



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Evaluation de la qualité et de l'acceptabilité de couscous à base de trois formulations de farines composites enrichies au soja (*Glycine max*) et au moringa (*Moringa oleifera*)

Fatoumata HAMA-BA^{1*}, Pierre SILGA¹⁻² et Bréhima DIAWARA¹

¹Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies, Centre National de Recherche Scientifique et Technologique 03 BP7047 Ouagadougou 03, Burkina Faso.

²Université Polytechnique de Bobo Dioulasso. UPB, Burkina Faso.

*Auteur correspondant ; E-mail : hamafatou@yahoo.fr

RESUME

L'enrichissement des céréales par d'autres groupes alimentaires a reçu une attention considérable ces dernières années. L'objectif de l'étude est de déterminer le potentiel nutritionnel des aliments locaux à l'enrichissement. La formule témoin F_T est composée de farines du maïs (*Wari*) et du sorgho (*Kapelga*). Les deux autres formules sont à base de la farine témoin enrichie à 10% respectivement de soja (F_S) et de la poudre de feuilles de moringa (F_M). Une appréciation culinaire et nutritionnelle ainsi que des tests de classement ont été réalisés. Les degrés de délitescence des couscous enrichis F_S (1,42%) et F_M (1,22%) sont les plus élevés. Les teneurs en protéines de F_S , F_M et F_T sont respectivement de 15,66%, 18,75% et 10,47%. Le couscous F_S a des teneurs en lipides de 7,61% contre 5,37% pour les couscous F_T et F_M . Le couscous F_M a des teneurs en fer (7,37 mg/100g) et zinc (2,8 mg/100g) supérieures à celles des couscous F_S et F_T . Au niveau sensoriel, le couscous F_M apparait significativement différent pour la couleur, l'odeur et le goût. L'enrichissement au soja a amélioré la valeur énergétique et les teneurs en protéines du couscous tandis que les teneurs en minéraux fer et zinc ont amélioré avec l'ajout des feuilles de moringa.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : qualité, acceptabilité, enrichissement, soja, moringa, couscous.

Evaluation of the quality and acceptability of couscous based on three formulations of composite flours enriched with soybean (*Glycine max*) and moringa (*Moringa oleifera*)

ABSTRACT

The enrichment of cereals with other food groups has received considerable attention in recent years. The objective of this study is to determine the nutritional potential of local food for fortification. The control formula F_T is composed of maize (*Wari*) and sorghum (*Kapelga*) flours. The other two formulas are on the basis of the control flour enriched by 10% respectively with soybean (F_S) and moringa leaves powder (F_M). Culinary and nutritional assessment and sensory tests have been conducted. The degrees of disintegration of the enriched F_S (1.42%) and F_M (1.22%) couscous formulas are the highest. The protein content of F_S , F_M and F_T are respectively 15.66%, 18.75%, 10.47%. The couscous F_S lipids contents are 7.61% against those of

couscous F_T and F_M . F_M couscous has iron (7.37 mg/100g) and zinc (2.8 mg/100g) contents higher than those of couscous F_S and F_T . At the sensory level, the F_M couscous has quite different color, smell and taste. A preference of the cooked couscous, F_T and F_S was observed. Enrichment with soybeans has improved protein contents and the energy value, while the moringa leaves powder has improved minerals value.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: quality, acceptability, enrichment, soybean, moringa, couscous.

INTRODUCTION

Les populations à risque élevé de carences en micronutriments sont celles qui couvrent les besoins en calories et en protéines à partir des céréales et des tubercules (FAO, 2002). Dans les pays en développement, l'enrichissement des céréales par d'autres groupes alimentaires tels que les légumineuses et les légumes a reçu une attention considérable ces dernières années. Au Burkina Faso, la prévalence de retard de croissance chez les moins de cinq ans, reste encore élevée soit 30,2% en 2015 (SMART, 2015). L'enrichissement des aliments de base est une stratégie prometteuse pour les pays en développement et moins coûteuse (Saleh et al., 2013). L'effet bénéfique au niveau nutritionnel de l'association céréale légumineuse a été prouvé par de nombreux travaux (Kayodé, 2012 ; Laminu et al., 2014). Les céréales locales ont de faibles teneurs en protéines et sont riches en facteurs chélateurs de micronutriments réduisant la biodisponibilité des minéraux essentiels (Hurrell et Egli, 2010). La teneur moyenne en protéines de quelques variétés de sorgho consommées au Burkina Faso est de 10,8% (Songré et al., 2015). Les légumineuses et les légumes sont d'importantes sources de protéines, de minéraux et de vitamines (Ojokohet Bello, 2014). Les feuilles de *Moringa oleifera* ont des teneurs en matière sèche de 27,1 g/100g de protéines et 28,3 mg/100 g de fer (Yaméogo et al., 2011). Sur le plan organoleptique, l'ajout des légumineuses améliore les caractéristiques organoleptiques des plats céréaliers (Houssou, 2016).

Au Burkina Faso le couscous à base de céréales locales est traditionnellement

consommé par les populations. Il est obtenu par cuisson à la vapeur et séchage des agglomérats de petites particules. La couleur et la texture ont été rapportées par de nombreuses études comme étant les principaux attributs de l'acceptabilité du couscous (Aboubakar et al., 2006). De par leurs propriétés technologiques, l'utilisation d'une farine composée de sorgho et de maïs contribue à améliorer la qualité texturale et organoleptique du couscous.

L'objectif de l'étude est de déterminer la qualité et l'acceptabilité de trois formulations de couscous à base de farine composite de céréales enrichie aux graines de soja (*Glycine Max*) et aux feuilles de moringa (*Moringa oleifera*).

MATERIEL ET METHODES

Matériel végétal

Les céréales utilisées sont la variété *Wari* de maïs jaune (*Zea mays*) et la variété *Kapelga* de sorgho blanc (*Sorghum bicolor* L.). Ces deux variétés de céréale sont issues de sélection variétale. Elles ont été obtenues à l'Institut National de l'Environnement et de la Recherche Agricole à Ouagadougou.

Les graines de soja (*Glycine max*) et les feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) ont été obtenues sur la place du marché.

Formulations

Le Tableau 1 présente les formulations utilisées pour la production des couscous. Au total trois formulations ont été réalisées : F_T pour la formulation témoin constituée de maïs et de sorgho, la formulation F_S constituée de maïs, de sorgho et de soja et la formulation F_M constituée de maïs, de sorgho et de moringa.

Production des farines

La Figure 1 présente le diagramme de production des farines. Les grains de maïs (*Zea mays*) et de sorgho (*Sorghum bicolor* L.) ont été traités de façon séparée. Environ 1 kg de grains de maïs et 1 kg de grains de sorgho ont été lavés à l'eau potable puis rincés à l'eau déminéralisée. Ils ont été séchés à une température de 45 °C au séchoir à gaz. Les grains sont broyés au moulin à corindon. La Figure 2 présente la répartition granulométrique des farines. Ces farines ont été utilisées pour la formulation témoin.

Les graines de soja (*Glycine Max*) ont été nettoyées et lavées soigneusement puis rincées à l'eau déminéralisée avant d'être torréfiées et broyées finement à l'aide d'un broyeur en inox. Environ 10% de la poudre fine de graine de soja obtenue est ajoutée à la farine témoin pour la production de la farine enrichie au soja F_S.

Les feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) ont été lavées soigneusement à l'eau potable puis rincées à l'eau déminéralisée. Elles ont été par la suite séchées à l'ombre (température ambiante 25 °C) et broyées finement à l'aide d'un broyeur en inox. Environ 10% de la poudre fine de feuilles de moringa obtenue a été ajoutée à la farine témoin pour la farine enrichie au moringa F_M.

Production des couscous

La granulométrie de la farine témoin utilisée pour les couscous a été composée sur la base de la norme Codex pour le couscous (STAN 202-1995). La Figure 2 présente la répartition granulométrique composée d'un mélange de semoule fine (20%), moyenne (60%) et grosse (20%).

La Figure 3 présente le diagramme de production des couscous. Le roulage de la farine a été fait à l'aide d'un rouleur calibreur. La farine formulée a été humidifiée et à l'aide d'un tamis fixé à la trémie de maille 4 mm, elle entre dans un système rotatif composé de

3 tamis dont l'ordre de disposition selon l'entrée de la farine est de 3,5 mm, 3 mm et 2,5 mm. Les granules inférieurs à 2,5 mm sont récupérés en fin du tambour pour être calibrés avec un tamis de 1,4 mm. Tous les granules inférieurs à 1,4 mm ont été rejetés.

Les granules de farine ont été mis en cuisson à la vapeur à l'aide d'un couscoussier en inox pendant 10 minutes. Les granules ont été calibrés à l'aide d'un tamis de 2 mm et seuls les granules inférieurs sont retenus pour le séchage. Le séchage est réalisé au séchoir à gaz ATTESTA à 45 °C pendant 20 minutes. Le couscous précuit et séché a été ensuite calibré à l'aide de tamis d'ouverture de maille 1 mm et 1,4 mm.

Caractérisation granulométrique

La granulométrie des semoules et des couscous a été déterminée à l'aide des tamis de mailles 180 µm, 450 µm et 710 µm, 1000 µm, 1400 µm et 900 µm et d'une balance de précision 10⁻³.

Appréciation de la qualité des couscous

Détermination de l'indice de gonflement

L'indice de gonflement a été calculé selon la méthode de Yettou et al. (2000). La cinétique de gonflement des couscous a été suivie dans un bain marie pendant 1 heure de temps (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 40, 50 et 60 min) à 25 °C et à 100 °C.

Détermination du degré de délitescence (DD)

Les échantillons de couscous ont été préparés selon la méthode décrite par Guezlane et Abecassis (1991). Environ 10 g de couscous sec sont introduits dans un bécher de 200 ml. On y ajoute 16,5 ml d'eau distillée bouillante salée à 5 g/l. Le bécher est immédiatement recouvert et placé dans une étuve à 90 °C. Au bout de 12 mn, le bécher est sorti de l'étuve et on y ajoute 50 ml d'eau distillée à 25 °C. Le mélange est agité pendant 6 minutes à vitesse constante et le surnageant est récupéré par filtration sur un tamis

d'ouverture de maille 1000 μm . 10 ml de l'aliquote est prélevée et séchée à l'étuve à 133 °C jusqu'à obtention d'une masse constante.

Le degré de délitescence qui représente la perte en matière est donnée en pourcentage.

Analyses nutritionnelles

Les échantillons de trois couscous F_T , F_M et F_S ont été broyés au broyeur IKA en inox. Le broyat est mis dans des pots stériles et conservés au réfrigérateur à 4 °C pour les différentes analyses.

Détermination de la teneur en humidité

La teneur en humidité a été déterminée par pesée différentielle de 5 g avant et après passage à l'étuve à 105 °C jusqu'à obtention d'un poids constant selon la norme internationale NF V 03-707, 2000.

Détermination de la teneur en protéines totales

Les teneurs en protéines totales ont été déterminées par la méthode de Kjeldahl utilisant la norme française (NF V03-050, 1970). Le coefficient de conversion 6,5 a été utilisé pour les calculs.

Détermination de la teneur en lipides

La teneur en lipides a été déterminée suivant la méthode d'extraction de type Soxhlet et conformément à la norme internationale ISO 659, 1998.

Détermination de la teneur en cendres totales

La teneur en cendres totaux est obtenue selon la méthode décrite dans la norme internationale ISO 2171 : 2007 après incinération au four à moufle à 550 °C.

Détermination de l'énergie totale

La valeur énergétique a été calculée en utilisant les coefficients d'Atwater et Benedict (1899) selon la formule suivante : Energie

(Kcal/100g) = % glucides \times 4 (Kcal) +% protéines \times 4 (Kcal) + % lipides \times 9 (Kcal)

Détermination de la teneur en fer et en zinc

Les teneurs en fer et en zinc ont été déterminées par spectrométrie d'absorption atomique à flamme selon la méthode AOAC (2012). Environ 1 g de couscous sec est pesé calciné à 550 °C pendant 10 heures dans un four à moufle. Les cendres sont récupérées et dissoutes avec de l'acide chlorhydrique concentré puis complétées à l'eau déminéralisée.

Différentes concentrations de solution étalon sont préparées à l'aide d'un étalon conventionnel de 1000 ppm. Le dosage est effectué par spectrométrie d'absorption atomique à flamme.

Tests sensoriels

Les tests sensoriels ont consisté à des épreuves de classement. Les dégustateurs ont classé les échantillons de couscous par ordre croissant de 1 à 3 du plus préféré au moins. Le panel est constitué de 24 dégustateurs. Sur les couscous précuits les attributs ont été la couleur et la granulométrie. Le test de la granulométrie a porté sur les tailles de]900-1000[μm et]1000-1400[μm . L'odeur et le goût ont été testés sur des couscous cuits. Une quantité de 15 g de couscous par formulation a été présentée au dégustateur.

Analyses statistiques

Les tests de qualité ainsi que la granulométrie ont été réalisés en triple et une moyenne a été calculée. Les résultats ont été analysés sur Excel. Le logiciel Statgraphics Plus version 5.1 a été utilisé pour l'analyse de variance (ANOVA) à un facteur. Le seuil de significativité a été fixé à 5%.

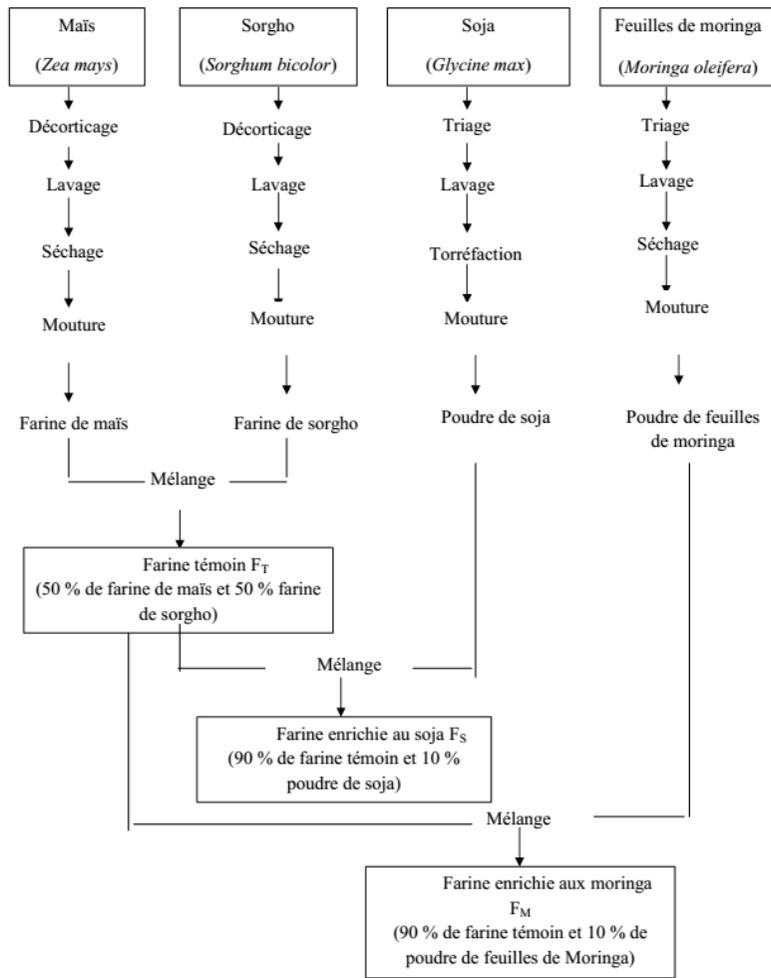


Figure 1 : Diagramme de production des farines composites.

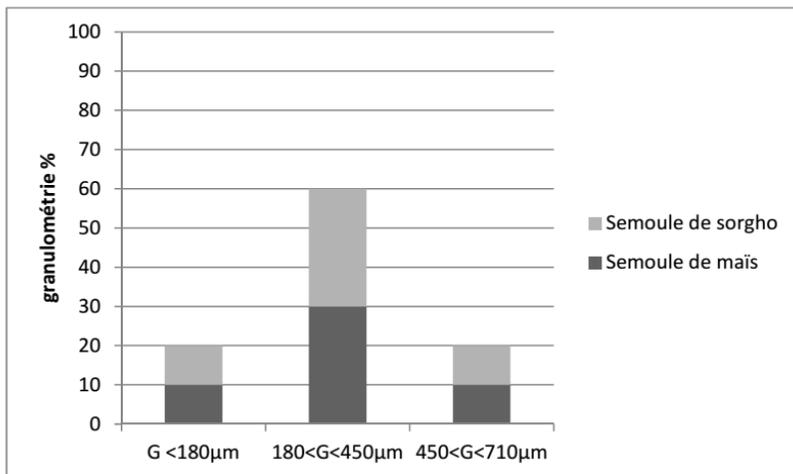


Figure 2 : Répartition granulométrique des semoules de la farine témoin.

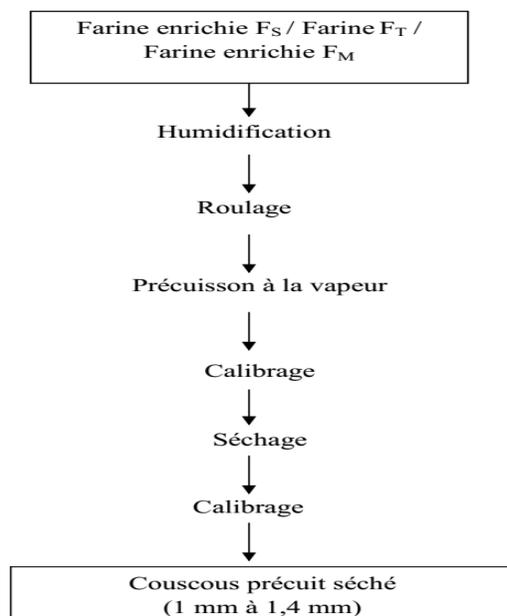


Figure 3 : Diagramme de production des couscous.

RESULTATS

Caractéristiques granulométriques

La distribution granulométrique des trois couscous est présentée à la figure 4. La différence entre les proportions des fractions de granulométrie est significative ($P < 0,05$). La fraction la plus importante est de taille] 1000-1400[μm . La fraction fine de taille]900-1000[μm est plus importante dans le couscous F_M avec 35,1% contre 12,79% pour le couscous F_T et 13,25% pour le couscous F_S. Tandis que les granules de taille supérieure à 1400 μm sont observés dans le couscous F_S, 24,7% contre 12,79% et 12,88% respectivement pour le couscous F_T et F_M.

Appréciation de la qualité culinaire

Indice de gonflement

A 25 °C le gonflement de tous les couscous se stabilise après 5 minutes (Figure 5). Les indices de gonflement sont compris entre 115 et 130%. A 100 °C les indices de gonflement augmentent pour les trois couscous (Figure 6), 271% pour le couscous

F_M, 242% pour le couscous F_S et 228% pour le couscous F_T. Le gonflement se stabilise après 30 minutes pour les couscous F_T et F_S et 40 minutes pour le couscous F_M.

Degré de délitescence

A 25 °C les degrés de délitescence des couscous des trois couscous ont été significativement différents ($P < 0,05$). Les couscous enrichis ont des degrés de délitescence plus élevés que le couscous témoin, 1,42 % et 1,22% respectivement pour les couscous F_S et F_M contre 0,95% pour le couscous F_T.

Caractéristiques nutritionnelles des couscous

Les caractéristiques nutritionnelles des trois couscous sont présentées dans le Tableau 2. Les teneurs en protéines des couscous enrichis F_S et F_M sont 1,5 à 2 fois supérieures à celle du couscous témoin. Le couscous témoin a 10,47% de teneur en protéines contre 15,66% et 18,75% respectivement pour les couscous F_S et F_M.

L'enrichissement au soja et au moringa a amélioré de façon significative les teneurs en protéines du couscous témoin.

La teneur en matière grasse du couscous de soja F_S est élevée soit 7,61% comparée aux autres couscous F_T et F_M qui ont 5,3% de teneur en lipides. L'enrichissement aux feuilles séchées de moringa n'a pas amélioré la teneur en lipides des couscous.

Les teneurs en cendres totales sont améliorées de façon significative dans les couscous enrichis. Elles sont passées de 0,69% dans le couscous témoin à 1,09% et 1,45% respectivement dans les couscous F_S et F_M . La teneur en fer du couscous témoin est de 5,12 mg/100 g et celle du couscous F_M est de 7,37 mg/100 g. Les couscous enrichis au soja et au moringa ont des teneurs en zinc respectivement de 2,72 mg/100 et 2,8 mg/100 g de matière sèche. Ces valeurs sont significativement différentes de celle du couscous témoin 2,54 mg/100g. L'enrichissement du couscous de céréale à la poudre de feuilles de moringa a amélioré de façon significative les teneurs en minéraux.

Caractéristiques sensorielles

Il ressort des résultats du test de la granulométrie une préférence pour les granules de taille] 900-1000[μ m. Seulement 29,1% des dégustateurs ont préféré la taille de]1000-1400[μ m. Au niveau de la couleur du couscous précuit, il ressort des moyennes de classement une préférence pour le couscous enrichi au moringa F_M suivi du couscous témoin et du couscous de soja.

Les tests de couleur réalisés sur les couscous cuits ont révélé une préférence pour le couscous témoin. Les moyennes de classement des deux autres couscous ne sont pas significativement différentes.

Les moyennes obtenues sur l'odeur des trois couscous cuits sont significativement différentes. Il est ressortit une préférence pour l'odeur du couscous de soja, suivi de celle couscous témoin.

Pour le goût, les moyennes de classement sont significativement différentes au niveau des tests de goût. Le couscous témoin vient en tête de la préférence suivi du couscous de soja.

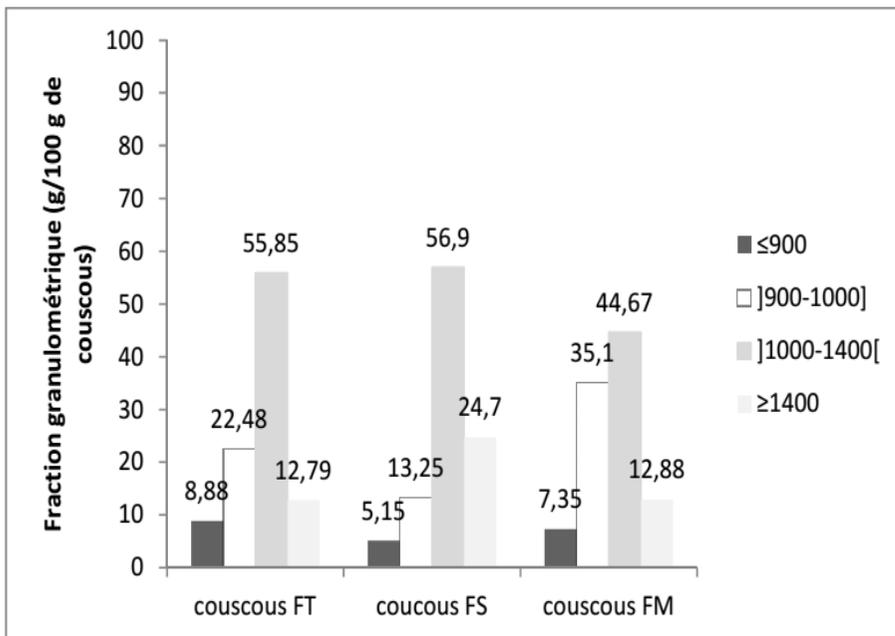


Figure 4 : Distribution granulométrique des couscous formulés.

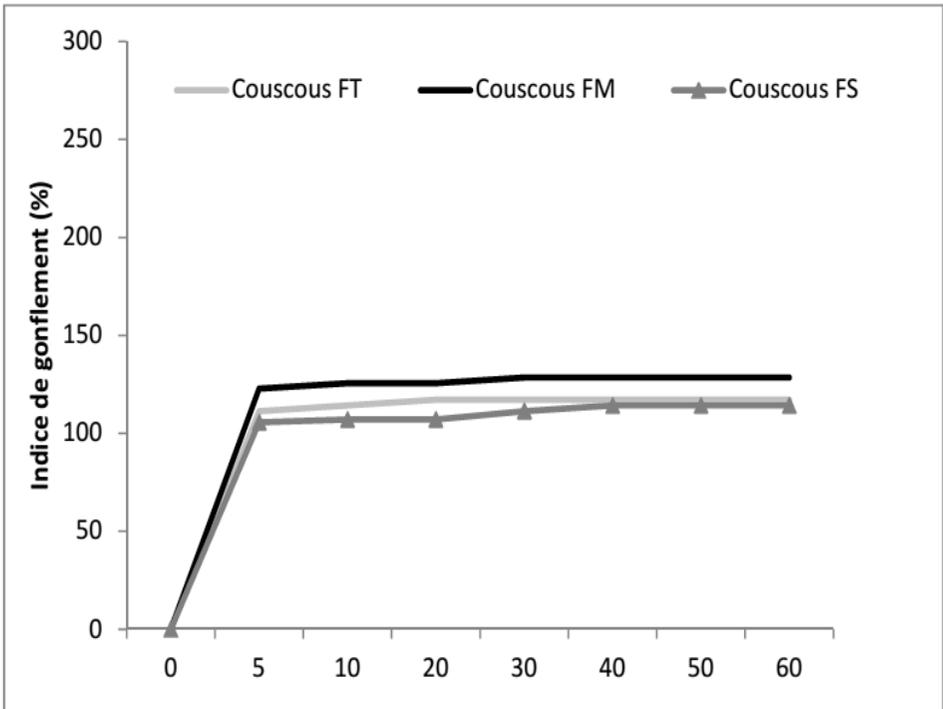


Figure 5 : Indice de gonflement des couscous à 25 °C.

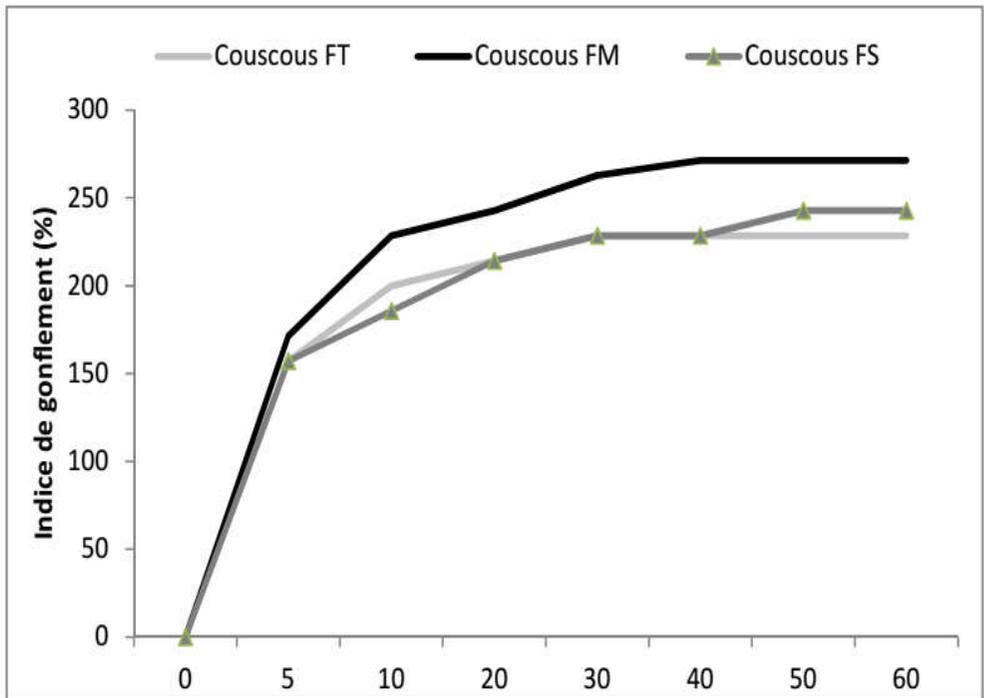


Figure 6 : Indice de gonflement des couscous à 100 °C.

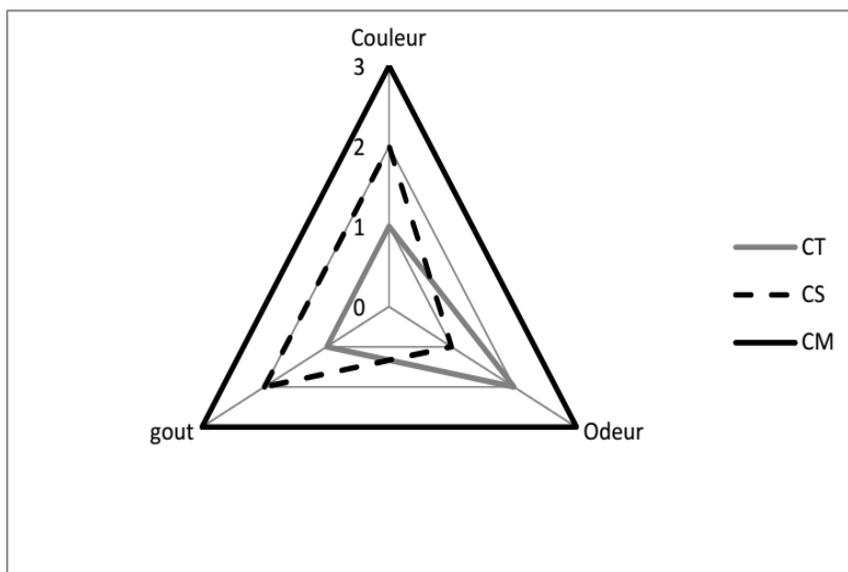


Figure 7 : Test de classification par rang de Friedman des couscous cuits.

Tableau 1 : Formulations des farines de couscous.

Quantités (%)	Farine de Maïs	Farine de Sorgho	Poudre de Soja	Poudre de Moringa
F _T	50	50	0	0
F _S	45	45	10	0
F _M	45	45	0	10

Tableau 2 : Degré de délitescence des couscous.

Couscous formulés	DD %
Couscous F _T	0,95 ± 0,02
Couscous F _S	1,42 ± 0,02
Couscous F _M	1,22 ± 0,01

Tableau 3 : Composition nutritionnelle des couscous.

	Humidité (%)	Protéines (g/100 g MS)	Lipides (g/100 g MS)	Cendres (g/100 g MS)	Fer (mg/100 g)	Zinc (mg/100 g)	Energie (kcal/100g)
Couscous F _T	11,22 ± 0,00	10,47 ± 0,22	5,37 ± 0,01	0,68± 0,01	5,12±0,01	2,54±0,01	379,23
Couscous F _S	10,63 ± 0,05	15,66 ± 0,07	7,61 ± 0,02	1,09± 0,01	4,3±0,01	2,72±0,01	391,13
Couscous F _M	10,96 ± 0,21	18,75 ± 0,29	5,38 ± 0,01	1,45± 0,01	7,37±0,03	2,8±0,01	377,28

DISCUSSION

Qualité des couscous

Un couscous est considéré de bonne qualité lorsque la taille de ses particules est uniforme, ferme et non collant après la cuisson (Aboubakar et Hamaker 2000 ; Ounane et al., 2006). La qualité du couscous est liée à la composition biochimique de la matière première, à la taille des particules de semoule et à son processus de production (Cuq et Abecassis, 2006).

La distribution granulométrique est différente dans les trois couscous. L'agglomération des particules est moins importante dans le couscous de moringa, 42,5% de fraction inférieure à 1000 μm contre 31,8% dans le couscous témoin. Selon de nombreux travaux, l'agglomération des particules dans le couscous serait due à la granulométrie de la semoule (Hebrardet al., 2003). Une semoule fine entraîne la formation de gros agglomérats réduisant le rendement à la cuisson du couscous. L'ajout de la poudre de feuille de moringa (*Moringa oleifera*) et de la poudre de graines de soja (*Glycine max*) a influencé la granulométrie des couscous. Les résultats obtenus confirment ceux d'autres auteurs (Benattalah, 2009) qui indiquent l'intervention d'autres facteurs tels que les propriétés technos fonctionnelles des ingrédients dans la relation granulométrie développement des particules.

L'intégrité des particules de couscous est mesurée par le degré de délitescence. Les couscous de bonne qualité se délitent peu (Ounane et al., 2006). Les couscous enrichis F_S et F_M ont des degrés de délitescence plus élevés que ceux du couscous témoin. Ceci pourrait être dû au pourcentage élevé de fines particules, perdue au cours de l'analyse. L'indice de gonflement indique la capacité d'absorption d'eau des granules de couscous au cours de la cuisson et renseigne sur la fermeté du couscous. L'indice de gonflement renseigne sur la fermeté du couscous. Des indices de gonflement élevés renseignent la

haute qualité du couscous (Ounane et al., 2006). A 25 °C la capacité d'absorption d'eau des trois couscous est similaire. A 100 °C le couscous F_M a un indice de gonflement élevé, 270% indiquant sa fermeté comparé aux couscous F_T et F_S . La température, le temps et le niveau de malaxage de la farine influencent sur la cinétique de prise en eau.

Caractéristiques nutritionnelles

Les teneurs en humidité des couscous produits sont inférieures à 13,5% qui est la valeur préconisée par la norme du codex alimentarius (CODEX STAN 202-1995) sur le couscous. L'ajout de 10% de soja et de feuilles séchées de moringa a amélioré de 1,5 à 2 fois la teneur en protéines du couscous. Les légumineuses sont des sources importantes de protéines. L'effet des légumineuses sur la qualité nutritionnelle des produits céréaliers a été mis en évidence par plusieurs travaux. Les enrichissants utilisés ont d'importantes teneurs en protéines. Des feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) collectées au Burkina Faso ont des teneurs moyennes de 27,2% en protéines (Yaméogo et al., 2011). Celles des graines de soja a été rapportée à 23,98% (Pele et al., 2016). Les variétés *Kapelga* de sorgho et *wari* de maïs utilisées pour les formulations contiennent des teneurs en protéines respectivement de 12,5% et 11% (Songré et al., 2015). La teneur en protéines des bouillies à base de sorgho est passée de 6,74% à 17,25% après ajout de niébé et d'arachide (Kayodé, 2012). L'ajout des légumineuses à des formulations d'aliments infantiles a permis de résoudre des problèmes nutritionnels de groupes vulnérables (Laminu et al., 2014). Le principal intérêt de l'enrichissement avec des légumineuses est la complémentarité en acides aminés des céréales et des légumineuses (Prasanna et al., 2001). Cependant, des études ont montré une proportionnalité entre la qualité, la quantité de protéines et l'absorption d'eau au cours du roulage (Benatallah, 2009).

La matrice protéino-glucidique empêcherait l'amylose de l'amidon de migrer vers la surface des grains de couscous lors de leur cuisson. Cette diffusion serait responsable de la désintégration des particules dans le couscous (Ounane et al., 2006). Une proportionnalité a été observée entre les gluténines collant des particules de couscous (Aboubakar et al., 1999).

Les lipides ont un rôle important dans l'appréciation de la qualité du couscous. Selon des travaux, la production de couscous à partir de semoules délipidées affecte la couleur, diminue le rendement et favorise le collant, la délitescence ainsi que la capacité d'hydratation (Yesli, 2001). Le couscous F_S a une teneur en lipides 1,5 fois supérieures à celle des couscous F_T et F_M. Les teneurs élevées en lipides dans le couscous sont à l'origine de réactions biochimiques entraînant une dissociation des complexes lipidiques (Ragab et al., 2010). Ceci pourrait engendrer une dégradation de la qualité organoleptique au cours de la conservation du couscous. Cependant l'application de certains procédés technologiques tels que le décorticage, le trempage et la germination réduit la teneur en lipides du soja (Pele et al., 2016).

Les variétés de céréales utilisées pour les formulations des farines composites ont des teneurs moyennes en cendres totales de 1,6%. La production du couscous a entraîné une perte des minéraux totaux, 0,68 % pour le couscous témoin. En effet, le décorticage traditionnel affecte la valeur nutritionnelle des grains de céréales, près de 50% de pertes en fer à 10-12% d'abrasion de la matière sèche (Hama et al., 2011). L'ajout des enrichissants a amélioré les teneurs en cendres totales de 1,5 fois. Les feuilles séchées de moringa sont des sources importantes de nutriments. Des feuilles de moringa (*Moringa oleifera*) collectées au Burkina Faso ont des teneurs moyennes de 28,3% en fer et 5,4% en zinc (Yaméogo et al., 2011). Il faut noter que les teneurs en micronutriments varient selon les

écotypes, l'environnement, et les méthodes de culture utilisées (Anjorin et al., 2010). L'ajout de 10% de poudre de feuilles de moringa a amélioré de façon significative les teneurs en minéraux fer et zinc du couscous de céréale.

L'enrichissement aux graines de soja a amélioré les teneurs en protéines et la valeur énergétique tandis que celui de la poudre de feuilles de moringa a amélioré la valeur nutritionnelle.

Appréciation sensorielle

Un couscous est considéré de bonne qualité lorsque la taille de ses particules est uniforme et lorsqu'il ne présente pas d'odeurs inhabituelles. La couleur et la texture sont les principaux attributs affectant l'acceptabilité du couscous. La granulométrie fine] 900-1000[μm est la préférée comparée à celle de] 1000-1400[μm pour l'ensemble des trois couscous. Avant et après cuisson le couscous F_M apparaît significativement différent des deux autres pour la couleur, l'odeur et le goût. Au Burkina Faso, le couscous précuit de blé retrouvé sur le marché est de couleur jaune. L'ajout des feuilles de moringa a changé la couleur habituelle du couscous. Ce changement a été apprécié sous la forme précuite tandis qu'après la cuisson le couscous F_M a été rejetée par les dégustateurs. Selon les ménagères algériennes la couleur jaune permet d'obtenir du couscous de qualité (Youssfi et al., 2002). A la cuisson, la torréfaction préalablement effectuée sur les graines de soja pourrait dégager une odeur attirante pour le consommateur. Cependant, la quantité de farine de soja de 10% pourrait être insuffisante pour une bonne différenciation avec le couscous F_T. Par contre au niveau du goût la différence est significative.

Le couscous témoin ressort le meilleur au test sensoriel. Le mélange de sorgho et de maïs améliore les caractéristiques organoleptiques du couscous.

Conclusion

L'enrichissement de 10% de graines de soja et 10% de feuilles séchées de moringa a amélioré la qualité nutritionnelle du couscous. Les teneurs en protéines et en minéraux sont de 1,5 à 2 fois plus importantes que celles du couscous témoin. L'ajout de la poudre de moringa a amélioré la granulométrie et la capacité d'absorption d'eau du couscous. La teneur élevée en lipides du couscous enrichi au soja pourrait dégrader sa qualité organoleptique et nécessite l'application des traitements technologiques des graines de soja. L'acceptabilité des couscous enrichis auprès des populations nécessite une amélioration des qualités culinaires et organoleptiques.

CONFLIT D'INTERET

Les auteurs déclarent qu'il n'y a pas de conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

FH-B est l'auteur principal qui a conçu et réalisé cette étude sur le terrain. SP a participé à la collecte des données sur le terrain ; BD a supervisé le travail.

REFERENCES

- Aboubacar A, Yazici N, Hamaker BR. 2006. Extent of decortication and quality of flour, couscous and porridge made from different sorghum cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*, **41**(10): 698-703. DOI: 10.1111/j.1365-2621.2005.01138.x
- Aboubacar A, Hamaker BR. 1999. Physicochemical Properties of Flours that Relate to Sorghum Couscous Quality. *Cereal Chemistry Journal*, **76**(2): 308.
- Aboubacar Adam, Hamaker Bruce R. 2000. Low molecular weight soluble starch and its relationship with sorghum couscous stickness. *Journal of Cereal Science*, **31**: 119-126.
- Anjorin TS, Ikkoh P, Okolo S. 2010. Mineral composition of *Moringa oleifera* leaves, pods and seeds from two regions in Abuja, Nigeria. *Int. J. AgricBiol.*, **12**: 431-434.
- Association Française de Normalisation (AFNOR). 1970. Directives générales pour le dosage de l'azote avec minéralisation selon la méthode de Kjeldahl. Produits Agricoles Alimentaires, NF V 03-050.
- Association Française de Normalisation (AFNOR). 2000. Détermination de la teneur en eau, méthode pratique. Céréales, Légumineuses, Produits Dérivés, NF V 03-707.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2012. Official methods of analysis. AOAC: Arlington, Virginia, USA. Atwater WO, Benedict FG. 1899. Experiments on the metabolism of matter and energy in the human body. US Department of Agriculture. Washington, D.C. Bulletin 69, 112p.
- Benatallah L. 2009. Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse de Doctorat, Université Mentouri de Constantine. Institut de la Nutrition, de l'alimentation, et des technologies agroalimentaires. Technologies agroalimentaires.
- Boudreau A, Menard G. 1992. Le blé-Eléments fondamentaux et transformation. DOMINI, 4ème trimestre, Canada : 493 p.
- Cuq B, Abecassis J. 2006. Effects of semolina composition and processing conditions on couscous quality. World Grains Summit Symposium: Foods and Beverages, 17-20 September, San Francisco, USA.
- Guezlane L, Abecassis J. 1991. Méthodes d'appréciation de la qualité culinaire

- du couscous de blé dur. *Ind. Alim. Agr*, **11** : 966-971.
- Hama F, Icard-Vernière C, Guyot JP, Picq C, Diawara B, Mouquet-Rivier C. 2011. Evolution of the micro- and macronutrient composition of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) and whitesorghum (*Sorghum bicolor*) during in field versus laboratory decortications. *Journal of Cereal Science*, **54**: 425–433.
- Hebrard A, Oulahna D, Galet L, Cuq B, Abecassis J, Fages J. 2003. Hydration properties of durum wheat semolina: influence of particle size and temperature. *Powder Technology*, **130**: 211-218.
- Houssou Paul AF, Padonou Sègla W, Vodouhe Marlène CDN, Djivoh Hermine, Dansou Valère, Hotegni B. Abel, Metohou Robert. 2016. Amélioration de la qualité de yêkè-yêkè (couscous de maïs) par enrichissement aux différentes légumineuses au Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **16**(3): 573-585.
- Hurrell R, Egli I. 2010. Iron bioavailability and dietary reference values. *American Journal of Clinical Nutrition*, **91**(5): 1461S–1467.
- Kaup SM, Walker CE. 1986. Couscous in North Africa. *Cereal Food World*, **31**: 179-182.
- Kayodé A PP. Akogou FUG, Amoussa Hounkpatin W, Hounhouigan DJ. 2012. Effets des procédés de transformation sur la valeur nutritionnelle des formulations de bouillies de complément à base de sorgho. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **6**(5): 2192-2201.
- Laminu HH, Sheriff M, Bintu BP, Muhammad AA. 2014. Evaluation of the Protein Quality of Composite Meals produced from Selected Cereals and Legumes for infants. *Scholarly Journal of Agricultural Science*, **4**(11): 536-542.
- Norme Codex pour le couscous. 1995. Norme du Codex Alimentarius : CODEX STAN 202-1995.
- Ojokoh Anthony, Bello Babatunde. 2014. Effect of Fermentation on Nutrient and Anti-nutrient Composition of Millet (*Pennisetum glaucum*) and Soyabean (*Glycine max*) Blend Flours. *Journal of Life Sciences*, **8**: 668-675.
- Ounane G, Cuq B, Abecassis J, Yesli A, Ounane SM. 2006. Effect of physicochemical Characteristics and Lipid Distribution in Algerian Durum Wheat Semolinas on the Technological Quality of Couscous. *Cereal Chem.*, **83**: 377-384.
- Pele GI, Ogunsua AO, Adepeju AB, Esan YO, Oladiti EO. 2016. Effects of Processing Methods on the Nutritional and Anti-Nutritional Properties of Soybeans (*Glycine max*). *African Journal of Food Science and Technology*, **7**(1): 009-012.
- Prasanna BM, Vasal SK, Kassahun B, Singh, NN. 2001. Quality protein maize. *Current Science*, **81**: 1308–1319.
- Ragab HI, Kijora C, Abdelalti KF, Danier J. 2010. Effect of traditional Processing on the nutritive value of some legumes seeds produced in Sudan for Poultry feeding. *Int. J. Poult. Sci.*, **9**: 198-204.
- Songre-Ouattara, Touloundé L, Bationo F, Parkouda C, Dao A, Bassolet IHN, Diawara B. 2015. Qualité des grains et aptitude à la transformation : cas des variétés de *Sorghum bicolor*, *Pennisetum glaucum* et *Zea mays* en usage en Afrique de l'Ouest. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(6): 2819-2832.
- SMART. 2015. Enquête Nutritionnelle Nationale 2015. Rapport provisoire. Ministère de la Santé. Direction de Nutrition. Burkina Faso.
- Saleh ASM, Zhang Q, Chen J, Shen Q. 2013. Millet Grains: Nutritional Quality, Processing, and Potential Health

- Benefits. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, **12**: 281-295.
- Trenteseaux E. 1993. Evaluation de la qualité du blé dur In : Durum wheat quality in the mediterranean region. Option méditerranéenne, Difonzo N, Kanne F, Nachit M (eds) Série A. Séminaire Méditerranéen, Zaragoza 17-19. CIHEAM/ICARDA/CIMMYT : Zaragoza ; 284 p.
- World Health Organization (FAO) / UNICEF. 2002. Global strategy for infant and young child feeding. Geneva.
- Yaméogo CW, Bengaly MD, Sawadogo A, Nikieme PA, Traoré SA. 2011. Determination of chemical composition and Nutritional value of *Moringaoleifera* leaves. *Pakistan Journal of Nutrition*, **10**(3): 264-268.
- Yesli A. 2001. Etude de l'influence des lipides sur la qualité technologique de quelques variétés de blé algérien. Thèse de Magister, INA. El-Harrach, Alger, 98 p.
- Yettou N, Guezlane L, Ounane G. 2000. Mise au point d'une méthode instrumentale d'évaluation de la délitescence du couscous de blé dur. Actes du 1^{er} Symposium de blé : Enjeux et stratégie, Alger, 7-9 février 2000, OAIC : 271-275.
- Youssfi L. 2002. Influence des conditions de fabrication et des modes de préparation sur la qualité du couscous industriel et artisanal. Mémoire de Magister, Option Nutrition et Technologie Alimentaire, I.N.A.T.A.A., Constantine, Algérie, 141p.