



Qualité nutritionnelle, microbiologique et organoleptique de farines composées à base de maïs (*Zea mays*) et de safou (*Dacryodes edulis*) produites en Côte d'Ivoire

Andrée Emmanuelle SIKA^{1*}, Beugré Romuald Léonce KADJI²,
Koffi Martin DJE², Fankroma Thierry Martial KONE², Soumaïla DABONNE² et
Amenan Rose KOFFI-NEVRY¹

¹Laboratoire de Biotechnologie et de Microbiologie alimentaire. Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

²Laboratoire de biocatalyse et de bioprocédé, Unité de Formation et de Recherche des Sciences et Technologies des Aliments, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant, E-mail : emmanuelle_sika@yahoo.fr,

Tel : (+225) 07 71 17 32, (+225) 01 79 28 09.

RESUME

La qualité des farines infantiles utilisées pendant la période de sevrage du nourrisson est d'une grande importance. Le but de cette étude était de mettre au point une formulation d'une farine infantile fabriquée à partir de maïs enrichie au safou. Pour ce faire, différentes compositions de farines de maïs et de safou ont été préparées : les farines composées FC 1 (maïs 90% + safou 10%), FC 2 (maïs 80% + safou 20%), FC 3 (maïs 70% + safou 30%) et FC 4 (maïs 60% + safou 40%). Les caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques de ces farines ont été déterminées selon les méthodes standards. Les résultats ont révélé que l'incorporation de la poudre de safou à la farine de maïs a amélioré significativement les paramètres biochimiques notamment la teneur en protéines et la valeur énergétique des différentes farines composées. Les charges microbiologiques détectées dans ces farines ont été inférieures aux critères microbiologiques applicables aux farines infantiles. Toutes les bouillies préparées à partir des farines composées ont été appréciées. Toutefois, la farine FC 3 a regroupé tous les critères d'une bonne farine infantile. Cette formulation pourrait alors être recommandée pour les nourrissons, contribuant ainsi à lutter contre la malnutrition infantile.
© 2019 International Formulae Group. All rights reserved

Mots clés : Farine infantile, safou, cuisson, délipidation, protéines, valeur énergétique.

Nutritional, microbiological and organoleptic quality of composite flour from maize (*Zea mays*) and safou (*Dacryodes edulis*) made in Côte d'Ivoire

ABSTRACT

The quality of infant flours used during the infant weaning period is of great importance. The purpose of this study was to develop a formulation of infant flour made from maize enriched with safou. To do this, various composite flour from maize and safou were prepared: the flours composed FC 1 (maize 90% + safou

10%), FC 2 (maize 80% + safou 20%), FC 3 (maize 70% + safou 30%) and FC 4 (maize 60% + safou 40%). The physico-chemical, microbiological and organoleptic characteristics of these flours were determined according to standard methods. The results revealed that the incorporation of safou powder into maize flour significantly improved the biochemical parameters including the protein content and the energy value of the composite flours. The microbiological loads detected in these flours were below the microbiological criteria applicable to infant flours. All the boils prepared from the compound flours were appreciated. However, FC 3 flour has combined all the criteria of a good infant flour. This formulation could then be recommended for infants, thus contributing to the fight against child malnutrition.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Infant flour, safou, cooking, delipidation, protein, energy value.

INTRODUCTION

De la naissance à l'âge de 6 mois, tous les besoins nutritionnels de l'enfant sont couverts par le lait maternel. Dès l'âge de six mois, le lait maternel devient qualitativement et quantitativement insuffisant pour le nourrisson dont les besoins nutritifs deviennent croissants. Il s'avère nécessaire d'introduire, dans l'alimentation de celui-ci, des aliments nouveaux sous forme liquide ou semi liquide pour compléter les apports du lait maternel (OMS, 2010). La qualité des farines infantiles utilisées pendant cette période est de ce fait d'une grande importance. En Afrique Subsaharienne, les mères nourrissent généralement leurs enfants avec des bouillies préparées à partir de farines simples ou composées provenant de céréales ou de tubercules qui sont des aliments riches en glucides et pauvres en protéines (Kouassi et al., 2015). Aussi, les farines infantiles de commerce ne sont pas généralement utilisées par les ménages à bas revenu parce qu'elles coûtent relativement chers (Yewelsew et al., 2006 ; Kafuti et al., 2015). Néanmoins, des solutions sont proposées pour corriger cette déficience nutritionnelle. L'une d'entre elles serait la supplémentation avec des légumineuses à graines ou des graines oléagineuses tels que le soja, le haricot et l'arachide (Shiriki et al., 2015 ; Ponka et al., 2016). A côté de ces plantes déjà vulgarisées, il existe d'autres, moins connues qui font l'objet d'études pour leurs bonnes valeurs nutritionnelles. Ce sont, entre autres, l'amande de cajou (*Anacardium occidentale*), le niébé (*Vigna unguiculata*) (Fofana et al., 2017) et le safou, fruit du safoutier (*Dacryodes edulis*). Le safou est un fruit originaire des pays de

l'Afrique centrale et du Golf de Guinée (le Cameroun, le Congo, la République Démocratique du Congo, le Gabon, la Guinée Equatoriale et le Nigeria). Sa pulpe se consomme à l'état frais ou après une cuisson dans de l'eau bouillante ou sur la braise avec des tubercules, du plantain ou du maïs (Noumi et al., 2006). Les travaux scientifiques menés sur le safou au Cameroun, au Congo, en République Démocratique du Congo, au Gabon et au Nigeria ont révélé d'excellentes qualités nutritionnelles de la pulpe et des propriétés agro-industrielles intéressantes de son huile (Poligui et al., 2013). En Côte d'Ivoire, le safou est cultivé dans le Sud-Est de la Côte d'Ivoire (Azaguié, Alépé et Agboville) où il a été introduit dans les années 1970, précisément à la station CNRA d'Anguédédou-Azaguié en sélection massale en provenance de N'Jombé au Cameroun. Des études menées sur le safou en Côte d'Ivoire ont relevé les avantages nutritionnels de sa pulpe et de son huile, ce qui en ferait un fruit très nutritif susceptible d'apporter un complément non négligeable dans la nourriture africaine (Kadji et al., 2016). Cette étude visait à mettre au point une formulation d'une farine infantile à partir de maïs enrichie au safou de valeur nutritive et qualité sanitaire adéquates, et acceptable par les enfants en âge de complément alimentaire.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Le matériel végétal est composé de safou, fruits du safoutier (*Dacryodes edulis* var *edulis*) à maturité et de maïs (*Zea mays*). Les safou ont été récoltés à Azaguié-blida : localité du Sud-Est de la Côte d'Ivoire. Le

maïs a été acheté sur le marché d'Anyama, une commune du district d'Abidjan.

Préparation de la poudre de safou

Pour l'obtention de la poudre de safou, les safou mûrs de la variété *edulis* ont été triés puis lavés avec de l'eau distillée. Les pulpes ont été séparées des graines puis cuites dans l'eau chaude. La cuisson dans l'eau chaude des pulpes de safou a consisté à les plonger dans une marmite contenant de l'eau chaude (eau portée à ébullition et retirée du feu) pendant 5 min. Après la cuisson, les pulpes ont été séchées à 55 °C pendant 48 h puis broyées au Moulinex et passées au tamis de 250 µm. La poudre obtenue a été ensuite délipidée. La délipidation de la poudre de safou a été faite selon la méthode décrite par Méité et al. (2008). A trente grammes (30g) de poudre de pulpe ont été ajoutés 100 mL d'hexane. Après agitation pendant 1 heure, le mélange a été filtré. Ce procédé a été repris deux fois. Les poudres obtenues ont été désolvantisées par séchage à l'air libre pendant 1 heure puis à l'étuve à 55 °C pendant 24 heures. Après le séchage, la poudre délipidée a été tamisée avec un tamis de maillon 250 µm (Figure 1).

Préparation de la farine de maïs

Les grains de maïs ont été triés puis lavés à l'eau distillée. Les grains ont été ensuite séchés à l'étuve à 55 °C pendant 24 h. A la fin du séchage, les grains de maïs ont été grillés et broyés au Moulinex. La farine de maïs (FM) a été obtenue après tamisage du broyat (maille 250 µm) (Figure 2).

Préparation de la farine de maïs enrichie au safou

Pour la préparation de la farine de maïs enrichie au safou, différentes formulations de farines composées ont été réalisées, la poudre de safou a été incorporée à 10%, 20%, 30% et 40% à la farine de maïs. Ce sont les farines FC 1, FC 2, FC 3 et FC 4 (Tableau 1). FC 1 est composée de 90% de farine de maïs et de 10% de poudre de safou. FC 2 est constituée de 80% de maïs et 20% de poudre de safou. FC 3 et FC 4 sont composées respectivement de 70% de farine de maïs et

30% de poudre de safou et 60% de farine de maïs et 40% de poudre de safou.

Analyse biochimique des farines composées maïs/ safou

Le pH et l'acidité titrable des farines composées ont été déterminés selon la méthode AOAC (2000). Le taux de matière sèche des farines composées a été déterminé selon la méthode AOAC (1990). Les taux de protéines, de matière grasse, de cendres ont été déterminés selon la méthode AOAC (2000). La teneur en glucides totaux des pulpes de safou a été calculée à partir des pourcentages de certains composants analytiques des aliments selon la méthode AOAC (2000). La valeur énergétique de la farine de maïs et des farines composées été déterminée selon la méthode de Atwater et Rosa (1899).

Analyse microbiologique des farines composées maïs/ safou

Les germes aérobies mésophiles (GAM) ont été dénombrés selon la norme ISO 4833 : 2003. Le dénombrement des levures et des moisissures a été fait selon la norme NF V 08-059 : 2002. Les anaérobies sulfite-réducteurs ont été dénombrés selon la norme ISO 7937 : 2004. Le dénombrement des coliformes totaux a été fait selon la norme ISO 4832 : 2006 et les coliformes thermotolérants, selon la norme NF V08-060 : 2009. La recherche des *Salmonella* sp. a été faite selon la norme ISO 6579 : 2002.

Analyse organoleptique de bouillies préparées à partir des farines composées maïs/ safou

Des bouillies infantiles ont été préparées à partir des différentes farines composées. Ainsi, dans une casserole, une quantité de 50g de farine a été délayée dans 100 mL d'eau puis cuite dans 250 mL d'eau. Le mélange a été maintenu au feu pendant 10 min sous agitation manuelle pour former une bouillie. A la fin de la cuisson, une quantité de 5 g de sucre de commerce a été ajoutée à la bouillie. Un panel non entraîné de 60 personnes sélectionnées au hasard a été convoqué pour réaliser une série de tests sur

les trois bouillies préparées. L'appréciation de chaque bouillie est basée sur l'aspect (la couleur), le goût (la saveur), l'odeur (l'arôme), la texture et l'acceptabilité globale des mélanges en utilisant une échelle Hédonique à neuf (9) points (AFNOR, 2000). Le classement part de 9 à 1. Le chiffre 9 correspond à un produit extrêmement agréable, le 8 est attribué à un produit très agréable. Le chiffre 7 correspond à un produit agréable, le 6 à un produit assez agréable. Le chiffre 5 est attribué à un produit ni agréable ni désagréable (ni bon ni mauvais), le 4 correspond à un produit assez désagréable. Le chiffre 3 correspond à un produit désagréable, le 2 est attribué à un produit très désagréable et le 1 à un produit extrêmement désagréable.

Analyses statistiques

L'analyse de variance (ANOVA) a été effectuée avec le logiciel Statistica version 7.1 pour étudier le degré de différence entre les variables. En cas de différence significative entre les paramètres étudiés, le classement des moyennes (groupes homogènes) est effectué avec le test de Duncan. Le seuil de signification (α) est de 0,05. Les différences statistiques avec une valeur de probabilité inférieure à 0,05 ont été considérées comme significatives. Quand la probabilité est supérieure à 0,05, les différences statistiques ne sont pas significatives.

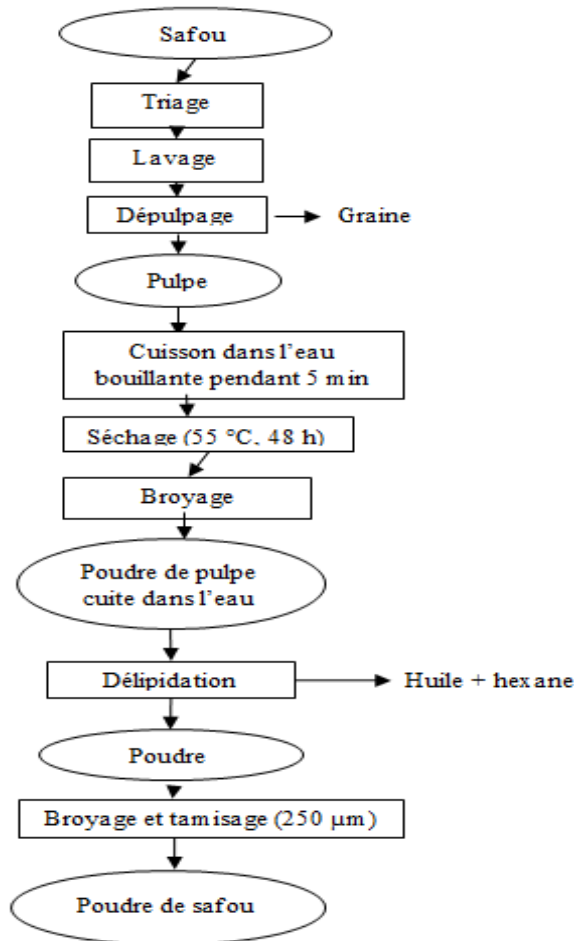


Figure 1 : Diagramme de fabrication des poudres de safou.

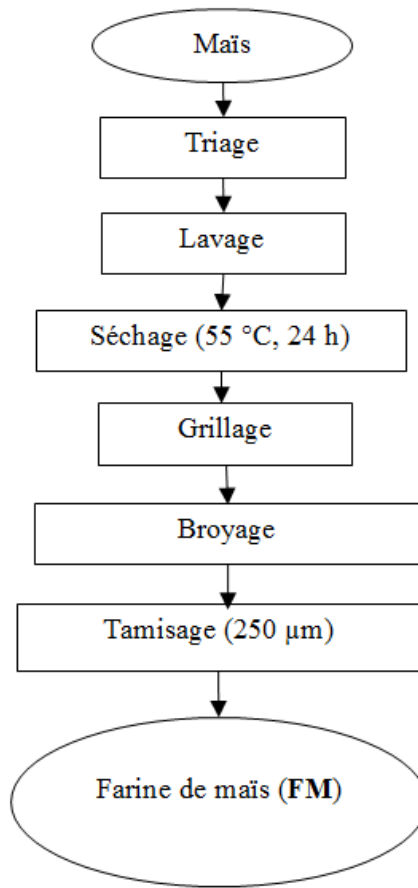


Figure 2 : Diagramme de fabrication des farines de maïs.

RESULTATS

Composition biochimique des farines de maïs enrichies au safou

Les résultats des analyses physico-chimiques de la farine de maïs et de la poudre de safou sont présentés dans le Tableau 2. Le pH de la poudre de safou est plus bas que celui de la farine de maïs. L'acidité titrable, les teneurs en matière sèche, en cendres, en protéines, en matière grasse, en glucides totaux et la valeur énergétique des poudres de safou sont significativement plus élevées que celles de la farine de maïs. Le Tableau 3 présente les résultats des analyses physico-chimiques des farines de maïs enrichies au safou. L'incorporation de la poudre de safou

fait varier de manière significative (au seuil de 5%) tous les paramètres physico-chimiques de la farine de maïs. Le pH baisse. L'acidité titrable, les teneurs en matière sèche, en cendres, en protéines, en matière grasse, en glucides et la valeur énergétique augmentent significativement. L'analyse statistique ne montre pas de différence significative entre l'incorporation de la poudre de safou à 10 et 20% d'une part et 30 à 40% d'autre part. Cependant, en comparaison avec la farine standard FS (FAO/OMS, 2008), les farines FC 3 et FC 4 ont les meilleures caractéristiques physico-chimiques.

Qualité microbiologique des farines de maïs enrichies au safou

Le Tableau 4 présente la qualité microbiologique des différentes farines de maïs enrichies au safou. La charge fongique des farines varie de $3,4.10^1$ à $3,8.10^1$ UFC/g. La charge des germes aérobies mésophiles varie de $2,09.10^2$ à $2,54.10^2$ UFC/g. Les coliformes fécaux et les salmonelles n'ont pas été détectés dans cette étude. Les charges fongiques et bactériologiques détectées sont inférieures aux critères microbiologiques applicables aux farines infantiles (Codex Stan 74-1981).

Caractéristique organoleptique des bouillies des farines de maïs enrichies au safou

Le Tableau 5 présente les résultats des tests organoleptiques sur les bouillies de

farine de maïs et des farines composées. Pour tous les paramètres évalués (le goût, l'odeur, la couleur et la texture), la bouillie de farine de maïs (FM) a obtenu des moyennes allant de 7,16 à 7,60. Ces notes correspondent, en utilisant l'échelle hédonique, à un produit agréable. Les bouillies des farines composées FC 1 et FC 2 ont obtenu des moyennes allant de 6,92 à 7,31. Ces notes correspondent également, en utilisant l'échelle hédonique, à un produit agréable. Enfin, les bouillies des farines composées FC 3 et FC 4 ont obtenu des moyennes allant de 5,91 à 6,60. Ces notes correspondent, en utilisant l'échelle hédonique, à un produit assez agréable. Il n'y pas de différence significative au seuil de 5% d'une part entre les farines FC 1 et FC 2 et d'autre part entre les farines FC 3 et FC 4 pour les différents paramètres sensoriels étudiés.

Tableau 1 : Formulation de farines de maïs enrichies au safou.

Formules	Ingrédients	
	Maïs	Safou
FC 1	90	10
FC 2	80	20
FC 3	70	30
FC 4	60	40

FC : Farine composé.

Tableau 2 : Composition physicochimique de la poudre de safou et de la farine de maïs.

Paramètres	PS	FM
pH	5,12±0,54 ^a	6,75±0,25 ^b
Acidité Titrable (méq.g/100g)	1,21±0,43 ^a	0,34±0,03 ^b
Matière Sèche (%)	94,82±0,38 ^a	92,80±0,57 ^b
Cendres (%)	4,76±0,10 ^a	1,19±0,30 ^b
Protéines (%)	19,95±0,20 ^a	10,15±0,18 ^b
Matière Grasse (%)	10,22±0,09 ^a	4,98±0,04 ^b
Glucides Totaux (%)	59,89±0,25 ^a	76,48±0,22 ^b
Valeur Energétique (%)	411,34±1,93 ^a	391,94±0,23 ^b

Les valeurs portant les mêmes lettres dans une ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%; FM : farine de maïs ; PS: poudre de safou.

Tableau 3 : Composition physicochimique des farines composées de maïs enrichies au safou.

Paramètres	FC1	FC2	FC3	FC4	FS
pH	6,31±0,17 ^a	6,29±0,19 ^a	6,25±0,12 ^b	6,23±0,14 ^b	-
A T (még.g/100g)	0,45±0,02 ^a	0,49±0,01 ^a	0,50±0,04 ^b	0,51±0,02 ^b	-
M S(%)	93,98±0,23 ^a	93,94±0,12 ^a	93,96±0,25 ^b	93,94±0,12 ^b	95
Cendres (%)	1,50±0,41 ^a	1,82±1,07 ^a	2,58±0,05 ^b	2,60±0,11 ^b	2
Protéines (%)	12,04±0,12 ^a	12,95±0,04 ^a	13,73±0,10 ^b	14,51±0,09 ^b	13
M G (%)	5,47±0,10 ^a	5,84±0,08 ^a	6,55±0,05 ^b	7,10±0,15 ^b	7
GT (%)	74,94±0,35 ^a	73,33±0,16 ^a	71,10±0,25 ^b	69,73±0,12 ^b	68
V E (%)	397,27±0,90 ^a	397,68±0,49 ^a	398,27±0,99 ^b	400,86±0,49 ^b	400

Les valeurs portant les mêmes lettres dans une ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%;

FC : Farine composée ; FM : Farine de maïs ; PS : Poudre de safou ; FC1 : FM 90% + PS 10% ; FC2 : FM 80% + PS 20% ; FC3 : FM 70% + PS 30% ; FC4 : FM 60% + PS 40% ; FM : farine de maïs ; PS : poudre de safou ; FS : Farine Standard ; AT : acidité titrable ; MS : matière sèche ; MG : matière grasse ; GT : glucides totaux ; VE : valeur énergétique.

Tableau 4 : Qualité microbiologique des farines de maïs enrichies au safou.

Farines	GAM (UFC/g)	CTh (UFC/g)	LM (UFC/g)	Salmonella (UFC/g)
PS	2,10±0,03.10 ^{2a}	< 1	3,5±0,01.10 ^{1a}	absence
FM	2,75±0,02.10 ^{2b}	< 1	3,9±0,03.10 ^{1b}	absence
FC 1	2,54±0,02.10 ^{2c}	< 1	3,4 ±0,01.10 ^{1a}	absence
FC 2	2,09±0,03.10 ^{2a}	< 1	3,6±0,09.10 ^{1ab}	absence
FC 3	2,37±0,01.10 ^{2d}	< 1	3,6± 0,05.10 ^{1ab}	absence
FC 4	2,23±0,02.10 ^{2e}	< 1	3,8±0,01.10 ^{1b}	absence
Critère microbiologique	< 10 ⁵	< 100	< 10 ³	absence

Les valeurs portant les mêmes lettres sur une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ; FC : Farine composée ; FM : Farine de maïs ; PS : Poudre de safou ; FC1 : FM 90% + PSEBD 10% ; FC2 : FM 80% + PSEBD 20% ; FC3 : FM 70% + PSEBD 30% ; FC4 : FM 60% + PSEBD 40% ; FM : farine de maïs ; PS : poudre de safou ; GAM : germes aérobies mésophiles ; CTh : Coliformes Thermotolérants ; LM : levure et moisissure.

Tableau 5 : Caractéristiques organoleptiques des bouillies de maïs enrichies au safou.

Bouillie	Goût	Odeur	Couleur	Texture	Acceptabilité
FM	7,44±1,26 ^a	7,16±1,37 ^a	7,72±1,24 ^a	7,60±1,11 ^a	7,44±0,22 ^a
FC1	7,25±1,33 ^b	7,04±1,16 ^b	7,23±1,32 ^b	7,31±1,09 ^b	7,21±0,16 ^b
FC2	7,16±1,36 ^b	6,92±1,12 ^b	7,18±1,20 ^b	7,23±1,19 ^b	7,12±0,26 ^b
FC 3	6,60±1,50 ^c	6,36±1,33 ^c	6,08±1,35 ^c	6,04±1,33 ^c	6,31±0,24 ^c
FC 4	5,93±1,30 ^c	6,30±0,94 ^c	5,92±1,49 ^c	6,00±1,50 ^c	5,91±0,20 ^c

Les valeurs portant les mêmes lettres sur une colonne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5% ; FC : Farine composée ; FM : Farine de maïs ; PS : Poudre de safou ; FC1 : FM 90% + PSEBD 10% ; FC2 : FM 80% + PSEBD 20% ; FC3 : FM 70% + PSEBD 30% ; FC4 : FM 60% + PSEBD 40% ; FM : farine de maïs.

DISCUSSION

Composition biochimique des farines de maïs enrichies au safou

Les caractéristiques physico-chimiques des farines ont révélé que le pH de toutes ces farines analysées est légèrement acide (5,12 à 6,75). L'acidité titrable mesurée varie de 0,34 à 0,51 méq.g/100g. Selon Soro et al. (2013), les farines qui ont un pH acide sont mieux préservées contre les attaques de microorganismes. Ainsi, les farines de maïs enrichies au safou pourraient être conservées longtemps sans risque d'altérations microbiennes. L'augmentation du taux d'incorporation de la poudre de safou à la farine de maïs entraîne la diminution du pH et l'augmentation de l'acidité titrable des farines composées. Cette constatation a été faite lors d'autres études dans lesquelles les farines de mésocarpe de mangue ont été utilisées dans la fortification des farines à base de sorgho (Soro et al., 2013). Le taux de matière sèche déterminé dans cette étude varie de 92,80 à 93,98%. Cette teneur élevée indique une faible teneur en humidité. En effet, les pulpes de safou et les graines de maïs utilisées pour la production des différentes farines avaient été préalablement séchées. Des niveaux d'humidité inférieurs à 10% sont recommandés afin de conserver le produit farineux pendant une durée raisonnable (OMS/FAO, 2003). Le taux d'humidité de toutes les farines composées est inférieur à 10% mais est supérieur au taux d'humidité recommandé (5%). Ces farines devraient se conserver plus longtemps. Le taux de matière sèche des farines FC 3 et FC 4 déterminé dans ce travail est supérieur à celui de la farine de maïs enrichie au soja (92,81%) (Ponka et al., 2016). Le taux de cendres obtenu dans cette étude varie de 1,19 à 2,60%. La teneur en cendres est une indication de la teneur en minéraux présent dans un aliment. L'augmentation du taux d'incorporation de la poudre de safou à la farine de maïs entraîne l'augmentation du taux de cendres des farines

composées. Cette constatation a été faite par d'autres auteurs tels que Shiriki et al. (2015) dans la farine de maïs, soja et cacahuète enrichie au *Moringa oleifera*. La teneur en protéines déterminée varie de 10,15 à 14,51%. Cette teneur augmente significativement avec l'augmentation du taux d'incorporation de la PS à la FM. Cette constatation a été faite lors d'autres études dans lesquelles les farines d'anacarde et de soja ont été utilisées respectivement dans la fortification de farines à base de banane plantain et de d'igname (Fofana et al., 2017 ; Soro et al., 2013). Les teneurs en protéines des aliments formulés peuvent avoir un impact positif sur la réparation des tissus et la musculation. Ils sont donc extrêmement importants pendant la croissance et la grossesse. Le RDA (Recommended Dietary Allowance) recommande que les nourrissons (0 à 3 ans) consomment environ 16 g de protéines par jour. Un repas de 100 g constitué de farine de maïs enrichie au safou répondra donc à environ 90% de leurs besoins en protéines. La teneur en protéines des farines composées FC 3 et FC 4 déterminée dans cette étude est supérieure à celle de la farine infantile de commerce BLEDINE (13,69%) (Soro et al., 2013). Le taux de lipides varie de 4,98 à 7,10%. Ce taux augmente significativement avec l'augmentation du taux d'incorporation de la PS à la FM. Ces résultats corroborent ceux de de Fathelrahman et al. (2015) qui ont montré que l'augmentation du taux d'incorporation de la farine de sésame délipidée dans la farine de blé entraînait l'augmentation du taux de lipides dans les farines composées. Toutefois, les farines obtenues ont des taux de lipides inférieurs aux normes (8%) (FAO/OMS, 2008). Ces faibles valeurs pourraient s'expliquer par la délipidation des poudres de pulpes de safou avant l'incorporation et seraient bénéfiques dans l'élaboration de produits farineux. En effet, la teneur en matières grasses des régimes complémentaires ne devrait pas être

trop élevée pour prolonger la durée de conservation des régimes. La teneur en glucides varie de 69,73 à 76,48%. Cette teneur diminue significativement avec l'augmentation du taux d'incorporation de la PS à la FM. Une telle diminution a été également observée par Shiriki et al. (2015) dans la farine de maïs, soja et cacahuète enrichie au *Moringa oleifera*. Cependant, ces teneurs sont supérieures à celle recommandée par la (FAO/OMS) qui est de 68%. Ainsi, ces farines pourraient être une source d'énergie alimentaire pour les nourrissons grâce à la quantité de sucre facilement disponible pour les activités métaboliques de base qui permettent la croissance et le développement. Les teneurs en énergie varient de 391,94 à 400,86 Kcal/100g. Ces teneurs augmentent significativement avec l'augmentation du taux d'incorporation de la PS à la FM. Cette constatation a été faite par d'autres auteurs tels que Shiriki et al. (2015) dans la farine de maïs, soja et cacahuète enrichie au *Moringa oleifera*. Ces teneurs sont conformes aux normes recommandées par l'OMS pour les aliments de sevrage (400 Kcal/100g). L'énergie est l'un des éléments les plus déterminants dans la croissance des nourrissons. De façon générale, les paramètres biochimiques des différentes farines composées déterminées dans cette étude (FC 1, FC 2, FC 3 et FC 4) sont supérieurs à ceux de la farine de maïs (FM). Ces résultats indiquent que le safou améliorerait la qualité nutritionnelle de la farine de maïs. Ces résultats corroborent ceux de Osundahunsi et al. (2010) qui ont montré que le safou améliorerait la qualité nutritionnelle de biscuits respectivement à base de banane plantain et de blé. Aussi la fortification des farines de maïs au safou accroît-elle les teneurs en nutriments proportionnellement aux taux d'incorporation du safou. Ainsi, les farines de maïs avec une incorporation de safou à 30 (FC 3) et 40% (FC 4) ont les compositions biochimiques les plus

proches de la farine standard (FAO/OMS, 2008).

Qualité microbiologique des farines de maïs enrichies au safou

La charge des germes aérobies mésophiles et des champignons varie respectivement de $2,09.10^2$ à $2,54.10^2$ UFC/g et de $3,4.10^1$ à $3,8.10^1$ UFC/g. Ces différentes charges sont inférieures aux critères microbiologiques concernant les germes aérobies mésophiles et les champignons respectivement de 10^5 UFC/g et de 10^3 UFC/g dans les farines infantiles (Codex Stan 74-1981). Ces faibles charges pourraient s'expliquer par le taux d'humidité très bas dans les différentes farines. En effet, ce taux d'humidité est dû au séchage préalable des pulpes de safou et des grains de maïs. Il est à noter également que les pulpes de safou ont été préalablement cuites à l'eau bouillante. Le couplage cuisson/séchage aurait permis une réduction significative de la charge des germes aérobies mésophiles et des champignons. D'autres auteurs tels que Tarhouni et al. (2015) ont également montré que le séchage et la pré-cuisson des farines réduisaient les germes aérobies mésophiles en Tunisie. Les anaérobies sulfite-réducteurs, les coliformes fécaux et les salmonelles n'ont pas été détectés dans cette étude. Ces résultats pourraient traduire le respect des bonnes pratiques d'hygiène au cours de la fabrication des farines. Les différentes farines obtenues dans cette étude sont donc de qualité microbiologique satisfaisante.

Caractéristique organoleptique des bouillies des farines de maïs enrichies au safou

Les résultats de l'analyse organoleptique ont révélé que la bouillie de farine de maïs a obtenu les notes les plus élevées avec des moyennes qui varient de 7,16 à 7,60 ; ce qui correspond à un produit agréable. Ces résultats pourraient s'expliquer

par le fait que cette bouillie est une bouillie locale habituellement consommée par la majorité des panélistes. Il faut noter aussi que ces panélistes n'étaient pas des mères ou des enfants contrairement aux études d'autres auteurs (Diadie et al., 2012 ; Fogny et al., 2017). L'analyse statistique a montré qu'il n'existait pas de différence significative entre les notes attribuées d'une part à la bouillie des farines composées FC 1 et FC 2 et d'autre part à la bouillie de farine composée FC 3 et celles attribuées à la bouillie de farine composée FC 4 pour les différents paramètres sensoriels étudiés. Cependant, les moyennes attribuées au goût, à la couleur et à l'acceptabilité diminuent avec l'augmentation du pourcentage de safou incorporé. La baisse de la moyenne attribuée à la couleur peut être due à la couleur brunâtre du safou donnée à la bouillie, qui s'intensifie avec l'augmentation du taux d'incorporation du safou. Ce résultat est similaire à celui de Adenuga (2010) qui a montré que la couleur brune de la cacahuète influençait négativement le choix des farines infantiles de patate douce enrichies à la cacahuète. La baisse de la moyenne attribuée au goût peut être due au goût astringent du safou qui s'intensifie également avec l'augmentation du taux d'incorporation du safou. En effet, Duru et al. (2012) ont relevé dans leurs travaux le goût astringent normalement remarqué à la consommation du safou. Ces résultats corroborent ceux de Mbofung et al. (2002) qui ont montré que la moyenne attribuée au goût diminuait avec l'augmentation du taux d'incorporation de safou dans la production de biscuits. La baisse de la moyenne attribuée à l'acceptabilité peut être due à toutes les raisons attribuées aux qualités sensorielles évaluées ci-dessus.

Conclusion

Cette étude a permis l'élaboration d'une farine infantile de maïs enrichie au safou. Les farines de maïs incorporées à 30% et à 40% de safou ont présenté les meilleures compositions

biochimiques proches de celle de la farine recommandée par la FAO/OMS (2008). Toutes les farines étaient de qualité microbiologique satisfaisante. Cependant, l'analyse organoleptique a montré une préférence pour la farine de maïs incorporée à 30% de safou. Cette formulation pourrait alors être recommandée pour les nourrissons car couvrant les besoins nutritionnels, énergétiques et organoleptiques.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts concernant cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AES a conçu le sujet, réalisé les analyses microbiologiques, collecté les données et rédigé le manuscrit. BRLK a réalisé l'échantillonnage, la fabrication des farines composées, les analyses physico-chimiques et organoleptiques. KMD a réalisé les analyses statistiques. FTMK a monitoré le groupe pour toute la recherche. SD et ARKN ont corrigé le manuscrit.

REMERCIEMENTS

Nous remercions les laboratoires de biocatalyse et de bioprocédé ; de Biotechnologie et de Microbiologie alimentaire de l'Université Nangui Abrogoua pour avoir facilité les travaux de laboratoire et les analyses.

REFERENCES

- Adenuga W. 2010. Nutritional and sensory profiles of sweet potato based infant weaning food fortified with cowpea and peanut. *Journal of Food Technology*, **8**(5): 223-228. DOI: <http://dx.doi.org/10.3923/jftech.2010.223.228>.
- AFNOR (Association Française de Normalisation). 2000. Norme XP V09-500 en cours de révision. Directives générales pour la réalisation d'épreuves

- hédoniques en laboratoire d'évaluation sensorielle ou en sale en conditions contrôlées impliquant des consommateurs. In AFNOR, recueil de normes, Analyse sensorielle, 6ème édition.
- AFNOR (Association Française de Normalisation). 2010. Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes thermotolérants, techniques par comptage des colonies à 44 °C, NF V08-060.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists (15th Edition) AOAC. Washington, DC, USA, 684p.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis of the Association of Analytical Chemists (17th Edition) AOAC Washington, DC, USA.
- Atwater W, Rosa E. 1899. A new respiratory calorimeter and the conservation of energy in human body II. *Physical Review*, **9**: 214-251. DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevSeriesI.9.214>. Codex Stan 74-1981, 1981. Codex Alimentarius. Standard for processed cereal based foods for infants and young children. 8p.
- Diadie Halima O, Maimouna DH, Alla A. 2012. Étude de la stabilité et de l'acceptabilité du CSB ++ (Corn-Soya Blend) au Niger. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **6**(6): 4080-4093. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v6i6.18>.
- Duru M, Amadi C, Ugbo A, Eze A, Amadi B, 2012. Phytochemical, vitamin and proximate composition of *Dacryodes edulis* fruit at different stages of maturation. *Asian Journal of Plant Science and Research*, **2**(4): 437-441. www.pelagiaresearchlibrary.com.
- FAO/OMS. 2008. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius, 32ème session Rome (Italie), 29 juin-4 juillet 2009. Rapport de la 30ème session du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. Le Cap (Afrique du Sud) 3-7 Novembre 2008. p 1-223.
- Fathelrahman NA, Kheri NEA, Ahmed IAM. 2015. Development of weaning food from wheat flour supplemented with defatted sesame flour. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, **16**: 9-20. DOI: <http://www.bioaliment.ugal.ro/ejournal.htm>.
- Fofana I, Soro D, Yéo MA, Koffi KE. 2017. Influence de la fermentation sur les caractéristiques physicochimiques et sensorielles de la farine composite à base de banane plantain et d'amande de cajou. *European Scientific Journal*, **13**(30) : 395-416. DOI: 10.19044/esj.2017.v13n30p395.
- Fogny FN, Madode EMY, Laleye FTF, Amoussou-Lokossou Y, Kayode APP. 2017. Formulation de farine de fonio enrichie en ressources alimentaires locales pour l'alimentation complémentaire des jeunes enfants au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **11**(6) : 2745-2755. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v11i6.15>
- Houssou P A F, Padonou SW, Vodouhe MCDN, Djivoh H, Dansou V, Hotegni B A, Metohou R. 2016. Amélioration de la qualité de yêkè-yêkè, couscous de maïs par enrichissement aux différentes légumineuses au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **16**(3): 573-585. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- ISO 6579. 2002. Microbiologie des aliments - Méthode horizontale pour la recherche

- des *Salmonella* spp. International Standardization Organization.
- ISO 4833. 2003. Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement des micro-organismes; technique de comptage des colonies à 30 °C. International Standardization Organization.
- ISO 7954. 2003. Directives générales pour le dénombrement des levures et moisissures, techniques par comptage des colonies à 25 °C. International Standardization Organization.
- ISO 7937. 2004. Microbiologie des aliments. Méthode horizontale pour le dénombrement de *Clostridium perfringens*; Technique par comptage des colonies. International Standardization Organization.
- ISO 4832. 2006. Microbiologie des aliments- Méthode horizontale pour le dénombrement des coliformes. Méthode par comptage des colonies. International Standardization Organization.
- Kafuti GM. Fundu TM. Sindic M. 2015. Composition en acides aminés et en acides gras d'un aliment de complément à base des ressources alimentaires locales : cas de la Vamine en RD Congo. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(3): 1624-1629. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i3.41>
- Kadji BRL. Kone FMT. Sika AE. Dabonne S. 2016. Physico-chemical properties of Safou (*Dacryodes edulis*) fruits grown in Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **105**: 10103 –10110. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v105i1.6>
- Kouassi KAAA. Adouko AE. Gnahe DA. Grodji GA. Kouakou BD. Gnakri D. 2015. Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(2): 944-953. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.31>
- Meité A, Kouamé KG. Amani NG. Kati-Coulibaly S. Offoumou A. 2008. Étude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées). *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, **77** : 80 – 103. <https://popups.uliege.be:443/0037-9565/index.php?id=595>.
- Mbofung CMF, Silou T, Mouragadja I. 2002. Chemical characterization of Safou (*Dacryodes edulis*) and evaluation of its potential as an ingredient in nutritious biscuits. *Forests, Trees and Livelihoods*, **12**(1-2):105-117. <https://doi.org/10.1080/14728028.2002.9752414>.
- NF V08-059. 2002. Microbiologie des aliments. Dénombrement des levures et moisissures par comptage des colonies à 25° C. Méthode de routine.
- NF V08-060. 2009. Microbiologie des aliments. Dénombrement des coliformes thermotolérants par comptage des colonies obtenues à 44 °C.
- OMS/UNICEF. 2003. Alimentation complémentaire des jeunes enfants dans les pays en développement. OMS: Genève; 130-131.
- OMS. 2010. Santé et développement de l'enfant et de l'adolescent. «Alimentation de complément».
- Osundahunsi OF, Seidu KT, Oyerinde OV. 2010. Potential of African pear (*Dacryodes edulis*) as an ingredient in plantain-based composite cookies. *Nutrition and Food Science*, **40**(1): 39-48. <https://doi.org/10.1108/00346651011015908>.
- Poligui R. Mouragadja I. Haubruge E. Francis F. 2013. La culture du safoutier

- (*Dacryodes edulis* (G. Don) H. J. Lam (Burseraceae)) : enjeux et perspectives de valorisation au gabon (synthèse bibliographique). *Biotechnologie Agronomie Société et Environnement*, **17**(1) : 131-147. <http://www.sherpa.ac.uk/romeo/issn/1370-6233/>
- Ponka R, Nankap ELT, Tambe ST, Fokou E. 2016. Composition nutritionnelle de quelques farines infantiles artisanales du cameroun. *International Journal of Innovation and Applied Study*, **16** : 280-292. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- Shiriki D, Igyor MA, Gernah DI. 2015. Nutritional evaluation of complementary food formulations from maize, soybean and peanut fortified with *Moringa oleifera* leaf powder. *Food and Nutrition Sciences*, **6**: 494–500. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/fns.2015.65051>
- Soro S, Konan G, Elleingand E, N'guessan D, Koffi E. 2013. Formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*. **3**(5): 8313–8339. <http://www.ajfand.net/>
- Tarhouni A, Djendoubi N, Amri F, Elbour M, Sadok S, Mihoubi BN. 2015. Mise au point d'un procédé intégré de valorisation de la sardinelle: effet de la température et du blanchiment sur la valeur nutritionnelle et de la qualité microbiologique des produits finis. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer Salammbô*, **42**: 69-71.
- Yewelsew A, Barbara JS, Margaret JH, Gail EG. 2006. Nutritive value and sensory acceptability of corn and Kocho - Based foods supplemented with legumes for infant feeding in southern Ethiopia. *African Journal of Food Agriculture Nutrition and Development*, **6**(1) : 1684-5376. <http://www.ajfand.net/>