International Journal of Progressive Sciences and Technologies (IJPSAT)
ISSN: 2509-0119.
© 2022 Scholar AI LLC.
Vol. 37 No. 1 February 2023, pp. 118-128

Formulation D'un Aliment De Complément À Base De Banane Plantain, Associé Avec Du Maïs, D'arachide Et Du Haricot Mungo Pour Prévenir La Malnutrition Protéo-Énergétique Chez Les Enfants De 6 - 24 Mois À Madagascar

[Formulation Of A Plantain-Based Supplementary Food Combined With Maize, Groundnut And Mung Bean To Prevent Protein-Energy Malnutrition In Children Aged 6 - 24 Months In Madagascar]

Nafack Tsazeu Judicaël Boris [1,2], Ramanampamonjy Ravoniarison Nivohanintsoa [2], Ngo NKot Laurette [1], Dongmo Djeuben Thalès [3], Kana Sop Marie Modestine [3*]

[1]Laboratoire de biologie et physiologie des organismes végétaux, Faculté des Sciences, Université de Douala, Cameroun
[2]Laboratoire de physiologie végétale, Faculté des Sciences, Université d'Antananarivo, Madagascar
[3]Laboratoire de biochimie, Faculté des Sciences, Université de Douala, Cameroun
Adresse de l'auteur correspondant : kanamod@yahoo.com

(cc) BY

Résumé – La malnutrition demeure un problème majeur de santé publique dans le monde en général, et à Madagascar en particulier. La qualité des farines infantiles utilisées pendant la période de sevrage du nourrisson est d'une grande importance. L'objectif de cette étude est de mettre au point une formulation d'un aliment de complément à base de banane plantain, associé avec du maïs, d'arachide et du haricot mungo. Pour ce faire, les proportions variables des ingrédients de deux formulations ont été obtenues par la méthode de programmation linéaire. Les caractéristiques biochimiques et organoleptiques de ces formulations ont été déterminées selon les méthodes standards. Les résultats des analyses biochimiques révèlent une teneur en eau, en cendres, en protides, en lipides, en glucides et la valeur énergétique de la formulation 1 (F1) qui sont respectivement de 9,74 % ; 1,52 % ; 12,66 % ; 11,32 % ; 64,59 % et 409,24 kcal et celles de la formulation 2 (F2) qui sont respectivement de 9,94 % ; 2,26 % ; 12,43 % ; 11,92 % ; 62,46 % et 409,52 kcal. Les bouillies préparées à partir des deux formulations ont été appréciées par les enfants. Toutefois, ces dernières ne présentent aucune différence significative selon les paramètres couleur, goût, l'odeur, texture, consistance et appréciation globale. Ces farines composées pourraient alors être recommandées pour les enfants de 6-24 mois, contribuant ainsi à réduire le taux de malnutrition infantile.

Mots clés – Aliment de complément, banane plantain, formulation, malnutrition protéo-énergétique, ressources alimentaires locales.

Abstract – Malnutrition remains a major public health problem in the world in general, and in Madagascar in particular. The quality of infant formula used during the weaning period is of great importance. The objective of this study is to develop a formulation of a plantain-based complementary food, combined with maize, groundnut and mung bean. For this purpose, the variable proportions of the ingredients of two formulations were obtained by the linear programming method. The biochemical and organoleptic characteristics of these formulations were determined according to standard methods. The results of the biochemical analyses reveal that the water, ash, protein, fat, carbohydrate and energy content of formulation 1 (F1) are 9.74 %; 1.52 %; 12.66 %; 11.32 %; 64.59 % and 409.24 kcal respectively, and those of formulation 2 (F2) are 9.94 %; 2.26 %; 12.43 %; 11.92 %; 62.46 % and 409.52 kcal respectively.

The porridges prepared from both formulations were enjoyed by the children. However, there were no significant differences in colour, taste, smell, texture, consistency and overall appreciation. These blended flours could then be recommended for children aged 6-24 months, thus helping to reduce the rate of child malnutrition.

Keywords – Complementary food, plantain, formulation, protein-energy malnutrition, local food resources.

I. INTRODUCTION

Une alimentation inadéquate pendant la période de sevrage peut entraîner une malnutrition avec des conséquences irréversibles sur l'état de santé et le développement des enfants [1,2]. En 2020, la prévalence mondiale du retard de croissance chez les enfants de moins de 5 ans était de 22% [3], et la situation en Afrique subsaharienne était encore plus alarmante. À Madagascar, la réduction de la sous nutrition est un grand défi en raison de la très forte prévalence du retard de croissance (42%), l'une des plus élevées au monde [4]. La dénutrition infantile a de multiples causes, notamment un apport alimentaire insuffisant, un manque d'énergie, de macronutriments et de micronutriments [1,2,5]. De plus, l'utilisation d'aliments complémentaires déséquilibrés, caractérisés par de faibles densités énergétiques et nutritionnelles, aggrave le faible apport nutritionnel des jeunes enfants. Différentes stratégies peuvent être utilisées pour augmenter l'apport énergétique et nutritionnel des jeunes enfants, par exemple, l'utilisation de bouillies à haute densité énergétique et nutritive, obtenues grâce à l'hydrolyse partielle de l'amidon [6,7] et à l'enrichissement [8] lors de la fabrication d'aliments complémentaires. Plusieurs de ces stratégies ont été adoptées à Madagascar pour développer le Koba Aina (Antananarivo, Madagascar), un mélange enrichi à base de céréales transformés localement et destiné à être utilisé comme aliment complémentaire pour les enfants de 6 à 23 mois. Ce produit alimentaire, commercialisé par l'entreprise sociale Nutrizaza (Antananarivo, Madagascar) depuis 2011, est le fruit de recherches menées par le (GRET), l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD) et le Laboratoire de Biochimie Appliquée aux Sciences de l'Alimentation et à la Nutrition (LABASAN, Université d'Antananarivo). Le projet d'enrichissement des aliments PFOA financé par l'Union européenne (2017-2021) a ensuite été mis en œuvre à Madagascar pour améliorer l'accessibilité de cet aliment complémentaire enrichi dans le but de prévenir diverses formes de malnutrition, telles que l'anémie et les carences en micronutriments. Cependant, bien que la bouillie préparée à partir de ce produit ait des densités nutritionnelles conformes aux principales recommandations internationales [9,10,11], il ne permettra de couvrir les besoins nutritionnels que s'il est consommé en quantité suffisante chaque jour. En effet, de la naissance à l'âge de 6 mois, tous les besoins nutritionnels de l'enfant sont couverts par le lait maternel. Au-delà de cet âge, le lait maternel ne suffit plus pour couvrir entièrement les besoins en énergie et en protéines. C'est la période dite de sevrage qui s'étend de 6 mois à 1 an voire 2 ans. Pendant cette période, il faut apporter des aliments nouveaux sous forme liquide ou semi liquide pour compléter les apports du lait maternel. Ces nouveaux aliments donnés aux enfants pendant la période de sevrage sont appelés aliments de compléments et doivent être de qualité nutritive, sanitaire et organoleptique satisfaisante [12]. La qualité des aliments de compléments utilisés pendant cette période est de ce fait d'une grande importance. En Afrique, pendant le sevrage, les mères nourrissent généralement leurs enfants avec des bouillies traditionnelles préparées à partir de farines simples ou composées provenant de céréales, de tubercules qui sont des aliments riches en glucides et pauvres en protéines. Ces aliments sont incapables de couvrir tous les besoins nutritionnels des enfants pendant le sevrage [13]. Les farines infantiles de bonne qualité existent sur le marché mais ce sont des produits industriels importés et d'un coût élevé. Par conséquent, elles ne sont pas accessibles à toutes les bourses. La formulation d'aliments de complément à base de matière première locale répondant aux recommandations nutritionnelles et sanitaires s'avère une alternative. L'objectif de cette étude est de formuler un aliment de complément à base de banane plantain, associé avec du maïs, d'arachide et du haricot mungo présentant une haute valeur nutritive et acceptable par les enfants en âge de complémentation alimentaire.

II. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Matériel biologique

Il est constitué de haricot mungo (*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek), de maïs (*Zea mays* L.), de banane plantain (*Musa paradisiaca* L.*)* et de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) (figure 1).

Figure 1: Produits alimentaires utilisés

2.2. Échantillonnage

Dix (10) kg de bananes plantains, 2 kg des graines d'arachide, 2 kg des graines de maïs jaune et 2 kg des graines du haricot mungo ont été achetés au marché local d'Ambohipo situé à 1 km de l'Université d'Antananarivo puis transportés au Laboratoire de Physiologie Végétale de la Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo afin de subir quelques traitements préliminaires.

2.3. Production des différentes farines

2.3.1. La farine de banane plantain

Elle a été obtenue selon la méthode de Tchango [14]. Les doigts de banane plantain ont été séparés de la main, lavés, épluchés à l'aide d'un couteau et leurs pulpes ont été découpées en cubes d'environ 1 cm^3, donnant lieu à des cossettes qui vont subir un blanchissement pendant 5 minutes avec de l'eau bouillante (70°C). Le séchage a été réalisé dans une étuve (Yamato dkn 612) à une température de 40°C pendant 48 heures. Les cossettes séchées ont été moulues à l'aide d'un broyeur (Wonder crusher) et la farine obtenue a été tamisée à l'aide d'un tamis en inox de 250 µm puis conditionnée dans un sachet plastique propre à l'abri de l'humidité.

2.3.2. La farine de maïs

La farine de maïs a été produite selon le procédé standard CAC [15] adapté aux caractéristiques des grains utilisées. Il s'agissait du tri des mauvaises graines, du vannage, puis lavage des grains, égouttage et séchage au soleil sur une surface propre en protégeant les matières premières avec du linge propre. Ces étapes ont été suivies de la torréfaction des grains à feu doux dans une poêle préalablement chauffée pendant 10 minutes. Après refroidissement et mouture des grains dans un moulin à disque préalablement nettoyé, le tamisage s'est effectué à l'aide d'un tamis en inox de 250 µm, et le conditionnement dans un sachet plastique propre à l'abri de l'humidité ont été effectués.

2.3.3. La farine d'arachide

La farine d'arachide a été produite selon le procédé standard CAC [15] adapté aux caractéristiques des grains utilisées tels que triage des mauvaises graines, vannage, torréfaction des graines à feu doux dans une poêle préalablement chauffée pendant 10 minutes, refroidissement, dépelliculage, mouture des graines dans un broyeur (Kenwood) et conditionnement dans un sachet plastique propre à l'abri de l'humidité.

2.3.4. La farine du haricot mungo

Les graines du haricot mungo ont été triées et lavées à l'eau du robinet, puis trempées pendant 12 heures à température ambiante. Ensuite, elles ont été déposées sur un linge humide propre pour la germination (48 heures) à température ambiante selon la méthode de Yasmin et *al* [16]. Les graines ont été séchées dans l'étude pendant 48 heures à une température de 40°C puis broyées en poudre à l'aide d'un broyeur (Kenwood) avant d'être tamisées avec un tamis en inox de 250 µm et la farine obtenue a été emballée dans un sachet plastique propre à l'abri de l'humidité. Le procédé de fabrication des différentes farines est illustré par la figure 2.

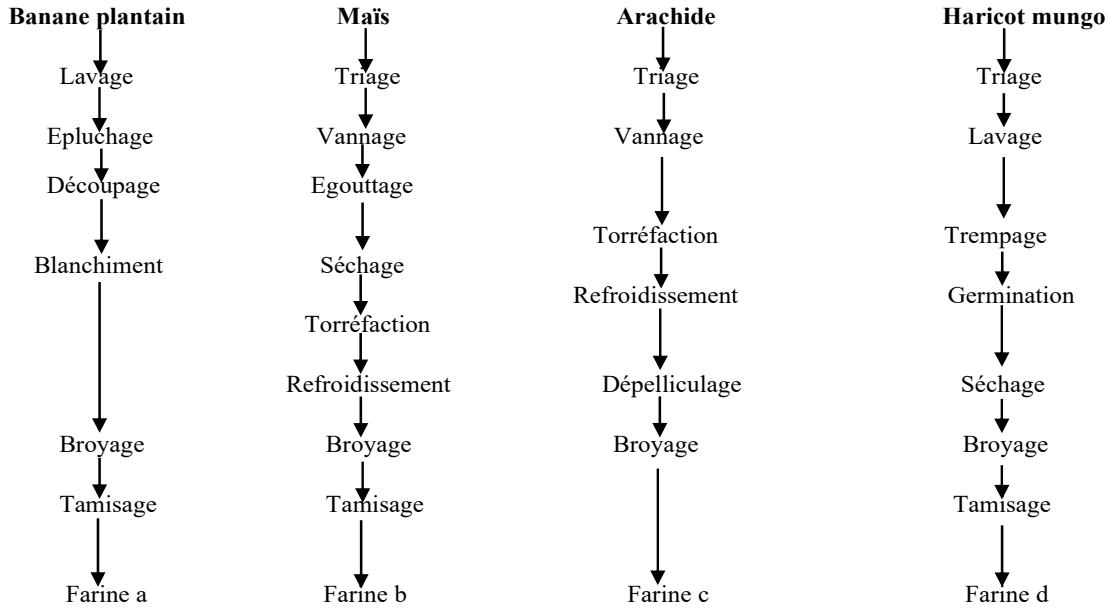

Figure 2 : Diagrammes technologiques du procédé de fabrication des différentes farines.

2.4. Analyse biochimique des farines

2.4.1. Teneur en eau

La détermination de la teneur en eau (TE) a été effectuée selon la méthode AOAC [17] basée sur la mesure de la perte de masse des échantillons après étuvage à 105°C jusqu'à élimination complète de l'eau libre et des matières volatiles. Une masse initiale (m_i) de farine (5 g) a été pesée à l'aide d'une balance (Shimadzu) puis introduit dans un bécher en verre et introduit dans l'étuve (Yamato dkn 612) à 105°C pendant 24 heures. Le bécher est sorti de l'étuve, puis refroidi dans un dessiccateur pendant 24 heures avant de peser la masse de la farine finale (m_f). La teneur en eau est déterminée par la formule suivante :

$$TE = \frac{mi - mf}{mi} * 100$$

TE =Teneur en eau (%)
m_i =masse initiale (g)
m_f =masse finale (g)

2.4.2. Teneur en cendres

La teneur en cendres totales des farines a été déterminée suivant la méthode AOAC [17]. Tout d'abord les creusets en porcelaine ont été pesés à l'aide d'une balance (Shimadzu) afin de déterminer leurs masses (m_0). Une masse de farine (5 g) a été introduite dans chaque creuset en porcelaine et pesée (m_1), l'ensemble est introduit dans un four à moufle (Yamato F0610) à une température de 550°C pendant 5 heures. Enfin, les creusets sont retirés du four et introduits dans un dessiccateur pendant 24 heures avant d'être pesés (m_2). Le taux de cendres est donc obtenu par la formule suivante :

$$\text{Taux de cendres} = \frac{m2 - m0}{m1 - m0} * 100$$

m_0 = masse du creuset (g)
m_1 = masse du creuset contenant l'échantillon (g)
m_2 = masse du creuset contenant le résidu restant après retrait du four (g)

2.4.3. Teneur en protéines

Le taux de protéines a été déterminé par la méthode de Kjeldhal [18]. Tout d'abord une quantité de masse (5 g) de farine (m) a été pesée ; 2,7 g de K_2SO_4 et 0,3 g $CuSO_4$. Cet ensemble a été introduit dans un erlenmeyer puis introduit dans un four de température 450°C pendant deux heures afin d'obtenir une solution liquide (minéralisât).

Le minéralisât obtenu a été dilué avec de l'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une solution de 50 ml. Ensuite, 10 ml de chaque échantillon a été prévelé et introduit dans un distillateur Kjeldahl puis ajout de 10 ml de NAOH. Vingt (20) ml d'acide borique (4%) a été prélevé à l'aide d'une pipette puis introduit dans un bécher. Ce dernier a été fixé sur le distillateur Kjeldahl pendant 10 minutes afin que l'acide capte tout l'azote contenu dans l'échantillon.

La titration est ensuite effectuée par une solution d'acide sulfurique (0,01N). Durant ce processus, une quantité de volume V bien déterminé permet d'observer un changement de coloration de la solution précédente en présence d'un indicateur coloré. Le taux d'azote total est calculé par la formule suivante :

$$\mathbf{N\ (\%) = 0{,}01*V*5/m*14*100/1000}$$

N (%) = Teneur en azote
m= masse de l'échantillon (g)
V= volume de titration (ml)

La teneur en protéines brutes est donc déterminée par la formule suivante :

$$\mathbf{PN\ (\%) = N\ (\%)\ *6{,}25}$$

PN (%) = Teneur en protéines brutes
N (%) = Teneur en azote

2.4.4. Teneur en lipides

Elle se déroule en trois étapes :

a) L'hydrolyse acide

Elle consiste à peser la masse du ballon (m_0), introduire 5 g d'échantillon (m), ajouter 30 ml d'acide chlorhydrique 3N puis placer le mélange dans un chauffe ballon à une température de 70°C pendant 30 minutes. Une fois le mélange refroidit, versé dans un papier filtre, ensuite effectué le lavage du mélange avec de l'eau chaude (70°C) pour éliminer les résidus d'acide chlorhydrique puis laisser reposer pendant 24 heures.

b) Extraction à l'hexane

Elle consiste à emballer dans un papier joseph, 5 g d'échantillon puis de l'introduire dans une cartouche d'extract. Cent cinquante (150) ml d'hexane ont été ajoutés dans une fiole conique reliée avec le Soxhlet et le réfrigérant, chauffés dans un chauffe ballon à une température de 70°C pendant 6 heures.

c) Évaporation de l'hexane

Cette étape consiste à séparer la matière grasse de l'hexane par évaporation à 70°C à l'aide d'un rotavapor pendant 10-15 minutes. Le ballon est séché dans une étuve (Memmert, Germany) à une température de 105°C pendant 1 heure pour éliminer le solvant résiduel. Il a été refroidi dans un dessiccateur puis pesé à l'aide d'une balance (Mettler AE 200) afin d'avoir la masse de la matière grasse avec le ballon (m_1).

La teneur en lipides totaux est déterminée par la formule suivante :

$$\mathbf{MG\% = m_1\text{-}m_0/m*100}$$

m : masse de la prise d'essai (g)
m_0 : masse du ballon vide (g)
m_1: masse du ballon avec la matière grasse (g)
MG% : teneur en matière grasse totale

2.4.5. Teneur en glucides

La teneur en glucides a été déterminée selon la méthode de Soro et *al* [19]. Sa formule est la suivante :

% Glucides = 100 - (% Eau + % Protéines + % Lipides + % Cendres)

2.4.6. Valeur énergétique

Cette énergie est calculée à l'aide des coefficients spécifiques d'Atwater qui tiennent compte des pertes durant la digestion et le métabolisme [20,21]. Leurs valeurs respectives sont de 4 kcal pour les glucides et les protéines, et de 9 kcal pour les lipides.

Le calcul de la valeur énergétique (en kcal) apportée par 100 g de farine, est exprimé par la formule suivante :

Valeur énergétique (kcal) = [(% Glucides*4) + (% Protéines*4) + (% Lipides*9)]

2.5. Formulation des farines

Les formulations des farines ont été effectuées par la méthode de programmation linéaire. Cette méthode consiste à utiliser l'outil Solver dans le tableau Excel pour déterminer les quantités de chaque ingrédient. Les proportions de chaque ingrédient entrant dans chaque formulation permettent de respecter les normes de l'OMS. Les quantités de chaque ingrédient présent dans le mélange sont données dans le tableau I suivant :

Tableau I : Proportions de chaque ingrédient entrant dans la composition des formulations.

Formulations	Banane plantain (%MS)	Haricot mungo (%MS)	Arachide (%MS)	Maïs (%MS)
F1	50	1,57	16,50	31,92
F2	55	9,40	21,99	13,61

F1 : Formulation 1 ; F2 : Formulation 2 ; %MS : Pourcentage de matière sèche

2.6. Évaluation sensorielle des bouillies formulées

2.6.1. Clairance d'éthique

Une demande d'autorisation a été adressée au préalable auprès du Secrétariat Général du Ministère de la Santé Publique, une fois accordée elle a été visée par le médecin inspecteur afin de nous permettre de collecter les données dans trois Centre de Santé de Base II (CSBII) à Antananarivo, dans les Fokontany d'Ambohipo, de Mahamasina et d'Isotry.

2.6.2. Préparation, codage et dégustation des bouillies formulées

Les bouillies infantiles ont été préparées à partir de la farine de banane plantain, associé avec du maïs, d'arachide et du haricot mungo. Ainsi, dans une petite marmite, une quantité de farine (250 g) a été délayée dans de l'eau puis cuite dans 0,5 l d'eau potable portée à ébullition. Le mélange a été maintenu au feu doux pendant 10 minutes sous agitation manuelle afin de laisser bien faire cuire les différents ingrédients; 5 g de sucre a été ajouté à la fin de la cuisson.

Les formulations ont été codés à trois chiffres (124 et 125) et choisis à l'aide de tables de répartition au hasard. Un panel non entraîné de 157 mères d'enfants de 6 à 24 mois a été recruté sur la base de leur disponibilité pour faire déguster les bouillies préparées à leurs enfants. Les échantillons de bouillies codés ont été présentés simultanément à chaque panéliste dans un ordre randomisé. L'appréciation de chaque bouillie a été basée sur l'aspect (couleur), le goût (saveur), l'odeur, la texture, la consistance et l'acceptabilité globale des bouillies en utilisant une échelle hédonique à neuf (9) points [22]. Le tableau II présente les 9 points de l'échelle hédonique.

Tableau II : Échelle hédonique à 9 points

1= extrêmement désagréable	**4= assez désagréable**	**7= agréable**
2= très désagréable	**5= ni agréable ni désagréable**	**8= très agréable**
3= désagréable	**6= assez agréable**	**9= extrêmement agréable**

2.7. Analyse statistique

Les données collectées après l'analyse biochimique des différentes farines et formulations ont été introduites dans le tableur Excel 2016 puis analyser à l'aide du logiciel d'analyse statistique SPSS.20 afin de comparer les moyennes des différents paramètres biochimiques. L'analyse de la variance (ANOVA) des données issues de l'évaluation sensorielle a été faite par le logiciel XLStat 2014 et le test de Duncan avec un seuil de signification (α) de 0,05 a été fait pour voir s'il y a une différence significative entre les paramètres étudiés.

III. RÉSULTATS

3.1. Analyse biochimique des farines

Pour les différents échantillons des farines de base analysés, le taux d'humidité est compris entre 1,56 et 11,24 %. La farine de banane plantain possède le plus fort taux d'humidité (11,24%).

La teneur en protéines varie entre 1,96 et 28,32 %. L'arachide possède la teneur la plus grande (28,32 %) suivie du haricot mungo (22,66%), du maïs (18,84%) et de la banane plantain (1,96%).

La teneur en lipides oscille entre 1,14 et 31,18%. La valeur la plus élevée est celle de l'arachide (31,18 %) suivie du maïs (9,88%), du haricot mungo (1,93%) et de la banane plantain (1,14 %).

La teneur en cendres est plus importante dans la farine du haricot mungo (4,99 %) par rapport à celle du maïs (3,73 %), de l'arachide (3,70%) et la banane plantain (2,71%).

La farine de banane plantain est plus riche en glucide (82,95 %) suivie de celle du haricot mungo (63,95 %), du maïs (61,72%) et de l'arachide (35,24%).

La farine d'arachide possède la plus grande valeur énergétique (534,86 kcal/100 g) suivie de celle de maïs (411,16 kcal/100 g), du haricot mungo (363,81 kcal/100 g) et de la banane plantain évaluée à 349,5 kcal/100 g.

Les résultats de la composition biochimique des farines de banane plantain, maïs, arachide et haricot mungo sont représentés dans le tableau II.

Tableau II : Composition biochimique des farines.

Paramètres biochimiques	Banane plantain	Haricot mungo	Arachide	Maïs
Humidité (%MS)	11,24	6,47	1,56	5,83
Cendres (%MS)	2,71	4,99	3,70	3,73
Protéines (%MS)	1,96	22,66	28,32	18,84
Lipides (%MS)	1,14	1,93	31,18	9,88
Glucides (%MS)	82,95	63,95	35,24	61,72
V_E (Kcal/100g)	349,5	363,81	534,86	411,16

*V_E =Valeur énergétique ; %MS = teneur en matière sèche.

3.2. Composition biochimique des différentes formulations

La composition biochimique des deux formulations varie de 9,74 à 9,94 % pour le taux d'humidité ; 1,52 à 2,26 % pour la teneur en cendres ; 12,43 à 12,66 % pour le taux de protéines ; 11,32 à 11,92 % pour la teneur en matière grasse ; 62,46 à 64,59 % pour la teneur en glucides et 409,24 à 409,52 kcal/100 g pour la valeur énergétique.

Les teneurs en eau, cendres, protéines et glucides de F1 respectent les normes de l'OMS à l'exception de la teneur en lipides et la valeur énergétique. La composition biochimique de F2 respecte les normes de l'OMS pour les paramètres suivants : humidité, protéines et glucides. Le taux de cendres et la valeur énergétique sont légèrement supérieurs aux normes de l'OMS.

La comparaison des moyennes des différents paramètres biochimiques des formulations est représentée dans le tableau III.

Tableau III : Composition biochimique des différentes formulations

Formulations	Humidité (%MS)	Cendres (%MS)	Protéines (%MS)	Lipides (%MS)	glucides (%MS)	Energie (Kcal/100g)
F1	9,74±0,42	1,52±0,64	12,66±0,95	11,32±0,21	64,59±1,53	409,24±0,69
F2	9,94±1,67	2,26±0,12	12,43±2,43	11,92±0,09	62,46±4,99	409,52±8,69
Norme OMS	**<12**	**2**	**13**	**7-8**	**60-70**	**400**

F1=Formulation 1 ; F2= Formulation 2 ; %MS= teneur en matière sèche ; OMS=Organisation Mondiale de la Santé.

3.3. Caractéristiques organoleptiques des deux bouillies formulées

Le tableau IV présente les résultats des moyennes des paramètres organoleptiques sur les deux bouillies testées. Les paramètres (couleur, goût, odeur, texture, consistance et qualité globale) ne présentent aucune différence significative entre les deux produits. Pour tous les paramètres étudiés, le produit 124 (Formulation 1) a obtenu des moyennes allant de 6,63 à 7,35. En utilisant l'échelle hédonique, ces notes correspondent à un produit apprécié dans l'intervalle assez agréable à agréable. Le produit 125 (Formulation 2) a obtenu une moyenne allant de 6,60 à 7,23 pour les mêmes paramètres ci-dessus. Tout comme le produit 124, ces notes correspondent à l'intervalle assez agréable à agréable d'après l'échelle hédonique.

Tableau IV : Moyennes des paramètres organoleptiques des deux produits testés.

Produits	Couleur	Goût	Odeur	Texture	Consistance	Qualité globale
124	6,68^{a}	6,98^{a}	6,83^{a}	6,63^{a}	6,68^{a}	7,35^{a}
125	6,75^{a}	6,95^{a}	6,60^{a}	6,63^{a}	6,71^{a}	7,23^{a}

Les valeurs portant les lettres identiques sur une colonne ne sont significativement différentes (P<0,05)

IV. DISCUSSION

La farine de banane plantain a une teneur en eau de 11,24 % ; en cendres de 2,71 % et 1,14 % en lipides**.** Ces valeurs sont supérieures à celles issues d'une analyse menée en Côte d'Ivoire sur la farine de banane plantain qui sont respectivement de 6,43 % ; 2 % et 0,59 % [23]. Cependant, ces teneurs sont inférieures aux teneurs obtenus par Fanambinantsoa sur la farine de banane plantain qui sont respectivement de 11,93 % ; 3,12 % et 7,96 % [24]. Cette différence pourrait s'expliquer par la variété utilisée et le processus de production de la farine de banane plantain.

La teneur en glucides (82,95 %) et la valeur énergétique (349,5 kcal/100g) de la farine de banane plantain de notre étude se rapprochent de la farine d'igname qui sont respectivement de 83,18 % et 350,97 kcal/100 g [25]. La valeur énergétique de la farine de maïs (411,16 kcal/100 g) est proche de la farine de malt de maïs (411,2 kcal/100 g) et légèrement supérieure au résultat obtenu sur la farine à base de maïs dans les proportions 70, 13, 16 et 1 correspondant respectivement au maïs, soja, arachide et fretins (409,15 kcal/100 g) [25,26].

La teneur en cendres de la farine du haricot mungo (4,99 %) est similaire à celle de la farine de soja [27]. La teneur en protéines (18,84 %), lipides (9,88 %) et glucides (61,72 %) de la farine d'arachide sont différentes de celles obtenues par Rasoarimalala qui sont respectivement de 26,3 % ; 48,4 % et 17,6 % [28].

Les teneurs en cendres (1,52 %) et en glucides (64,59 %) de la formulation F1 sont similaires à celles de la farine à base de fonio dont les valeurs sont respectivement de 1,42 % et 65,68 % [26]. De même, les teneurs en cendres (2,26 %) et en glucides (62,46 %) de la formulation F2 sont similaires à la farine composée de maïs+haricot+huile+sucre (FMHHS) et la farine composée de riz+soja+huile+sucre (FRSHS) de valeurs respectives 2,42 % et 61,01 % [29].

La teneur en cendres (2,26 %) de la formulation F2 est légèrement supérieure à celle de la farine non enrichie en soja (mil+maïs germé+haricot blanc+sucre) (2,12 %) [30]. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que la formulation F2 est plus riche en éléments minéraux.

Aussi, sa teneur en protéines (12,43 %) est similaire à celle de la farine enrichie en soja (mil+maïs germé+soja+sucre) qui est de 12,23 % [30].

Les formulations F1 et F2 ont des teneurs en lipides respectives 11,32 % et 11,92 %. Celles-ci sont supérieures à la farine 1 (maïs, soja, arachide, sucre) (2,08 %) [31]. Leurs valeurs énergétiques respectives 409,24 kcal/100 g et 409,52 kcal/100 g sont similaires à celle de la farine enrichie en soja (410 kcal/100 g) [30].

Les teneurs en eau des deux formulations (9,74 % et 9,94 %) sont inférieures à celle des normes de l'OMS (<12 %). Ceci montre que les aliments ont été bien séchés au préalable avant le mélange et leur durée de conservation pourrait être longue.

Les deux bouillies formulées ont été appréciées par les enfants même si les pourcentages des ingrédients sont variables d'une bouillie à une autre. Ceci montre bien que certains paramètres organoleptiques tels que l'odeur, le goût et la consistance ont influencé positivement sur l'acceptabilité des bouillies par les enfants. Cette acceptabilité des bouillies par les enfants permettra de lutter contre la malnutrition protéo-énergétique qui entraîne plusieurs maladies nutritionnelles comme le marasme et la kwashiorkor pouvant conduire à leurs décès.

V. CONCLUSION

La malnutrition infantile est très préoccupante et nécessite une attention particulière des pouvoirs publics. Cette étude a permis de mettre au point un aliment de complément enrichi en ressources alimentaires locales répondant aux recommandations de l'OMS en termes de composition biochimique. Les bouillies formulées sont riches en protéines, en lipides et en énergie. Elles peuvent donc contribuer à réduire la malnutrition protéino-énergétique chez les enfants.

REMERCIEMENTS

Ces travaux bénéficient d'un financement de l'Union Européen dans le cadre du projet d'Appui à la Formation, à la Recherche et à l'Innovation pour le Développement Intra-Afrique (AFRIDI).

RÉFÉRENCES

[1] UNICEF. La situation des enfants dans le monde-un rapport de l'UNICEF. Malnutrition : causes, conséquences et solutions. Nutr. Tour. 1998 ; 56 : 115-123

[2] UNICEF. Améliorer la nutrition des enfants : L'impératif réalisable pour un progrès mondial ; UNICEF, Ed. ; Fonds des Nations unies pour l'enfance : New York, NY, États-Unis, 2013 ; ISBN 978-92-806-4686-3.

[3] UNICEF/OMS/WB. Niveaux et tendances de la malnutrition infantile : Estimations conjointes UNICEF/OMS/Groupe de la Banque mondiale sur la malnutrition des enfants : Principaux résultats de l'édition 2021 ; Organisation mondiale de la santé : Genève, Suisse, 2021 ; ISBN 978-92-4-002525-7.

[4] INSTAT/UNICEF. Enquête Par Grappes À Indicateurs Multiples-MICS Madagascar, 2018, Rapport Final ; INSTAT et UNICEF : Antananarivo, Madagascar, 2019.

[5] Stewart CP, Iannotti L, Dewey KG, Michaelsen KF, Onyango AW. Contextualiser l'alimentation complémentaire dans un cadre plus large de prévention du retard de croissance. Framework for Stunting Prevention. Matern. Child Nutr. 2013 ; 9 (2) : 27-45.

[6] Trèche S, Mouquet-Rivier C. Utilisation des amylases dans les aliments pour nourrissons. Dans enzymes comme additifs ou auxiliaires technologiques ; Porta, R., Mariniello, L., Di Pierro, P., Eds ; Research Signpost : Villalonga, Espagne, 2008 ; pp. 213-245.

[7] Kampstra NA, Van Hoan N, Koenders DJPC, Schoop R, Broersen BC, Mouquet-Rivier C, Traoré T, Bruins MJ, de Pee S. L'apport en énergie et en nutriments augmente de 47 à 67 % lorsque de l'amylase est ajoutée à des aliments mélangés enrichis - une étude menée auprès d'enfants burkinabés âgés de 12 à 35 mois. Matern. Child Nutr. 2018 ; 14 : 12459

[8] Allen L. Organisation mondiale de la santé ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. Directives sur la fortification des aliments avec des micronutriments ; Organisation mondiale de la santé : Genève, Suisse ; Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture : Rome, Italie, 2006.

[9] OMS/FAO. Besoins en vitamines et minéraux dans la nutrition humaine, 2nd ed; Organisation mondiale de la santé : Genève, Suisse ; FAO : Rome, Italie, 2004 ; ISBN 978-92-4-154612-6.

[10] Lutter CK, Dewey KG. Composition nutritionnelle proposée pour les aliments complémentaires enrichis. J. Nutr. 2003 ; 133 : 3011S-3020S.

[11] GAIN. Directives pour les aliments complémentaires et les compléments alimentaires soutenus par GAIN ; Version 1 ; OMS : Genève, Suisse, 2011.

[12] Salle B. Alimentation du nouveau-né et du nourrisson. Bulletin Académie Nationale de Médecine. 2009 ; 193 (2) : 431-446

[13] Kouassi KA, Adouko AE, Gnahe DA, Grodji GA, Kouakou B, Gnakri D. 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*. 2015 ; 9(2) : 944-953.

[14] Tchango Tchango J. Farine de plantain : préparation et utilisation en pâtisserie et dans la formulation d'aliments infantiles. CARBAP, *Note technique*, Njombé, Cameroun. 2009 ; 4p

[15] CAC. Lignes directrices pour la mise au point des préparations alimentaires complémentaires destinées aux nourrissons du deuxième âge et aux enfants en bas âge. 2013 ; pp1-223.

[16] Yasmin A, Zeb A, Khalil AW, Paracha GM, Khattak AB. Effet de la transformation sur les facteurs antinutritionnels du haricot rouge (Phaseolus vulgaris) Grains. Food Bioprocess Technology. 2008 ; 1 : 415-419.

[17] AOAC. Méthodes d'analyse officielles de l'Association Internationale d'analyse chimique (18th edn). AOAC : Gathersburg, MD U.S.A. 2005

[18] Kjeldah. Bureau interprofessionnel d'Etude Analytique. *Recueil de méthodes Agronomie tropical*. 1976 ; 37 : 68-80

[19] Soro S, Konan G, Elleingand E, N'guessan D, Koffi E. Formulation d'aliments infantiles à base de farines d'igname enrichies au soja. *African Journal of Food agriculture nutrition and development*. 2013; 3(5): 8313 – 8339.

[20] Bender DA. Les carburants métaboliques dans Introduction à la nutrition et au métabolisme, Chapitre 1 : Why Eat? Section 1.2, Taylor & Francis Library, pp. 2 – 3, Londres, Royaume-Uni. 2005 ; 314 pages, ISBN 0-203-79259-9

[21] Stadlmayr B, Charrondiere UR, Enujiugha VN, Bayli RG, Fagbohoun EG, Samb B, Addy P, Barikmo I, Ouattara F, Oshaug A, Akinyele I, Annor GA, Bomfeh K, Ene-obong H, Smith IF, Thiam I, Burlingame B. Table de composition des aliments en Afrique de l'Ouest, Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), Réseau international des systèmes de données sur l'alimentation (INFOODS), Organisation ouest-africaine de la santé (OOAS) et Biodiversity International, Italie, Rome. 2012 ; 148 p, ISBN 978-92-5-007207-4.

[22] AFNOR. Norme XP V09-500 en cours de révision. Directives générales pour la réalisation d'épreuves hédoniques en laboratoire d'évaluation sensorielle ou en salle en conditions contrôlées impliquant des consommateurs. In. AFNOR, recueil de normes, Analyse sensorielle, 6ème édition.2000

[23] Fofana I, Soro D, Yeo MA, Koffi KE. Influence de la fermentation sur les caractéristiques physicochimiques et sensorielles de la farine composite a base de banane plantain et d'amande de cajou. *European Scientific Journal*. 2017 ; 13(30) : 1857 – 7881

[24] Fanambinantsoa FR, Razafimahefa. Valorisation de la biodiversité Malgache : Utilisation des bananes plantains, des graines de soja et des feuilles de Moringa oleifera dans la production d'une farine infantile. *Actes du forum de la recherche*, Faculté des Sciences, de Technologies et de l'Environnement de l'Université de Mahajanga.2017

[25] Gampoula RH, Dzondo MG, Moussounga JE, Diakabana P, Pambou-Tobi NPG, Sompila TAWG, Nguie R. Mise au point d'un procédé de formulation d'une farine infantile à base d'igname (*Discorea cayenensis*) enrichie en protéines par incorporation d'additifs alimentaires d'origine agricole et de pêche. *Journal of Biotechnology and Biochemistry*. 2020; 6(6): 24-32

[26] Fanou FN, Madode EMY, Laleye FTF, Amoussou-Lokossou Y, Kayode APP. 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*. 2017; 11(6): 2745-2755

[27] Ballogou VY, Djidohokpin ME, Manful JT, Soumanou MM. Formulation d'aliments de complément à partir du soja et de deux écotypes de fonio. *Agronomic and Biological Sciences*. 2018 ; 19 : 18-24

[28] Rasoarimalala NP. Formulation de la farine infantile pour contribuer à la lutte contre la malnutrition infantile à Madagascar. Mémoire de fin d'études de Master 2, école supérieure polytechnique de l'Université d'Antananarivo, 151p 2016.

[29] Loba SE, Gbakayoro JB, Kouame KA, Grodji GA, Brou K. Formulations de Farines Composées Dont l'une à Base de Riz (*Oryza Sativa*) et L'autre à Base de Maïs (*Zea Mays*) Pour Enfants en âge de Sevrage. *European Scientific Journal*. 2019 ; 15(33) :1857 – 7881

[30] Gbogouri GA, Bamba MS, Digbeu DY, Brou K. Elaboration d'une Farine infantile composée à base d'ingrédients locaux de Côte d'Ivoire : quelles stratégies d'enrichissement en acides gras polyinsaturés oméga 3. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*. 2019 ; 13(1) : 63-75

[31] Ponka R, Abdou Bouba A, Fokou E, Beaucher E, Piot M, Leonil J, Gaucheron F. Composition nutritionnelle de quelques farines artisanales au Cameroun. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*. 2016 ; 65 : 183–19.