

5. Conclusion

Grace à l'appui financier du Projet de Productivité Agricole en Afrique de l'Ouest (PPAAO), le Centre National de Spécialisation sur le Maïs (CNS-Maïs) permet d'améliorer la technologie de production de yêkè-yêkè enrichi au niébé en donnant un appui financier à la recherche faite par le Programme Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des recherches Agricoles du Bénin (INRAB) du Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche (MAEP). La nécessité du transfert de la technologie de yêkè-yêkè aux acteurs du secteur agroalimentaire et autres est indispensable pour la promotion de ce nouveau produit.

6. Références bibliographiques

1. Ahoyo Adjovi N. R., Djinadou A. K. A., Adégbola Y. P., Allagbé C. M., Gotoéchan M. H., Adjanohoun A. & Mensah G. A., 2013. Technologies améliorées de production, de conservation et de transformation du maïs existantes au Bénin. 2013. Document Technique et d'Information, CNS-Maïs, INRAB, PPAAO/WAAPP, ProCAD & MAEP/Bénin. Dépôt légal N° 6949 du 04 novembre 2013, 4ème trimestre 2013, ISBN : 978-99919-1-614-9, Bibliothèque Nationale (BN) du Bénin. 19 p. En ligne (on line) sur <http://www.slire.net>.
2. Hounhouigan D. J., Nout M. J. R., Nago C. M., Houben J. H. & Rombouts F.M., 1993. Changes in the physico-chemical properties of maize during natural fermentation of mawè. *Journal of Cereal Science*, 17(3): 291-300.
3. Houssou A. P. F., 1996. Etude des performances du rouleuse AFREM pour la production de couscous de maïs. Mémoire d'Ingénieur Agronome, FSA/UNB, Bénin. 105 p.
4. Yallou C. G., Aïhou K., Adjanohoun A., Baco M. N., Sanni O. A. & Amadou L., 2010. Document Technique d'Information et de vulgarisation : Répertoire des Variétés de Maïs Vulgarisées au Bénin. MAEP/INRAB/BENIN. ISBN : 978-99919-368-4-0.

Fiche technique

Production de yêkè-yêkè (couscous de maïs) enrichi au niébé

Dr Ir. Paul HOUSSOU, Chargé de recherche (CAMES)

Dr Ir. Nestor René ADJOVI AHOYO, Chargé de recherche (CAMES)

Dr Ir. Roger AHOUANSOU, Attaché de Recherche au PTAA

Ir. Valère DANSOU, Assistant de Recherche au PTAA

Ir. Hermine DJIVOH, Assistante de Recherche au PTAA

Dr Ir. Adolphe ADJANOHOUN, Maître de recherche (CAMES)

Dr Ir. Guy Apollinaire MENSAH, Directeur de recherche (CAMES)

Table des matières

1. Introduction.....	3
2. Matériels et Méthodes.....	4
2.1. De quoi a-t-on besoin pour produire de yêkè-yêkè enrichi au niébé ?	4
2.1.1. Matières premières	4
2.1.2. Equipements et matériels nécessaires	5
2.2. Préparation de mawê non fermenté et de la pâte de niébé....	8
2.2.1. Comment préparer du mawê non fermenté ?.....	8
2.2.2. Comment préparer la pâte de niébé ?	10
3. Résultats.....	11
3.1. Malaxage des pâtes de mawê et de niébé	11
3.2. Roulage et granulation de yêkè-yêkè	13
3.3. Pré-cuisson et émottage des granulés préculs de yêkè-yêkè enrichi au niébé.....	13
3.4. Séchage des granulés préculs de yêkè-yêkè.....	14
3.5. Tamisage et calibrage de yêkè-yêkè enrichi au niébé.....	15
4. Implication pour le développement.....	15
5. Conclusion.....	16
6. Références bibliographiques.....	16

3.5. Tamisage et calibrage de yêkè-yêkè enrichi au niébé

Après le refroidissement de yêkè-yêkè séché, on procède au tamisage avec trois (3) tamis en acier inoxydable superposés de mailles respectives de 1,25 mm, de 2 mm et de 3,15 mm (figure 7). On obtient alors les trois (3) catégories suivantes de granulés : les granulés à grains grossiers de taille inférieure à 1,25 mm ; les granulés à grains moyens de taille comprise entre 1,25 et 2 mm ; les granulés à grains fins de taille supérieure à 3,15 mm (figures 22 et 23).



Figure 22. Yêkè-yêkè enrichi prêt à être emballé



Figure 23. Yêkè-yêkè enrichi tamisé et emballé

4. Implication pour le développement

La technologie améliorée de production de yêkè-yêkè mise au point permet de produire un couscous à base de maïs enrichi au niébé avec une bonne qualité nutritionnelle. Ainsi, la promotion de yêkè-yêkè auprès des consommateurs et des gérants des cantines, des maquis, des restaurants et des hôtels, puis des services traiteurs doit induire l'émergence et la prospérité de micro-entreprises spécialisées dans la production et la commercialisation de yêkè-yêkè au Bénin et dans les pays de la sous-région de l'Afrique de l'Ouest.



Figure 18. Pré-cuisson à la vapeur



Figure 19. Opération d'émottage des granulés précuits

3.4. Séchage des granulés précuits de yêkè-yêkè

Il faut étaler les granulés précuits sur des claies. Les couches des granulés étalées ne doivent pas excéder 5 mm de hauteur. Il faut ensuite disposer les claies ainsi chargées dans les loges du séchoir à gaz ATTESTA à la température de 80 ± 5 °C pendant 2 heures (figures 20 et 21).

Attention : Pour un séchage homogène, il importe de changer toutes les 15 minutes la position des claies dans le séchoir en amenant les claies du bas vers le haut et vice-versa et de remuer du yêkè-yêkè au cours du séchage.



Figure 20. Etalement des granulés précuits sur les claies de séchage



Figure 21. Séchage des granulés précuits dans un séchoir à gaz

1. Introduction

L'inventaire des technologies améliorées de production, de conservation et de transformation du maïs existantes au Bénin a montré que ces technologies sont très diversifiées (Ahoyo Adjovi *et al.*, 2013). Yêkè-yêkè, un couscous de maïs, est obtenu par une précuisson à la vapeur du mawè non fermenté, une pâte de maïs (Hounhouigan *et al.*, 1993), mise préalablement sous forme de granulés. Après cette précuisson, yêkè-yêkè peut être directement consommé avec une sauce ou bien séché pour une conservation pendant au moins un an. Yêkè-yêkè est un repas événementiel très apprécié par le groupe socio-culturel et socio-linguistique Mina et autres groupes socio-culturels et socio-linguistiques affiliés du sud-ouest du Bénin. Il est préparé et consommé lors des grandes réjouissances. Toutefois, la longue durée, au moins 24 heures, pour sa cuisson constitue une difficulté majeure pour les consommateurs.

Afin de lever cette difficulté, le Programme de Technologie Agricole et Alimentaire (PTAA) du Centre de Recherches Agricoles d'Agonkanmey (CRA-Agonkanmey) de l'Institut National des Recherches Agricoles du Bénin (INRAB) a mis au point une technologie appropriée de production de yêkè-yêkè fait avec 100% de maïs stabilisé, dont la qualité est bien appréciée par les consommateurs. Certes, les résultats de ces travaux scientifiques n'ont pas encore été publiés (Houssou, 1993).

Dans sa quête d'amélioration du yêkè-yêkè, le PTAA l'a enrichi au niébé afin de proposer aux consommateurs un produit de meilleure qualité et plus riche en protéines que yêkè-yêkè fait avec 100% de maïs. Les essais en station de recherche et en milieu réel ont montré que la pâte de mawè peut être enrichie jusqu'à 25% avec la pâte de niébé, afin de produire du yêkè-yêkè de meilleure qualité.

La présente fiche technique décrit le diagramme technologique de production de yêkè-yêkè enrichi au niébé. C'est l'un des documents techniques d'information sur les technologies de maïs édités par le Centre National de Spécialisation sur le Maïs (CNS-Maïs) au Bénin. La fiche technique est destinée à tous les utilisateurs des produits et acquis de la recherche agricole au service du développement durable en Afrique de l'Ouest.

2. Matériels et Méthodes

2.1. De quoi a-t-on besoin pour produire de yêkè-yêkè enrichi au niébé ?

Pour produire de yêkè-yêkè enrichi au niébé, des grains de maïs et des graines de niébé sont les matières premières alimentaires indispensables, tandis que divers équipements et matériels sont nécessaires.

2.1.1. Matières premières

Le maïs (*Zea mays* L.) et le niébé (*Vigna unguiculata* Walp) sont les deux principales matières premières utilisées dans la production de yêkè-yêkè enrichi. Le maïs est d'abord transformé **en mawè non fermenté** tandis que le niébé est transformé **en pâte** après un décorticage par voie humide.

Pour la production de mawè, il faut utiliser de préférence les variétés de maïs du groupe des TZSR (Yallou *et al.*, 2010), à peau blanche farineuse appelée « Pobè-gbado » en goungbé, une langue locale parlée au sud-est du Bénin (figure 1).

Pour la production de la pâte de niébé, il faut utiliser de préférence la variété de niébé à peau blanche IT89KD-288, qui s'adapte bien à la sécheresse et qui est appelée « Tchayédaho », en goungbé, une langue locale parlée au sud-est du Bénin (figure 2).

3.2. Roulage et granulation de yêkè-yêkè

L'opération du roulage et de la granulation de yêkè-yêkè est faite manuellement. Elle débute par le malaxage, l'émottage et le tamisage de la pâte du mélange mawè et niébé sur du Sassado (figure 16). Elle se poursuit par le roulage de la pâte dans une bassine pour obtenir des granulés (figure 17).



Figure 16. Roulage manuel sur du sassado



Figure 17. Produit roulé mis dans une bassine

3.3. Pré-cuisson et émottage des granulés précuits de yêkè-yêkè enrichi au niébé

Il faut précuire à la vapeur les granulés obtenus dans un couscoussier en utilisant un foyer à gaz comme source d'énergie (figure 18). Le changement de couleur blanche des granulés à une couleur jaune claire indique la fin de l'opération de pré-cuisson à la vapeur qui peut durer 20 minutes.

L'émottage consiste à casser les granulés de yêkè-yêkè pris en masse au cours de la pré-cuisson (figure 19). L'émottage permet d'éviter des granulés non cuits et de nombreux granulés collants.

Attention : Pour éviter d'avoir des granulés non cuits et de nombreux granulés collants, il faut émotter une fois au moins les granulés au cours de la pré-cuisson avec une écumoire (Figure 19).

b) **Homogénéisation manuelle du mélange obtenu** : ajouter de l'eau jusqu'à avoir une pâte d'une teneur en eau comprise entre 44 et 46%. Cette teneur en eau permet d'avoir un bon roulage (figures 14 et 15).



Figure 14. Mélange mawê et niébé-eau



Figure 15. Malaxage du mélange mawê et niébé

La quantité d'eau à utiliser pour obtenir une pâte de consistance adéquate ayant un taux d'humidité compris entre 44% et 46% est calculée en utilisant la formule suivante :

$$Q_e = m \times \frac{(H_f - H_i)}{100 - H_f}, \text{ où :}$$

- Q_e est la quantité d'eau exprimée en litre ;
- m est la masse en kg du mélange des pâtes de niébé et de maïs ;
- H_f est l'humidité finale désirée du mélange des pâtes de niébé et de mawê après l'ajout d'eau ;
- H_i est l'humidité initiale du mélange des pâtes de niébé et de mawê, déterminée à l'aide d'un humidimètre portatif ou de laboratoire.



Figure 1. Grains de maïs à peau blanche dénommés « Pobè-gbado »



Figure 2. Graines de niébé à peau blanche dénommées « tchayédaho »

2.1.2. Equipements et matériels nécessaires

Les équipements et matériels suivants sont utilisés pour la production de yêkè-yêkè enrichi au niébé :

- i. **Sassado**, un tamis végétal de maille 1 mm x 1 mm environ pour le roulage manuel du mélange du mawê non fermenté et de la pâte de niébé (figure 3) ;
- ii. une **Décortiqueuse Engelberg** pour débarrasser le maïs de ses enveloppes et sons (figure 4) ;
- iii. un **Moulin à maïs** pour rendre plus fins les grits de maïs après trempage et égouttage (figure 5) ;
- iv. un **Mortier** pour décortiquer le niébé par voie humide (figure 6) ;
- v. **trois (3) tamis** pour tamiser le yêkè-yêkè après le séchage et le refroidissement (figure 7) ;
- vi. un **Foyer** pour produire la source de chaleur servant à la pré cuisson à la vapeur (figure 8) :

- vii. des **bassines** pour faire le mélange et le malaxage des pâtes de mawê et de niébè (figure 9) ;
- viii. des **sachets d'emballage** pour le conditionnement de yêkè-yêkè enrichi au niébè (figure 10) ;



Figure 3. Sassado, un tamis tressé avec des fibres végétales



Figure 4. Décortiqueuse Engelberg



Figure 5. Moulin à maïs



Figure 6. Mortier pour le décortilage du niébè



Figure 13. Vue du décortilage des graines de niébè par pilage dans un mortier

3. Résultats

Pour obtenir du yêkè-yêkè enrichi de bonne qualité, les pâtes de maïs et de niébè utilisées doivent être faites le jour de la production pour éviter leur fermentation qui risque de donner un goût acidulé voire âcre au produit final. La transformatrice doit laver ses mains avec de l'eau et du savon, puis s'assurer que ses ongles sont bien taillés avant de commencer les opérations technologiques de production des pâtes de maïs, de niébè et de yêkè-yêkè.

3.1. Malaxage des pâtes de mawê et de niébè

Les deux opérations suivantes sont indispensables lors du malaxage des pâtes de mawê et de niébè :

- a) **Mélange correct des pâtes de mawê et de niébè** : prendre 90% de mawê et 10% de pâte de niébè. Les pourcentages sont déterminés sur la base de la matière sèche. De façon pratique, pour produire 4 kg de yêkè-yêkè enrichi à 20% au niébè, il faut mélanger 4,8 kg de pâte de mawê et 1,82 kg de pâte de niébè, et y ajouter 0,55 litre d'eau pour avoir un mélange d'une teneur en eau de 45%.

2.2.2. Comment préparer la pâte de niébé ?

L'itinéraire technologique de production de la pâte de niébé est résumé dans le diagramme de la figure 12.

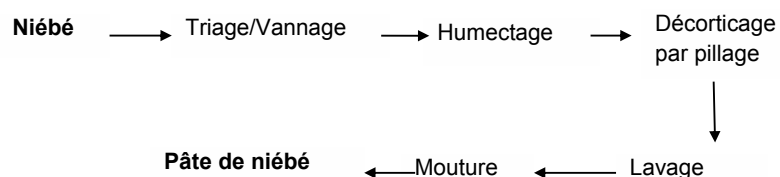


Figure 12. Diagramme de production de la pâte du niébé

Les cinq opérations suivantes sont nécessaires pour produire la pâte de niébé :

- 1) **Triage des graines de niébé** : débarrasser les graines de niébé de toutes impuretés (grains de sable, cailloux et autres corps étrangers) ;
- 2) **Humectage** : asperger 2 kg de graines de niébé triées avec un quart de litre d'eau pour faciliter le décorticage ;
- 3) **Decorticage des graines de niébé** : piller dans un mortier les graines de niébé humidifiées afin de séparer les enveloppes et les cotylédons (figure 13).
- 4) **Lavage des graines de niébé** : débarrasser les cotylédons par l'ajout d'un litre d'eau aux graines de niébé pilées afin de faciliter la séparation des enveloppes des cotylédons. Les quelques pellicules qui sont encore restées collées aux graines de niébé sont enlevées à la main par triage.
- 5) **Mouture des graines de niébé décortiquées** : moudre les graines de niébé décortiquées et dépelliculées au moulin afin d'obtenir la pâte de niébé.



Figure 7. Trois Tamis en inox superposés



Figure 8. Foyer à gaz

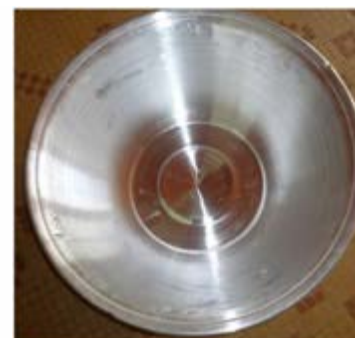


Figure 9. Bassine pour le malaxage des pâtes de mawê et de niébé



Figure 10. Sachets d'emballage pour le conditionnement de yêkè-yêkè

Le coût, la durée de vie et l'amortissement de chacun des équipements autres que la décortiqueuse Engelberg (figure 4) et le moulin à maïs (figure 5), et des matériels indispensables pour produire de yêkè-yêkè sont résumés dans le tableau 1.

Tableau 1. Coût, durée de vie et amortissement des équipements et matériels indispensables pour la production de yêkè-yêkè

Equipements et matériels de transformation	Coût (FCFA)	Durée d'utilisation	Coût d'amortissement par mois (FCFA)
Sassado (figure 3)	300	15 jours	60
Foyer à gaz (figure 8)	30.000	3 ans	835
Séchoir ATTESTA	1.000.000	5 ans	16.700
Couscoussier (figure 18)	8.000	1 an	700
Marmite (figure 18)	10.000	2 ans	420
Deux bassines (figure 9)	16.000	1 an 6 mois	900
Mortier (figure 6)	7.000	5 ans	120
Tissu percal (figure 18)	1.000	1 mois	1.000
Trois tamis superposés (figure 7)	10.000	3 ans	280
Total	-	-	21.015

Nota bene : Les équipements n'incluent pas la décortiqueuse Engelberg (figure 4) ni le moulin à maïs (figure 5), ni les autres matériels indispensables à la production de yêkè-yêkè

2.2. Préparation de mawê non fermenté et de la pâte de niébé

2.2.1. Comment préparer du mawê non fermenté ?

Les opérations pour préparer du mawê non fermenté sont les suivantes :

- i. **Triage et vannage des grains de maïs :** il faut débarrasser le maïs de toutes impuretés (grains de sables, cailloux et corps étrangers) afin de le rendre propre ;

- ii. **Humectage des grains de maïs :** asperger un demi litre d'eau à une quantité de 10 kg de grains de maïs triés et vannés pour faciliter le décortilage du maïs ;
- iii. **Décortilage et dégermage des grains de maïs :** débarrasser les grains de maïs triés et vannés de leurs enveloppes et les sons à l'aide d'une décortiqueuse Engelberg afin d'obtenir le gritz de maïs ;
- iv. **Vannage du gritz de maïs :** vanner le gritz de maïs obtenu après le décortilage et le dégermage afin de le débarrasser des sons et autres corps étrangers ;
- v. **Trempage du gritz de maïs :** tremper les gritz de maïs obtenus dans de l'eau pendant 6 à 7 heures afin d'éviter la fermentation de la farine qui va en résulter ;
- vi. **Egouttage du gritz de maïs :** enlever de l'eau les gritz de maïs trempés à l'aide d'une passoire ou d'un panier propre ;
- vii. **Mouture du gritz de maïs :** moudre les gritz trempés et égouttés au moulin à maïs afin d'obtenir une farine de mawê non fermenté.

L'itinéraire technologique de production de mawê non fermenté est résumé dans le diagramme de la figure 11.

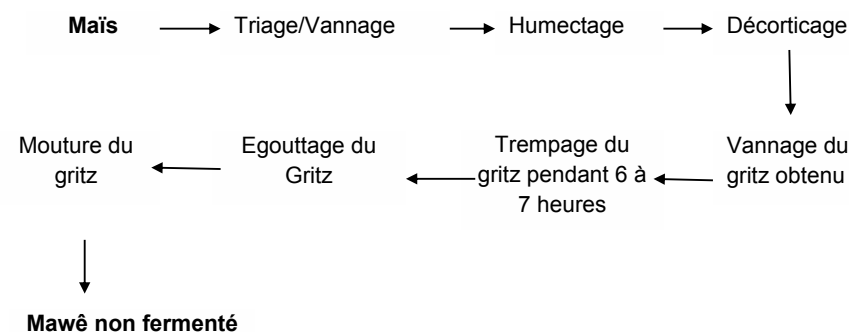


Figure 11. Diagramme de production du mawê non fermenté