

Préparation d'un Pain Composite à Base de la Farine de Blé, de Maïs et de la Pâte d'Arachide)

**MUTINSUMU MUFENG*¹, TSHIOMBE Van², MANTETE Narcisse³, NGELESE MAKUWA Daniel¹,
 MUDI KUKU M. Claire¹**

Paper History

Received : March 25, 2022
 Revised : August 16, 2022
 Accepted : October 30, 2022
 Published : November 27, 2022

Keywords

Composite bread, sensory analysis, chemical analysis, fortification, malnutrition

ABSTRACT

Preparation of Composite Bread Based on Wheat Flour, Corn and Peanut Paste

Sensory analysis carried out on the composite breads incorporated with corn flour and peanut paste showed that composite bread⁴ (PC4) was the most appreciated by the panelist among the five breads performed. This bread was made of 30.5% wheat flour, 30% corn flour, 14% peanut paste, 0.15% baking powder, 0.15% natural yeast, 0.2% cooking salt and 25% water. Tasters noted that PC4 scored an average of 3.9, 3.8, 3.6 and 3.8 for appearance, flavor, smell and color, compared to ordinary bread (PO) which had respectively scored the average of 4.3, 4.2, 3.9 and 3.9 for appearance, flavor, smell and color. The means comparison test showed that the difference is not significant at the p.value 0.05 between the composite bread⁴ and the ordinary bread. More over chemical analysis showed that the macronutrient content of the composite bread in moisture, total ash, total lipids, crude proteins, crude fibers, assimilable carbohydrates is respectively 14.67g, 2.69g, 17.22g, 17.89g, 2.49g and this bread provided 344.82 kcal per 100g of fresh material. On the other hand, the ordinary bread prepared under similar conditions presented moisture, total ashes, total lipids, crude proteins, crude fibers and assimilable carbohydrates respectively of 18.94g, 1.72g, 10.11g, 8.90g, 2.62g and 57.71g on dry matter and the energy intake was 289.88 kcal per 100g of ordinary bread consumed. It has therefore been demonstrated that composite bread PC4 made of wheat, corn and peanut paste was close with ordinary bread from organoleptic point of view, but richer in nutrients than this one.

¹Section nutrition-diététique, Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa, RD Congo, BP.774, Kinshasa XI

²Faculté des sciences agronomiques, Université de Kinshasa. RD Congo. BP. 127, Kinshasa XI

³Département de l'épidémiologie nutritionnelle, Ecole de santé publique de l'Université de Kinshasa. RD Congo. BP.127, Kinshasa XI

* Corresponding author, Email : mutinsumu@yahoo.fr

INTRODUCTION

Le pain est le produit résultant de la cuisson d'une pâte, obtenue par pétrissage d'un mélange de farine panifiable de grain de blé, d'eau potable et de sel, et ensemencée avec un agent de fermentation (levure et/ou levain) [ROUSSEL et al., 2005]. Le pain est un aliment de base dont la consommation est de plus en plus forte dans les pays en voie de développement [MEITE et al., 2008 ; CEA, 1998; AKINDES, 1993]. En Afrique, il est même utilisé comme aliment de base chez les 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 [ABDEL-KADER, 2001 ; VANIER, 2014]. 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 [SERNA-SALDIVAR et al., 1999]. Il faut résoudre ce problème en fournissant des soins de qualité et en améliorant les apports nutritionnels par la fortification de certains aliments les plus consommés comme

le pain.

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 [EL-SOUKARY, 2001].

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 (*Sesamum indicum*). Ainsi les travaux d'ABDEL-KADER [2001] en Egypte et de SERNASALDIVAR et al. [1999] 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 à base de la farine de blé.

D'autres graines oléagineuses, telles que celles de Cucurbitacées sont également une bonne source de protéines [LOUKOU et al., 2007] et certains auteurs les ont utilisées pour la fortification protéique du pain.

Cependant, peu d'études ont été réalisées en RD Congo jusqu'à présent, sur des pains composites découlant de la fortification du pain avec des graines des légumineuses ou des protéagineux. C'est dans cette optique qu'a été entreprise l'étude des possibilités qu'offrent les potentialités nutritionnelles de la pâte d'arachide pour la fortification du pain. La farine de maïs a été également ajoutée afin de réduire la quantité de la farine de blé qui est une denrée importée.

Il ne suffit pas seulement de produire des pains composites riches en nutriments, mais il doit aussi répondre à l'appréciation du consommateur. Ainsi, non seulement le produit doit répondre à l'usage auquel il est destiné et pour lequel il a été conçu, mais il se doit aussi de répondre au plaisir que le client attend de sa perception du produit.

Selon AVRAMESCU et al., [2014] « le produit est choisi, utilisé, aimé, changé sur des critères qualitatifs ». C'est ce constat qui a amené à faire appel aux analyses sensorielles et biochimiques pour apprécier les propriétés sensorielles et chimiques du pain composite dans lequel on a incorporé la farine de maïs et la pâte d'arachide. Cette étude a fait appel à des méthodes expérimentales : technologiques, sensorielles et chimiques.

L'évaluation sensorielle est une « méthode scientifique utilisée pour évoquer, mesurer, analyser et interpréter les réponses à des produits tels qu'ils sont perçus par les sens de la vue, de l'odorat, du toucher, du goût et de l'audition selon les normes AFNOR [2004]. Elle utilise donc comme instrument de mesure « l'Homme » [CROCHEMORE et al., 2004].

L'évaluation sensorielle peut être vue comme un examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des

sens [ISO, 2006 ; AGNES, 2009]. Ce type d'analyse présente l'avantage d'être sensible, simple et rapide et a l'inconvénient d'être subjectif, car la rigueur des méthodes chimiques ou physiques fait défaut dans cet examen. Ce manque d'objectivité peut être minimisé en recourant à des échantillons témoins et en se basant sur le jugement de plusieurs personnes. C'est la raison pour laquelle on trouve dans des nombreuses usines alimentaires, des dégustateurs attirés pour la classification d'un ou de plusieurs produits [MEILGAARD et CARR, 2007]. L'analyse chimique par contre est une méthode objective qui permet de mesurer des facteurs objectifs avec des instruments. En effet, elle représente un moyen privilégié de contrôler la qualité d'un produit et constitue surtout une aide précieuse à la conception des produits.

MATERIEL ET METHODES

Matériel

Le matériel végétal de l'étude est un pain composite préparé à base de la farine de blé, d'arachide et de maïs. On a aussi ajouté de la levure pour la levée de la pâte et le sel comme améliorant de goût et de l'eau potable pour pétrir la pâte du mélange. Ces ingrédients ont été achetés au marché de Rond-Point Ngaba à Kinshasa. Les grains de maïs ont été triés et broyés au moulin électrique, tandis que les graines triées d'arachide ont été broyées au moulin à légumes. Cinq variantes de pains composites et un pain ordinaire ont été préparés pour retenir le meilleur pain composite du point de vue organoleptique.

Méthodes

Les cinq pains composites ont été formulés pour en retenir un meilleur pain composite après la dégustation selon le plan d'expérience de l'étude. L'analyse biochimique a été effectuée sur le pain ordinaire et le meilleur pain composite plébiscité par le jury de dégustation.

Tableau 1 : PCI avec une addition de 25 % de farine de maïs et 10 % de la pâte d'arachide

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	395	39,5
farine de maïs	250	25
pâte d'arachide	100	10
levure chimique	1,5	0,15
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,15
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

Formulation des pains

C'est sur base des ingrédients achetés localement, qu'ont été préparés six types de pain dont cinq pains composites (PC) et un pain ordinaire (PO) dont les formulations sont reprises ci-dessous :

Tableau 2 : PC2 avec une addition de 24,5 % de farine de maïs et 20 % de la pâte d'arachide

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	300	30
farine de maïs	245	24,5
pâte d'arachide	200	20
levure chimique	1,5	0,15
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,15
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

Tableau 3 : PC3 avec une addition de 20% de maïs et 25 % de pâte d'arachide

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	295	29,5
farine de maïs	200	20
pâte d'arachide	250	25
levure chimique	1,5	0,5
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,5
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

Procédé technologique de la panification

Le pain ordinaire (PO) a été préparé uniquement avec la farine de blé. Les pains composites (PC) ont été préparés en substituant la farine de blé (FB) au taux de 25 % de farine de maïs et 10 % de la pâte d'arachide (PC1), 24 % de farine de maïs et 20 % de la pâte d'arachide (PC2), 20% de maïs et 25 % de pâte d'arachide (PC3), 30% de maïs et 14% de pâte d'arachide (PC4), 40% de farine de maïs (PC5) et pain ordinaire(PO) préparé avec la farine de froment seule. Les préparations de ces pains ont été faites selon la formule standard décrite par AMANI

et TAKANO [1998] avec quelques modifications concernant les teneurs en sel et en levure.

Tableau 4 : PC4 avec une addition de 30% de maïs et 14 % de pâte d'arachide

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	305	30,5
farine de maïs	300	30
pâte d'arachide	140	14
levure chimique	1,5	0,15
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,15
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

Tableau 5 : PC5 avec une addition de 40% de farine de maïs

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	325	32,5
farine de maïs	400	40
pâte d'arachide	20	2
levure chimique	1,5	0,15
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,15
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

Tableau 6 : PO préparé avec la farine de froment seul

Ingrédients	Quantité (g)	%
farine de blé	725	32,5
Graisse végétale	20	2
levure chimique	1,5	0,15
levure de pain (saccharomyces)	1,5	0,15
sel de cuisine	2	0,2
eau (ml)	250	25

En pratique, les différents ingrédients ont été mélangés et 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, a été ajoutée au reste du mélange. La pâte obtenue a été mise au repos pendant 5 minutes. La pâte a subi, ensuite, un deuxième pétrissage (brassage) qui se fait à 84 trs/min pendant 10 minutes. La première fermentation (pointage) a été réalisée après le brassage et a duré 45 minutes. La pâte a ensuite été façonnée et moulée puis placée pendant 1 heure dans une chambre de fermentation pour l'apprêt.

La cuisson s'est faite à la chaleur sèche et s'est déroulée à 230 °C pendant 30 à 50 minutes dans un four électrique. Une fois sorti du four, le pain a été mis à refroidir à la température ambiante. La préparation des pains s'est effectuée dans la cuisine diététique de la Section de nutrition-diététique de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kinshasa et leurs analyses ont été réalisées au laboratoire de bromatologie de la Faculté des Sciences Pharmaceutiques de l'Université de Kinshasa.

Analyse sensorielle

C'est une analyse pour laquelle les organes de sens sont sollicités, à savoir la vue, le goût, l'odorat et le toucher. Cet examen permet dans bien de cas de déceler des défauts de composition des aliments qu'aucune méthode d'analyse chimique ne permet de détecter [HAESE, et al.. 2014 ; HAESE et al.. 2015].

Les tranches de pain, comportant aussi bien la croûte que la mie (1 cm d'épaisseur) ont été présentés sur des plats codés et servis dans un ordre aléatoire dans des conditions d'éclairage normales et à température ambiante. Les pains ont été soumis au groupe de 80 dégustateurs, les panélistes ayant pour consigne d'éviter les conduites saturant les sens avant les séances (par exemple ne pas fumer, ne pas prendre de café ou manger de chewing-gum à l'heure qui précède le test).

Les panelistes ont été installés dans des isoairs bien éclairés avec possibilité de cracher la recette goûtée avant de goûter à la recette suivante dans un lavabo et de rincer la bouche avec de l'eau potable pour neutraliser le goût de la recette précédente [ACTIA, 2014 ; STONE et SIDEL, 2004]. Les panélistes ont attribué une note à chacun des attributs sensoriels retenus : l'aspect (en observant la tranche de pain), la saveur et le goût (si la saveur et le goût du produit sont typiques au pain et/ou aux produits boulangers, ou atypiques), l'odeur (si l'odeur est celle du pain ordinaire) et le toucher (si la texture est pareille à celle du pain habituel).

Six types de pain ont été évalués au cours de cette session. Les panélistes ont attribué une note à chaque attribut sensoriel sur une échelle prédéterminée allant de 1 jusqu'à 5 pour les deux attributs (aspect et toucher) et de 1 jusqu'à 10 pour les deux autres attributs (odeur et saveur). Le résultat devront

prendre son sens dans la compilation des notes et /ou la synthèse des avis formulés. ACTIA (Association de coordination technique pour l'industrie agro-alimentaire) considère que 80 personnes testant un produit représentent un échantillon de taille significative dans le domaine agro-alimentaire [ACTIA, 2014 ; LAWLESS, & HEYMANN, 2010]. Analyse biochimique

L'échantillon du pain composite plébiscité par l'analyse sensorielle a été séché à la température de laboratoire 25°C puis conditionné dans des flacons appropriés en vue de procéder à des analyses. La détermination du taux d'humidité a été faite par dessiccation à l'étuve réglée à 103±2 °C pendant 24 heures.

Les protéines brutes (azote total x 6,25) des échantillons ont été déterminées selon les méthodes officielles de l'AOAC [1975]. L'échantillon, contenant les matières azotées, subit 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). Les lipides également ont été mesurés selon les méthodes officielles de l'AOAC [1990]. Les matières grasses ont été extraites à l'ébullition par de l'hexane pur. Ce dernier a ensuite été éliminé par évaporation et le résidu a été séché et pesé.

La méthode ISO-2171[2007] a été utilisée pour déterminer la teneur en cendre. Celle-ci a été obtenue par pesée du résidu de l'échantillon incinéré au four à moufle (de marque Nabertherm) à 550 °C pendant 6 heures. Les glucides ont été calculés par différence selon l'équation suivante : Glucides (%) = [100- (% protéines brutes +% lipides + % cendres + % humidité)]. L'apport en calorie des nutriments énergétiques a été calculé en appliquant le coefficient d'ATWATER selon ISENBORGHS et ROUSSELET [MBEMBA, 2013].

Analyses statistiques des résultats

Les différents paramètres ont permis de se faire une idée sur les notes attribuées pour l'appréciation de six recettes.

L'analyse de variance (ANOVA), qui est une procédure destinée à comparer des moyennes notes et le test d'homogénéité des variances, a été utilisée. Les boîtes de moustaches ont été utilisées pour une bonne visibilité des différentes moyennes. L'objectif de l'analyse de variance est de chercher généralement à tester les différences significatives entre les moyennes. D'une manière générale, le but ultime d'une recherche ou analyse scientifique est de trouver des relations entre les variables. La significativité statistique d'un résultat est une mesure estimée du degré auquel il est vrai (au sens représentatif de la population).

Typiquement, dans nombre de domaines scientifiquement, les résultats à $p \leq 0.05$ sont considérés comme statistiquement significatifs, mais ce niveau de significativité implique encore

une probabilité d'erreur non négligeable de 5%, c'est le seuil qui a été

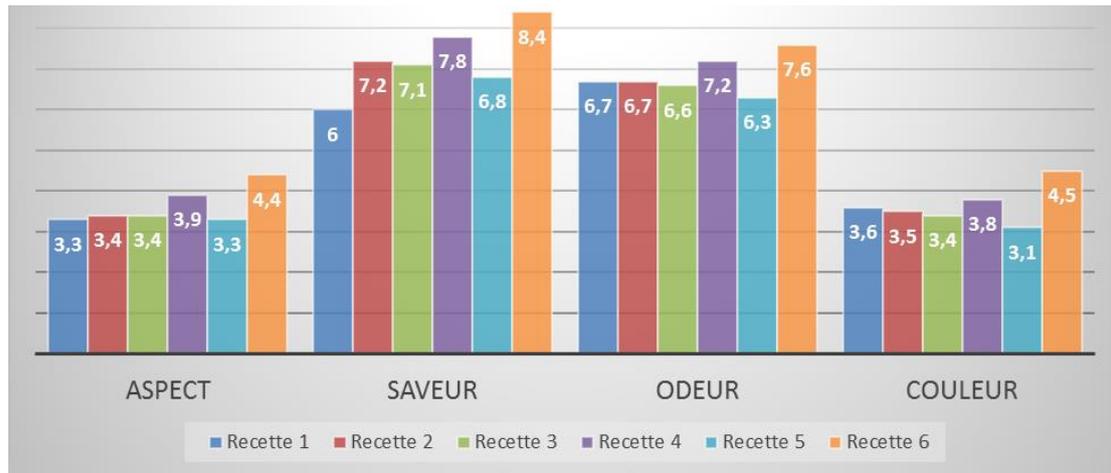


Figure 1: Valeurs moyennes de l'appréciation organoleptique des 6 recettes de pain

utilisé dans cette étude. Les résultats significatifs au seuil $p \leq 0.01$ sont généralement considérés comme statistiquement significatifs et au seuil $p \leq 0.005$ ou $p \leq 0.001$ comme très significatifs [STATISTICA, 1997].

Analyses sensorielles et biochimiques

Traitement statistique des résultats du test de dégustation des pains composites et du pain ordinaire

Les résultats des analyses statistiques des notes d'appréciation organoleptique des différents pains ou recettes sont repris dans les figures 1, 2, 3, 4, 5 et les tableaux 1, 2, 3, 4

La figure 1 montre que la recette 6 reste la meilleure de toutes sur tous les plans et parmi les pains composites, la recette 4 présente les meilleures moyennes sur tous les plans, mais ceci doit être statistiquement vérifié. A titre illustratif, les différentes boîtes de moustaches (2, 3, 4 et 5) des notes moyennes d'appréciation de variables organoleptiques les démontrent.

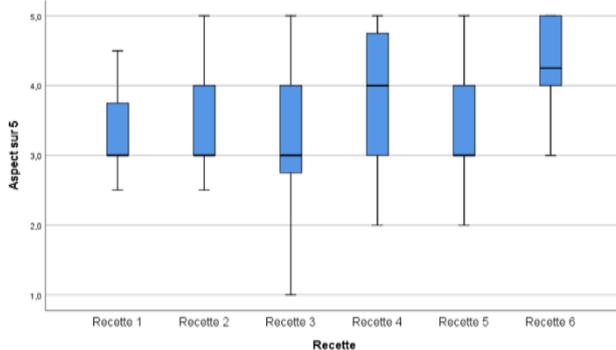


Figure 2 : Boîte de moustaches des cotes moyennes d'appréciation de variables organoleptiques sur l'aspect

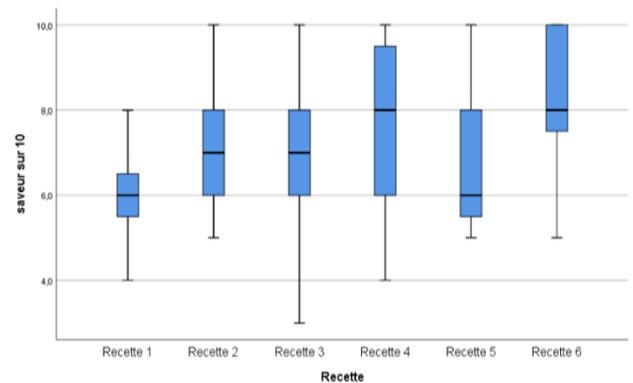


Figure 3 : Boîte de moustaches des cotes moyennes d'appréciation de variables organoleptiques sur la saveur

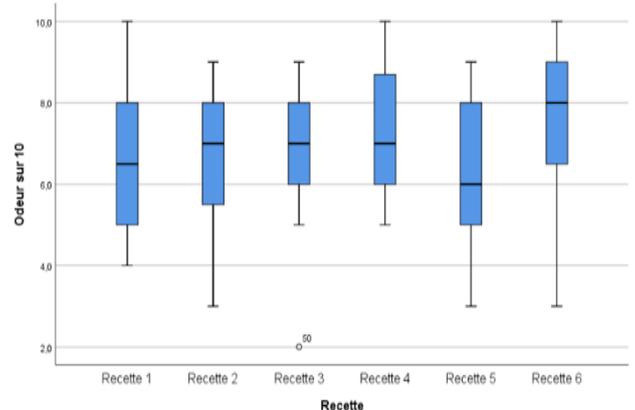


Figure 4 : Boîte de moustaches des cotes moyennes d'appréciation de variables organoleptiques sur l'odeur

Ce test a montré pour l'aspect que la recette 6 avait une différence significative avec les recettes 1, 2, 3 et 5 ; pour la saveur, une différence significative avec les recettes 1 et 5 ; et pour la couleur, une différence significative avec les recettes 1,

2, 3 et 5. Il ressort que la recette 4 semble ne pas avoir de différence significative avec la recette 6 selon les résultats exposés dans le tableau 3.

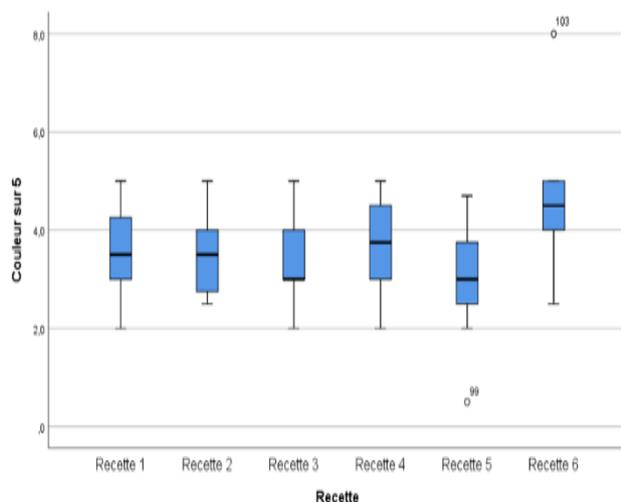


Figure 5 : Boite de moustaches des cotes moyennes d’appréciation de variables organoleptiques sur la couleur

Les notes des panelistes sur les paramètres sensoriels ont été comparées suivant le test d’ANOVA repris dans le tableau 1.

Le test de Levene a été utilisé pour démontrer l’égalité ou l’homogénéité des variances des groupes (p non significatif) dans le tableau 2.

En comparant pour chaque variable organoleptique la recette 4 à la recette 6 par le test t de Student, il n’y a pas de différence significative pour l’aspect, la saveur et l’odeur, mais la différence était significative pour la couleur (p significatif).

Le test d’homogénéité des variances pour les différents dégustateurs (Levene) est significatif pour l’aspect et la couleur, c’est-à-dire les variances des groupes ne sont pas homogènes pour ces deux variables (Levene p respectivement égal à 0,014 et 0,030).

Tableau: Comparaison des moyennes des variables organoleptiques selon la recette par le test d’ANOVA

			Somme des carrés	ddl	Carré moyen	F	Sig.	
Aspect sur 5	Intergruppes	(combiné)	19,467	5	3,893	6,197	0,00	
		Terme linéaire	Contraste	8,331	1	8,331	13,260	0,00
			Ecart	11,135	4	2,784	4,431	0,00
	Intragruppes		71,625	114	0,628			
	Total		91,092	119				
saveur sur 10	Intergruppes	(combiné)	67,900	5	13,580	4,818	0,00	
		Terme linéaire	Contraste	36,483	1	36,483	12,944	0,00
			Ecart	31,417	4	7,854	2,787	0,03
	Intragruppes		321,300	114	2,818			
	Total		389,200	119				
Odeur sur 10	Intergruppes	(combiné)	22,616	5	4,523	1,469	0,20	

	Terme linéaire	Contraste	4,617	1	4,617	1,499	0,22	
		Ecart	17,999	4	4,500	1,461	0,21	
	Intragroupes		351,032	114	3,079			
	Total		373,648	119				
Couleur sur 5	(combiné)		23,439	5	4,688	5,755	0,00	
		Terme linéaire	Contraste	4,093	1	4,093	5,025	0,02
			Ecart	19,346	4	4,837	5,938	0,00
	Intragroupes		92,859	114	0,815			
	Total		116,298	119				

Tableau 2: Extrait du test post hoc de Benferroni (comparaisons multiples)

Variable dépendante	(I) Recette	(J) Recette	Sig.	Intervalle de confiance à 95 %	
				Borne inférieure	Borne supérieure
Aspect sur 5					
	Recette 6	Recette 1	0,001	0,298	1,802
		Recette 2	0,005	0,173	1,677
		Recette 3	0,002	0,248	1,752
		Recette 4	1	-0,352	1,152
		Recette 5	0,001	0,323	1,827
Saveur sur 10					
	Recette 6	Recette 1	0	0,808	3,992
		Recette 2	0,385	-0,392	2,792
		Recette 3	0,238	-0,292	2,892
		Recette 4	1	-0,942	2,242

		5	Recette	0,036	0,058	3,242
Couleur sur 5						
	Recette 6	1	Recette	0,026	0,059	1,771
		2	Recette	0,011	0,134	1,846
		3	Recette	0,001	0,309	2,021
		4	Recette	0,215	-0,146	1,566
		5	Recette	0	0,549	2,261

Tableau 3 : Comparaison des moyennes des variables organoleptiques des recettes 4 et 6

Variables	Test de Levene sur l'égalité des variances		Test t pour égalité des moyennes		
	F	Sig.	t	ddl	Sig. (bilatéral)
Aspect sur 5					
Hypothèse de variances égales	0,273	0,604	-1,626	38	0,112
Hypothèse de variances inégales			-1,626	35,654	0,113
savoir sur 10					
Hypothèse de variances égales	0,003	0,959	-1,184	38	0,244
Hypothèse de variances inégales			-1,184	37,929	0,244
Odeur sur 10					

Hypothèse de variances égales	1,122	0,296	-0,644	38	0,524
Hypothèse de variances inégales			-0,644	34,878	0,524
Couleur sur 5					
Hypothèse de variances égales	0,039	0,844	-2,271	38	0,029
Hypothèse de variances inégales			-2,271	35,068	0,029

Tableau 4 : Test d'homogénéité des variances des variables organoleptiques de la recette 4 et de la recette 6

		Statistique de Levene	ddl1	ddl2	Sig.
Aspect sur 5	Basé sur la moyenne	2,015	19	100	0,014
	Basé sur la médiane	1,313	19	100	0,192
	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	1,313	19	46,291	0,221
	Basé sur la moyenne tronquée	1,880	19	100	0,024
Saveur sur 10	Basé sur la moyenne	1,418	19	100	0,136
	Basé sur la médiane	0,913	19	100	0,568
	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	0,913	19	55,586	0,570
	Basé sur la moyenne tronquée	1,370	19	100	0,160
Odeur sur 10	Basé sur la moyenne	1,564	19	100	0,081
	Basé sur la médiane	1,056	19	100	0,407
	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	1,056	19	49,084	0,421
	Basé sur la moyenne tronquée	1,432	19	100	0,129
Couleur sur 5	Basé sur la moyenne	1,823	19	100	0,030
	Basé sur la médiane	0,712	19	100	0,799

	Basé sur la médiane avec ddl ajusté	0,712	19	23,515	0,772
	Basé sur la moyenne tronquée	1,442	19	100	0,125

Résultats de l'analyse biochimique du meilleur pain composite et du pain témoin

Les résultats de l'analyse biochimique du meilleur pain composite retenu sont repris dans les tableaux 5 et 6.

Les résultats de l'analyse chimique du pain ordinaire a donné l'apport en énergie de 289,88 Kcal pour 100g de pain tel que consommé.

Les résultats d'analyse biochimique de la recette du meilleur pain composite pour 100 g de matière fraîche sont d'une manière générale supérieurs à ceux du pain ordinaire. Ce pain apporte 344,82 Kcal pour 100 g de pain composite tel que consommé.

Tableau 5: Composition en macronutriments de 100g du pain ordinaire, la recette 6 (PO)

Macronutriments	Teneur en grammes	
	Matière sèche	Matière fraîche
Humidité(g)	18,94	-
Cendres totales(g)	1,72	1,40
Lipides totaux(g)	10,11	8,20
Protéines brutes(g)	8,90	7,22
Fibres(g)	2,62	2,13
Glucides(g)	57,71	46,80
apport énergétique(Kcal)	-	289,88

Tableau 6 : Composition en macronutriments de 100g du pain composite recette 4 (PC4)

Macronutriments	Teneur en grammes	
	Matière sèche	Matière fraîche
Humidité(g)	14,67	-
cendres totales(g)	2,69	2,30
Lipides(g)	17,22	14,70
protéines(g)	17,89	15,27
Fibres(g)	2,49	2,12
glucides(g)	45,04	38,43
apport énergétique(Kcal)	-	344,82

DISCUSSION

Six recettes de pain dont 5 recettes composites et une recette de pain ordinaire ou pain témoin ont été formulées. Les pains composites se sont distingués par leurs proportions en farine de maïs et en pâte d'arachide, ceci dans le souci d'obtenir un pain composite dont la qualité organoleptique rapprocherait celle du pain ordinaire consommé habituellement par la population, mais qui par ailleurs aura une composition en macronutriments plus élevée que celle du pain ordinaire. Le souci de la recherche étant de mettre au point un pain de bonne qualité nutritionnelle et organoleptique ; un pain dont les ingrédients locaux (maïs et arachide) prendrait la grande part pour réduire le coût.

Les résultats des analyses statistiques des notes d'appréciation organoleptique des différents pains ou recettes ont été analysés par des tests statistiques: le test d'ANOVA, le test post hoc de Benferroni, le test t de Student et le Test d'homogénéité des variances de LEVENNE [ANCELLE, ,2006 ; STATISTICA, 1997].

La figure1 montre que la recette 6 reste la meilleure, du point de vue sensorielle, de toutes sur tous les plans et parmi les pains composites, la recette 4 présente les meilleures moyennes sur tous les plans, mais ceci doit être statistiquement vérifié. A titre illustratif, les différentes boîtes de moustaches (2, 3, 4 et 5) des notes moyennes d'appréciation de variables organoleptiques l'ont démontré.

Les quatre variables étant toutes normalement distribuées selon le test de normalité réalisé (KOLMOGOROV-SMIRNOV avec p significatif), les moyennes devraient être comparées par le test ANOVA-One Way [STATISTICA, 1997]. Le test de LEVENNE a montré que les variances des groupes peuvent être considérées comme homogènes ou égales (p non significatif). Ainsi, en réalisant le test ANOVA, il a été trouvé qu'il y a une différence significative selon la recette pour l'aspect, la saveur et la couleur (F avec p significatif) ; ce qui signifie qu'au moins une recette diffère des autres (Cfr tableau 1).

Ainsi, pour déterminer la différence entre les différents groupes pour chacune de trois variables organoleptiques où F était significatif (l'aspect, la saveur et la couleur), le test post hoc de BENFERRONI [STATISTICA, 1997] a montré pour l'aspect que la recette 6 avait une différence significative avec les recettes 1, 2, 3 et 5 ; pour la saveur, une différence significative avec les recettes 1 et 5 ; et pour la couleur, une différence

significative avec les recettes 1, 2, 3 et 5 (cfr tableau 2). Il ressort que la recette 4 semble ne pas avoir de différence significative avec la recette 6.

En comparant pour chaque variable organoleptique la recette 4 à la recette 6 par le test t de Student, il a été constaté qu'il n'y a pas de différence significative pour l'aspect, la saveur et l'odeur, alors qu'elle était significative pour la couleur (p significatif, cfr tableau 4)

Le test d'homogénéité des variances des variables organoleptiques de la recette 4 et la recette 6 pour les différents dégustateurs (Levenne) est significatif pour l'aspect et la couleur, c'est-à-dire les variances des groupes ne sont pas homogènes pour ces deux variables (LEVENNE p respectivement égal à 0,014 et 0,030).

En effet les 80 panelistes ont choisi le PC4 dont la recette était composée de 36% de farine de froment avec une addition de 30% de maïs et 30 % de pâte d'arachide. L'appréciation des dégustateurs a relevé les observations suivantes : l'aspect du pain a donné une note moyenne de 3,9 pour le PC4 et 4,3 pour le PO ; le test de comparaison de la moyenne a montré que la différence n'est pas significative à la p. value de 0,05. La saveur du pain composite PC4 a été appréciée avec une note moyenne de 3,8, approchant celui de pain témoin PO 4,2. C'est pareil avec l'odeur dont la moyenne est de 3,6 par rapport au pain témoin PO qui a une moyenne de 3,9. Enfin la couleur du pain composite PC4 avec une note moyenne de 3,8 a également approché le pain témoin PO qui a eu la note moyenne de 4,3. Cette évaluation est appréciable pour un produit innové qui ne sont pas dans les habitudes des consommateurs.

Le pain composite analysé renferme des teneurs élevées en macronutriments par rapport au pain ordinaire. La teneur en macronutriments de pain composite en humidité, cendres totales, lipides, protéines, fibres, glucides est respectivement de 14,67g, 2,69g, 17,22g, 17,89g, 2,49g et 45,04g sur matière sèche et ce pain composite apporte 344,82 Kcal pour 100g de pain tel que consommé. Par contre, le pain ordinaire préparé dans les mêmes conditions a présenté une teneur en humidité, cendres totales, lipides, protéines, fibres et glucides respectivement de 18,94 g ; 1,72 g ; 10,11g ; 8,90 g ; 2,62 g et 57,71 g pour 100g de matière sèche. Le pain ordinaire a apporté 289,88 Kcal dans 100g de pain tel que consommé. Mais il faut remarquer que ce pain contient un taux d'humidité très élevé, ce qui posera un problème de conservation. En comparant ces résultats avec ceux repris dans la thèse de CURTET [1998] qui montre que le pain ordinaire ou le pain blanc a une valeur calorique de 255kcal ou 1067 kJ, la teneur en eau est de 35g, la teneur en protéines est de 7g, la teneur en lipides est 0,8g, la teneur en glucides est de 55g, la teneur en celluloses est de 0,3g.

L'apport calorique du pain ordinaire est supérieur à celui du pain blanc ou ordinaire obtenu par CURTET [1998]. Ceci peut s'expliquer par l'ajout de 20 g de bona (graisse végétale) pour assouplir la pâte du pain. Par ailleurs, ces analyses indiquent que le contenu en macronutriments du PC4 a subi des variations substantielles, par rapport à celui du pain normal.

Ces variations se sont traduites, en ce qui concerne les cendres totales, lipides, protéines, fibres et les glucides. Ces observations sont comparables à celles obtenues par les auteurs cités par MEITE et al. [2008] qui ont analysé des pains composites contenant différents apports de farines de graines de fèves (*Vicia faba*), de *Cucurbita moschata*, de soja (*Glycine max*) et de sésame (*Sesamum indicum*).

Dans cette approche, il a été possible d'amener le taux protéique du pain de 8,90g à 17,89g dans les pains PC4, c'est un aliment rééquilibré qui est obtenu et qui garde sa fonction énergétique, tout en devenant une source non négligeable de protéines. Cette étude n'a pas analysé plus d'un essai pour réaliser un test statistique de comparaison pour établir des différences statistiquement significatives des résultats biochimiques de deux types de pains. Toutefois ces résultats sont une indication qui permet de croire à l'amélioration de la qualité nutritionnelle de pain par la fortification en ajoutant d'autres ingrédients tels que la farine de maïs et la pâte d'arachide. Le pain composite présente, par ailleurs, un aspect, une saveur, une odeur et une couleur semblables à ceux du pain ordinaire.

CONCLUSION

L'objectif poursuivi dans cette étude était de déterminer le meilleur pain composite sur les cinq proposés, par l'évaluation des paramètres sensoriels et biochimiques comparativement au pain ordinaire. Sur ce, cinq types de pain composite et un pain ordinaire ont été préparés pour mener cette recherche.

Après les analyses sensorielles, biochimiques et statistiques des pains, les résultats obtenus permettent de conclure par les tests d'Anova et de LEVENNE que le PC4 est un meilleur pain composite choisi par les panelistes parmi les cinq pains composites fabriqués. Le test t ou le test de Student ont démontré qu'il n'y avait pas de différence statistiquement significative entre le pain composite 4 et le pain ordinaire sur le plan organoleptique.

L'analyse biochimique indique que le contenu en macronutriments du PC4 a subi des variations substantielles, par rapport à celui du pain ordinaire. Ces variations se sont traduites en ce qui concerne les cendres totales, lipides, protéines, fibres et glucides. Il est souhaitable d'approfondir cette étude dans la recherche de la biodigestibilité, l'ajustement en micronutriments, la conservation et la vulgarisation de ce pain.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABDEL-KADER Z. M. [2001]. 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, 31-34.
- ACTIA [2014]. Évaluation sensorielle, guide de bonnes pratiques, 2e édition revue et augmentée. CNRS, INRA, Université de Bourgogne, 145P
- AFNOR [2004]. Caractérisation sensorielle des matériaux–Recommandations pratiques pour l'analyse tactile de la matière première au produit fini. Référentiel de Bonnes Pratiques BP X10-041, La Plaine Saint Denis : AFNOR Editions.
- AGNES G. [2009]. De l'analyse sensorielle au jugement perceptif : l'exemple du toucher, *Food & Hospitality research*, Université Claude Bernard, Lyon,
- AKINDES F. [1993]. Enquête prioritaire sur les dimensions sociales de l'ajustement structurel (Ep Dsa) réalisées par l'Institut National de Statistique, Côte d'Ivoire.
- AMANI N. G., TAKANO H. [1998]. Bread making properties of composites flours using tropical crops. Jistec Report, National Food Research Institute. Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries. Tsukuba, Ibaraki, Japan.
- ANCELLE T. [2006]. Statistique épidémiologique, collections sciences fondamentales, 2e édition, Maloine, Paris pp.97-112
- AOAC [1975]. Official methods of analysis, 12th ed. Association of Official Analytical Chemist., Washington DC
- AVRAMESCU A.M., BAZZARO F., MAHDJOUB M., SAGOT J.C., SIMION I. [January 2014]. Elaboration d'une approche d'analyse sensorielle tactile des matériaux bio-sources, U.P.B. Sci. Bull., Séries B, 76, 1, 235-246
- CEA 1998. Manuel technique des farines composées, transformation des farines tropicales. Singapore, Bradford Press, 173 p
- CROCHEMORE S., NESA D., COURDEC, S. [2004]. Analyse sensorielle des matériaux d'habitacle automobile : toucher/vision. Les techniques de l'ingénieur, Renault, - Direction de l'ingénierie des matériaux, France, techniques-ingénieur.fr
- CURTET R. [1998]. Pain blanc, pain complet : fabrication et intérêt diététique. Thèse de doctorat en Sciences pharmaceutiques, Université Joseph Fourier. Dumas-01633850.
- EL-SOUKARY F. A. [2001]. Evaluation of pumpkin seed products for bread fortification. *Plant Food Hum Nutr.*, 56, 365-384.
- HAESE G., HUMEAU P., DE OLIVEIRA F., LE CALET P. [2015]. « Objectivation of sensory measurements of off-flavors in water using skin blood flow responses », *Journal of Water Supply: Research and Technology –AQUA* 64,7, 793-801
- HAESE G., HUMEAU P., DE OLIVEIRA F., LE CALET P. [2014]. « Tastes and odors of water - Quantifying objective analyses: a review », *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 44,2455-2501.
- ISO. [2006]. Sensory analysis: vocabulary. Norme internationale ISO/DIS 5492, La Plaine Saint Denis: AFNOR Editions,
- ISO. [2007]. Sensory analysis: vocabulary. Norme internationale ISO/DIS 5492, La Plaine Saint Denis: AFNOR Editions.
- LAWLESS H.T., HEYMANN H. [2010]. Sensory evaluation of food, New York. Pp188-212.
- LOUKOU A. L., GNAKRI D. DJE, Y., KIPPRE A. V., MALICE M., BAUDOIN J. P., ZORO BI I. A. [2007]. Macronutrient composition of three cucurbit species cultivated for seed consumption in Côte d'Ivoire. *Afr. J. Biotechnol.*, 6, 529-533.
- MBEMBA F.T. [2013]. Aliments et denrées alimentaires traditionnels du Bandundu en RD Congo. Répertoires et composition en nutriments. Edition le Harmattan, RDC, 317P
- MEILGAARD M.C., CAAR B.T. [2007]. Techniques d'évaluation sensorielle, 4è édition, Boca Raton <https://doi.org/10.1201/B16452>, 464P
- MEITE A., KOFFI KOUAM G., KATI-COULIBALY S., OFFOUMOU M. A. [2008]. Étude de la valeur nutritionnelle du pain normal et des pains composites contenant de la farine de graines délipidées de *Citrullus lanatus* (Cucurbitacées) *Bulletin de la Société Royale des Sciences de Liège*, 77, .80 – 103.
- ROUSSEL P., CHIRON H., PAILLARD G. [2005]. Les pains français : évolution, qualité, production, 2è édition, Coll. SCIENCE ET TECH, France.432P
- STONE H., SIDEL J.L. [2004]. Sensory evaluation practices, Londres. pp 77-92.
- STATISTICA. [1997]. Guide de l'utilisateur, StatSoft, <http://www.stasoft.com> 542p
- SERNA-SALDIVAR S. O., ABRIL-DOMINGUEZ J. R., LOPEZ-AHUMADA G., ORTEGA-RAMIREZ R. [1999]. Nutritional evaluation of table bread fortified with defatted soybean and sesame meals. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 49, 260-264.
- VANIER P. [2014]. Le sésame au fil du temps, usages culinaires, conservation, jardinage biologique, écologie et environnement, Edition Laval, 23p.

 This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>