommation. Cependant sa consommation supprime la faim, c'est un aliment essentiellement glucidique. D'où l'intérêt d'une fortification de la farine d'attiéké avec d'autres sources végétales comestibles locales, notamment la farine d'amandes de cajou pour l'élaboration des compléments alimentaires

L'amande de la noix de cajou (*Anacardium occidentale, L.*) quant à elle renferme 21% de protéines et 60% des lipides et est riche en acides gras essentiels [8].

Il ressort de cette analyse que les amandes des noix de cajou pourraient constituer un aliment potentiel pour la lutte contre la malnutrition protéino-énergétique. Ainsi, cette étude a pour objectif de réaliser des formulations pour l'enrichissement de la farine d'attiéké avec la farine d'amande de cajou.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 MATERIEL

MATERIEL VEGETAL

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est constitué de l'attiéké achetée chez des productrices dans le village de Djahakro (Yamousoukro, Cote d'Ivoire). La farine d'amande de cajou obtenu après différents traitements des noix de cajou collectées dans les laboratoires de l'Institut Nationale Polytechnique Félix Houphouët-Boigny (INP-HB). Une farine de commerce est utilisée comme témoin.

2.2 METHODES

2.2.1 PRODUCTION DE FARINE D'ATTIEKE

L'attiéké collecté chez les productrices a été amené au laboratoire pour être séché à l'étuve à 60°C pendant 24 h et broyé à l'aide d'un broyeur. La farine obtenue a été conservé dans des sachets en polyéthylène.

2.2.2 TRAITEMENT DES NOIX DE CAJOU

Le traitement des noix de cajou a été inspiré du procédé de [9]. Un lot de noix de cajou séchées sains a été cuit à la vapeur dans un cuiseur à vapeur à 115°C pendant 45 min, puis laissé sécher à température ambiante pendant 48h. Les noix de cajou ont été décortiquées manuellement en deux moitiés égales à l'aide d'un décortiqueur à commande manuelle. Les amandes ont ensuite été séparées des coquilles à l'aide de petits couteaux. Les amandes sont séchées dans un four à une température de 85°C pendant 2 heures puis dépelliculées. Les amandes dépelliculées ont été séchées à 65°C pendant 6 heures pour réduire l'humidité entre 5 et 6%, puis conditionnées.

2.2.3 PRODUCTION DE LA FARINE D'AMANDE DE CAJOU DESHUILEE ET NON FERMENTEE

Les amandes sont obtenues après décorticage, séchage et émondage des noix. La farine d'amande de cajou est produite selon la méthode décrite par [10] modifiée. Les amandes séchées ont été concassées à l'aide d'un broyeur semi-artisanal et mises dans une cuve en inox. L'hexane a été ajouté 1 :1 (P/v) aux flocons pour l'extraction d'huile. Le mélange a été macéré pendant 30 min avant d'être chauffé à 130° pendant 50 min et laisser au repos pendant 24 h à température ambiante. Ensuite le culot est séparé du surnagent (huile et l'hexane). L'opération est réalisée deux fois. Les tourteaux sont mis sous presse pendant 24 h pour extraire le reste de l'huile. Les tourteaux déshuilés ont été séchés au four à 70 °C pendant 12 heures. Ils sont moulus dans un broyeur et la farine obtenue a été conservée dans des sachets en polyéthylène.

2.2.4 PRODUCTION DE LA FARINE D'AMANDE DE CAJOU DESHUILEE ET FERMENTEE

Pour produire une farine à partir de tourteaux d'amande de cajou, la méthode de [11] modifiée a été utilisée. Les amandes obtenues sont bouillies à 100°C pendant 1 h. Les amandes bouillies sont étroitement enveloppées dans la feuille de plantain pendant 72 heures pour la fermentation. La fermentation est effectuée en utilisant les micro-organismes naturellement présents sur la surface des feuilles de plantain. Les graines fermentées sont séchées au four 60°C pendant 48 heures. Les amandes fermentées sont concassées et l'hexane a été ajouté comme décrit ci-dessus. Après l'extraction, les tourteaux ont été séchés à 70°C pendant 12 h pour l'évaporation de l'hexane. Les tourteaux sont broyés dans un broyeur et conditionnés dans des sachets polyéthylène.

2.2.5 FORMULATION DES FARINES INFANTILES : ATTIEKE / AMANDE DE CAJOU

Les farines composites attiéké / amande de cajou ont été obtenues par l'incorporation de proportions respectives de 0, 10, 15 et 20% des farines d'amande de cajou (fermentée et non fermentée) dans la farine d'attiéké. Chaque formulation a été soigneusement mélangée dans un mixeur, ensuite répartie en fractions de 250 g dans des sachets plastique en polyéthylène, puis stockée pour les analyses.

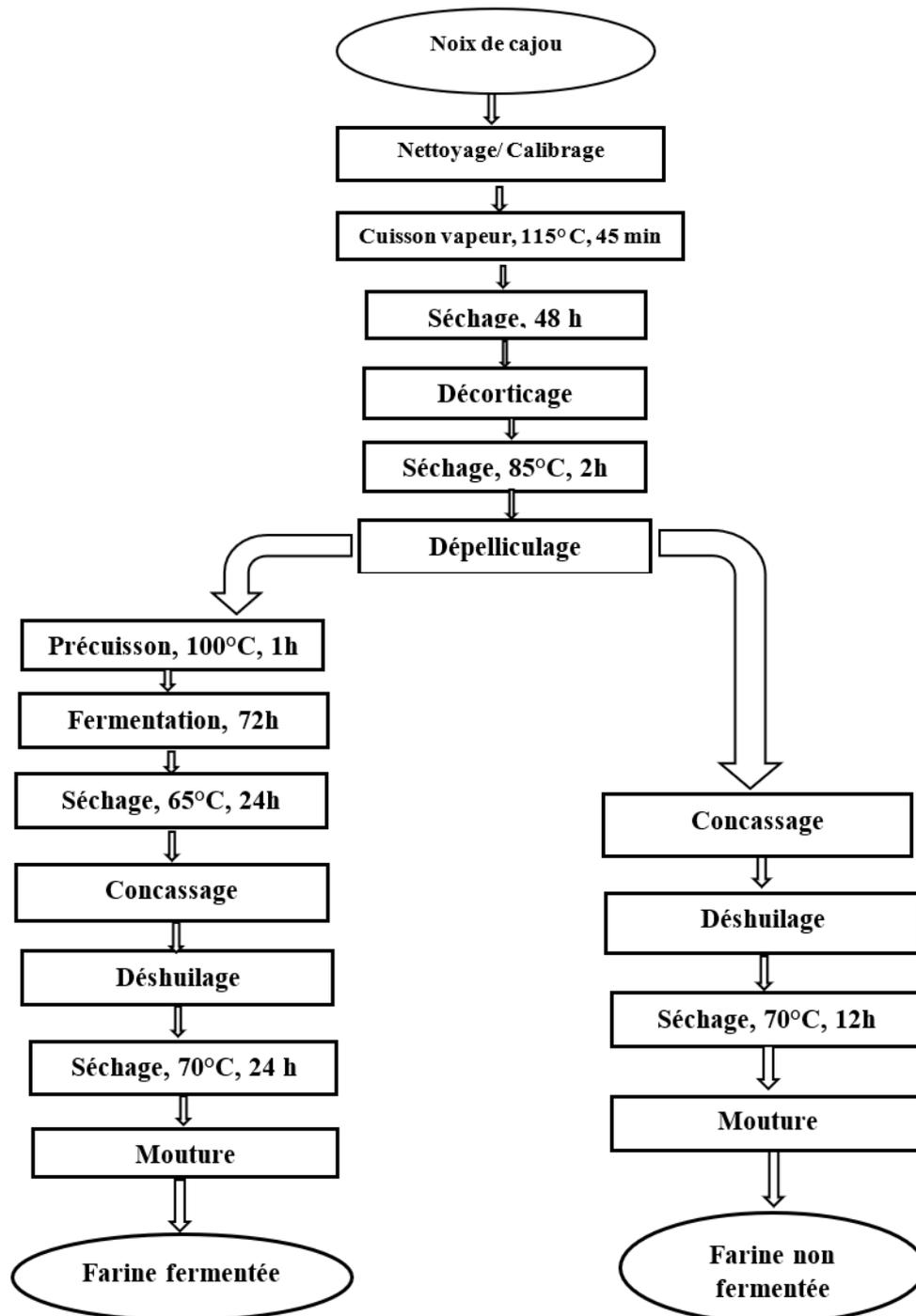


Fig. 1. Diagramme de fabrication de la farine d'amande de cajou fermentée et de non fermentée

2.2.6 PROPRIÉTÉS NUTRITIONNELLES DE LA FARINE

COMPOSITION BIOCHIMIQUE

La détermination de la teneur en cendre a été faite selon la méthode [12]. Elle consiste à minéraliser un échantillon de 5g (m) à 600°C pendant 6 h dans un four à moufle (NABERTERM, GmbH Bahnhofstr. 20,28865 Lilienthah/Bremen, Germany), jusqu'à destruction de toutes les matières organiques contenus dans l'échantillon.

Le taux d'humidité a été déterminé selon la méthode décrite par [12] basée sur la déshydratation par séchage à l'étuve des échantillons, jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La détermination de la teneur en lipides se fait par la méthode de soxhlet [12]. Les matières grasses seront extraites à ébullition par de l'hexane pur. Ce dernier est ensuite éliminé par évaporation et le résidu est séché et pesé.

Les fibres brutes regroupent la cellulose, quelques hémicelluloses et la lignine. Les teneurs en fibres brutes des farines ont été déterminées par la méthode de [13].

Pour cela un gramme de farine (m) a été porté à ébullition dans 50 mL d'acide sulfurique (1,25 N) et ensuite dans 50 mL de soude (1,25 N) pendant une heure (30 minutes x2). Le résidu obtenu est séché à 105 °C pendant huit heures (m₁) puis incinéré à 550 °C pendant trois heures (m₂). La teneur en fibre brute totale (F_b), exprimée en pourcentage de matière sèche.

Environ 0,1 g de farine composite attiéké-amande de cajou sont utilisés pour déterminer le taux des protéines brutes à partir du dosage de l'azote total par la méthode de Kjeldhal [12]. Le taux de protéine a été obtenu en multipliant la teneur en azote total par un facteur de convention 6,25.

La détermination est par différence selon la formule suivante [12]:

$$\% \text{Glucides} = 100 - (\% \text{ Humidité} + \% \text{ Protéine} + \% \text{ Matière grasse} + \% \text{ Cendre})$$

La valeur énergétique a été calculée à l'aide des coefficients spécifiques d'Atwater :

$$VE = (\% \text{ de protéines} \times 4) + (\% \text{ d'hydrates de carbone} \times 4) + (\% \text{ de lipides} \times 9)$$

2.2.7 PROPRIETES FONCTIONNELLES

Dix (10) grammes de farine sont délayés dans 100 mL d'eau distillée. L'ensemble est macéré pendant 30 min. Le mélange obtenu est centrifugé.

Le pH a été déterminé selon la méthode potentiométrique en utilisant l'électrode d'un compteur [12]. Dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu a été prélevé et le pH est mesuré au moyen d'un pH-mètre (HANNA HI 8424, Chine). La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre.

L'acidité titrable a été déterminée par dosage titrimétrique. Le dosage consiste à déterminer la teneur totale en acide naturel du produit. A dix millilitres (10 mL) du surnageant précédemment obtenu ont été ajoutés 2 gouttes phénolphthaléine comme indicateur coloré. Le mélange a été dosé avec une solution d'hydroxyde de sodium 0,1 N jusqu'au virage au rose pâle. L'acidité est exprimée en milliéquivalents pour 100 g d'échantillon (még /100g).

L'indice de solubilité à l'eau (ISE) sont déterminés suivant la méthode de [14], [15]. Un (1g) gramme de farine est dispersé dans 10 mL d'eau distillée. Après agitation pendant 30 min à l'aide d'un agitateur, le mélange est centrifugé à 4500 trs/min pendant 10 min et le culot humide est séché à 105°C jusqu'au poids constant.

Le gonflement a été effectué par la méthode [16]. Un volume bien déterminé (10 mL) de chaque échantillon de farine a été introduit dans une éprouvette graduée (volume initial). 50 mL d'eau distillée ont été introduits dans l'éprouvette. Le volume occupé par la farine gonflée (volume final) a été lu après 30 min. Le taux de gonflement est donné par la formule suivante:

$$Tg = \frac{\text{volume final}}{\text{volume initial}} \times 100$$

ANALYSES STATISTIQUES

Les résultats expérimentaux ont été soumis à l'analyse de la variance (ANOVA). Lorsque la valeur de cette analyse est significative au seuil de 5%, les moyennes sont comparées par le test de Duncan. Toutes ces analyses ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA version 7.1.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats du tableau 1 montrent la teneur en humidité, en cendres, en protéines totales, en lipides et fibres des différentes farines. Les données de ce tableau révèlent que les farines ont une faible teneur en humidité, ce faible taux d'humidité permet une bonne et longue durée de conservation sans risque de prolifération microbienne. Une forte teneur en humidité diminue le temps de stockage et à un impact sur la qualité des farines.

Le taux de cendre varie entre $1,60 \pm 0,2$ (FAFCNF10) et $3,86 \pm 0,23$ (FCF). Ces taux de cendres sont supérieurs à ceux rapportés par [17], pour des farines igname/soja et inférieurs à ceux [18], [19]. En outre, la teneur élevée en cendres obtenue par la farine FCNF (3,20 %) pourrait être dû au séchage qui permet de concentrer l'aliment par perte d'eau.

Les teneurs en lipides des farines présentent des différences significatives ($P < 0,05$). Les teneurs les plus élevées (31,06g/100 g) et (29,25 g/100 g) se retrouvent respectivement dans les farines FCF et FCNF. Les teneurs en lipides des différentes farines sont inférieures à celles obtenues par [20] et inférieures à celle proposée par [5] pour la farine standard (7g/100g).

La valeur la plus élevée en fibre est observée dans la farine FCNF (4,98 g/100 g) et la valeur la plus faible (0,57 g/100 g) est présente dans la farine FAFCF10. Les teneurs obtenues avec les formulations non fermentées sont supérieures à celles obtenues avec les formulations fermentées. Les faibles teneurs en fibres rencontrées dans les formulations sont dues à la production d'enzymes (cellulases et hemicellulases) de dégradation de la cellulose/ hémicellulose, pendant la fermentation [21]. Aussi ces faibles teneurs en fibres seraient dues aux opérations unitaires nécessaires à la production de farines telles que le décorticage qui entraîne une élimination de la pellicule riche en fibre, le tamisage et la fermentation qui réduit le taux de fibres dans la farine. La teneur en fibres alimentaires des préparations alimentaires complémentaires ne devrait donc pas excéder 5 g/100 g de produit sur la base du poids sec selon [22]. Les fibres régulent le transit intestinal; elles captent une partie des lipides et des glucides et peuvent aussi réduire les risques d'obésité et les maladies métaboliques

Les teneurs en glucides observées, présentent une différence significative ($P < 0,05$). Elles varient entre 91,16g/ 100g pour la farine FA et 27,13 g/100g pour la farine FCF. Une diminution des valeurs est observée avec le taux d'incorporation des farines de cajou fermentée et non fermentée. Cependant celles des formulations avec la farine fermentée restent inférieures à celles des formulations non fermentées. Les teneurs élevées en glucides dans les farines s'expliquent par la présence dans ces formulations de la farine d'attiéké à plus de 80%. L'attiéké est un aliment essentiellement énergétique, avec une teneur en glucides totaux supérieure à 90%. Ces teneurs sont supérieures (73,52 g/100 g) à celles trouvées dans la bouillie Akamu consommée à Nsukka localisé dans le Nord du Nigeria à Enugu state [23]. Les glucides sont une source d'énergie utilisée par l'organisme et sont impliqués dans l'anabolisme des protéines. Ils peuvent aussi participer à la constitution de tissus fondamentaux de l'organisme : les cartilages, les acides nucléiques, les mucus, les substances antigéniques [24].

Les différentes valeurs de protéines observées varient de 2,97g/100g (FA) à 33,77g/100g (FCF). Les teneurs en protéines des formulations fermentées sont supérieures à celles des formulations non fermentées. Ces valeurs augmentent avec le taux d'incorporation des différentes farines de cajou. L'augmentation de la teneur en protéines des différentes farines est due à l'incorporation de la farine de cajou qui est riche en protéine 21% [25] (Lautié et al., 2001). L'augmentation de la teneur en protéines après la fermentation pourrait être attribuée au métabolisme de la flore microbienne endogène (champignons, moisissures, levures et bactéries) présente dans le milieu de fermentation [26] (Oboh et Akindahunsi, 2003). Ces valeurs protéiques sont inférieures aux normes recommandées par la FAO/OMS (2008) pour les aliments de sevrage (11-21 g /100g) sauf la farine FAFCF20 11,53g/100g qui est conforme aux normes.

Tableau 1. Résultats des analyses biochimiques

Echantillons	Humidité (g/100g)	Cendres (g/100g)	Fibres (g/100g)	Lipides (g/100g)	Glucides (g/100g)	Protéines (g/100g)
FA	$3,33 \pm 0,57^{ab}$	$1,3 \pm 0,57^b$	$2,72 \pm 0,14^d$	$0,18 \pm 0,02^a$	$91,16 \pm 0,60^h$	$2,97 \pm 0,17^a$
FCNF	$3,06 \pm 0,23^a$	$3,20 \pm 0,20^f$	$4,98 \pm 0,2^g$	$29,25 \pm 0,29^e$	$39,91 \pm 0,14^b$	$24,57 \pm 0,3^i$
FAFCNF10	$4,66 \pm 0,57^d$	$1,60 \pm 0,20^{bc}$	$2,60 \pm 0,21^d$	$3,14 \pm 0,19^b$	$83,06 \pm 0,60^f$	$7,53 \pm 0,10^c$
FAFCNF15	$4,33 \pm 0,57^{cd}$	$1,93 \pm 0,11^{cde}$	$3,40 \pm 0,20^e$	$4,88 \pm 0,34^c$	$79,69 \pm 0,43^e$	$9,16 \pm 0,09^e$
FAFCNF20	$3,66 \pm 0,57^{abc}$	$2,13 \pm 0,11^{de}$	$3,84 \pm 0,27^f$	$6,28 \pm 0,31^d$	$77,29 \pm 1,18^d$	$10,62 \pm 0,32^g$
FCF	$4,13 \pm 0,23^{bcd}$	$3,86 \pm 0,23^g$	$2,72 \pm 0,22^d$	$31,06 \pm 0,24^f$	$82,70 \pm 0,57^f$	$33,77 \pm 0,17^j$
FAFCF10	$3,66 \pm 0,57^{abc}$	$1,80 \pm 0,20^{cd}$	$0,57 \pm 0,06^a$	$3,48 \pm 0,28^b$	$78,95 \pm 0,97^e$	$8,23 \pm 0,20^d$
FAFCF15	$4,33 \pm 0,57^{cd}$	$2,00 \pm 0,20^{de}$	$1,43 \pm 0,1^b$	$4,97 \pm 0,3^c$	$78,95 \pm 0,97^e$	$9,98 \pm 0,10^f$
FAFCF20	$4,66 \pm 0,57^d$	$2,20 \pm 0,20^e$	$1,85 \pm 0,2^c$	$6,68 \pm 0,33^d$	$74,92 \pm 0,56^c$	$11,53 \pm 0,28^h$
BM	$3,50 \pm 0,1^{abc}$	$0,80 \pm 0,1^a$	$0,30 \pm 0,04^a$	$0,34 \pm 0,04^a$	$89,95 \pm 0,1^g$	$5,40 \pm 0,09^b$

Les moyennes portant les lettres différentes en exposant au sein de la même colonne sont significativement différentes ($P < 0,05$) selon le test de Duncan.

FA : Farine d'attiéké ; FAFCNF10 : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou déshuilée non fermentée ; FAFCNF15 : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou non fermentée ; FAFCNF20 : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou non fermentée ; FAFCF10 : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou fermentée ; FAFCF15 : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou fermentée ; FAFCF20 : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou fermentée ; BM : Farine infantile de commerce BLENDINE.

PROPRIÉTÉS FONCTIONNELLES DES FARINES

La farine FCNF présente la plus grande valeur de pH (**6,15± 0,01**) par rapport aux autres formulations mais inférieure à la valeur de BLEDINE. Toutes les valeurs sont différentes de manière significative ($P<0.05$). Les acidités titrables sont comprises entre $8,66 \pm 1$ méq / 100 g (FCNF) et $14,66 \pm 0,57$ méq / 100 g de la farine FA. Ces valeurs sont supérieures à celle de la farine de commerce BLEDINE ($2,33 \pm 0,57$). Les valeurs des formulations avec la farine d'amande de cajou fermentée sont significativement supérieures ($P<0,05$) à celles des farines d'attiéké avec ajout de farine d'amande de cajou non fermentée. Les résultats de l'analyse de l'acidité titrable des différentes formulations de farines ont augmenté avec le taux d'incorporation de la farine d'amande cajou à la farine d'attiéké. L'augmentation de l'acidité totale des farines est due à la diminution du pH [27]. Cette augmentation d'acidité est attribuée à l'augmentation des acides gras, les acides phosphoriques, le H^+ et les groupes carboxyliques des acides aminés des protéines [28], [29]. Selon [30] la baisse de pH est le résultat de la production de divers composés organique (acides) tels que les acides lactiques et acétiques et l'éthanol au cours de la fermentation.

Les farines FAFCNF10 et FA présentent les valeurs les plus faibles de l'indice de solubilité ($23,09 \pm 1,01$). La farine FAFCF10 ($31,77 \pm 1,75$) a la plus grande valeur de solubilité. Toutes ces valeurs sont inférieures à celle obtenue par la farine de commerce BLEDINE ($42,18 \pm 1,21$). L'indice de solubilité des formulations avec la farine fermentée diminue avec le taux d'incorporation. Cependant, ces valeurs sont supérieures significativement ($P<0,05$) aux formulations avec la farine non fermentée. L'indice de solubilité reflète l'ampleur de la dégradation d'amidon. Les traitements thermiques favorisent l'exposition des groupes de thiol et l'extériorisation des résidus hydrophobes, qui mènent à rupture des liaisons d'hydrogène et la formation des ponts de disulfure. Ce phénomène permet l'augmentation de la dégradation des grains d'amidon et solubilisation des molécules d'amylose.

Tableau 2. Les propriétés fonctionnelles des farines

Echantillons	pH	Acidité titrable méq / 100 g	Solubilité g/100g	Gonflement g/100g	Energie kcal/100g
FA	4,75± 0 ^a	14,66 ± 0.57 ^e	23,09±1,01 ^a	298,33±2.88 ^e	378,24±2.30 ^a
FCNF	6,15 ± 0 ⁱ	8,66 ± 1.00 ^b	-	-	521,05±2.60 ^g
FAFCNF10	4,95± 0.01 ^d	11,33±0.57 ^{bcd}	23,09 ± 1,01 ^a	192,33±2.51 ^c	390,63±1.89 ^c
FAFCNF15	5,04±0 ^e	10,00± 1.00 ^{bc}	23,42 ± 0,46 ^a	197,33±2.51 ^c	399,33±2.03 ^{de}
FAFCNF20	5,23 ± 0.05 ^g	9,66 ± 0.57 ^{bc}	25,01±1,56 ^{ab}	23,42 ± 0,46 ^a	408,20±1.62 ^f
FCF	5,56 ± 0 ^h	9,00 ± 1.00 ^b	-	-	523,16±1.22 ^g
FAFCF10	4,82 ± 0.05 ^b	13,33± 0.57 ^{de}	31,77 ± 1,75 ^c	217,33±2.51 ^d	395,08±2.10 ^d
FAFCF15	4,90 ± 0.01 ^c	11,66± 1.15 ^{cd}	27,45 ± 1,28 ^b	167,66±2.51 ^b	400,33±1.20 ^e
FAFCF20	5,09 ± 0 ^f	9,66 ± 0.57 ^{bc}	26,73± 1, 96 ^b	158,00±2.64 ^a	405,93±2.61 ^f
BM	6,89 ± 0.01 ^j	2,33 ± 0.57 ^a	42,18 ± 1.21 ^d	433,66±3.21 ^f	384,50±0.20 ^b

Les moyennes portant les lettres différentes en exposant au sein de la même colonne sont significativement différentes ($P<0,05$) selon le test de Duncan.

FA : Farine d'attiéké ; **FAFCNF10** : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou déshuilée non fermentée ; **FAFCNF15** : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou déshuilée non fermentée ; **FAFCNF20** : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou déshuilée non fermentée ; **FAFCF10** : Farine d'attiéké enrichie 10% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **FAFCF15** : Farine d'attiéké enrichie 15% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **FAFCF20** : Farine d'attiéké enrichie 20% de la farine d'amande de cajou fermentée ; **BM** : Farine infantile de commerce BLEDINE.

Lorsqu'on incorpore la farine de cajou non fermenté, le taux de gonflement augmente ($192,33 \pm 2.51$ à $214,33 \pm 4.04$) de manière significative ($P<0,05$) avec le taux d'incorporation. Cependant nous observons l'effet contraire avec la farine de cajou fermenté où le taux de gonflement diminue $217,33 \pm 2.51$ de manière significative ($P<0,05$) avec le taux d'incorporation. BM montre la valeur la plus élevée ($433,66 \pm 3.21$) par rapport aux différentes formulations. La FA présente la valeur la plus élevée ($298,33 \pm 2.88$) à cause de sa teneur en glucide importante. La FAFCF20 présente la valeur la plus faible ($158,00 \pm 2.64$). Le gonflement de la farine indique le degré d'absorption d'eau des granules d'amidon [31]. La capacité à absorber l'eau est liée au caractère hydrophile de l'amidon et donc à sa teneur en amylopectine responsable du réseau amorphe. Les facteurs tels que le rapport amylose-amylopectine, la longueur de la chaîne et la distribution de poids moléculaire déterminent le taux de gonflement [32]. En effet, dans leur structure native, les amidons absorbent moins d'eau, mais après gélatinisation, ils en absorbent plus. L'augmentation du gonflement des différentes farines serait liée à la gélatinisation dont ont été sujets les

amidons de la farine d'attiéké utilisée. Ainsi les travaux de [33] ont montré que la farine de taro précuit absorbe 4 à 5 fois plus d'eau que la farine de taro non précuit.

La valeur énergétique la plus élevée est observée dans la farine FCF (523 kcal/100g) et la valeur la plus faible est obtenue par la farine FA (378 kcal/ 100g). Ces valeurs augmentent avec le taux d'incorporation. Les valeurs énergétiques des différentes formulations sont inférieures aux valeurs énergétiques (409,16-490,17 kcal/100 g) des bouillies à base de maïs contenant d'autres éléments tel que le soja, la crevette, l'arachide ou le lait consommées à Ngor-okpala, Imo state au Nigeria [34]. Ces valeurs se rapprochent de celle de la farine standard (400 kcal/100 g) [5], [35] recommande que les aliments de sevrage soient riches en énergie. Ces valeurs se justifient par l'incorporation de la farine de cajou qui a une teneur importante en lipide et qui lui confère une densité calorifique importante. Par ailleurs la faible densité énergétique de certaines bouillies tend à limiter la quantité totale d'énergie consommée nécessaire au bon fonctionnement de l'organisme du jeune enfant ainsi que l'utilisation des autres nutriments essentiels. Compte tenu de la petite taille de leur estomac (30 à 40 g / kg de poids corporel soit (150 à 200 ml), les enfants ont besoin d'aliments hautement énergétiques pour couvrir leurs besoins énergétiques [36].

4 CONCLUSION

Dans le but de contribuer à la lutte contre la malnutrition, la fortification de la farine d'attiéké aux farines d'amandes de cajou pourrait réduire les carences nutritionnelles infantiles. L'incorporation de la farine de cajou fermentée et non fermenté dans la farine d'attiéké augmente les teneurs en protéines et en valeurs énergétiques. Aussi la fermentation des amandes de cajou pendant 72 h a-t-elle permis de réduire les teneurs en fibres et d'augmenter les teneurs protéiques. Ainsi on peut conclure que le taux d'enrichissement de la farine d'attiéké- amande de cajou fermentée et attiéké-amande non fermentée de 20 % permettrait d'obtenir une densité énergétique (400kcal/100g), un taux de protéine (11-21g/100g) et un taux de liquide (7g/100g) qui sont conformes aux normes pour les compléments alimentaires.

RÉFÉRENCES

- [1] FAO, The State of Food Insecurity in the World. Rome, Italy: Addressing Food Insecurity in Protracted Crisis, 2010.
- [2] Ponka Roger, Tchatchoua Nankap Eveline Lina, Tabot Tambe Sylvia et Fokou Elie, Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du Cameroun. International Journal of Innovation and Applied Studies, Vol. 16 N°2, Jun. 2016, pp. 280-292, 2016..
- [3] INS / UNICEF (MICS) Enquête nationale à indicateurs multiples, rapport préliminaire, http://www.unicef.org/infobycountry/cotedivoire_statistics.html, Décembre 2009, 2006.
- [4] Latham M.C., La nutrition dans les pays en voie de développement. FAO, Rome, Italy, l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux. Paris, Sorbonne, 12-13 Dec. p. 385, 2001.
- [5] Sanogo M., Mouquet C. et Trêche S., La production artisanale de farines infantiles, Expériences et Procédés. Gret, Paris, France, p 11, 1994.
- [6] FAO/OMS, Codex Alimentarius : Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Rapport de la trentième session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Le Cap (Afrique du Sud) 3-7 Novembre 2008. 1-223, 2008.
- [7] KAKOU A.C. , Optimisation des conditions d'application d'une méthode de conservation longue durée de la pâte de manioc (*Manihot esculenta*, Crantz) en vue d'améliorer la qualité alimentaire de l'Attiéké et du Placali. Thèse de 3ème cycle en Biochimie-Microbiologie. Université de Cocody (Côte d'Ivoire), 2000.
- [8] Ricard Rico, Mònica Bulló et Jordi Salas-Salvadó, Nutritional composition of raw fresh cashew (*Anacardium occidentale* L.) kernels from different origin. Food Science & Nutrition; 4(2): 329–338, 2015.
- [9] Falade KO, Chime JJ and SO Ogunwolu, Water sorption isotherms and heat of sorption of cashew nuts pretreated by different methods, J. Fd. Agric. & Environ 2(2): 83-7, 2004.
- [10] Sze-Tao KWC and SK Sathe, Functional properties and in-vitro digestibility of Almond (*Prunus dulcis* L) protein isolate. Food chemistry 69: 153- 160, 2004.
- [11] Ijarotimi O.S., Oluwalana I.B. et Ogunedojutimi M. O., Nutrient composition, functional, sensory and microbial status of popcorn-based (zea may everta) complementary foods enriched with cashew nut (*anacardium occidentale* L.) flour. AJFAND, Vol. 12 N°5 p 6424-6446, 2012.
- [12] AOAC, The Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists (15th ed.). Washington DC, 1-230p, 1990.
- [13] Van Soest P.S., Use of detergents in the analysis of fibrous feeds II- A rapid method for the determination of fiber and lignin. Journal of Association of Official Analytical Chemistry, 46: 829-835, 1963.

- [14] Anderson R. A., Conway H. F., Pfeiffer V. F. et Griffin E. L., Roll and extrusion cooking of grain sorghum grits. *Cereal Science Today*, 14: 372-37, 1969.
- [15] Philips et al., 1988. Effects of pretreatment on functional and nutritional properties of cowpea meal. *Journal of Food Science*, 53 (3), 805-809.
- [16] Okezie O. B. et Bello A. B., Physicochemical and functional properties of winged beans flour and isolate compared with soy isolate. *Journal of Food Science*, 53(2): 450-454, 1988.
- [17] Soro S. et al., Formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja. *AJFAND*, 13(5) p. 8313- 8339, 2013.
- [18] Aremu M. O., Olonisakin A., Bako D. A. et Madu, P. C., Compositional studies and physicochemical characteristics of cashew nut (*Anacardium occidentale*) flour. *Pakistan journal of Nutrition* 5(4): 328-333, 2006.
- [19] Omosuli S.V., Ibrahim T.A. et Oloye D., Proximate and mineral composition of roasted and defatted cashew nut flour. *Patistan Journal of Nutrition*, 8(10), 1649 – 1651, 2009.
- [20] Zannou Tchoko V.J., Kouamé Guy Marcel Bouaffou, Koffi Gustave Kouame et Brou André Konan, Etude de la valeur nutritive de farines infantiles à base de manioc et de soja pour enfant en âge de sevrage. *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 80: 748-758, 2011.
- [21] Moore J. et al., Effects of solid-state yeast treatment on the antioxidant properties and protein and fiber compositions of common hard wheat bran. *J. Agric. Food Chem.* 55: 10173-10182, 2007.
- [22] FAO/WHO, Lignes directrices pour la mise au point des préparations alimentaires complémentaires destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge (CAC/GL, 08-1991). Rome (Italie). p 11, 1991.
- [23] Okeke E.C. et C. Eze, "Nutrient composition and nutritive cost of Igbo traditional vendor foods and recipes commonly eaten in Nsukka", *Journal of Tropical Agriculture, Food, Environnement and Extension*, vol.5: 36–44, 2006.
- [24] Sguera, S., *Spirulina plantesis et ses constituants, intérêts nutritionnels et thérapeutiques*. Thèse, université Henri Poincaré-Nancy 1, 2008.
- [25] Lautié E., Dornier M., De Souza F. M. et Reynes M., "Les produits de l'anacardier : caractéristiques, voies de valorisation et marchés." *Fruits* 56: 235-248, 2001.
- [26] Oboh G et Akindahunsi A. A., Biochemical changes in cassava produits (flour and gari) Subjected to *saccharomyces cerevisiae* solid media fermentation. *Food Chem.* 82: 599-602, 2003.
- [27] Abiodun I. S., Anthony A. O. et T.I. Omolona, Biochemical composition of infant weaning food fabricated for fermented blends of cereal and soybean. *Food Chem.*; 65: 35-39, 1999.
- [28] Morrison A. B., McLaughlan J. M., Noel F. J. et Campbell J. A., Some Factors Affecting Plasma Amino Acid Levels In Human Subjects. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 41(1): 191-199, 10.1139, 1963.
- [29] Gardner W.J.E. et Woods R.A., Isolation and characterisation of guanine auxotrophs in *Saccharomyces cerevisiae*. *Revue canadienne de microbiologie* ; 25(3): 380-389, 10.1139/m79-059, 1979.
- [30] Miambi E. et Brauman A., Could monoaromatic cumpounds be source of energy for symbiotic gut microflora of higher termite with different feeding guild? 12ème Congrès de l'Union Internationale pour l'Etude des Insectes Sociaux. Paris, Sorbonne, 12-13 Dec. p. 385, 1994.
- [31] Carcea M. et Acquistucci, R., Isolation and physicochemical characterization of Fonio (*Digitaria exillis* Stapf). *starch. Starch*, 49: 131–135, 1997.
- [32] Rickard J. E., Asaoka M. et Blanshard J. M. V., The physicochemical properties of cassava starch. *Trop. Sci.* 31, 189-207, 1991.
- [33] Njintang Y. N, Effect of Taro (*Colocasia esculenta*) Flour Addition on The Functional and Alveographic Properties of Wheat Flour and Dough. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 88 (2), 273-279, 2007.
- [34] FAO/WHO, Energy and protein requirements. WHO Technical Report Series. No 724. World Health Organization, Geneva, 1988.
- [35] Ukegbu, P.O. et Anyika, J.U., "Chemical analysis and nutrient adequacy of maize gruel (pap) supplemented with other food sources in Ngor-Okpala Iga, Imo State, Nigeria", *Journal of Biology, Agricultural and Healthcare*, 2:13–21, 2012.
- [36] Brown K. H, The importance of dietary quality versus quantity for weaning in less developed countries: a framework for discussion. In *Food and Nutrition Bulletin*, 13(2), 86-94, 1991.