



Comparaison des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies infantiles préparées par les techniques de germination et de fermentation

Angèle KOUASSI KUNIMBOA ABRO AMOIN^{1*}, Edith ADOUKO AGBO¹,
André GNAHE DAGO², Albarin GRODJI GBOGOURI¹, David KOUAKOU BROU¹ et
GNAKRI DAGO²

¹Université Nangui Abrogoua, Laboratoire de Nutrition et de Sécurité Alimentaire,
02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire.

²Université Jean Lorougnon Guédé de Daloa, BP 150 Daloa, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant, E-mail: kunimboaangele@gmail.com

RESUME

Le sevrage est une étape importante dans l'alimentation du nourrisson. Aussi, les techniques de germination et de fermentation ont été utilisées pour améliorer les propriétés des farines composées à base de maïs, de sorgho et de soja. Les caractéristiques physicochimiques et rhéologiques, la composition nutritionnelle et la valeur énergétique des bouillies préparées à partir de ces farines ont été déterminées. Les résultats ont révélé, respectivement pour la farine composée germée et la farine composée fermentée, une teneur en glucides de 69,20% et 67,80%, un taux de lipides de 7,5% et 4,5% et une teneur en protéines de 15,80% et 15,25%. La valeur énergétique de la farine composée germée est de 402,3 kcal/100 g de matière sèche et celle de la farine composée fermentée est de 361,39 kcal/100 g de matière sèche. La bouillie issue de la farine composée germée a une matière sèche de 30,60%, une densité énergétique de 122,4 kcal/100 g de matière sèche et une fluidité de 120 mm/30 sec. La bouillie issue de la farine composée fermentée a une matière sèche de 30,05%, une densité énergétique de 120,20 kcal/10 ml et une fluidité de 100 mm/30 sec. Ces farines composées fermentées et germées ont permis de préparer des bouillies infantiles conformes aux normes de l'OMS, pourraient contribuer à lutter contre la malnutrition infantile.

© 2015 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Aliment de complément, nourrisson, malnutrition infantile, germination, fermentation.

INTRODUCTION

La malnutrition chez les enfants constitue un problème de santé publique dans le monde et particulièrement dans les pays en voie de développement (Tou, 2007). Elle apparaît généralement durant la période qui correspond à l'introduction de l'aliment de complément au lait maternel chez le nourrisson (Dewey et Brown, 2003). L'aliment de complément est un aliment

donné aux nourrissons sous forme de bouillie à partir de l'âge de 6 mois (FAO, 2004). Il est spécialement conçu pour leur permettre de couvrir leurs besoins nutritionnels car après 6 mois, le lait maternel ne suffit plus à fournir entièrement les besoins nutritionnels du nourrisson en énergie et en protéines (OMS, 2003).

En Côte d'Ivoire, les aliments de complément sont, pour la plupart, préparés à

partir des denrées locales, notamment les produits amylacés tels que les céréales et les tubercules. Toutefois, ces denrées ne subissent aucun traitement enzymatique préalable et entrent seuls dans la confection des bouillies sans adjonction d'aliments sources de protéines tels que les légumineuses ou le lait (Thomazic, 2003). Il s'en suit donc que pendant la cuisson, ces bouillies s'épaississent très rapidement. Compte tenu du petit volume d'estomac de l'enfant qui est de l'ordre de 30 ml/kg de poids corporel (Sawadogo et al, 2003) en consomme très peu et semble être rassasié, mais manque de nutriments essentiels (Trèche, 2004). Pour pallier à cela, améliorer la densité énergétique et la fluidité des bouillies locales s'avère nécessaire. Ainsi, l'amidon des farines doit subir des traitements technologiques favorisant la rupture des liaisons glycosidiques afin de réduire le taux de gonflement et par conséquent augmenter leur fluidité et la densité énergétique à la cuisson. Ces traitements technologiques sont entre autres la fermentation et la germination (Mouquet et al., 2001 ; Mouquet et al., 2003). Il est donc opportun d'élaborer un aliment de complément répondant aux caractéristiques recherchées, c'est-à-dire, fluidité, densité énergétique et ayant une bonne valeur nutritionnelle. Notre étude consistera à faire une étude comparative des caractéristiques nutritionnelles et rhéologiques des bouillies préparées à base des produits locaux (maïs, sorgho, soja) selon les techniques de fermentation et de germination.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage

Les farines composées ont été élaborées à partir de grains de maïs (*Zea mays*), de sorgho blanc (*Guinea sorghum*) et de soja (*Glycine max*). Un kilogramme de grains de maïs, sorgho et de soja ont été achetés au « Forum des marchés » d'Adjamé à Abidjan Côte d'Ivoire. Le choix de ces céréales se justifie par le fait qu'ils sont disponibles en toute saison.

Pour la farine composée fermentée, le ferment utilisé a été le ferment de manioc appelé localement « Magnan ». Le manioc a

été acheté au « Forum des marchés » d'Adjamé et 500 g de manioc frais ont été épluchés et braisés à feu de charbon pendant 10 minutes. Ils ont été ensuite refroidis à la température ambiante 28 ± 1 °C puis emballés dans un sachet en plastique. L'ensemble a été placé dans un panier puis conservé à la température du magasin de stockage 30 ± 2 °C. Cependant 3 jours à l'abri de l'air et de la lumière. Au terme de cette conservation, le levain a été ainsi obtenu.

Production des farines

Les grains ont été triés, vannés et lavés au préalable avant la production des farines.

Préparation de farine composée germée

Les grains de maïs, de sorgho et de soja ont été trempés séparément dans un récipient ouvert pendant 48 h puis étalés sur un tissu en coton humidifié pendant 3 jours pour la germination. Ensuite les grains qui ont effectivement germés ont été séchés à 65 °C à l'étuve pendant 48 h puis débarrassés de leurs plantules avant d'être finement broyés avec un broyeur de type Forplex et tamisés avec un tamis de diamètre 500 µm. Le conditionnement et la conservation des farines s'est fait séparément.

Préparation de la farine composée fermentée

Les grains de maïs, de sorgho et de soja ont été broyés séparément et tamisés avec un tamis de diamètre 500 µm. Les différents grains n'ont pas été trempés au préalable. La farine composée fermentée a été élaborée en mélangeant, dans des proportions variées, les précédentes farines, le ferment de manioc et le saccharose dans 100 ml d'eau. Le mélange a été mis dans un sachet plastique transparent. Après avoir bien entassé la pâte pour permettre la fermentation en anaérobiose, le sachet a été fermée hermétiquement et placé dans un récipient en plastique. La fermentation a duré 72 h (Brou, 2000).

Formulation d'aliments de sevrage

Formulation de la farine composée germée

Les formulations F₁ à F₃ ont été élaborées à partir des farines de maïs, de sorgho et de soja germées (Tableau 1).

La formule F₁ désigne le mélange de la farine de maïs germé (50%) et de sorgho germé (50%) sans incorporation de soja germé et de sucre. Ensuite la formule F₂ indique le mélange de farine de maïs germé et de sorgho germé dans les proportions respectives 33,34% ; 33,34% avec 33,34% d'incorporation de la farine de soja germé. Enfin la formule F₃ désigne le mélange de farine de maïs germé, de sorgho germé et de sucre dans les proportions respectives de 29,40% ; 29,40% et 11,80% avec 29,40% d'incorporation de la farine de soja.

Formulation de la farine composée fermentée

Les formulations F_A et F_B ont été réalisées à partir des farines de maïs, de sorgho et de soja fermentés (Tableau 2).

La formule F_A désigne le mélange de farines de maïs, de sorgho, de soja, de ferment et de sucre dans les proportions respectives de 28,30% ; 28,30% ; 28,30% ; 3,8% et 11,30% sans incorporation du maïs germé. La formule F_B indique le mélange de farines de maïs, de sorgho, de soja, de ferment et de sucre dans les proportions respectives de 26,32% ; 26,32% ; 7% et 10,53% avec 3,51% d'incorporation du maïs germé.

Analyses biologiques

Les analyses effectuées ont portées sur la matière sèche, le dosage des protéines et l'extraction de lipides par la méthode AOAC (1995). Le nombre total d'hydrates de carbone et les sucres totaux ont été déterminés selon la méthode de Bertrand et Thomas (1910). La teneur en amidon a été déduite en calculant la différence entre la teneur totale en hydrate de carbone et la teneur en sucre totaux. Le dosage de la cellulose a été réalisé selon la méthode de Prosky et al. (1988). Le phosphore a été dosé selon la méthode de Briggs (1977) et le fer selon la méthode colorimètre d'orthophénanthroline (Audigie et al., 1978). Le magnésium, le potassium, le sodium, le calcium, le zinc, le cuivre et le manganèse ont été déterminé par

spectrométrie d'absorption atomique de type Perkin-Elmer, modèle 1100 (BIPEA, 1976).

La consistance de la bouillie a été appréciée à travers sa vitesse d'écoulement qui a été évaluée par rapport de la distance parcourue par 100 ml de bouillies pendant 30 secondes et mesurée à l'aide du consistomètre de Bostwick selon la méthode de Vieu et al. (2001). A partir de la matière sèche de la bouillie la densité d'énergie (DE) a été calculée selon l'équation d'Atwater et Benedict (1902).

$$DE = (9 \times \text{lipides (\%)} + 4 \times \text{protéines (\%)} + 4 \times \text{glucides (\%)}) \times MS (\%)$$

Analyses statistiques

Les analyses statistiques des données ont été effectuées à l'aide des logiciels STATISTICA 7.1 (StatsoftInc, Tulsa-USA Headquarters) et XLSTAT-Pro 7.5.2 (Addinsoft Sarl, Paris-France). Les comparaisons entre les variables dépendantes ont été déterminées au moyen de l'analyse de variance (ANOVA) à deux facteurs et du test de Duncan. La signification statistique a été définie à $p \leq 0,05$.

RESULTATS

Formulation des farines composées par le procédé de germination

L'appréciation des caractéristiques physicochimiques des bouillies a été faite à partir de la détermination de la fluidité, de la matière sèche, de la teneur en protéines et de la densité énergétique. Ainsi ces paramètres ont été déterminés pour toutes les formulations de farines composées (F₁, F₂ et F₃) (Tableau 3).

A 30 g du poids de mélange, la formulation F₁ (à base de maïs germé et de sorgho germé dans les proportions 50/50) présente un taux de matière sèche de la bouillie égal à 26,50%, une fluidité de 130 mm/30 sec, un taux de protéines de 13,50% et une densité énergétique de 106 kcal/100 ml. Cependant, ces taux de matière sèche et de protéines sont inférieurs respectivement à

30% de matière sèche et 15% de protéines (valeurs recommandées par l'OMS) et ont été améliorés par l'incorporation de farine de soja germé, soit la formulation F₂. Toutefois, la bouillie issue de cette formulation présente une teneur suffisante en protéine de 15,80% mais a une matière sèche de 28,15% qui demeure insuffisante. La fluidité est de 125 mm/30 sec. La densité énergétique est de 112,6 kcal/100 ml de bouillie. A cette étape l'amélioration des paramètres a été faite par l'ajout de saccharose. Ainsi, en apportant 11,80% de saccharose à la formulation F₂, on obtient la formulation F₃ qui améliore le goût de la bouillie, de même que le taux de matière sèche qui passe de 28,15% à 30,60%. La densité énergétique augmente de 112,6 kcal à 122,4 kcal/100 ml de bouillies et la fluidité passe de 125 mm/30 sec à 120 mm/30 sec. Toutefois, le taux de protéines demeure égal à 15,80%.

De toutes les formulations étudiées, seule la farine F₃ qui renferme 29,40% de maïs germé, 29,40% de sorgho germé, 29,40% de soja germé et 11,80% de sucre a permis de préparer une bouillie dont la densité énergétique était de 122,4 kcal/100 ml de bouillies et pouvant couvrir les besoins énergétiques du nourrisson. La matière sèche, la teneur en protéines et la fluidité qui ont été respectivement de 30,60%, 15,80% et 120 mm/30 sec sont conformes aux recommandations de l'OMS.

Formulation de la farine composée par le procédé de fermentation

Les caractéristiques physicochimiques (fluidité, matière sèche, teneur en protéines et densité énergétique) des bouillies élaborées selon le procédé de fermentation ont été énumérées dans le Tableau 4. La farine composée fermentée (formulation F_A), dont la composition renferme 28,30% respectivement de farine de maïs, de sorgho, de soja, 3,80% de ferment de manioc et de 11,30% de saccharose, a permis d'obtenir une bouillie de fluidité de 90 mm/30 sec avec un taux de

protéine de 15,17% acceptables selon les normes de l'OMS (2003). Cependant, la matière sèche qui est de 22,67% et la densité énergétique de 90,68 kcal/100 ml de bouillies sont insuffisantes. L'amélioration de la matière sèche et de la densité énergétique a été faite par l'incorporation de 3,51% de maïs germé à la formulation F_A. Soit la farine de formulation F_B dont la matière sèche est de 30,05%, la densité énergétique de 120,20 kcal/100 ml de bouillies, le taux de protéine de 15,17% et la fluidité de 100 mm/30 sec.

Composition nutritionnelle des farines composées F_B et F₃

A part le taux de lipides et la valeur énergétique, les teneurs en glucides, protéines, cellulose, cendres et amidon des farines composées germées et fermentées ne diffèrent pas significativement entre elles (Tableau 5). La farine composée germée F₃ contient 69,20±0,8% de glucides, 15,80±1,4% de protéines et 7,5±0,5% de lipides pour une valeur énergétique qui est de 402,37 kcals, tandis que la farine composée fermentée contient 67,80±0,3% de glucides, 15,25±0,83% de protéines et 4,5±0,5% de lipides avec une valeur énergétique de 361,39 kcals. La teneur en cellulose est de 4±1% dans la farine composée germée et de 3,2±0,1% dans la farine fermentée. Les teneurs en cendres sont de 2,8±0,5% et 2,6±0,4% respectivement dans la farine composée germée et la farine composée fermentée. Il n'y a pas de différence significative au seuil de $p \geq 0,05$ de la valeur énergétique de la farine composée germée et de la farine standard.

Les teneurs en minéraux de la farine composée germée diffèrent statistiquement de ceux de la farine composée fermentée (Tableau 6). Ainsi, les teneurs en potassium et en calcium sont plus élevées dans la farine composée germée que dans la farine composée fermentée avec respectivement 383,79 ± 1,06 mg de potassium, 300,5 ± 1,5 mg de calcium contre 289,4 ± 1,5 mg de

potassium et $268,5 \pm 1,83$ mg de calcium. Par contre, a teneur en phosphore ($170 \pm 2,30$ mg) de la farine composée fermentée est plus élevée que celle de la farine composée germée (154 ± 1 mg). Il en est de même pour les teneurs en sodium, soit $46 \pm 1,2$ mg pour la F_B

et 40 ± 1 mg pour la F₃. Les teneurs en fer et en zinc sont plus élevées dans la farine composée germée ($13,5 \pm 0,5$ mg et $10,03 \pm 0,97$ mg respectivement) que dans la farine composée fermentée ($12,58 \pm 0,5$ mg et $7,5 \pm 0,5$ mg respectivement).

Tableau 1 : Formulation d'aliments de complément par la technique de germination.

Formules	Ingrédients (%)			
	Maïs germé	Sorgho germé	Soja germé	Sucre
F ₁	50	50	0	0
F ₂	33,34	33,34	33,34	0
F ₃	29,40	29,40	29,40	11,80

Tableau 2 : Formulation d'aliments de complément par la technique de fermentation.

Formules	Ingrédients (%)					
	Maïs	Sorgho	Soja	Maïs germée	Sucre	Ferment
F _A	28,30	28,30	28,30	0	11,30	3,8
F _B	26,32	26,32	26,32	3,51	10,53	7

Tableau 3 : Caractéristiques physico-chimiques de bouillies préparées à partir du mélange de maïs germé et de sorgho germé.

Formules	Caractéristiques des bouillies				
	Proportion (%)	Fluidité mm/30 sec	Matière Sèche (%)	Protéines (%)	Densité Energétique (kcal/100 ml)
F1	50/50	130	26,50	13,50	106
F2	34,33,34/33,34/33,34	125	28,15	15,80	112,6
F3	29,40/29,40/29,4/11,80	120	30,6	15,80	122,4

Tableau 4 : Caractéristiques physico-chimiques des bouillies obtenues par incorporation du ferment au mélange de farines de maïs, de sorgho et de soja.

Formules	Proportions (%)	Taux de ferment (%)	Caractéristiques des bouillies fermentées			
			Fluidité mm/30sec	Matière sèche (%)	Protéine (%)	Densité Energétique (Kcal/100 ml)
F _A	28,30/28,30/28,30	3,80	90	22,67	15,17	90,68
F _B	26,32/26,32/26,32	7	100	30,05	15,25	120,20

Tableau 5 : Composition chimique de la farine composée germée F₃ et farine composée fermentée F_B.

Nutriments (g/100 g de farines)	Farines		
	Farine composée Germée F ₃	Farine composée fermentée F _B	Farine Standard FAO/OMS (2006)
Matière sèche	95±1 ^a	94 ±1,5 ^a	95
Glucides	69,20±0,8 ^a	67,80 ± 0,3 ^a	68
Amidon	61,5±0,5 ^a	63,5 ± 0,2 ^a	64
Lipides	7,5±0,5 ^b	4,5±0,5 ^a	8
protéines	15,80±1,4 ^a	15,25 ±0,83 ^a	15
Cellulose	4±1 ^a	3,5 ± 0,1 ^a	3,8
Cendres	2,8±0,5 ^a	2,6 ±0,4 ^a	2,9
Valeur énergétique	402,37±2,63 ^b	361,39 ± 1,52 ^a	400

Les chiffres suivis du même exposant dans une rangée ne diffèrent pas significativement au seuil P > 0,05.

Tableau 6 : Teneurs en minéraux des farines composées.

Minéraux (mg/100g farines)	Farine composée germée F ₃ (g)	Farine composée fermentée F _B (g)	Composition souhaitable (mg/100g) FAO/OMS (2006)
Potassium	383,79±1,06 ^b	289,4 ±1,50 ^a	408,7
Calcium	300,5± 1,5 ^b	268,5 ± 1,83 ^a	341,2
Sodium	40±1 ^a	46 ± 1,20 ^b	60
Phosphore	154± 1 ^a	170 ± 2,30 ^b	281,2
Fer	13,5± 0,50 ^b	12,58 ± 0,50 ^a	8,5
Magnésium	85,75 ± 0,25 ^b	74,3 ± 0,66 ^a	48,7
zinc	10,03± 0,97 ^b	7,5 ± 0,50 ^a	3,7
Cuivre	2,87 ± 0,02 ^b	1,8 ± 0,14 ^a	0,1

En ligne les chiffres qui ne sont pas suivis de la même lettre diffèrent significativement au seuil de p ≤ 0,05.

DISCUSSION

Les caractéristiques physico-chimiques des bouillies élaborées ont révélé que la teneur en matière sèche de la farine est corrélée à la fluidité. En effet, plus la teneur en matière sèche est faible, plus la bouillie est fluide et moins dense énergétiquement. Pour les nourrissons, de telles bouillies sont sources de carences protéino-énergétiques susceptibles de favoriser une perte de poids. Au niveau de la farine composée germée, l'incorporation de la farine de soja et du saccharose a amélioré le goût de la bouillie et a permis au taux de matière sèche dépasser de 26,80% à 30,60%, la densité énergétique d'augmenter de 107,4%

à 122,4 kcal, au taux de protéines de passer de 13,50% à 15,80% et à la fluidité de baisser de 130 à 120 mm/30 sec. Ces résultats correspondent à ceux de Zannou et al. (2011) qui ont montré que l'étude de la valeur nutritionnelle des farines élaborées FAS (Attiéké et Soja) et FMS (Manioc et Soja) donne pour FAS les taux de 13% de protéines, 10% de lipide et 63% de glucides avec une valeur énergétique de 394 kcal. En ce qui concerne la farine FMS les taux de 14% de protéine, 10% de lipide et 61% de glucides avec une valeur énergétique de 390 kcal.

L'avantage de l'incorporation de soja dans les farines germée et fermentée se

justifierait par le fait qu'il renferme des protéines de bonnes valeurs biologiques contenant tous les acides aminés essentiels ainsi que des vitamines et des minéraux. La teneur importante en lipides du soja lui confère un bon pouvoir calorifique. Par ailleurs, la consommation des aliments sources de protéines végétales (les légumineuses) est à encourager car elles sont disponibles et peu coûteuses par rapport aux protéines animales. En outre, la supplémentation des céréales par le soja a favorisé l'augmentation de la teneur en protéines tant dans la farine composée germée (15,80%) que dans la farine composée fermentée (15,25%) et ces teneurs sont supérieures à celle de la farine standard (15%). Ces résultats sont en accord avec ceux de Solomon (2005) et Onilude (2009) qui ont révélé dans leurs études que la teneur en protéine des céréales et des légumineuses combinées est meilleure que celle produite à partir de céréales seules. La germination et la fermentation ont par ailleurs amélioré considérablement la teneur et la digestibilité des protéines.

Le taux d'humidité des différentes farines composées (5 à 5,5%) est appréciable, la norme indiquant un taux de 5% dans les farines infantiles. De plus, la faible teneur en humidité des farines augmente leur durée de conservation. Ces résultats sont similaires à ceux de Alozié *et al.* (2009) qui ont déterminé dans la farine de bambara un taux d'humidité de 5%, des teneurs en glucides et en protéines comprises entre 60 et 70% pour les glucides et entre 12 et 15% pour les protéines. Ces valeurs sont conformes à celles de la norme (OMS/UNICEF, 2003) et de Mouquet *et al.* (2008). De plus, la farine composée germée renferme un taux de lipide (7,5%) et une valeur énergétique (402,37 kcals) sensiblement égaux à ceux de la norme. Cependant, la valeur énergétique (361,39 kcals) et la teneur en lipide (4,5%) de la farine

composée fermentée sont inférieures à celles de la farine standard (7% de lipides pour une valeur énergétique de 400 kcals) et par là, à ceux de la farine composée germée. Cela pourrait signifier que la germination améliorerait mieux la valeur nutritive des aliments que la fermentation (Syed *et al.*, 2011).

L'incorporation de la farine germée à la bouillie fermentée a permis de préparer des bouillies ayant une consistance de 100 mm/30 sec, une matière sèche de 30,05% et une densité énergétique de 120,20 kcal/100 ml. Ces résultats sont en accord avec ceux de Elenga *et al.* (2012) qui ont montré que l'incorporation de malt et de carbonate de calcium à la pâte fermentée de maïs-arachide a permis de préparer des bouillies ayant une consistance recommandée de 120 mm/30 sec pour teneur en matière sèche de 20 g pour 100 g de bouillies.

Les teneurs en potassium, calcium, magnésium, fer, zinc et cuivre sont plus élevées dans la farine composée germée que dans la farine composée fermentée. Cela est dû au fait que la germination augmenterait la rétention des minéraux (Egli, 2001 ; Helland *et al.*, 2002). La présence de ces minéraux dans les farines composées est bénéfique car ils interviennent dans le développement de l'organisme et dans la croissance de l'enfant et pourraient limiter l'apparition de carences nutritionnelles. Ainsi, le fer intervient dans la constitution de l'hémoglobine, de la myoglobine et de nombreuses enzymes. Il est aussi indispensable pour un grand nombre de réactions métaboliques (Lokombé *et al.*, 2004) tout comme le sodium qui permet à l'organisme de réguler les entrées et les sorties de potassium afin d'en réduire fortement le risque de carence. Le calcium et le phosphore assurent quant à eux la rigidité des os et favorisent la croissance des enfants (Weaver *et al.*, 2007). Le zinc représente avec le fer l'un des minéraux les plus concentrés au

niveau du cerveau. Aussi, il est indispensable de couvrir les besoins en zinc chez le nourrisson où la croissance cérébrale est encore importante. Le zinc est aussi impliqué dans l'immunité car il réduirait l'incidence et la gravité des diarrhées chez l'enfant (Lokombé et al., 2004). Le cuivre (en très faible quantité dans le corps humain) entre dans la composition de nombreux enzymes et intervient également dans le phénomène de minéralisation osseuse, de renforcement de l'immunité et dans les métabolismes du fer et du glucose (Lokombé et al., 2004). Le magnésium quant à lui est nécessaire pour les réactions biochimiques dans le corps, permettant de maintenir le muscle, améliorant le fonctionnement du nerf, le maintien du rythme cardiaque et la régulation du taux de sucre dans le sang (Saris et al., 2000).

Les méthodes traditionnelles comme la germination et la fermentation ont tendance à améliorer la qualité des aliments en nutriments, ces résultats sont en accord avec ceux de Brou (2000).

Conclusion

Les études réalisées en vue d'apporter notre contribution à l'amélioration de l'aliment de complément du nourrisson en période de sevrage ont permis de mettre au point des farines infantiles : la farine composée germée F₃ et la farine composée fermentée F_B. Ces deux farines composées renferment de bonnes teneurs en protéines, en lipides, en glucides et en minéraux, selon les recommandations de la FAO/OMS. Cependant, ces taux sont plus élevés dans la farine composée germée que dans la farine composée fermentée. Le procédé de germination améliorerait donc mieux la qualité des farines que la fermentation. Par ailleurs, la supplémentation de la farine fermentée par la farine germée a permis d'améliorer la consistance des bouilles et la densité énergétique, augmentant ainsi pour les

nourrissons et les jeunes enfants le potentiel de surmonter la malnutrition protéino-énergétique. En perspective nous envisageons à évaluer sur les animaux afin d'apprécier la qualité des farines composées *in vivo* ainsi que leurs effets secondaires.

REFERENCES

- AOAC. 1995. *Méthodes d'Analyses Officielles* (16^{ème} édn). Association of Official Analytical Chemists; 250 p.
- Alozie YE, Iyam MA, lawalo O, udofia U, Ani IF. 2009. Utilisation de la farine de Bambara comme aliment de complément. Londres. *Journal of Food Technology*, 7(4): 111-114.
- Atwater WO, Benedict FG. 1902. Experiments on the metabolism of energy in the human body, 1898-1900. United States. Office of Experiment Stations, bulletin N°109. Government Printing Office: Washington, DC.
- Brou K, Camara F, N'Dri Y, Akaffou NC, Djeni NT. 2008. Effect of two mills techniques and flours particles size on some physicochemical properties of millet flour. *Journal of Food Technology*, 6(6): 231-236.
- Brou K. 2000. La cofermentation comme stratégie pour l'amélioration de la valeur nutritionnelle des aliments de complément dans les pays en développement. Thèse de doctorat 3ème cycle. Université de Cocody (Côte d'Ivoire), p.126.
- Bertrand G, Thomas P. 1910. *Guide pour les Manipulations de Chimie Biologie*. Dund : Paris.
- BIPEA. 1976. Recueil des méthodes d'analyses des communautés européennes. Bureau interprofessionnel d'études analytiques: Gennevilliers. France ; 140.
- Dewey KG, Brown KH. 2003. Undated on technical issues concerning

- complementary feeding of young children in developing countries and applications for intervention programs. *Food Nutr. Bull*, **24**(1): 5-28.
- Elenga M. 2012. Amélioration de la qualité nutritionnelle et de la densité énergétique des bouillies de maïs fermenté et de la farine d'igname utilisée comme aliment de complément du nourrisson. Thèse de Doctorat de l'Université de Marien Ngouabi, 104p.
- Egli M. 2001. Les méthodes traditionnelles de transformation des aliments de sevrage. Thèse de doctorat. Fédéral Suisse, Techn. Zurich, 130p.
- FAO/OMS. 2009. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Commission du Codex Alimentarius, 32^{ème} session Rome (Italie), 29 juin- 4 juillet 2009. Rapport de la 30^{ème} 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 p.
- FAO/OMS. 2006. Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. Rapport des vingt –septième sessions du comité du codex sur la nutrition et les aliments diététiques ou de régime. ALINOM 06/29/26, 105 p.
- FAO. 2004. Undernourishment around the world. In: The state of food insecurity in the world 2004. The Organization, 2004, Rome:
- Helland MH, Wickland T. 2002. Effet de temps de germination sur l'alpha amylase et la viscosité de la bouillie de maïs. *Res Alimentaire Int.*, **35**: 315-321.
- Weaver CM, Mobley SL. 2007. Calcium intake, body fat, and bones a complex relation. *Am. J. Clin. Nutr.*, **86**(3): 527.
- Lokombé-Léké A, Mullié C. 2004. Nutrition du nourrisson et diversification alimentaire. *Cahiers de Nutrition et Diététique*, **39**: 349-359.
- Kaushick G, Satya S, Naik SN. 2010. Effet de la production technique de traitement sur la qualité nutritionnelle du Soja. *Mditerr. J. Nutri. Metab.*, **3**(1): 39-46.
- Mouquet C, Icard C, Guyot JP, Tou EH, Rochette I, Trèche S. 2008. Consumption pattern, biochemical composition and nutritional value of fermented pearl millet gruels in Burkina Faso, *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **59**(7): 716-729.
- Mouquet C, Salvignol B, Van Hoan N, Monvois J, Trèche S. 2003. Ability of a very low cost extruder to produce Instant flours at a small-scale level in Vietnam. *Food Chemistry*, **82**: 249-55.
- Mouquet C, Trèche S. 2001. Viscosity of gruels for infant a comparison of measurement procedures. *Int J Food Sci Nutr*, **52**: 389-400.
- Onilude AA. 2009. Microbiological and chemical changes during production of malted and fermented Cereal- legume weaning foods. *Advances in Food Sciences*, **31**(3):139-145.
- OMS/UNICEF. 2003. Alimentation complémentaire des jeunes enfants dans les pays en développement. OMS: Genève; 130-131.
- Solomon M. 2005. Nutritive value of three potential complementary goods based on cereals and legumes. *Agriculture Nutritive*, **5**(2):1-14.
- Syed AS, Aurang Z, Tariq M, Nadia N, Muhammad S, Abdul A, Asim M. 2011. Effets de la germination sur la qualité nutritionnelle des variétés de haricot mungo. *Revue Africaine de la Recherche Agricole*, **6**(22): 5091-5098.
- Sawadogo PS, Prevel MY, Savy M, Kameli Y, Traore AS. 2003. Pratiques d'alimentation du nourrisson en zone rurale au Burkina Faso: description et conséquences nutritionnelles. 2^{ème} Atelier International sur les voies alimentaires

- d'amélioration des situations nutritionnelles, Ouagadougou, 23-28 Novembre 2003.
- Saris NE, Mervaala E, Karppanen H, Khawaja JA, Lewenstam A. 2000. Magnésium: an update on physiological, clinical, and analytical aspects. *Clinica Chimica Acta*, **294**: 1-26.
- Thomazic M. 2003. Caractérisation de la commercialisation et de la vente de potopoto. Mémoire de DESS, Université de Montpellier II.
- Tou EH, Mouquet C, Rochette I, Traore AS, Trèche S, Guyot JP. 2007. Effect of three different process combinations (cooking, addition of malt and inoculation by back slopping) on the fermentation kinetics microflora and energy density of "ben – saalga", a pearl millet based fermented gruel from Burkina Faso. *Food Chemistry*, **100**: 935-945.
- Trèche S. 2004. Les bouillies fluides, bébés bien nourris. In : Information pour le développement agricole des pays ACP, N°110, Avril 2004.
- Vieu MC, Traore TS. 2001. Effects of energy density and sweetness of gruels on Burkinabe infant energy intakes in free living condition. *J. Food Sci. Nutr.*, **52**: 213-218.
- Zannou-Tchoko V, Ahui-Bitty L, Kouame K, Bouaffou K, Dally T. 2011. Utilisation de la farine de maïs germée source d'alpha amylase pour augmenter la densité énergétique des bouillie de sevrage à base de manioc et de son dérivé, l'attiéké. *Journal of Applied Biosciences*, **37**: 2477-2484.