

(Manuscrit reçu le 4 septembre 2008, accepté le 24 octobre 2008)

Étude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées)

Alassane MEITE*, Gustave Koffi KOUAME, Séraphin KATI-COULIBALY et Michel Atté OFFOUMOU

Laboratoire Nutrition et Pharmacologie, UFR Biosciences, Université de Cocody,
22 BP 582 Abidjan 22, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Résumé

Cette étude vise à proposer l'amélioration de l'équilibre nutritionnel du pain normal fait uniquement avec la farine de blé (pain PN). Ainsi, les valeurs nutritionnelles de ce pain et des pains composites (pains PC) où la farine de blé (FB) est substituée à 5 % (pain PC5), 15 % (pain PC15) et 20 % (pain PC20) par celle de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (FDC), sont étudiées. La mesure des valeurs nutritionnelles de ces pains se fait, sur la base de leur composition chimique et d'une expérimentation animale effectuée sur des rats en croissance nourris avec des régimes équilibrés, contenant de la caséine (régime RC), du pain PN (régime RPN) ou des pains PC (régimes RPC). Concernant la composition chimique, les résultats indiquent qu'il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre les teneurs en eau des pains PC ($41,07 \pm 0,96$ à $38,08 \pm 0,93$ %) et celle du pain PN ($42,97 \pm 0,45$ %). En outre, la substitution de FB par FDC provoque une amélioration des teneurs en protéines ($12,15 \pm 0,10$ à $20,67 \pm 0,12$ %) et en cendres ($1,71 \pm 0,06$ à $2,40 \pm 0,08$ %) des pains composites par rapport à celles du pain PN ($9,42 \pm 0,05$ % et $1,5 \pm 0,04$ % respectivement); tandis qu'elle entraîne une baisse des teneurs en glucides totaux des pains PC ($84,91 \pm 0,04$ à

* Auteur à qui adresser la correspondance / Corresponding author :
Cel: (225) 08 83 98 50, E-mail: almeite@yahoo.fr

74,14 ± 0,32 %) par rapport à celle du pain PN (86,66 ± 0,03 %). Par contre leurs teneurs en lipides, qui sont faibles (1,22 ± 0,04 à 2,77 ± 0,11 %), n'ont pas subi de variation régulière. Les tests nutritionnels réalisés avec des jeunes rats, nourris avec les régimes équilibrés (RC, RPN, RPC), indiquent qu'il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre leurs niveaux de consommation alimentaire et protéique. Cependant, sur la base des autres paramètres nutritionnels que sont: le gain de poids, les coefficients d'efficacité alimentaire et protéique, les digestibilités apparente et réelle, l'utilisation pratique de l'azote et la valeur biologique, il apparaît, compte tenu de leurs valeurs plus élevées, que la valeur nutritionnelle du régime caséine est supérieure à celles des régimes RPN et RPC. En outre il ressort, de ces mêmes considérations, que la substitution de FB par FDC, aux taux de 5 %, 15 % et 20 %, améliore les valeurs obtenues sur les pains PC, exception faite de celles de digestibilités des protéines qui ont plutôt régressées. Cette étude laisse suggérer que la combinaison optimale, pour améliorer la valeur nutritionnelle des protéines du pain témoin, pourrait correspondre à 85 % de farine de blé et 15 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*. Toutefois, d'autres études sont nécessaires, notamment chez l'homme, pour confirmer ces résultats.

Mots clés: évaluation nutritionnelle, pain, farine de blé, *Citrullus lanatus*

Abstract

This study is undertaken to suggest some ways opened to improved nutritional balance of normal bread made only with the wheat flour (PN bread). Thus, the nutritional value of this bread and some composite breads (PC breads) where the wheat flour (FB) is substituted by 5 % (PC5 bread), 15 % (PC15 bread), 20 % (PC20 bread) of defatted *Citrullus lanatus* seed flour (FDC), were studied. The nutritional value measurement of these breads is done, on the basis of their chemical composition and an animal experimentation carried out with some growing rats fed with balanced diets containing casein (RC diet) or normal bread (RPN diet) or composite breads (RPC diet). Concerning the chemical composition, the results indicated there is no significant difference ($p \leq 0.05$) between the composite breads moisture (41.07 ± 0.96 à 38.08 ± 0.93 %) and that of the normal bread (42.97 ± 0.45 %). Moreover, the FB substitution by FDC brings out an improvement of protein (12.15 ± 0.10 à 20.67 ± 0.12 %) and ash (1.71 ± 0.06 à 2.40 ± 0.08%) contents of composite breads compared to that of normal bread (9.42 ± 0.05 % et 1.5 ± 0.04 % respectively); whereas it involves a drop of carbohydrates contents of composite breads (84.91 ± 0.04 à 74.14 ± 0.32 %) compared to that of normal bread (86.66 ± 0.03 %). On the other hand, their fat contents, which are slight (1.22 ± 0.04 à 2.77 ± 0.11 %), didn't undergo a regular variation. The feeding of young rats with the balanced diets (RC, RPN, RPC) indicated that there is no significant difference ($p \leq 0.05$) between their food and protein intakes. However, on the basis of other nutritional parameters which are weight gain, feed and protein efficiency ratios apparent and true digestibilities, net protein utilized, biological value, it appears, seeing their greater values, that the nutritional value of casein diet is better than that of RPN and RPC diets. Moreover, it emerges from the same considerations, that the FB substitution by FDC at the ranges of 5 %, 15 % and 20 %, improved the values of these same parameters, except for that of protein digestibilities which have rather regressed. This study suggested that the optimal combination to improve the protein quality of the normal bread is 85 % of wheat flour and 15 % of defatted *Citrullus lanatus* seed flour. Nevertheless, other research is necessary, notably in man, to confirm these results.

Key words: nutritional evaluation, bread, wheat flour, *Citrullus lanatus*.

1. Introduction

Le pain est un aliment de base dont la consommation est de plus en plus forte dans les pays en voie de développement [1, 2]. En Afrique, il est même utilisé comme aliment de base et servi aux enfants en âge de sevrage. Le pain est avant tout une source énergétique dans la mesure où sa teneur en protéines est inférieure à celle des graines oléagineuses et de légumineuses [3]. Ses deux éléments, forte consommation et faible teneur en protéines, font du pain un aliment-vecteur idéal pour une fortification protéique qui est l'une des stratégies de lutte contre la malnutrition protéino-énergétique [4]. La fortification protéique consiste en l'incorporation de ressources alimentaires riches en protéines dans un aliment de base, largement répandu et consommé, tel que le pain afin d'améliorer son équilibre nutritionnel.

La plupart des travaux effectués dans ce domaine ont consisté en la fortification du pain par des graines de légumineuses, notamment celles de fève (*Vicia faba*), de soja (*Glycine max*) et de sésame (*Sesamun indicum*).

Ainsi les travaux de Abdel-Kader [3] en Egypte et de Serna-Saldivar et al. [4] au Mexique ont montré que les pains fortifiés respectivement, avec la farine de fève au taux de 10 % et la farine de soja et de sésame au taux de 12 %, ont des valeurs nutritionnelles supérieures à celle des pains faits uniquement avec la farine de blé.

D'autres graines oléagineuses, telles que celles de Cucurbitacées sont également une bonne source de protéines [5] et certains auteurs les ont utilisés pour la fortification protéique du pain.

Les travaux de El-Soukary [6] indiquent que l'addition de la farine de graines de *Cucurbita moschata* à la farine de blé améliore les teneurs en protéines et en lysine du pain.

En Afrique de l'Ouest, les graines de certaines espèces de Cucurbitacées telles que celles de *Citrullus lanatus*, de *Cucumeropsis edulis*, de *Cucumis melo* var. *agrestis* et de *Teilfairia occidentalis*, qui se signalent par leur teneur élevée en protéines, sont couramment consommées [7, 8]. Cependant, peu d'études ont été réalisées, jusqu'à présent, sur des pains composites découlant de la fortification du pain avec ces graines de Cucurbitacées.

C'est dans cette optique que nous avons entrepris d'étudier les possibilités qu'offrent les potentialités nutritionnelles de la farine des graines délipidées de *Citrullus lanatus* pour la fortification du pain. L'appréciation des valeurs nutritionnelles des pains concernés a été réalisée sur la base de leur composition chimique et des tests nutritionnels menés sur des jeunes rats.

Abréviations utilisées

FB: Farine de blé.

FDC: Farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Pain PN: Pain normal fait avec 100 % de farine de blé.

Pain PC5: Pain composite fait avec 95 % de farine de blé et 5 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Pain PC15: Pain composite fait avec 85 % de farine de blé et 15 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Pain PC20: Pain composite fait avec 80 % de farine de blé et 20 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Régime RPN: Régime à base de pain normal fait avec 100 % de farine de blé.

Régime RPC5: Régime à base de pain composite fait avec 95 % de farine de blé et 5 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Régime RPC15: Régime à base de pain composite fait avec 85 % de farine de blé et 15 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Régime RPC20: Régime à base de pain composite fait avec 85 % de farine de blé et 20 % de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

Régime RSP: Régime sans protéines.

Régime caséine ou Régime RC: Régime de référence à base de caséine.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel végétal et chimique

Les graines entières et décortiquées de *Citrullus lanatus*, d'appellation commerciale "Bébou" en langue locale (Baoulé[†]) ou vulgaire "Pistache" sont vendues sur les Marchés du District d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Pour cette étude, ce sont les farines de graines broyées et délipidées avec l'hexane (3g de graines broyées/10ml d'hexane et le tout agité pendant 1 h à la température ambiante) qui sont utilisées.

La farine de blé de type 55 et la levure (*Saccharomyces cerevisiae*) de la marque "Saf instant", du sel fin de cuisine et de l'eau potable de robinet, ont été utilisés dans les essais de panification.

De l'amidon de maïs "Mazeina" et de l'huile de maïs, issus du commerce, sont utilisés pour rendre iso-énergétiques les régimes alimentaires préparés pour les tests nutritionnels.

Des mélanges standards de minéraux (U.A.R. 205) et de vitamines (U.A.R. 200) sont ajoutés aux régimes; du sucre est utilisé afin de rendre les différents régimes attrayants; de l'agar-agar a également été utilisé comme ballast.

2.2. Essai de panification

Les pains normaux sont préparés uniquement avec la farine de blé (pain PN). Les pains composites (Pains PC) ont été préparés en substituant la farine de blé (FB) au taux de 5 % (pain PC5), 15 % (pain PC15) et 20 % (pain PC20) par la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (FDC). Les préparations de ces pains ont été faites selon la formule standard décrite par Amani et Takano [9] avec quelques modifications concernant les teneurs en sel et en levure. (Tableau 1)

En pratique, les différents ingrédients (à l'exception de la levure) sont pétris. Trois minutes après le début de ce premier pétrissage (frasage) qui se fait à 40 trs/min et qui dure en tout 5 minutes, la levure, préalablement délayée, est ajoutée au reste du mélange.

La pâte obtenue est mise au repos pendant 5 minutes. La pâte subi, ensuite, un deuxième pétrissage (brassage) qui se fait à 84 trs/min pendant 10 minutes.

La première fermentation (pointage) est réalisée après le brassage et dure 45 minutes.

La pâte est ensuite façonnée et moulée puis placée pendant 1 heure dans une chambre de fermentation pour l'apprêt.

[†]Langue parlée au centre de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest)

Tableau 1: Recette^a des pains normal et composites

Ingrédients	Pain	
	Normal	Composite
Farine ^b	500 g	500 g
Sel	1 %	1 %
Levure	1,5 %	1,5 %
Eau	62 %	Variable

^a Ingrédients exprimés en pourcentage de farine.

^b FB substituée par 5 %, 15 % et 20 % de FDC (sur la base de 14 % de taux d'humidité).

La cuisson, se fait à chaleur humide et se déroule à 230 °C pendant 30 minutes dans un four électrique. Une fois sorti du four, le pain est mis à refroidir à la température ambiante. C'est le ressuage qui précède la détermination de différentes caractéristiques du pain.

Le volume spécifique est le quotient du volume du pain par sa masse. Le volume étant le produit de la longueur par la largeur et par la hauteur. L'épaisseur moyenne de la croûte est la moyenne des épaisseurs de la croûte inférieure, de la croûte supérieure et des deux croûtes latérales.

2.3. Détermination de la composition chimique

La détermination de la composition chimique est effectuée selon les procédures décrites par AOAC [10].

La détermination du taux d'humidité se fait par dessiccation à l'humidimètre électronique réglé à 130 °C pendant 1 minute ou à l'étuve à 70 °C pendant 24 heures.

La teneur en protéines des échantillons est déterminée par la méthode de Kjeldahl. L'échantillon, contenant les matières azotées, subi une minéralisation dans de l'acide sulfurique à chaud en présence de catalyseurs. L'ammoniac est ensuite distillé dans un excès de soude puis récupéré dans de l'acide borique. La titration de l'azote est réalisée par l'acide chlorhydrique en présence d'un indicateur coloré (rouge de méthyle).

La méthode de Soxhlet est utilisée pour la détermination du taux de matières grasses. Celles-ci sont extraites à l'ébullition par de l'hexane pur. Ce dernier est ensuite éliminé par évaporation et le résidu est séché et pesé.

La teneur en cendres est obtenue par pesée du résidu de l'échantillon incinéré à 550 °C dans un four à moufle pendant 6 heures maximum.

Les glucides totaux sont obtenus par différence entre les éléments dosés et l'échantillon de départ.

2.4. Régimes alimentaires

Les différents régimes sont préparés selon les techniques proposées par Pellett et Young [11], avec des modifications si nécessaires. (Tableau 2)

Au total six régimes ont été élaborés:

- un régime de référence à base de caséine (RC)
- un régime sans protéine (RSP)
- un régime contenant du pain normal (RPN)
- trois régimes contenant des pains composites (RPC) obtenus par la substitution de 5 % (RPC5), 15 % (RPC15), 20 % (RPC20) de farine de blé (FB) avec la farine des graines délipidées de *Citrullus lanatus* (FDC).

Tableau 2: Les différents régimes alimentaires

Ingrédients (g)	Régimes alimentaires					
	RC	RPN	RPC5	RPC15	RPC20	RSP
caséine	105,2	-	-	-	-	-
pain broyé	-	955,4	823,0	612,0	483,3	0
sucres	10	10	10	10	10	10
mélange vitaminique	10	10	10	10	10	10
mélange minéral	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6	14,6
agar-agar	-	-	-	-	-	10
huile de maïs	20,9	10	20,9	16,0	15,6	27,7
amidon de maïs	839,2	-	121,5	337,4	466,0	927,7
Total matière sèche	1000	1000	1000	1000	1000	1000
Energie kcal/kg MS	4000	4008,1	4000	4000	4000	4000
Protéines (%)	10	9	10	10	10	0

Tous les régimes sont iso-énergétiques et contiennent 4000 kcal/kg de matière sèche. Les régimes RSP sont sans protéines, le régime RPN contient 9 % de protéines, tandis que tous les autres régimes sont iso-protéiques et contiennent 10 % de protéines.

2.5. Expérimentation animale

Des jeunes rats de souche *wistar*, âgés de 45 à 65 jours et pesant en moyenne 60g, sont utilisés pour l'expérimentation animale. Ils sont issus de l'animalerie du Laboratoire de Nutrition et Pharmacologie de l'UFR Biosciences de l'Université de Cocody Abidjan.

Les rats, en raison de cinq par régime, sont repartis sur la base de leurs poids dans des cages à métabolisme individuelles à fonds grillagés. Ces cages sont disposées dans un local aménagé dans les conditions ambiantes de température (26°C) et d'humidité relative (degré d'hygrométrie estimé entre 70 % et 80 %).

Elles permettent de retenir, en amont, les restes d'aliments et de fèces (ce qui empêche ces deux de polluer l'urine); les urines sont recueillies en aval dans des bocal disposés sous des entonnoirs amovibles fixés à la base des cages.

La conduite de l'expérience a été réalisée selon la méthode rapportée par Adrian et al. [12]. Elle s'est déroulée sur une période de seize jours comprenant, une période d'adaptation de deux jours, où les animaux sont nourris avec des granulés (aliment standard) et une période de croissance de 14 jours; les cinq derniers jours de la période de croissance ont servi à la mesure des bilans azotés.

Au moment de leur distribution, les différents régimes sont reconstitués en pâte ou purée au moyen d'une certaine quantité d'eau afin de minimiser les gaspillages.

La matière sèche des produits reconstitués est mesurée quotidiennement sur des échantillons prélevés à cet effet. Le lendemain, avant d'effectuer la distribution, les refus (restes et gaspillages) sont collectés puis leur matière sèche est déterminée.

De l'eau propre, renouvelée fréquemment, ainsi que les aliments sont servis *ad libitum* (à volonté) aux animaux.

Les quantités d'aliment frais consommées sont obtenues par la différence entre les quantités distribuées et les quantités refusées. Ces quantités sont converties en matières sèches ingérées en multipliant par le taux de matière sèche et en protéines ingérées en multipliant la quantité de matières sèches ingérées par le taux de protéines contenu dans le régime.

Les animaux sont pesés en début d'expérience puis à intervalle de deux jours; la dernière pesée a lieu à la fin de la période expérimentale.

Pendant la période du bilan azoté, des mesures de consommation et de croissance ainsi que la collecte des fèces et des urines sont effectuées individuellement sur les animaux [11]. Les fèces des animaux d'un même régime sont pesées, séchées à l'étuve à 70 °C pendant 24 h, broyées puis mélangées pour la détermination de l'azote total. Les urines des rats du même régime sont collectées, pesées et additionnées de quelques gouttes d'acide chlorhydrique à 0,1 N et conservées au congélateur pour la détermination de l'azote total.

2.6. Expression des paramètres d'étude de la valeur nutritionnelle des régimes alimentaires

2.6.1. Gain de poids (GP)

Le gain de poids, exprimé en g, représente la différence entre le poids final et le poids initial des animaux.

Pour obtenir le gain de poids en g/j la valeur calculée en g est divisée par la durée de l'expérience en jours.

GP (g) = Poids final – poids initial

GP (g/j) = Poids final – poids initial / nombre de jours

2.6.2. Matière sèche totale ingérée (MSTI)

La quantité de MSTI (g) représente la quantité totale d'aliment ingéré sous forme de matières sèches par l'animal durant la durée de l'expérience.

Son expression en g/j est obtenue en divisant la quantité de MSTI (g) par la durée de l'expérience en jours.

MSTI (g) : somme des quantités de matière sèche (de l'aliment) ingérée durant la période d'expérimentation.

MSTI (g/j) : somme des quantités de matière sèche (de l'aliment) ingérée durant la période d'expérimentation / nombre de jours.

2.6.3. Protéines totales ingérées (PTI)

Les PTI (g) représentent la quantité de protéines alimentaires ingérées durant la durée de l'expérience.

Les PTI (g/j) sont obtenues en divisant les PTI (g) par la durée de l'expérience en jours.

PTI (g) = MSTI x pourcentage de protéines du régime.

PTI (g/j) = MSTI x pourcentage de protéines du régime / nombre de jours.

2.6.4. Coefficient d'efficacité alimentaire (CEA)

Le CEA est calculé en faisant le rapport entre le gain de poids (g) et la quantité de MSTI (g).

Il traduit le rendement avec lequel l'aliment est assimilé.

$$\text{CEA} = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{Matière sèche totale ingérée (g)}}$$

2.6.5. Coefficient d'efficacité protéique (CEP)

Le CEA est obtenu en faisant le rapport entre le gain de poids (g) et les PTI (g).

Il traduit le rendement de l'utilisation des protéines du régime.

$$\text{CEP} = \frac{\text{Gain de poids (g)}}{\text{Protéines totales ingérées (g)}}$$

2.6.6. Digestibilité

La digestibilité des protéines est calculée à partir des coefficients d'utilisation digestive apparent (CUDa) et réel (CUDr).

Le CUDa représente la différence entre les quantités de protéines fécales et les protéines alimentaires rapportées aux protéines alimentaires multipliée par 100

$$\text{CUDa} = \frac{I - F}{I} \times 100$$

Le CUDr répond à la même expression mais tient compte des protéines fécales obtenues sur des animaux consommant des régimes sans protéines. Ces protéines sont défalquées des protéines fécales totales.

$$\text{CUDr} = \frac{I - (F - F_{sp})}{I} \times 100$$

2.6.7. Utilisation pratique de l'azote (UPN)

Elle représente la proportion des protéines alimentaires qui sont retenues par l'organisme.

$$\text{UPN} = \frac{I - (F - F_{sp}) - (U - U_{sp})}{I} \times 100$$

2.6.8. Valeur biologique (VB)

Elle correspond à la proportion de protéines absorbées qui est retenue par l'organisme.

$$VB = \frac{I - (F - F_{sp}) - (U - U_{sp})}{I - (F - F_{sp})} \times 100$$

I = protéines alimentaires ingérées

F = protéines excrétées par les fèces d'un sujet autre que celui soumis au régime sans protéines.

F_{sp} = protéines excrétées par les fèces d'un sujet soumis au régime sans protéines.

U = protéines excrétées par les urines d'un sujet autre que celui soumis au régime sans protéines.

U_{sp} = protéines excrétées par les urines d'un sujet soumis au régime sans protéines.

2.7. Analyses statistiques

L'analyse des données recueillies s'est effectuée grâce au logiciel STATISTICA version 6.0.

La comparaison des moyennes a été faite grâce au Test de Student Newman-Keuls avec un seuil de signification fixé à 5 %.

3. Résultats

3.1. Composition chimique des pains

Les résultats présentant la composition chimique des pains normal (PN) et composites (PC) sont consignés dans le tableau 3.

Les différences entre les teneurs en eau ($38,08 \pm 0,93$ à $42,97 \pm 0,45$ %) des pains normal et composites ne sont pas significatives ($p \leq 0,05$). Cependant la substitution de FB par FDC tend à faire diminuer les teneurs en eau des pains composites

Les pains PN ont une teneur moyenne en protéines qui équivaut à $9,42 \pm 0,05$ %. La substitution de FB par FDC améliore significativement ($p \leq 0,05$) la teneur en protéines des pains PC ($12,15 \pm 0,10$ à $20,67 \pm 0,12$ %).

Au niveau minéral, il existe une différence significative entre les teneurs en cendres du pain normal ($1,51 \pm 0,04$ %) et celles des pains composites ($1,71 \pm 0,06$ à $2,40 \pm 0,08$ %).

Tableau 3: Composition chimique¹ des pains normal et composites

Pain	Humidité (%)	Protéines ² (%)	Matières grasses (%)	Cendres (%)	Glucides totaux ³ (%)
PN	42,97 ± 0,45 ^a	9,42 ± 0,05 ^a	2,40 ± 0,08 ^d	1,51 ± 0,04 ^a	86,66 ± 0,03 ^e
PC5	41,07 ± 0,96 ^a	12,15 ± 0,10 ^b	1,22 ± 0,04 ^a	1,71 ± 0,06 ^b	84,91 ± 0,04 ^d
PC15	39,11 ± 1,02 ^a	16,34 ± 0,16 ^c	2,19 ± 0,10 ^c	2,11 ± 0,03 ^c	79,34 ± 0,12 ^b
PC20	38,08 ± 0,93 ^a	20,67 ± 0,12 ^d	2,77 ± 0,11 ^e	2,40 ± 0,08 ^d	74,14 ± 0,32 ^a

¹ Chaque valeur est la moyenne±écart-type de trois déterminations et calculée sur la base du taux de matières sèches

² Protéines sont calculées avec le facteur de conversion de l'azote qui est de 6,25

³ Glucides totaux sont calculés par différence

a, b, c, d, e, Il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre deux moyennes ± écart-type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

La substitution de FB par FDC à tous les taux a entraîné, par contre une baisse de 14,44 % de la teneur des glucides totaux des pains composites ($74,14 \pm 0,32$ à $84,91 \pm 0,04$ %) par rapport à celle du pain normal ($86,66 \pm 0,03$ %).

3.2. Expérimentation animale

3.2.1. Matière sèche totale ingérée (MSTI)

Les résultats présentant la matière sèche totale ingérée (g/j) par les animaux soumis aux différents régimes alimentaires sont consignés dans le tableau 4.

Les animaux nourris avec le régime RSP ont un niveau de consommation plus faible ($2,95 \pm 0,59$ g/j) que ceux ($6,32 \pm 1,23$ à $7,28 \pm 2,22$ g/j) des rats nourris avec les régimes RC, RPN et RPC. Par contre, les différences enregistrées entre les MSTI de ces régimes ne sont pas significatives ($p \leq 0,05$).

3.2.2. Protéines totales ingérées (PTI)

Les protéines totales ingérées (g/j) sont présentées dans le tableau 4.

Malgré la teneur en protéines plus faible du régime RPN, les quantités de protéines ingérées par les rats nourris avec ce régime ont atteint des valeurs comparables ($0,58 \pm 0,09$ g/j) à celles des régimes RC et RPC ($0,63 \pm 0,12$ à $0,72 \pm 0,22$ g/j).

Tableau 4 : Matière sèche totale ingérée (MSTI), protéines totales ingérées (PTI) et gain de poids (GP) des différents régimes alimentaires.

Régimes alimentaires	MSTI (g/j)	PTI (g/j)	GP (g/j)
RC	6,92 ± 0,77 ^b	0,69 ± 0,07 ^b	1,91 ± 0,21 ^e
RPN	6,46 ± 1,08 ^b	0,58 ± 0,09 ^b	0,42 ± 0,10 ^{bc}
RPC5	6,32 ± 1,23 ^b	0,63 ± 0,12 ^b	0,73 ± 0,08 ^{bcd}
RPC15	7,28 ± 2,22 ^b	0,72 ± 0,22 ^b	1,05 ± 0,43 ^d
RPC20	6,59 ± 1,42 ^b	0,65 ± 0,14 ^b	0,81 ± 0,14 ^{cd}
RSP	2,95 ± 0,59 ^a	0,00 ^a	-1,53 ± 0,31 ^a

¹ Chaque valeur est la moyenne ± écart-type de cinq rats

^{a, b, c, d, e} Il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre deux moyennes ± écart-type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

3.2.3. Gain de poids (GP)

Les gains de poids (g/j) des différents régimes alimentaires sont consignés dans le tableau 4.

Les animaux nourris avec les régimes caséine et pain ont pris du poids alors que ceux qui ont reçu le régime sans protéine en ont perdu.

Les gains de poids des animaux nourris avec le régime caséine ($1,91 \pm 0,21$ g/j) sont significativement ($p \leq 0,05$) plus élevés que ceux des animaux nourris avec les régimes RPN ($0,42 \pm 0,10$ g/j) et RPC ($0,73 \pm 0,08$ à $1,05 \pm 0,43$ g/j).

La substitution de FB par FDC a entraîné une amélioration du gain de poids qui se situe entre 73,80 % à 150 % de celui du régime RPN. Ce sont les animaux nourris avec le régime RPC15 qui ont enregistré le taux de croissance le plus élevée.

3.2.4. Coefficient d'efficacité alimentaire (CEA)

Les coefficients d'efficacité alimentaire (CEA) des différents régimes alimentaires sont présentés dans le tableau 5.

Tableau 5: Coefficient d'efficacité alimentaire (CEA) et coefficient d'efficacité protéique (CEP) des différents régimes alimentaires.

Régimes alimentaires	CEA	CEP
RC	0,27 ± 0,02 ^d	2,77 ± 0,20 ^e
RPN	0,06 ± 0,01 ^a	0,74 ± 0,20 ^{ab}
RPC5	0,11 ± 0,01 ^{bc}	1,18 ± 0,14 ^{cd}
RPC15	0,14 ± 0,02 ^c	1,41 ± 0,27 ^d
RPC20	0,12 ± 0,24 ^c	1,24 ± 0,24 ^d

¹ Chaque valeur est la moyenne ± écart-type de cinq rats
^{a, b, c, d, e} Il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre deux moyennes ± écart-type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

Les valeurs de CEA les plus élevées ont été obtenues avec les animaux nourris avec le régime caséine (0,27 ± 0,02).

La substitution de FB par FDC a entraîné une amélioration des valeurs de CEA des régimes RPC (0,11 ± 0,01 à 0,14 ± 0,02) par rapport à celui du régime RPN (0,06 ± 0,01). Toutefois les différences entre les valeurs de CEA des régimes RPC15 et RPC20 ne sont pas significatives ($p \leq 0,05$).

3.2.5. Coefficient d'efficacité protéique (CEP)

Les coefficients d'efficacité protéique (CEP) des différents aliments sont présentés dans le tableau 5.

Comme pour le CEA, le régime caséine a le CEP le plus élevé (2,77 ± 0,20) par rapport à ceux des autres aliments.

Les régimes RPC ont tous des CEP supérieurs à celui du régime RPN (0,74 ± 0,20). Ceux des régimes RPC15 (1,41 ± 0,27) et RPC20 (1,24 ± 0,24) ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre eux mais sont tous supérieurs à celui du régime RPC5 (1,18 ± 0,14).

3.2.6. Digestibilités apparente (CUDa) et réelle (CUDr)

Les résultats montrant les digestibilités apparente (CUDa) et réelle des protéines des différents régimes sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6: Digestibilité apparente (CUDA), digestibilité réelle (CUDr), utilisation pratique de l'azote (UPN) et valeur biologique (VB) des différents régimes alimentaires.

Régimes alimentaires	CUDA (%)	CUDr (%)	UPN (%)	VB (%)
RC	91,24 ± 1,43 ^c	97,13 ± 0,46 ^b	84,60 ± 2,54 ^d	87,08 ± 2,16 ^e
RPN	89,08 ± 1,90 ^{bc}	95,65 ± 0,75 ^b	58,22 ± 7,37 ^{bc}	60,82 ± 7,22 ^{bcd}
RPC5	78,46 ± 4,87 ^a	84,93 ± 3,41 ^a	50,60 ± 11,19 ^{abc}	59,23 ± 10,89 ^{bcd}
RPC15	80,39 ± 6,91 ^a	85,78 ± 5,01 ^a	63,37 ± 12,51 ^c	73,35 ± 11,15 ^d
RPC20	82,22 ± 3,36 ^{ab}	88,17 ± 2,45 ^a	62,08 ± 7,87 ^c	70,25 ± 7,00 ^{cd}

¹ Chaque valeur est la moyenne±écart-type de cinq rats

^{a, b, c, d, e} Il n'y a aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre deux moyennes±écart-type (à l'intérieur de la même colonne) désignées par la même lettre.

Ces résultats indiquent que le régime caséine a le CUDA le plus élevé (91,24 ± 1,43 %) par rapport à ceux des régimes RPN et RPC.

Concernant ces derniers, le CUDA du régime RPN (89,08 ± 1,90 %) est significativement supérieur ($p \leq 0,05$) à ceux des régimes RPC.

Par ailleurs, le régime RPC20 a le CUDA le plus élevé (82,22 ± 3,68 %) par rapport à ceux (78,46 ± 4,87 à 80,39 ± 6,91 %) des autres régimes RPC qui ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre elles.

Les valeurs de digestibilité réelles (CUDr) sont supérieures à celles des digestibilités apparentes (84,93 ± 3,41 à 97,13 ± 0,46 % contre 78,46 ± 4,87 à 91,24 ± 1,43 %) en raison des corrections apportées par l'azote des fèces des animaux nourris avec le régime sans protéines. Sinon ces deux paramètres évoluent dans le même sens. Ainsi, les digestibilités des protéines des régimes RC et RPN sont significativement ($p \leq 0,05$) plus élevées que celles des régimes RPC. La valeur la plus faible a été enregistrée sur le régime RPC5 mais les différences avec celles des autres régimes RPC ne sont pas significatives ($p \leq 0,05$).

3.2.7. Utilisation pratique de l'azote (UPN)

Les valeurs d'utilisation pratique de l'azote (UPN) enregistrées sur des animaux nourris avec les différents aliments sont consignées dans le tableau 6.

Les valeurs de UPN du régime caséine ($84,60 \pm 2,54$ %) sont significativement ($p \leq 0,05$) plus élevées que celles des régimes RPN et RPC dont les valeurs se situent entre $50,60 \pm 11,19$ % et $63,37 \pm 12,51$ %)

Quand on considère les variations des valeurs de UPN entre les différents régimes à base de pains, on se rend compte qu'à l'exception du régime RPC5 dont les valeurs de UPN sont plus faibles que celles du régime RPN; les taux de substitution à 15 % et 20 % entraîne une amélioration significative des valeurs de UPN ($62,08 \pm 7,87$ à $63,37 \pm 12,51$ % contre $58,22 \pm 7,37$ % pour RPN).

3.2.8. Valeur biologique (VB)

Les valeurs biologiques (VB) des différents régimes alimentaires sont présentées dans le tableau 6.

Le régime caséine a la VB ($87,08 \pm 2,16$ %) la plus élevée par rapport à celles des régimes RPN et RPC.

La comparaison des valeurs de VB entre les régimes pains (RPN et RPC) montre d'une part que les valeurs de VB des régimes RPN et RPC5 sont voisines et les plus faibles et d'autre part que la substitution aux taux de 15 % et 20 % entraîne une amélioration significative de ces paramètres ($70,25 \pm 7,00$ % à $73,35 \pm 11,15$ % contre $59,23 \pm 10,89$ % à $60,82 \pm 7,22$ % pour RPN et RPC5). Quoique relativement plus élevées, les valeurs de VB du régime RPC15 ne sont pas significativement différentes de celles du régime RPC20.

4. Discussion

Dans cette étude, deux approches conventionnelles complémentaires, analyse de la composition chimique et tests biologiques chez le rat en croissance [11], ont servi à évaluer les caractéristiques nutritionnelles du pain normal (PN) et des pains composites (PC) contenant des proportions variables (5 %, 15 % et 20 %) de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées).

Les analyses ont montré que le pain normal contient environ 57 % de matière sèche représentée principalement par des glucides ($86,66 \pm 0,03$ %); en revanche, les protéines ($9,42 \pm 0,05$ %) sont en concentration faible tandis que les matières grasses ($2,40 \pm 0,08$ %) et les cendres ($1,51 \pm 0,04$ %) sont en concentration très faibles.

Ce profil chimique est en accord avec les résultats d'analyses effectuées antérieurement sur le pain normal et confirme, par ailleurs, la fonction énergétique prioritaire attribuée à cet aliment [13].

De même, les analyses réalisées sur les pains composites ont montré qu'ils ont des teneurs en matières sèches qui se situent entre 59 et 62 %. Ces valeurs sont marquées par une tendance à augmenter avec le taux de substitution.

En considérant ces valeurs de matières sèches, la teneur moyenne en eau de l'ensemble des pains, qui équivaut à environ 40 %, se situe dans la limite des recommandations des conditions préconisées par Dubois [14], pour une bonne conservation du pain.

Par ailleurs, ces analyses indiquent que le contenu de la matière sèche des pains PC a subi des variations significatives, par rapport à celui du pain normal.

Ces variations se sont traduites, en ce qui concerne les protéines et les cendres, par une augmentation de leurs contenus et en ce qui concerne les glucides, par une baisse de leurs teneurs; en revanche les variations des teneurs des lipides étaient plutôt irrégulières.

Ces observations sont comparables à celles obtenues par d'autres auteurs qui ont analysés des pains composites contenant différents rapports de farines de graines de fèves (*Vicia faba*) [3], de *Cucurbita moschata* [6], de soja (*Glycine max*) [15], de sésame (*Sesamun indicum*) [16], de sésame et soja [4].

Dans un tel contexte, où il a été possible d'amener le taux protéique du pain de 9 % à 15-20 % dans les pains PC15 et PC20, c'est un aliment rééquilibré qui est obtenu et qui garde sa fonction énergétique, tout en devenant une source non négligeable de protéines.

En plus, ces pains composites ont des volumes spécifiques allant de $2,58 \pm 0,50$ à $2,75 \pm 0,18$ cm³/g. Ces valeurs ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre elles et avec celle du pain normal qui est de $2,94 \pm 0,14$ cm³/g. L'épaisseur moyenne de la croûte du pain normal et des pains composites présentent des valeurs allant de $0,58 \pm 0,02$ à $0,68 \pm 0,11$ cm. Ces valeurs ne présentent aucune différence significative ($p \leq 0,05$) entre elles. Les pains composites présentent, par ailleurs, des goûts semblables à ceux du pain normal.

Certains aspects des impacts nutritionnels réels de ces modifications ont été précisés par les tests nutritionnels opérés sur des rats en croissance.

Du point de vue de la consommation, les différences entre les quantités d'aliments consommés, sous forme de matières sèches (MSTI) et sous forme de protéines (PTI), par les

animaux nourris avec les régimes RC, RPN, RPC5, RPC15 et RPC20, ne sont pas significatives.

Ces observations ne concordent pas avec celles de Serna-Saldivar *et al.* [4] qui rapportent des valeurs de consommation plus élevées obtenues par les animaux nourris avec le régime caséine par rapport à celles de ceux qui reçoivent les régimes contenant le pain normal (100 % farine de blé) et les pains fortifiés avec la farine de soja.

La consommation des aliments dépend de plusieurs facteurs dont l'état physiologique de l'organisme ainsi que des facteurs liés aux caractéristiques des aliments tels que l'arôme, la saveur et la composition chimique [17, 18].

Il se pourrait que le sucre ajouté à tous les régimes, pour rehausser leur saveur, explique en partie, ces faibles différences entre les quantités d'aliments consommées. Cependant, les valeurs très basses qui ont été mesurées sur les rats nourris avec les régimes RSP, confirment le fait que l'équilibre nutritionnel entre protéine et énergie est un facteur essentiel de contrôle de la consommation [18, 19].

Dans le contexte de cette étude, les différences, entre les sources de protéines et la différence entre le taux de protéines du régime RPN (9 %) et ceux des autres régimes (10 %), ne semblent pas avoir constitué un facteur important de variation de la consommation.

Cette observation laisse suggérer que, comme les animaux ont consommé des quantités de matières sèches et de protéines comparables, les différences entre leurs caractéristiques nutritionnelles ne reposeront que sur l'équilibre des nutriments qui seront disponibles pour la croissance [19].

Ces différences ont été examinées sur la base des valeurs des différents paramètres qui mesurent l'efficacité de l'utilisation des aliments par les animaux (GP, CEA, CEP, CUDa et CUDr des protéines, UPN et VB).

Ainsi, il apparaît que le régime caséine de référence, sur lequel les valeurs les plus élevées ont été enregistrées, possède des qualités nutritionnelles supérieures à celles de tous les autres régimes.

Ces valeurs sont comparables à celles que Zannou [20] et Bouafou *et al.* [21] ont rapportées dans leur étude où ils ont utilisé également le régime caséine comme référence.

Cette supériorité du régime caséine s'explique par la bonne qualité des protéines du lait; en effet ces protéines présentent un bon équilibre en acides aminés indispensables (AAI) qui, de

surcroît, ont une digestibilité très élevée [22]. D'ailleurs les valeurs de CUDr, de l'ordre de 97 %, mesurées dans cette étude, confirment ces observations.

Les valeurs des paramètres mesurés sur les rats nourris avec les régimes RPN sont comparables à celles rapportées par d'autres auteurs [4, 23, 24].

L'ensemble des valeurs obtenues sur les rats, nourris avec les régimes pains (RPN et RPC), sont du même ordre que celles qui ont été publiées dans la plupart des tests nutritionnels réalisés sur des rats en croissances nourris avec diverses sources de protéines végétales [4, 23, 24].

La capacité de supplémentation mutuelle entre deux ou plusieurs sources de protéines dépend de leur équilibre en acides aminés indispensables, de sorte que, la combinaison résultante peut acquérir, par le jeu des compensations mutuelles entre acides aminés indispensables (AAI) limitants et en excès, une valeur nutritionnelle qui surpasse celles de chacune des sources protéiques [18, 22, 25].

Les améliorations obtenues dans cette étude, au niveau de la qualité nutritionnelle du pain, tendent à prouver l'effectivité d'une supplémentation mutuelle entre les deux sources de protéines contenues dans les pains; il apparaît, en outre, que l'efficacité de cette supplémentation augmente avec le taux de substitution pour atteindre sa valeur la plus élevée aux taux de 15 % et 20 %.

Pourtant il semble que les possibilités de cette supplémentation mutuelle soient limitées, dans la mesure où les valeurs n'atteignent pas le niveau de celles de la caséine.

Ces résultats sont comparables à ceux obtenus dans les études où la supplémentation de différentes céréales (blé, maïs, mil) avec une variété de sources protéiques (soja, arachide, lait) ont été examinés [25]

Plusieurs raisons peuvent contribuer à expliquer les limites de l'efficacité de la supplémentation mutuelle entre les protéines de la farine de blé et celles de la farine des graines délipidées de *Citrullus lanatus*:

D'une part, les études réalisés sur ces deux sources de protéines soulignent qu'elles n'ont pas un équilibre satisfaisant en acides aminés essentiels, toutes les deux ont la lysine comme premier acide aminé limitant [18, 26] et les protéines de *Citrullus lanatus* sont, de surcroît, déficitaires en méthionine et cystine, des acides aminés soufrés [26].

D'autre part, les valeurs des CUDa et CUDr, qui sont plus basses dans les régimes RPC que dans les régimes RPN, traduisent une réduction de la disponibilité des acides aminés indispensables requis pour satisfaire les besoins de croissance optimum des animaux [18].

Ces faibles valeurs de digestibilités, enregistrées sur les rats nourris avec les régimes RPC, alors que celles des régimes RPN sont voisines de valeurs de la caséine, peuvent être attribuées aux inhibiteurs de protéases (inhibiteurs trypsiques) et aux lectines contenus dans les graines de *Citrullus lanatus* ainsi que dans celles de plusieurs autres graines des Cucurbitacées [27, 28, 29].

Cependant dans cette étude, les farines des graines de *Citrullus lanatus* ont subi un traitement thermique en même temps que la farine de blé, lors de la cuisson du pain au four; or plusieurs études ont montré que dans les graines des Cucurbitacées, ces substances antinutritionnelles sont thermolabiles [27, 28, 29]. Dans ces conditions, ces facteurs ne devraient pas jouer un rôle primordial dans la détérioration de la digestibilité des protéines des régimes contenant les pains composites.

Dans nos conditions expérimentales, deux autres facteurs sont susceptibles de compromettre la digestion des protéines des pains composites:

- les résistances opposées par des liaisons, établies entre les groupes réactifs des glucides du pain et les groupements aminés de certains acides aminés comme la lysine, consécutives aux réactions de Maillard qui se développent au cours de la cuisson [18, 30].
- la probable résistance supplémentaire opposée à l'action des protéases digestives par le mélange des deux sources de protéines, dans la mesure où les protéines du pain normal ont eu une digestibilité élevée proche de celle de la caséine.

Il se pourrait que cette résistance résulte d'une accélération du transit digestif qui empêcherait une action efficace des protéases digestives des animaux en croissance [19] ; toutefois, comme les valeurs de CUDa et CUDr des régimes RPC20, qui contiennent le taux le plus élevé de farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus*, ne sont pas les plus faibles; cela laisse supposer que les mécanismes impliqués pourraient être plus complexes.

La valeur biologique (VB) mesure la proportion des protéines absorbées qui est retenue pour les différentes synthèses [11]. Les valeurs de VB des régimes RPN ($60,82 \pm 7,22$ %) et RPC5 ($59,23 \pm 10,89$ %) sont comparables mais inférieures à celles des régimes RPC15 ($73,35 \pm 11,15$ %) et RPC20 ($70,25 \pm 7,00$ %). Ces observations traduisent une utilisation métabolique plus efficace pour les deux régimes contenant les taux les plus

élevés de farines des graines délipidées de *Citrullus lanatus*. Elles s'expliquent par un équilibre en acides aminés indispensables plus satisfaisant que dans les régimes RPN et RPC5 [18, 19, 22].

Pour sa part, l'utilisation pratique de l'azote (UPN), qui mesure la proportion de protéines ingérées qui est retenue pour les synthèses tissulaires; tient à la fois compte de l'utilisation digestive et métabolique des protéines alimentaires [11].

Ainsi les valeurs de UPN les plus élevées ($84,60 \pm 2,54$ %) ont été mesurées sur les régimes RC qui ont à la fois des valeurs de CUDr ($97,13 \pm 0,46$ %) et VB ($87,08 \pm 2,16$ %) supérieures à celles des autres régimes. De même, concernant les régimes pains, les valeurs de UPN les plus élevées ont été obtenues sur les régimes RPC15 ($63,37 \pm 12,51$ %) et RPC20 ($62,08 \pm 7,87$ %) qui ont également les valeurs de CUDr ($85,73 \pm 5,01$ - $88,17 \pm 2,45$ %) et VB ($70,25 \pm 7,00$ - $73,35 \pm 11,15$ %) supérieures à celles des régimes RPN et RPC5. Ces observations confirment le fait que la valeur nutritionnelle des protéines alimentaires dépend à la fois de leur disponibilité et de l'équilibre de leurs acides aminés indispensables [18, 19, 22].

Cette étude semble suggérer que le taux de substitution de 15 % de la farine de blé par de la farine des graines délipidées de *Citrullus lanatus*, correspond à la combinaison optimum, puisque le taux de 20 % n'a pas été plus efficace.

Toutefois, toutes les questions soulevées par ces travaux n'ont pas reçu de réponses; en conséquence, des études complémentaires sont nécessaires, aussi bien chez l'animal que chez l'homme, ainsi que concernant la composition en acides aminés des différentes combinaisons, pour mieux cerner l'ensemble des facteurs qui empêchent une supplémentation optimum des protéines du pain normal par celles des farines des graines délipidées de *Citrullus lanatus*.

5. Conclusion

Il ressort de cette étude que les teneurs en protéines et en matières minérales des pains sont améliorées lorsqu'on substitue la farine de blé par celle de graines délipidées de *Citrullus lanatus* jusqu'au taux de 20 %. Par contre leur teneur en glucides totaux baisse.

L'expérimentation animale, effectuée avec des jeunes rats en croissance, indique que les protéines, de tous les pains étudiés, ont une valeur nutritionnelle inférieure à celle de la caséine qui est utilisée comme protéine de référence.

Ces essais font également ressortir que la valeur nutritionnelle des protéines du pain normal est sensiblement améliorée, aux taux de substitution de 15 % et 20 % de la farine de blé par celle des graines délipidées de *Citrullus lanatus*. Toutefois il semble que le taux de substitution de 15 % de la farine de blé par celle des graines de *Citrullus lanatus*, corresponde à la combinaison optimum, puisque le taux de 20 % n'a pas été plus efficace.

Ces données suggéreraient que la farine des graines de Cucurbitacées, couramment consommées en Afrique, pourrait être convenablement utilisée pour la fortification protéique de la farine de blé. Toutefois, d'autres études paraissent nécessaires, notamment chez l'animal comme chez l'homme, pour confirmer ces résultats.

6. Références

- [1] CEA, Manuel technique des farines composées, transformation des farines tropicales. Singapore, Bradford Press, (1998) 173 p.
- [2] F. AKINDES, Enquêtes prioritaires sur les dimensions sociales de l'ajustement structurel (Ep Dsa) réalisées par l'Institut National de Statistique. (1996).
- [3] Z. M. ABDEL-KADER, Enrichment of Egyptian "Balady" bread. Part 2. Nutritional values and biological evaluation of enrichment with decorticated cracked broad-beans flour (*Vicia faba* L.). *Nahrung.*, **45** (2001) 31-34.
- [4] S. O. SERNA SALDIVAR., J. R. ABRIL-DOMINGUEZ., G. LOPEZ-AHUMADA, R. ORTEGA-RAMIREZ, Nutritional evaluation of table bread fortified with defatted soybean and sesame meals. *Arch. Latinoam. Nutr.*, **49** (1999) 260-264.
- [5] A. L. LOUKOU, D.GNAKRI, Y. DJE., A. V. KIPPRE., M. MALICE, J. P. BAUDOIN, I. A. ZORO BI, Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *Afr. J. Biotechnol.*, **6** (2007) 529-533.
- [6] F. A. EL-SOUKARY, Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. *Plant Foods Hum Nutr.*, **56** (2001) 365-384.
- [7] I. A. ZORO BI., K.K. KOFFI., Y. DJE, Caractérisation botanique et agronomique de trois espèces de cucurbites consommées en sauces en Afrique de l'Ouest: *Citrullus sp.*, *Cucumeropsis mannii* Naudin et *Lagenaria siceraria* (Molina) Standl. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*; **7** (2003) 189-199.

- [8] L. AKE ASSI, Flore de la Côte d'Ivoire: Étude descriptive et biogéographique, avec quelques notes ethnobotaniques. Tome 1B: Flore des Angiospermes: liste commentée des espèces recensées. (Cecropiaceae à Leguminosae). Doctorat ès Sciences Naturelles. Université d'Abidjan. (1984) 1206 p.
- [9] N. G. AMANI, H. TAKANO Bread making properties of composites flours using tropical crops. Jistec Report, National Food Research Institute. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Tsukuba, Ibaraki, Japan. (1998).
- [10] AOAC Official methods of analysis, 12th ed. Association of Official Analytical Chemist., Washington DC. (1975)
- [11] P. L. PELLET, V. R. YOUNG, Nutritional evaluation of proteins foods. The United Nation University. (1980).
- [12] J. ADRIAN, M. RABACHE, R. FRAGNE, Techniques d'analyse nutritionnelle. In Lavoisier Tec et Doc (Eds). Principes de techniques d'analyse. Paris, (1991) 451-478.
- [13] J. ADRIAN, Considérations sur le rôle du pain en alimentation. *Med. Nut.*; **38** (2002) 169-176.
- [14] M. DUBOIS, Le contrôle qualité. In Lavoisier (Éds). La panification française. Paris (1994) 508-522.
- [15] S. DHINGRA, S. JOOD, Physico-chemical and nutritional properties of cereal-pulse blends for bread making. *Nutr Health.*, **16** (2002a) 183-194.
- [16] T. A. EL-ADAWY, Effect of sesame seed proteins supplementation on the nutritional, physical, chemical and sensory properties of wheat flour bread. *Plant Foods Hum Nutr.*, **48** (1995) 311-326.
- [17] J. M. BORYS, Sucres et prise de poids. *Med. Nut.*, **37** (2001) 13-18.
- [18] A. JACOB, La Nutrition. Éd. Que sais-je ? Paris. (1981) 17-29.
- [19] J. TREMOLIERES, Nutrition, Physiologie, comportement alimentaire. Ed. Dunod, Paris. (1977) 100-198.
- [20] T. V. J. ZANNOU, Stratégies d'amélioration de farines infantiles à base de manioc et de soja de haute densité énergétique par incorporation de farine de maïs germé. Doctorat 3^e cycle. Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire. (2005) 124 p.
- [21] K. G. M. BOUAFU, K. G. KOUAME, A. M. OFFOUMOU, Bilan azotée chez le rat en croissance de la farine d'asticots séchés. *Tropicultura*, **25** (2007) 70-74.
- [22] M. APFELBAUM, M. ROMON, M. DUBUS, Diététique et nutrition. 6^e édition Ed. Masson, Paris. (2004) 38-45.

- [23] A. M. ESTEVEZ, F. FIGUEROLA, M. VASQUEZ, E. CASTILLO, E. YANEZ, Supplementation of wheat flour with chickpea (*Cicer arietinum*) flour. II Chemical composition and biological quality of breads made with blends of the same. *Arche Latinoam Nutr.*; **37** (1987) 515-524.
- [24] S. DHINGRA, S. JOOD, Effect of supplementation on physicochemical, sensory and nutritional characteristics of bread. *Nutr Health.*, **16** (2002b) 313-329.
- [25] H. K. DOS-SANTOS, M. DAMON Manuel de nutrition africaine. Éléments de base appliqués. Ed. IPD-ACCT-Karthala, Paris. (1987) 91-101.
- [26] K. KOUAME, T. MATOBA, K. HAZEGAWA, Protein content, electrophoresis pattern and amino-acid composition of some dehulled Cucurbitaceae seed commercially available in Côte d'Ivoire (West Africa). Résumé présenté à International Foundation for Science symposium, Traditional African Food Quality and Nutrition. Dar es Salaam Tanzanie 25 - 29 Novembre 1991, 111-119.
- [27] A. MEITE, Extraction et évaluation de l'activité agglutinante des lectines de quelques graines de courges (Cucurbitacées) de consommation courante en Côte d'Ivoire. DEA de Physiologie animale, option physiologie cellulaire et membranaire. Université de Cocody-Abidjan, Abidjan, Côte d'Ivoire. (2003) 51 p.
- [28] C. W. HENDERSON, J. C. SCHEERENS, J. W. BERRY, Antinutritional factors in Cucurbita seed meals. *J. Agric. Food Chem.*, **36** (1986) 434-436.
- [29] S. KIKI-M'VOUAKA, K. KOUAME, A. KAMENAN, Étude de quelques caractéristiques biochimiques et nutritionnelles des graines de cucurbitacées alimentaires de Côte d'Ivoire: activité antitrypsique et digestibilité in vitro des fractions protéiques. *Cam. J. Biol. Biochem. Sci.*, **1** (1986) 67-68.
- [30] J. L. CUQ, Protéines alimentaires. Éd. Lavoisier Tec Doc, Paris.1985, 255-276.