

Amélioration de la qualité de yêkè-yêkè (couscous de maïs) par enrichissement aux différentes légumineuses au Bénin

[Improvement of the quality of yêkè-yêkè (corn based couscous) by its enrichment with different legumes seeds in Benin]

Paul A. F. HOUSSOU¹, Sègla W. PADONOU¹, Marlène C. D. N. VODOUHE¹, Hermine DJIVOH¹, Valère DANSOU¹, Abel B. HOTEgni¹, and Robert METOHOUE²

¹Programme Technologies Agricole Alimentaire, Institut National des Recherches Agricoles du Bénin; 01 BP 128 Porto-Novo, Benin

²Direction de l'Alimentation et de la Nutrition Appliquées (DANA), Ministère de l'Agriculture de l'Élevage et de la pêche, 01BP: 295 Porto-Novo, Benin

Copyright © 2016 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Three types of improved yêkè-yêkè (Corn based couscous) have been produced through partial substitution of the corn by soybean, cowpea and voandzou in a proportion of 20% in every case. These different types of improved yêkè-yêkè were compared on sensory basis between them one hand, then to the traditional yêkè-yêkè (100% corn) and to the couscous of wheat on the other hand. After processing, the best output (88.53%) is obtained with the yêkè-yêkè enriched to the voandzou compared to the yêkè-yêkè enriched to the cowpea (65.05%) and to the yêkè-yêkè enriched to the soybean (57.30%). The sensory evaluation shows a significant difference between couscous of wheat and the yêkè-yêkè enriched with respect to the parameters such as color, toughness and sticky aspect. Differences in studied parameters were also noticed between different types of enriched yêkè-yêkè non enriched yêkè-yêkè. The assessment of the global acceptability by the panelists permitted to classify the different yêkè-yêkè enriched as follow: 1st: yêkè-yêkè enriched to the voandzou; 2nd yêkè-yêkè enriched to the cowpea and 3rd yêkè-yêkè enriched to the soybean.

KEYWORDS: yêkè-yêkè, Soybean, Voandzou, Cowpea, Wheat, Couscous, Enrichment.

RESUME: Trois types de yêkè-yêkè améliorés (couscous à base de maïs) ont été produits par la substitution partielle du maïs respectivement au soja, au niébé et au voandzou dans une proportion de 20% dans chaque cas. Ces différents types de yêkè-yêkè améliorés ont été comparés sur le plan sensoriel entre eux d'une part, puis au yêkè-yêkè traditionnel (100% maïs), et au couscous de blé d'autre part. Le meilleur rendement à la transformation (88,53%) a été obtenu avec le yêkè-yêkè enrichi au voandzou comparativement au yêkè-yêkè enrichi au niébé (65,05%) et au yêkè-yêkè enrichi au soja (57,30%). L'évaluation sensorielle a montré une différence significative entre le couscous de blé et les yêkè-yêkè enrichis par rapport aux paramètres tels que la couleur, la dureté et l'aspect collant. Des différences par rapport à ces paramètres ont été aussi observées entre différents types de yêkè-yêkè (y inclus le non enrichi). L'évaluation de l'acceptabilité globale par les panelistes a permis de classer les différents yêkè-yêkè enrichis de la façon suivante : 1^{er} - yêkè-yêkè enrichi au voandzou, 2^{ème} - yêkè-yêkè enrichi au niébé et 3^{ème} - yêkè-yêkè enrichi au soja.

MOTS-CLEFS: maïs, soja, voandzou, niébé, blé, couscous, enrichissement, évaluation sensorielle.

1 INTRODUCTION

Le couscous traditionnel yèkè-yèkè est un produit issu de la transformation du maïs. C'est un plat consommé au cours des cérémonies coutumières notamment par les communautés Popos et Minas au Bénin. Le yèkè-yèkè est obtenu par la technologie traditionnelle qui consiste à transformer les grains de maïs en pâte appelée « mawè », non fermentée. Cette pâte, est mise sous forme de petites granules cuites à la vapeur [1]. Vu l'importance qu'accordent les consommateurs à ce plat, les méthodes de sa stabilisation par le séchage ont été mises au point [2]. Ainsi, il est possible aujourd'hui de produire le yèkè-yèkè sec qui peut être emballé puis conservé et prêt à l'usage domestique. Ceci ouvre la voie à sa commercialisation dans les grands rayons voire à son exportation. Mais la dureté du yèkè-yèkè (100% maïs) constitue l'une de ses caractéristiques reprochées par les consommateurs [3]. Ainsi dans le but d'améliorer la texture un peu plus dure du yèkè-yèkè après cuisson comparativement au couscous cuit de blé, l'idée d'incorporer la farine de niébé (légumineuse riche en protéines) a été mise en application par le Programme Technologies Agricole et Alimentaire (PTAA) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB). Ceci a abouti à la mise au point de yèkè-yèkè enrichi à 20% au niébé dont la texture a été significativement améliorée [2], [3]. Sachant qu'il existe d'autres légumineuses bien cultivées et consommées au Bénin notamment le soja et le voandzou, l'initiative de les utiliser aussi pour enrichir le yèkè-yèkè s'avère aussi nécessaire en vue d'identifier la légumineuse qui se prête mieux à l'enrichissement de yèkè-yèkè. C'est l'objectif de cette étude qui vise à produire trois types de yèkè-yèkè enrichis à 20% respectivement de niébé, de soja et du voandzou, et à les comparer aux points de vue technologique et sensoriel.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 PRODUCTION DE YEKE-YEKE ENRICHI AU VOANDZOU, AU NIEBE ET AU SOJA

Le yèkè-yèkè, produit traditionnel roulé fait initialement à partir du maïs uniquement [1], a subi de façon séparée des modifications par la substitution partielle du maïs par trois différentes légumineuses à une proportion de 20% [3] dans chaque cas afin d'améliorer sa texture.

2.1.1 MATIERES PREMIERES

La matière première principale utilisée est le maïs blanc (*Zea mays* L.) de variété farineuse appelé « *tchawé daho* » en langue locale fongbé au Bénin. Les matières premières secondaires utilisées sont le niébé blanc (*Vigna unguiculata*), le soja (*Glycine maxima*) et le voandzou (*Vigna subterranea* L. Verd).

2.1.2 PRODUCTION DES DIFFERENTS TYPES DE YEKE-YEKE

2.1.2.1 PRODUCTION DU MAWE NON FERMENTE A PARTIR DU MAÏS

Le mawè non fermenté a été le dérivé de maïs utilisé pour la production de tous les types de yèkè-yèkè expérimentés dans la présente étude. Il a été obtenu suivant le procédé de production du mawè familial [4]. Les grains de maïs ont été triés, humectés et décortiqués au moulin afin d'obtenir les gritz de maïs. Ces gritz ont été ensuite trempés pendant 6 heures puis égouttés avant d'être moulus pour devenir la farine de mawè non fermenté.

2.1.2.2 PRODUCTION DE LA FARINE DE NIEBE

Les graines de niébé ont été triées, lavées puis décortiquées par pillage au mortier. Les graines de niébé décortiquées ont été séchées à une température de 60°C pendant 24h dans un séchoir ATTESTA puis vannées pour séparer les pellicules. Ces graines ont été ensuite réduites en farine à l'aide d'un à moulin à meules. La Figure 1 montre la technologie de production de la farine de niébé.

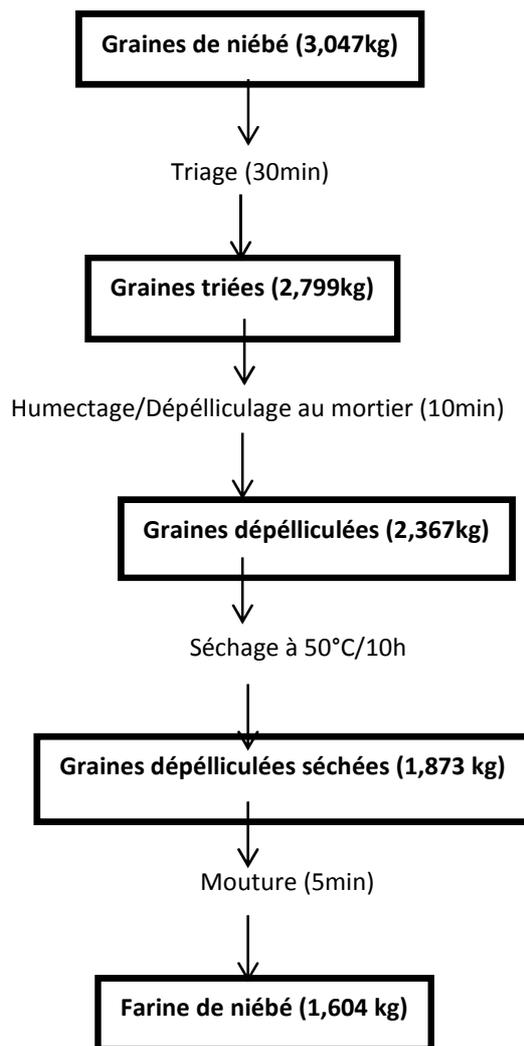


Figure 1: Diagramme de production de la farine de niébé

2.1.2.3 PRODUCTION DE FARINE DE SOJA

Les graines de soja ont été triées (pour débarrasser des déchets), torréfiées et concassées (pour faciliter le dé pelliculage), puis vannées et enfin moulues en farine. La Figure 2 montre la technologie de production de la farine soja.

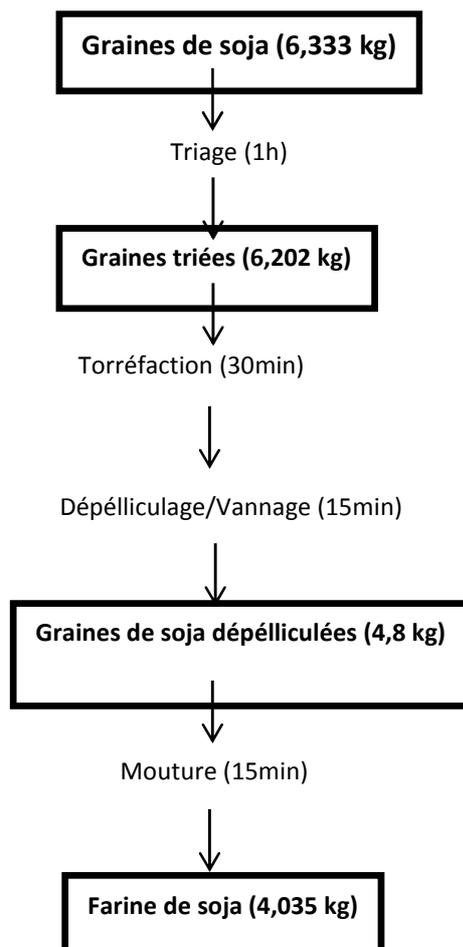


Figure 2: Diagramme de production de la farine de soja

2.1.2.4 PRODUCTION DE LA FARINE DE VOANDZOU

Les graines de voandzou ont été triées, lavées puis séchées pendant trois (03) heures à 50°C dans un séchoir ATTESTA. Les graines ont été ensuite moulues au moulin pour obtention de la farine. La figure 3 montre la technologie de production de la farine de voandzou.

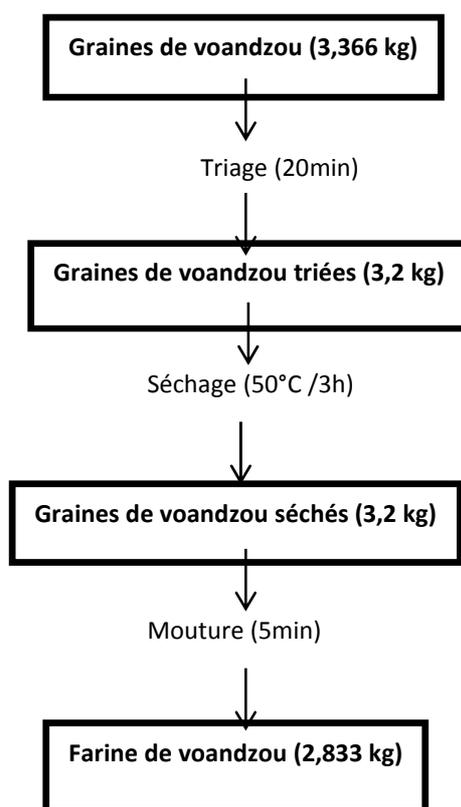


Figure 3: Diagramme de production de la farine de voandzou

2.1.2.5 PRODUCTION DES YEKE-YEKE ENRICHIS AUX LEGUMINEUSES

Sur la base de la matière sèche, le mélange comportant 80% de farine de mawè et 20% de celle de chacune des trois (03) légumineuses a été préparé pour les productions des yèkè-yèkè enrichis respectifs. Chacune de ces productions comporte trois grandes étapes à savoir :

Le pétrissage-malaxage des farines : cette opération consiste à mélanger dans un premier temps le mawè et la farine de légumineuse. On y ajoute ensuite de l'eau et on passe au pétrissage pour obtenir une pâte homogène.

Le roulage : Il consiste à réduire en petites particules la pâte homogène du mélange mawè-légumineuse à l'aide du sassado (tamis végétal traditionnel) ; les particules sont ensuite roulées manuellement par des gestes rotatoires horizontaux imprimés sur une bassine qui les contient. Cette dernière opération peut être également faite à l'aide d'un rouleau-calibre mis au point par le PTAA/INRAB [5].

La pré-cuisson : C'est une opération qui consiste à cuire à la vapeur les granules issus du roulage. La fin de la cuisson est indiquée par le changement de la couleur des granules de blanc à jaune claire.

Le séchage : Elle consiste à réduire jusqu'à 12% le taux d'humidité par séchage de yèkè-yèkè précuit à une température moyenne de 50°C pendant sept (7) heures. Le matériel utilisé était un séchoir hybride utilisant comme source de chaleur l'énergie solaire et le gaz combustible. A la fin du séchage, le produit est laissé à température ambiante pour le refroidissement. Il est ensuite tamisé pour séparer les grains fins (>1,25 mm), les grains moyens (2 à 3,15 mm) et les grains grossiers (>3,15mm). La Figure 4 ci-dessous montre la technologie de production yèkè-yèkè enrichi.

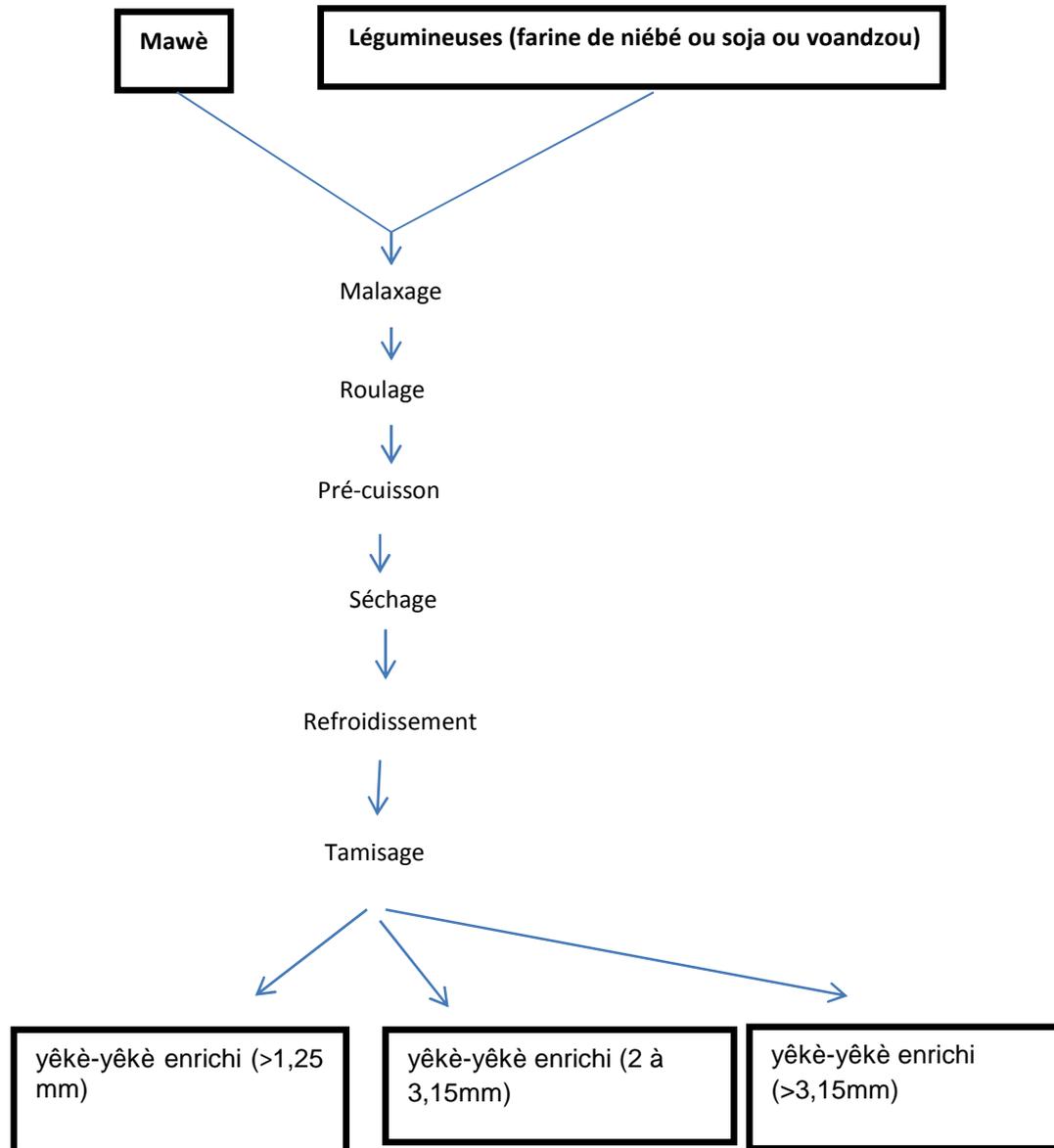


Figure 4 : Diagramme de production de yêkè-yêkè enrichi aux légumineuses (niébè, soja, voandzou)

2.2 EVALUATION SENSORIELLE

L'évaluation sensorielle a été réalisée selon une chronologie d'étapes consistant dans un premier temps à conduire une enquête auprès de consommateurs de couscous de blé. Cette première phase a permis de recueillir les critères de qualité d'un couscous selon les consommateurs, tout en mettant l'accent sur les critères de qualité, les plus importants, ainsi que les caractéristiques recherchées par les consommateurs en référence au couscous de blé. Ceci justifie le choix du couscous de blé pour définir les critères de qualité et caractéristiques d'un 'bon couscous'.

La deuxième phase de l'étude a consisté à la définition du profil sensorielle des trois (03) types de yêkè-yêkè enrichis (au niébè, voandzou et soja). Cette phase a permis de décrire les yêkè-yêkè enrichis en se basant sur les critères de qualité les plus importants.

La troisième phase a consisté à recueillir l'appréciation des consommateurs dégustateurs des différents yêkè-yêkè enrichis produits. Cette évaluation en station est une évaluation comparative des yêkè-yêkè se basant sur l'appréciation

générale. Elle prépare à une évaluation en milieu réel et permet d'améliorer les technologies afin de répondre aux attentes des consommateurs.

2.2.1 COLLECTE DES DONNEES SUR LES CRITERES DE QUALITE ET LA DEFINITION DU PROFIL SENSORIELLE D'UN COUSCOUS SELON LES CONSOMMATEURS

Ces collectes ont été faites à travers une enquête réalisée auprès de 25 consommateurs (10 hommes et 15 femmes) de couscous sur les critères d'appréciation d'un bon couscous de façon générale et en particulier du couscous de blé. Elle a été conduite dans les 2 grande villes du Bénin que sont Porto-Novo et Cotonou et a pris en compte aussi bien les consommateurs individuels que les restaurateurs et restauratrices qui préparent et consomment ce met. Une fiche d'enquête a été conçue et comporte des questions sur les aspects entre autres, de fréquence de consommation du couscous pour juger de la connaissance du produit par l'enquêté et les attributs de qualité d'un bon couscous (goût, couleur, arôme, adhésion aux dents, aspect collant, mastication, granulométrie, durée de cuisson). Les critères de qualité les plus importants selon les consommateurs ont été dégagés.

2.2.2 EVALUATION SENSORIELLE AXEE SUR LE PRODUIT

Cette phase de l'évaluation a consisté dans un premier temps à reconstituer les trois (03) yêkè-yêkè enrichis séchés. Le yêkè-yêkè 100% maïs et le couscous de blé ont été utilisés comme témoins. La première comparaison s'est faite entre les yêkè-yêkè enrichis et le couscous de blé, ensuite entre les yêkè-yêkè enrichis et le yêkè-yêkè (100% maïs). Les produits ont été présentés à un panel constitué de 15 personnes expérimentées et préalablement formées. Une fiche d'évaluation sensorielle a été établie et est remplie par les dégustateurs. Les différents produits testés sont comparés entre eux et classés dans un ordre allant du produit ayant la moindre qualité à celui ayant la meilleure qualité selon les dégustateurs par rapport à chaque attribut de qualité (couleur, facilité de mastication/dureté, flaveur, aspect collant, adhérence aux dents). Suivant les caractéristiques connues du couscous de blé, les critères de qualité sont présentés sous la forme d'une caractéristique bien définie (Tableau 1). Exemple : Dureté (du plus dure au moins dure).

Tableau 1: Descripteurs sensoriel décrivant la texture et l'aspect des couscous retenus pour le test

Sensation	Descripteurs	Définitions
Visuelle	Couleur	Classement des yêkè-yêkè du jaune clair au jaune foncé
Tactile	Aspect collant des grains après cuisson	Facilité des grains à se collés ou à se détachés sous la pression des doigts ou de la cuillère
Mastication dans la bouche	Dureté	Facilité à mastiquer une bouchée de grains sous les dents
	Adhérence aux dents	Sensation collante ou non des grains sur les dents lors de la mastication
Olfactive	Flaveur	Détection ou non d'odeur spécifique et à classer par ordre croissant

Les quatre (04) types d'échantillons de yêkè-yêkè 100% maïs et yêkè-yêkè enrichis à 20% au niébé, au soja et au voandzou et l'échantillon de couscous de blé ont été soumis aux dégustateurs pour l'évaluation sensorielle à travers un test de classement d'intensité. A l'aide des fiches de dégustation, les panelistes sont appelés à classer par ordre de préférence les 4 échantillons de yêkè-yêkè enrichis et de couscous de blé ou yêkè-yêkè (100% maïs selon le cas) pour chaque attribut de qualité. Chaque attribut de qualité a été évalué par ordre décroissant allant du plus intense au moins intense. Environ 5 g des formes cuites des 4 échantillons ont été soumis dans un plateau à chaque paneliste pour évaluation. Les échantillons soumis à chaque paneliste sont codés par une lettre de trois chiffres 230, 350, 480 et 560. L'ordre de dégustation a été aléatoire.

2.2.3 EVALUATION SENSORIELLE AXEE SUR LE CONSOMMATEUR

Les trois types de yêkè-yêkè enrichis produits ont été soumis à 60 dégustateurs amateurs préalablement entraînés par un spécialiste d'analyse sensorielle pour une évaluation sensorielle dans les locaux du Programme Technologiques Agricole et Alimentaire de l'Institut National des recherches Agricoles du Bénin (PTAA/INRAB). Les différents produits soumis à la dégustation ont été évalués se basant sur l'acceptabilité générale. L'échelle hédonique utilisée est la suivante: 1=N'aime pas du tout, 2=N'aime pas beaucoup, 3=Indifférent, 4=Aime un peu, 5= Aime beaucoup. Il a été présenté à chaque dégustateur

une assiette contenant environ 5 g de chaque échantillon de yêkè-yêkè enrichi cuit et refroidi jusqu'à 45°C. Les assiettes ont été codées et présentées aux dégustateurs avec les fiches d'évaluation.

2.3 TRAITEMENT DES DONNEES ET ANALYSE STATISTIQUE

Le calcul des moyennes et des écart-types ont été faites avec les données collectées en utilisant le logiciel Microsoft Office Excel (2007) et le logiciel SPSS version 17.0. Le test de Friedman est utilisé pour comparer les différentes moyennes des rangs de scores pour les paramètres étudiés en utilisant les logiciels SPSS version 17.0.

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 BILAN DE MATIERES DES DIFFERENTS TYPES DE FARINES DE LEGUMINEUSES POUR LA PRODUCTION DU YEKE-YEKE

Les bilans des matières lors de la production des farines de niébé, de voandzou et de soja se présentent respectivement dans les Tableaux 2,3 et 4 suivants :

Tableau 2: Bilan de matières de la transformation du niébé en farine

Opérations	Produits obtenus	Durée	Quantité de départ (kg)	Quantité finale (kg)	Rendement (%)
Triage	Graines de niébé triées	30min	3,05	2,80	91,83
Dépêlliculage au mortier	Graines dépêlliculées	15min	2,80	2,36	84,45
Séchage à (50 ±5) °C	Graines dépêlliculées sèches	10h	2,36	1,87	66,91
Mouture	Farine de niébé	8min	1,87	1,60	57,30

Tableau 3: Bilan de matières de la transformation du voandzou en farine

Opérations	Produits obtenus	Durée	Quantité de départ (kg)	Quantité finale (kg)	Rendement (%)
Triage / Lavage	Graines de voandzou	20min	3,37	3,20	95,06
Séchage à 50°C ±5	Graines de voandzou séchées	3 h	3,20	3,20	100
Mouture	Farine de voandzou	5 min	3,20	2,80	88,53

Tableau 4: Bilan de matières de la transformation du soja en farine

Opérations	Produits obtenus	Durée	Quantité de départ (kg)	Quantité finale (kg)	Rendement (%)
Triage	Graines de soja triées	1 h	6,33	6,20	97,93
Torréfaction	Graines de soja torréfiées	30 min	6,20	6,20	100
Concassage	Graines concassées de soja	5 min	6,20	5,95	95,98
Vannage	Cotylédons de soja	15 min	5,95	4,80	77,39
Mouture	Farine de soja	5 min	4,80	4,03	65,05

Lors de la production de la farine des différentes légumineuses, le rendement en farine du voandzou a été le plus élevé, allant jusqu'à 88,53% (Tableau 3). Cela est dû à l'absence des opérations de décorticage et de vannage des graines dans son procédé de fabrication (Figure 3). En effet, l'application des opérations de décorticage/vannage sur les graines de niébé et de

soja ont agi sur le rendement final du fait de l'élimination des sons. Les rendements en farines de niébé et de soja sont relativement plus faibles, de l'ordre de 57,30% pour le niébé (Tableau 2) et 65,05% pour le soja (Tableau 4). La durée de production de la farine de niébé a été plus longue (10 h 53 min), à cause de l'opération de séchage qui a duré 10 heures (Tableau 2). Aussi bien pour le niébé et le voandzou, les graines subissent un séchage mais le temps de séchage varie à cause de l'opération précédente appliquée aux graines juste avant séchage. En effet, les graines de voandzou ont subi juste avant séchage un lavage simple tandis que les graines de niébé ont subi un dé-pelliculage humide au mortier, ce qui a fait augmenter au niveau des graines de niébé le taux d'humidité et a fait élever la durée de séchage des graines dé-pelliculées. La mise au point et l'application de méthodes sèches d'élimination des pellicules de soja et de niébé, pour entre autres la réduction des facteurs antinutritionnels et les points noirs, à l'instar du maïs pour la préparation du mawè permettra de réduire le temps de ces opérations ainsi que les pertes.

3.2 EVALUATION SENSORIELLE

3.2.1 ATTRIBUTS DE QUALITE D'UN BON COUSCOUS

Les résultats obtenus après l'analyse des informations collectées lors de l'enquête auprès des consommateurs habituels de couscous et des restaurateurs/restauratrices des villes de Cotonou et de Porto-Novo ont montré que les critères de qualité d'un bon couscous de blé sont respectivement suivant l'ordre d'importance: le goût, la dureté, la granulométrie, la couleur, la durée de cuisson, l'aspect collant, l'arôme, l'adhésion aux dents. La Figure (5) suivante illustre le degré d'importance de chaque critère. Certains de ces attributs de qualité, plus précisément la couleur, la texture, et l'aspect collant sont souvent pris en compte dans les études pour l'appréciation de la qualité du couscous de blé [6].

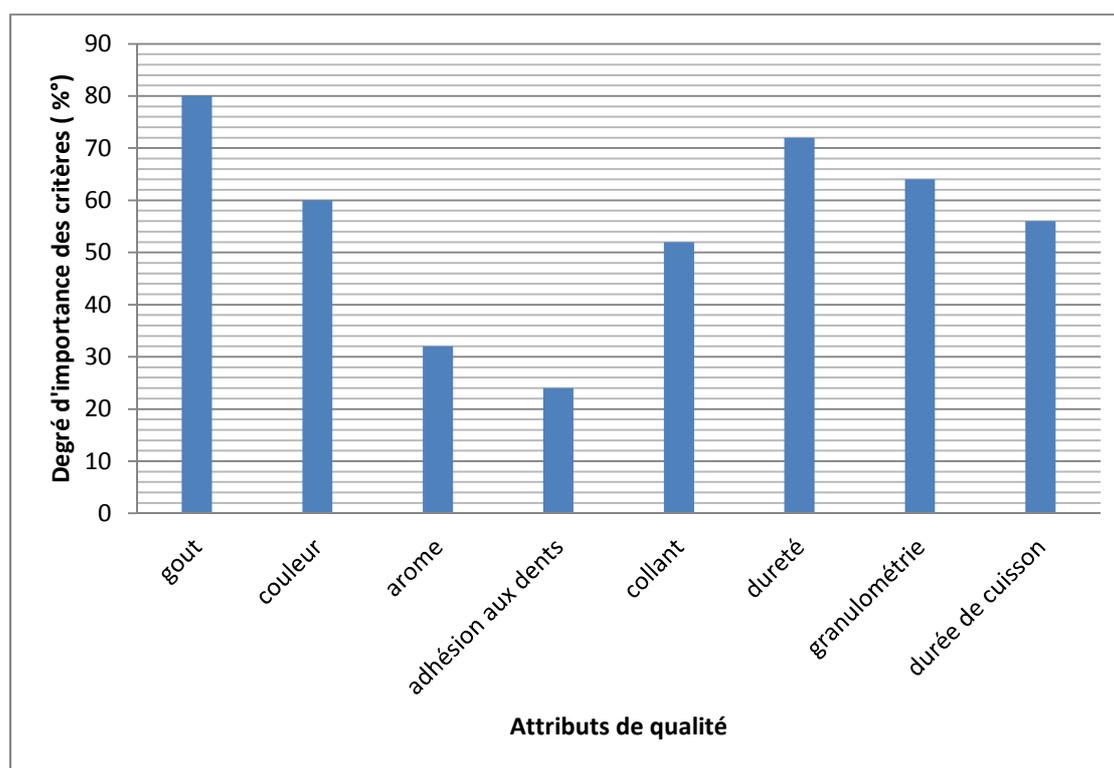


Figure 5: Différents critères de qualité selon les consommateurs

Par ailleurs, les résultats ont montré que tous les consommateurs trouvent que le couscous doit être bon en termes de goût et d'arôme caractéristique de couscous. Pour ce qui est de la couleur, elle est plus ou moins relative. Les consommateurs (57,89%) préfèrent un couscous blanchâtre, d'autres (21,05%) aiment qu'il soit de couleur jaune clair et d'autres (21,05%) encore préfèrent le couscous jaune foncé. Par rapport à l'adhésion aux dents, tous les consommateurs (100%) préfèrent le couscous qui n'adhère pas aux dents. En ce qui concerne l'aspect collant, le couscous pas collant (avec

grains détachés) est apprécié par la majorité des consommateurs (89,47%), et le reste (19,05%) aime le couscous moyennement collant. Pour la dureté des grains, 69,56% des consommateurs aiment le couscous tendre, 30,43% aiment les grains légèrement dures et personne n'aime le couscous dur. En outre, 52,63% des enquêtés aiment les grains moyens de tailles comprises entre 1 et 2 mm, 42,1% aiment les grains fins, et 5,26% aiment les grains grossiers de taille comprise en 2 et 3 mm. Enfin, 66,66% des enquêtés aiment le couscous qui cuit facilement.

3.2.2 PROFIL DES DIFFERENTS YEKE-YEKE ENRICHIS

Les profils des différents yêkè-yêkè enrichi et du couscous à base de blé sont présentés selon chaque attribut de qualité. Les paramètres liés à l'aptitude à la cuisson n'ont pas été pris en compte dans le cas de cette étude.

Tableau 5: Classement par score moyen des données du test d'intensité des attributs de qualité pour différents types de couscous

Attributs de qualité	Intensité			
	Moy D	Moy A	Moy C	Moy B
Couleur jaune	1,27±0,79	2,8±0,77	2,8±0,77	2,6±1,12
Dureté	3,6±1,05	1,87±0,74	2,13±0,83	2,07±1,03
Flaveur	1,87±1,18	2,73±0,79	3,07±0,79	2,47±1,50
Collant	1,53±1,12	2,8±1,01	3±0,65	2,47±1,06
Adhésion des dents	1,6±1,29	2,67±1,17	2,47±1,12	2,2±1,21

Score le plus faible=1=critère le plus intense ;NB : A= yêkè-yêkè enrichi au voandzou, B= yêkè-yêkè enrichi soja, C= yêkè-yêkè enrichi au niébé et D= couscous de blé

Par rapport à la couleur, le couscous de blé est le couscous qui présente plus la couleur jaunâtre. Le yêkè-yêkè enrichi au soja est le deuxième suivi du yêkè-yêkè enrichi au niébé et au voandzou qui ont des scores similaires (Tableau 5). La référence [6] a expliqué que la couleur du couscous de blé peut être influencée par la variété de blé utilisée, la teneur en protéines, (plus la teneur en protéines est élevée plus la couleur jaunâtre est remarquable), la granulométrie et les conditions du milieu (climat, sol, techniques culturales, etc.). La référence [7] a constaté dans le cas du couscous produit à partir du sorgho, que plus le taux de décorticage des grains de sorgho avant la mouture est élevé plus la farine obtenue pour la fabrication du couscous est blanche. Le test de Friedman ($p=5\%$) est significatif montrant ainsi une différence au sein de tous ces produits

Par contre le test ne révèle aucune différence significative au sein du groupe formé par les yêkè-yêkè enrichis ($p > 5\%$) par rapport à la couleur. Pour ce qui est de la dureté, le yêkè-yêkè enrichi au voandzou semble être le plus dur, au moins une fois et demi la dureté du couscous de blé (Tableau 5). Le test de Friedman révèle une différence significative ($P < 5\%$) entre tous les différents produits étudiés. Par contre la différence n'est pas significative ($P > 5\%$) entre les yêkè-yêkè enrichis. Ainsi le couscous de blé serait significativement moins dur que les yêkè-yêkè. La référence [8] a rapporté que le couscous de sorgho préparé avec une farine très fine avait une certaine douceur à la bouche. La référence [6] a constaté en outre que plus le pourcentage de protéines dans le couscous est élevé, plus la qualité culinaire est améliorée. Ainsi la référence [9] a proposé l'incorporation du gluten de blé dans la semoule de maïs pour améliorer la teneur en protéines et la qualité culinaire du couscous de maïs. La référence [7] a fait observer après l'étude du couscous de sorgho, que plus le taux de décorticage est élevé, plus le couscous issu de la farine est dur, ce qui serait due à la forte concentration en amidon. Le couscous de sorgho se révèle alors plus dur que le couscous de blé [10].

Pour ce qui est de la flaveur, bien que le couscous de niébé ait le score le plus élevé, aucune différence significative n'a été constatée entre tous produits étudiés ($P > 5\%$). Ainsi les différents traitements appliqués aux légumineuses ont permis de réduire l'odeur des légumineuses incorporés dans le yêkè-yêkè.

Les moyennes obtenues ont montré que le couscous de blé est le plus collant suivi du yêkè-yêkè enrichi soja (Tableau 5). La matière première de base utilisée serait à l'origine des couscous. La référence [8] a expliqué que dans le cas du sorgho, certaines variétés telles que la variété waxi donnent un couscous plus collant comparativement à d'autres variétés. Ainsi la référence [10] a rapporté que le couscous de sorgho est plus collant que le couscous de blé. Les résultats du test de Friedman témoignent d'une différence significative ($p < 5\%$) dans la perception de l'aspect collant des différents produits. Par contre la différence n'est pas significative ($p > 5\%$) au sein du groupe formé par les différents yêkè-yêkè enrichis.

Par rapport à l'adhésion aux dents, les résultats du test de Friedman ne sont pas significatifs ($P > 5\%$). Ainsi tous les couscous ont une adhésion aux dents semblable lors de la mastication. Les différents traitements appliqués aux légumineuses n'affectent pas l'adhésion aux dents. Les résultats de la comparaison des yêkè-yêkè enrichis et du yêkè-yêkè 100% sont présentés dans le Tableau 6 ci-après.

Tableau 6: Classement par rang des données du test d'intensité pour différents paramètres de qualité des yêkè-yêkè

Paramètres	Moy (A)	Moy (B)	Moy (C)	Moy (D)
Couleur jaune	4,00±0,00	2,62±0,51	2,38±0,51	1,00±0,00
Dureté	1,38±0,74	1,88±0,64	2,75±0,46	4,00±0,00
Flaveur	3,75±0,46	2,12±0,64	1,62±0,91	1,87±0,99
Collant	3,50±0,74	2,81±0,53	2,50±0,88	1,19±1,00
Adhésion	1,75±1,16	2,62±0,70	2,12±1,03	3,50±1,06

Score le plus faible=1=critère le plus intense ;NB : A= yêkè-yêkè 100% mais, B= yêkè-yêkè enrichi au voandzou, C= yêkè-yêkè enrichi au niébé et D= yêkè-yêkè enrichi au soja

Ce tableau 6 montre que la couleur jaune est plus prononcée au niveau du yêkè-yêkè enrichi au soja et beaucoup moins prononcé au niveau du yêkè-yêkè 100% maïs. La dureté des grains est plus ressentie au niveau du yêkè-yêkè 100% maïs et le score est proche de celui du yêkè-yêkè enrichi au voandzou. Par contre celui enrichi au niébé apparaît moins dur et le yêkè-yêkè enrichi au soja est le moins dur (100%). Le test de Friedman montre une différence significative ($P < 5\%$). La flaveur témoignant d'un arrière goût après consommation du produit est plus présente au niveau du yêkè-yêkè enrichi au soja suivi de celui enrichi au niébé. Le test de Friedman montre une différence significative $P < 5\%$. Le produit le plus collant est le yêkè-yêkè enrichi au soja et le moins collant est le yêkè-yêkè 100% maïs. Enfin, les yêkè-yêkè enrichi au soja est celui qui adhère le moins aux dents et celui 100% maïs y adhère le plus. La différence entre les différents types de yêkè-yêkè est significative $P < 5\%$.

Ainsi l'apport de légumineuse semble avoir un effet sur les caractéristiques du yêkè-yêkè. Cet effet dépendrait aussi du type de légumineuse ajouté. Il a été rapporté que plus la farine contient de l'amidon, plus le couscous est dur mais moins visqueuse. Le degré du caractère collant dépend de la quantité d'amidon dégradé dans la farine [10]. Le caractère collant serait aussi lié au taux élevé de glucides à chaînes intermédiaire solubles [11]. Il est amélioré avec l'ajout d'huile au cours de la cuisson du fait de l'interaction lipide-amidon [11]. Dans un mélange maïs+voandzou, on constate que plus il y a de maïs, plus la concentration de gel est élevé [12].

3.2.3 APPRECIATION DES YEKE-YEKE ENRICHIS SELON L'ACCEPTABILITE GLOBALE

Le choix des meilleurs couscous s'est fait en se basant sur l'appréciation globale des produits. Le tableau suivant présente les moyennes des notes selon l'appréciation des consommateurs. La moyenne des scores des produits les plus préférés et les moins préférés sont aussi présentés.

Tableau 7: Appréciation comparative des yêkè-yêkè enrichis (moyenne des scores)

Critères de qualité	Moyenne des notes			Produit le plus préféré			Produit le moins préféré		
	Soja	Niébé	Voandzou	Soja	Niébé	Voandzou	Soja	Niébé	Voandzou
Acceptabilité	1,76 ±0,88	3,78 ±1,08	4,43 ±0,92	0,05 ±0,22	0,29 ±0,46	0,53 ±0,50	0,33 ±0,47	0,26 ±0,44	0,19 ±0,40

NB : Les moyennes sont calculées sur la base des notes attribuées aux différents produits. Les notes les plus élevées expriment une meilleure appréciation du produit. N'aime pas du tout '1'; N'aime pas beaucoup '2'; Indifférente '3'; Aime moyennement '4'; Aime beaucoup '5'.

Les moyennes des notes attribuées aux différents yêkè-yêkè enrichis montrent que pour le type enrichi au soja, les consommateurs sont un peu au-delà de la désapprobation totale pour l'acceptabilité générale. Pour le yêkè-yêkè enrichi au

niébé, les consommateurs sont un peu au-delà de l'indifférence pour l'acceptabilité générale. Quant au yêkè-yêkè enrichi au voandzou, les consommateurs ont une perception un peu au-delà de l'appréciation moyenne pour l'acceptabilité globale.

L'acceptabilité globale des différents produits se traduit à travers les moyennes des notes attribuées aux différents produits. Les résultats du test d'ANOVA révèlent une différence significative entre les 3 produits ($P < 5\%$). Le test de Newman-Keuls classe les produits dans différents groupes distincts. Ainsi les consommateurs apprécient différemment yêkè-yêkè enrichis. En se basant sur les moyennes, on peut conclure que le yêkè-yêkè enrichi au voandzou est plus apprécié que celui à base de niébé, et ce dernier est plus apprécié que celui à base de soja. Toutefois, en Turquie, une étude de perception a révélé que le couscous de soja avec incorporation d'œufs était plus apprécié que celui à base de l'avoine [13]. L'utilisation du procédé d'extrusion (plus précisément le twin-screw-extrusion) permettait d'avoir un couscous qui avait une meilleure apparence, une durée de réhydratation et de cuisson plus courte et une bonne acceptabilité [14]. Il existe une différence hautement significative par rapport à l'appréciation des trois types de yêkè-yêkè. En se basant sur le classement de Newman-Keuls et les moyennes, on constate que le yêkè-yêkè de soja est moins apprécié que celui de niébé et ce dernier à son tour est moins apprécié que celui de voandzou.

4 CONCLUSION

L'incorporation de protéines au yêkè-yêkè traditionnel améliore la qualité du produit. Ainsi, le yêkè-yêkè enrichi reste différent du couscous de blé pour la plupart des paramètres de qualité (couleur, dureté, aspect collant, adhésion) mais ne l'est pas pour la saveur. Toutefois, le yêkè-yêkè enrichi aux protéines végétales est un produit acceptable qui sera sûrement apprécié par le grand public de consommateurs de couscous. De plus, l'enrichissement améliorera sans aucun doute la qualité nutritionnelle du produit final. Le yêkè-yêkè au voandzou est le plus apprécié, puis ensuite celui au niébé et enfin celui au soja. Toutefois, le yêkè-yêkè de soja, bien que moins acceptée du fait de sa couleur trop foncée et de son caractère trop collant est beaucoup moins dure que les autres types enrichis. L'ajout de l'huile au cours de la cuisson pourrait améliorer l'aspect visuel de ce produit et intéresser encore plus de consommateurs. Ces 03 produits pourraient être tous mis sur le marché et les consommateurs s'orienteront vers l'un ou l'autre selon leurs préférences.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été soutenu financièrement par le Centre National de Spécialisation Maïs du Programme de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest au Bénin (CNS-Maïs/PPAAO-Bénin). Nos remerciements à l'endroit de Monsieur. Jean MONHOUANOU pour la lecture de cet article.

REFERENCES

- [1] Houssou A.P.F., 1996: Amélioration des performances d'un rouleau AFREM pour la granulation du couscous de maïs. Thèse d'Ingénieur Agronome, FSA, Univ. Nat. du Bénin. Univ. of Ibadan, Nigeria, 85 p.
- [2] Houssou A.P.F., Adjovi Ahoyo N.R., Ahouansou R., Dansou V., Djivoh H., Adjadohoun A., Mensah G.A., 2014. Production de yêkè-yêkè (couscous de maïs) enrichi au niébé, Fiche technique, Dépôt légal N°7651 du 16/12/2014, 4^{ème} trimestre, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin-ISBN : 978-99919-0-261-6.
- [3] Houssou A.P.F., Dansou V., Djivoh H., Mensah G.A., Adjadohoun A., 2014. Détermination du taux d'incorporation du niébé dans la production du couscous enrichi au niébé, Rapport d'activité, PTAA/INRAB.11p.
- [4] Hounhouigan D.J., 1994. Fermentation of maize (*Zea mays* L.) meal for mawè production in Benin: physical, chemical and microbiological aspects. Ph.D thesis, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands 83p.
- [5] M.M. Dédédji, R. Ahouansou and D.J. Hounhouigan, " Evaluation des performances techniques d'un granuleur mécanique pour la production d'attiéké (couscous de manioc) au Bénin", *Bulletin de la Recherche Agronomique du Bénin*, no. 61, pp.7-16, 2008.
- [6] Trentesau, E. "Evaluation de la qualité du blé dur".In DiFonzo N. (ed.), Kaan F. (ed.), Nach it M. (ed.). Durum wheat quality in the Mediterranean region .Zaragoza : CIHEAM. pp. 53-59, 2005.
- [7] A. Aboubacar, N. Yazici and B.R. Hamaker, "Extent of decortication and quality of flour, couscous and porridge made from different sorghum cultivars", *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 41, 698–703pp., 2006.
- [8] M. Galiba, R.D. Waniska, L.W. Rooney and F.R. Miller, "Couscous quality of sorghum with different kernel characteristics" *Journal of Cereal Science*, vol. 7, no. 2, pp.183–193, 1988.
- [9] L. Benatallah, D.E. Mekhancha and H. Aït-Amar, "Incorporation de gluten de maïs dans la fabrication de couscous", *Industries Alimentaires et Agricoles*, vol. 11, pp.14-17, 2004.

- [10] A. Aboubacar and B.R.Hamaker, "Physicochemical Properties of Flours that Relate to Sorghum Couscous Quality". *Cereal chemistry journal*, vol. 76, no. 2, pp.308-313, 1999.
- [11] A. Aboubacar and B.R.Hamaker, "Low Molecular Weight Soluble Starch and its Relationship with Sorghum Couscous Stickiness", *Journal of Cereal Science*, vol. 31, no. 2, pp.119–126, 2000.
- [12] M.A. Akpapunam and J.W. Darbe, "Chemical composition and functional properties of blends of maize and bambara groundnut flours for cookie production", *Plant Foods for Human Nutrition*, vol. 46, no. 2, pp.147-155,1994.
- [13] İ. Çelik, F. Işık and O. Gürsoy, "Couscous, a traditional Turkish food product: production method and some applications for enrichment of nutritional value", *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 39,no. 3, pp. 263–269, 2004.
- [14] A. Debbouz and B.J. Donnelly, "Process effect on couscous quality", *Cereal chemistry*, vol. 73, no. 6, pp. 668-671,1996.