



HAL
open science

Procédé traditionnel de fabrication de beignets de niébé : innover pour faciliter la production et répondre aux attentes nutritionnelles et sensorielles

Florian Yvanez, Yann Eméric Madodé, Roland Ezin, Claire Mouquet-Rivier, Michel Rivier, Charlotte Delpech, Morgane Chapron, Guillaume Grondin, Elodie Arnaud

► To cite this version:

Florian Yvanez, Yann Eméric Madodé, Roland Ezin, Claire Mouquet-Rivier, Michel Rivier, et al.. Procédé traditionnel de fabrication de beignets de niébé : innover pour faciliter la production et répondre aux attentes nutritionnelles et sensorielles. *Innovations Agronomiques*, 2025, 99, pp.97-109. <10.17180/ciag-2025-vol99-art08>. <hal-04923822>

HAL Id: hal-04923822

<https://hal.inrae.fr/hal-04923822v1>

Submitted on 31 Jan 2025

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire HAL, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License



Procédé traditionnel de fabrication de beignets de niébé : innover pour faciliter la production et répondre aux attentes nutritionnelles et sensorielles

Florian YVANEZ^{1,2}, Yann Eméric MADODÉ³, Roland EZIN³, Claire MOUQUET-RIVIER², Michel RIVIER^{1,2}, Charlotte DELPECH^{1,2}, Morgane CHAPRON², Guillaume GRONDIN², Elodie ARNAUD^{1,2}

¹ CIRAD, UMR Qualisud, F-34398 Montpellier, France.

² Qualisud, Université de Montpellier, Avignon Université, CIRAD, Institut Agro, IRD, Université La Réunion, Montpellier, France.

³ Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, Bénin.

Correspondance : florian.yvanez@cirad.fr

Résumé :

L'étude se concentre sur la transformation du niébé en beignets Ata au Bénin, dans l'objectif de faciliter le travail des transformatrices. Traditionnellement, le niébé est décortiqué manuellement à l'eau, une étape fastidieuse et chronophage. Deux produits innovants ont été développés par voie sèche : des cotylédons partiellement décortiqués et de la farine issue de ces cotylédons. L'usage de ces produits et notamment de la farine, simplifie le procédé d'élaboration des beignets et réduit la consommation d'eau, mais avec des pertes en matière plus élevées. Les tests sensoriels et les analyses nutritionnelles montrent des résultats prometteurs, bien que des ajustements soient nécessaires, en particulier au niveau de la teneur en alpha-galactosides de la farine. Ces innovations contribuent à l'amélioration des procédés de transformation et à la valorisation des produits locaux, soutenant ainsi la sécurité alimentaire et l'économie locale.

Mots-clés : Bénin, légumes secs, décorticage, farine, granulométrie, alpha-galactosides

Abstract : Traditional process for making cowpea doughnuts : innovating to facilitate production and meet nutritional and sensory expectations

The study focuses on the processing of cowpeas into Ata doughnuts in Benin, with the aim of improving the work of women processors. Traditionally, cowpeas are dehulled manually using water, a tedious and time-consuming step. Two innovative products have been developed using the dry method: partially dehulled cotyledons and flour made from these cotyledons. The use of these products, and in particular the flour, simplifies the doughnut-making process and reduces water consumption, but with higher material losses. Sensory tests and nutritional analyses show promising results, although adjustments are still needed, particularly to the alpha-galactoside content of the flour. These innovations are helping to improve processing methods and add value to local products, thereby supporting food security and the local economy.

Keywords : Benin, pulses, dehulling, flour, particle size, alpha-galactosides

1. Introduction

Le niébé (*Vigna unguiculata*) est une légumineuse largement produite et consommée en Afrique de l'Ouest (Barimalaa and Okoroji, 2009). Riche en nutriments, le niébé est une source significative de protéines, de fibres, de vitamines (B9 surtout) et de minéraux essentiels tels que le magnésium et le zinc (Akissoé et al., 2021). Ses bénéfices pour la santé humaine sont notables en contribuant à la couverture des besoins nutritionnels recommandés (Jayathilake et al., 2018). Toutefois, la présence d'alpha-



galactosides dans le niébé, des molécules indigestes causant des ballonnements et des flatulences, constitue un frein à sa consommation (Mouquet-Rivier and Amiot, 2019).

Le beignet Ata, produit frit à base de pâte assaisonnée, est l'un des aliments à base de niébé parmi les plus couramment consommés au Bénin et plus largement en Afrique de l'Ouest. Ce beignet est apprécié pour sa texture spongieuse, sa croûte croustillante et sa saveur caractéristique de niébé frais (Kethireddipalli et al., 2002). La transformation du niébé en beignet constitue une source importante d'emploi et de revenu, particulièrement pour les femmes, renforçant ainsi la situation économique des ménages urbains (Ferré et al., 2019).

Le procédé traditionnel de fabrication des beignets Ata comprend plusieurs opérations avant la friture. D'abord, les graines entières sont fractionnées en gritz (concassage), puis décortiquées manuellement par des lavages successifs à l'eau pour retirer les hiles (cicatrices noires du point d'attache des graines) et les enveloppes adhérentes aux gritz. Enfin, un trempage est réalisé avant mouture en voie humide (McWatters et al., 1993). Bien que ces opérations soient essentielles pour obtenir une pâte de couleur claire appréciée des consommateurs, elles sont fastidieuses et chronophages, nécessitant de la main-d'œuvre et de la manutention de charges lourdes (Barimalaa and Okoroji, 2009; Madodé, 2012; Singh et al., 2004). On retrouve dans le commerce des farines prêtes à l'emploi de graines décortiquées permettant de faciliter le travail de production. Toutefois ces farines présentent des propriétés technologiques insuffisantes, entraînant des beignets secs, durs et à la texture dense. Ces défauts sont principalement dus à une distribution inadéquate de la taille des particules de la farine, caractérisée comme trop fine, limitant la capacité de moussage et d'hydratation de la pâte (Barimalaa and Okoroji, 2009; Singh et al., 2004).

Cette étude vise à évaluer l'intérêt de deux produits innovants permettant d'alléger la pénibilité du travail des transformatrices de beignet : (i) des cotylédons partiellement décortiqués mécaniquement par voie sèche et (ii) de la farine de ces cotylédons. Les procédés d'obtention de ces produits ont été caractérisés en évaluant le rendement de production et une attention particulière a été portée à la granulométrie de la farine produite. L'impact de l'utilisation des produits innovants sur les pratiques de transformation a été évalué auprès des transformatrices au Bénin, en comparaison avec l'utilisation de gritz dans le procédé traditionnel. L'appréciation sensorielle des beignets a été réalisée pour vérifier que les innovations proposées produisent des beignets conformes aux attentes des consommateurs. Enfin, l'évolution des composés nutritionnels au cours des différents décorticages, effectués selon le procédé traditionnel et les procédés innovants, a été caractérisée. Dans le contexte du développement agroalimentaire des pays du Sud, ces innovations visent à améliorer l'efficacité des procédés de transformation et à valoriser les produits locaux, contribuant ainsi à la sécurité alimentaire et à la création de valeur ajoutée.

2. Matériels et méthodes

2.1. Matière première

Les essais ont été réalisés à partir d'un lot de niébé composé à 50 % de la variété Atchawé Tola et 50 % de la variété Nigeria, un mélange souvent réalisé par les transformatrices pour la préparation traditionnelle des beignets. Ces variétés ont été achetées en 2023 sur un marché de la ville de Cotonou (Bénin). Avant utilisation, le lot a été nettoyé manuellement pour retirer les graines abîmées et les pierres. Il a été stocké sur le site de la faculté des sciences agronomiques d'Abomey-Calavi à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité, pendant environ une semaine.



2.2. Production des gritz et produits innovants

Les essais ont été réalisés en triplicata. Les rendements ont été déterminés par bilan massique et exprimé en pourcentage base sèche. Les gritz et les deux produits innovants ont été stockés à température ambiante, à l'abri de la lumière et de l'humidité avant utilisation, sur une durée totale de 3 mois (2023).

2.2.1. Gritz

Les gritz ont été obtenus par fractionnement du niébé à l'aide d'un broyeur à meules (Taishi modèle 150, Chine). L'axe du broyeur a été réglé à une distance de 19 mm afin d'obtenir des gritz de taille comparable à ceux obtenus traditionnellement par les transformatrices.

2.2.2. Cotylédons partiellement décortiqués

Pour élaborer les cotylédons, le niébé a été décortiqué mécaniquement par abrasion en utilisant un décortiqueur à meules (Electra type DMS 500 « N », France). Deux usinages successifs du même lot de graines ont été nécessaires pour retirer le maximum d'enveloppes et de hiles, sans trop impacter le rendement d'usinage. Après décortiquage, les cotylédons en mélange avec les enveloppes et hiles ont été isolés par séparation pneumatique au moyen d'un séparateur cyclonique intégré à la sortie du décortiqueur.

2.2.3. Farine de cotylédons partiellement décortiqués

La farine a été obtenue après mouture sèche des cotylédons dans un broyeur à marteaux (Electra type BABY « N », France). Le débit d'alimentation du broyeur a été réglé en ouvrant la trappe de la trémie à 30 %. Un test préliminaire de sélection de la grille de sortie du broyeur a été effectué afin d'élaborer une farine avec une distribution de tailles de particules proche des recommandations de la littérature (Vanchina et al., 2007). Trois grilles fabriquées à partir de tôle perforée de trous de diamètre 1 mm, 2 mm et 3 mm ont été utilisées pour broyer des lots de 1 kg de cotylédons partiellement décortiqués (un broyage réalisé par grille de sortie). La grille de 2 mm a été sélectionnée d'après les résultats de la distribution granulométrique (partie 3.1) et utilisée pour réaliser les deux autres moutures successives. La distribution granulométrique des farines a été caractérisée sur 100 g de farine au moyen d'une tamiseuse (Retsch modèle AS 200, Allemagne) au travers d'une série de tamis (180 µm, 400 µm et 1000 µm) et d'un bac de collecte pendant 10 min. La mesure a été effectuée en duplicata.

2.3. Préparation des gritz et cotylédons partiellement décortiqués

L'objectif de la préparation des gritz et des cotylédons partiellement décortiqués est d'obtenir des produits entièrement décortiqués (absence d'enveloppes et de hiles). En suivant les variables opératoires définies par Akissoé (2021), trois lots de gritz et trois lots de cotylédons partiellement décortiqués ont été préparés dans des conditions contrôlées, avec une quantité de 160 g de produit par lot. Le décortiquage manuel s'est déroulé en six cycles de lavage, chaque cycle impliquant la trituration manuelle des gritz et des cotylédons avec un ratio produit/eau de 1/5. À la fin de chaque cycle, l'eau de lavage a été filtrée à travers une passoire pour récupérer les enveloppes et les hiles. Cette eau a ensuite été utilisée pour les cycles suivants puis éliminée après le dernier cycle. Le trempage a été réalisé à température ambiante (environ 30°C) pendant 30 min, avec un ratio produit/eau de 1/4. Après trempage, les produits ont été égouttés dans une passoire pendant 5 min et l'eau de trempage a été éliminée.



2.4. Évaluation de l'intérêt des produits innovants

2.4.1. Impact sur les pratiques des transformatrices

Afin d'identifier l'intérêt de l'usage des cotylédons partiellement décortiqués par voie sèche pour faciliter l'opération de décorticage manuel, 1 kg de gritz et 1 kg de cotylédons ont été remis à 5 transformatrices. La durée nécessaire mise par chaque transformatrice pour décortiquer manuellement les 1 kg de chaque produit a été quantifiée, ainsi que le nombre de cycle de lavage nécessaire à l'élimination totale des enveloppes et hiles en suspension dans l'eau.

2.4.2. Impact sur l'acceptabilité des beignets par les consommateurs

La qualité sensorielle des beignets élaborés à partir de cotylédons partiellement décortiqués et de la farine a été comparée à celle des beignets traditionnels fabriqués à partir de gritz. Pour cela, ces trois produits ont été remis à différentes transformatrices. Cinq transformatrices ont préparé des beignets à partir de gritz et de cotylédons partiellement décortiqués et 2 transformatrices à partir de farine. Après production, chaque type de beignet a été soumis à une appréciation sensorielle par 60 consommateurs (sujets naïfs) à l'aide d'une échelle hédonique allant de 1 à 7 : 1 = très désagréable, 4 = ni désagréable ni agréable, 7 = très agréable. Les dégustations se sont déroulées sur les lieux de production-vente des beignets dans différents quartiers de la ville de Cotonou, à raison de un beignet par consommateur, proposé quelques minutes après la sortie de friture. Les conditions d'élaboration des beignets (préparation, formulation et cuisson) étaient spécifiques à chaque transformatrice et n'ont pas été contrôlées ni standardisées dans le cadre de l'analyse sensorielle.

2.5. Caractérisation nutritionnelle

2.5.1. Préparation des échantillons

Les gritz (composition identique à la matière première) et les cotylédons partiellement décortiqués ont été broyés au moyen d'un broyeur à couteaux (Retsch modèle GM 200, Allemagne). Les produits entièrement décortiqués ont été lyophilisés dans un lyophilisateur (Usifroid type SMH 15, France) avant d'être broyés. La lyophilisation a été effectuée à -15°C sous une pression de $2,6 \times 10^{-2}$ mbar pendant 48 h. Les échantillons ont été surgelés au préalable à -30°C .

2.5.2. Analyses

La teneur en matière sèche a été déterminée par la méthode de séchage en étuve jusqu'à poids constant selon la norme ISO 24557. En pratique, environ 5 g d'échantillon ont été séchés à 130°C pendant 2 h. La mesure a été effectuée en triplicata. La teneur en protéines a été déterminée en duplicata par la méthode de Kjeldahl avec une prise d'essai d'environ 1 g d'échantillon. Un facteur de 6,25 a été utilisé pour convertir le contenu en azote en protéines. La teneur en amidon a été déterminée en duplicata sur une prise d'essai d'environ 0,5 g d'échantillon par dosage enzymatique d'après la méthode adaptée de Holm et al. (1985). La teneur en fibres alimentaires totales a été déterminée par gravimétrie selon la méthode AOAC 2017.16. Cette méthode permet de déterminer la fraction de fibres de poids moléculaire élevé (HMWDF) et celle des fibres de faible poids moléculaire (LMWDF). Le dosage a été effectué sur une prise d'essai d'environ 0,5 g d'échantillon et a été réalisé une fois. Le dosage des alpha-galactosides a été réalisé en duplicata à partir d'une prise d'essai de 0,8 mg selon la méthode décrite par Akissoé et al. (2021).

2.6. Traitement statistique

Les teneurs en composés nutritionnels, ainsi que les notes d'appréciation sensorielle obtenues pour les différents types de beignets, ont été comparées par un test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov. Le niveau de significativité a été établi à $p \leq 0,05$. Le traitement statistique a été effectué sur le logiciel XLSTAT Version 2023.1.1.

3. Résultats et Discussion

3.1. Élaboration de la farine : mise au point de la mouture

La Figure 1 présente les distributions granulométriques des farines élaborées selon différentes grilles de sortie. Les trous de diamètre différent (1 mm, 2 mm et 3 mm) conditionnent la granulométrie de la farine : plus le diamètre est petit plus la farine sera fine. Selon la littérature, un des éléments clés pour élaborer des beignets Ata sensoriellement acceptables (croûte croustillante et mie spongieuse) à partir de farine réside dans la distribution granulométrique. La littérature montre que l'utilisation de farine contenant 65 % (p/p) de particules comprises dans un intervalle de taille de [180 μm – 425 μm] et 35 % (p/p) dans un intervalle de [425 – 1000 μm] conduit à l'élaboration de beignets de qualité sensorielle similaire à des beignets traditionnels (Vanchina et al., 2007). La farine élaborée avec une grille perforée à trous de 2 mm présente la distribution la plus proche de ces recommandations : 25 % (p/p) en masse de particules dans l'intervalle [180 μm – 400 μm] et 38 % (p/p) dans l'intervalle [400 – 1000 μm]. Cependant, l'utilisation de cette grille n'est pas optimale car le pourcentage de particules dans l'intervalle [180 μm – 400 μm] reste faible, avec une proportion significative de particules de taille inférieure à 180 μm (31 %). Cependant, la farine produite avec une grille perforée à trous de 1 mm présente une proportion trop élevée de particules fines (plus de 50 % de taille inférieure à 180 μm), tandis que celle générée avec une grille perforée à trous de 3 mm contient une proportion trop importante de particules grossières.

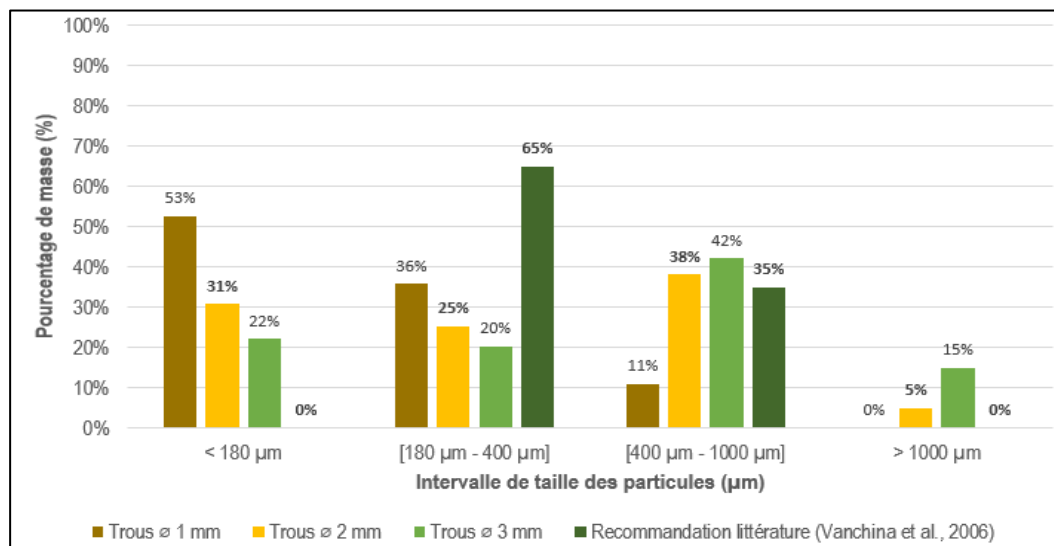


Figure 1 : Distributions granulométriques des farines élaborées avec différentes grilles de sortie du broyeur à marteaux



La réalisation de ce test préliminaire a permis de sélectionner la grille de sortie perforée à trous de diamètre 2 mm pour élaborer la farine à partir des cotylédons partiellement décortiqués. Cette grille était le meilleur compromis entre les recommandations de la littérature et les performances de production. La mouture avec le broyeur à marteaux est une opération répétable (Figure 2). En effet, pour des lots de 1 kg de produit et une ouverture de la trappe de la trémie à 30 %, les écarts-types calculés après trois moutures (avec la grille perforée à trous de diamètre 2 mm) sont faibles, indiquant une faible dispersion des résultats. Le débit d'alimentation en produit du broyeur, contrôlé par le niveau d'ouverture de la trappe de la trémie, est une variable qui influe sur la distribution granulométrique de la farine (Balasubramanian et al., 2011; Goswami and Singh, 2003) et pourrait donc être utilisé pour faire varier cette distribution.

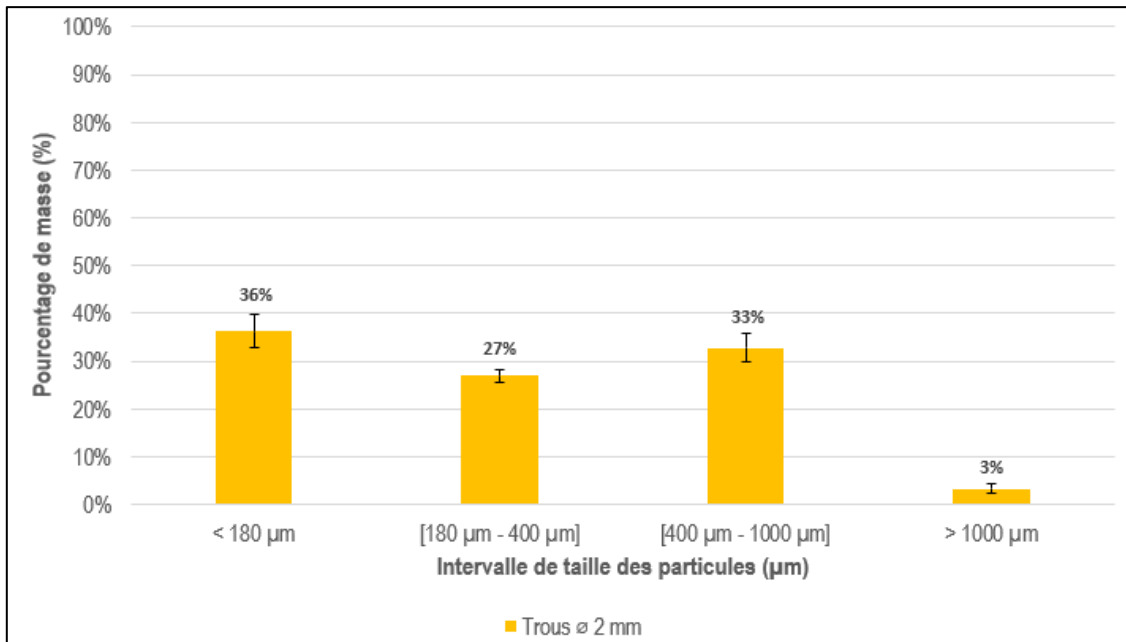


Figure 2 : Répétabilité de l'opération de broyage avec une grille munie de trous d'un diamètre de 2 mm (n=3)

3.2. Procédés de transformation : opérations unitaires successives et rendements matières

Le diagramme de fabrication présenté en Figure 3 illustre la succession des opérations unitaires pour la production de beignets selon trois procédés : le procédé traditionnel (P1) référencé dans la littérature (Akissoé et al., 2021), et les procédés innovants développés dans le cadre de cette étude (P2 et P3). Les rendements, exprimés en pourcentage de matière sèche, sont également présentés sur cette figure.

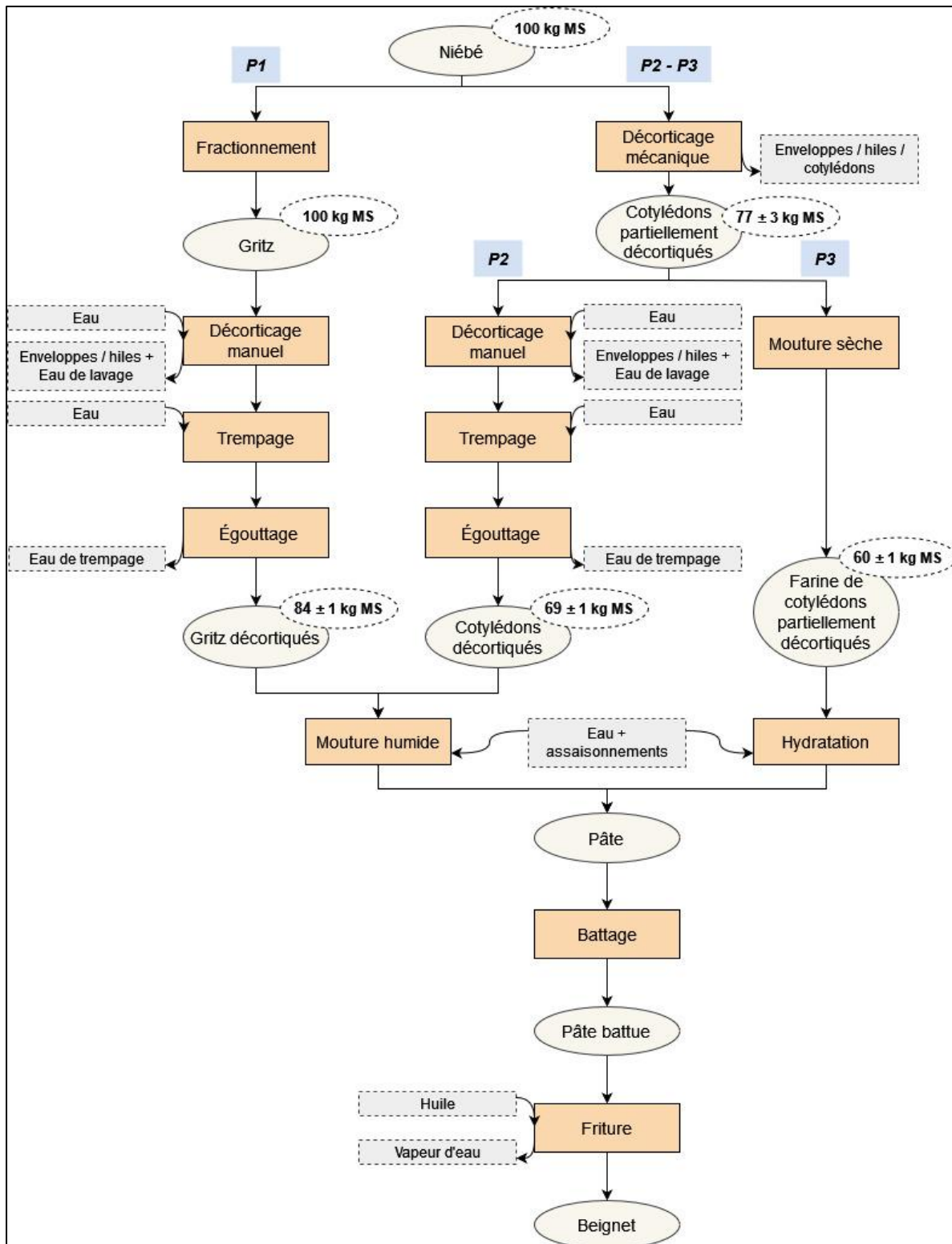


Figure 3 : Diagramme illustrant la transformation du niébé en beignet selon trois procédés de fabrication différents (P1, P2 et P3) et les rendements matières

MS : matière sèche. **P1 :** procédé traditionnel avec l'utilisation de gritz. **P2 :** procédé innovant avec l'utilisation de cotylédons partiellement décortiqués. **P3 :** procédé innovant avec l'utilisation de farine de cotylédons partiellement décortiqués. Rectangle avec trait plein : opération unitaire ; rectangle avec trait pointillé : intrants, extrants ; cercle avec trait plein : matière première, produits intermédiaires, produit fini ; cercle avec trait pointillé : rendements matières exprimés en pourcentage base sèche (moyenne ± écart-type ; n = 3).



le trempage et l'égouttage avant la mouture humide. Cependant, les transformatrices qui se procureraient des cotylédons partiellement décortiqués (procédés P2 et P3), pourraient s'affranchir de l'étape de fractionnement, économisant ainsi du temps et des coûts. Avec la farine de cotylédons partiellement décortiqués (procédé P3), les étapes préliminaires (fractionnement, décorticage manuel, trempage, égouttage, mouture humide) ne sont plus nécessaires, permettant une production plus rapide de pâte à beignet et une adaptation facile des quantités selon la demande. De plus, l'utilisation de farine prête à l'emploi réduit aussi la consommation d'eau, rendant le processus plus durable et moins sensible aux risques microbiologiques.

Cependant, le décorticage mécanique et la mouture mises en œuvre dans les procédés P2 et P3 entraînent des pertes plus importantes que le procédé traditionnel (procédé P1). Le décorticage mécanique du niébé, en plus de retirer partiellement les enveloppes et les hiles, abrase une partie des cotylédons, réduisant le rendement de production à 77 %. Les pertes sont également accrues au cours de la mouture sèche pour produire la farine, avec un rendement de production évalué à seulement 60 %. Toutefois, ce faible rendement est à relativiser et s'explique en partie par la mouture de faibles quantités de niébé. En effet, à chaque mouture, un volume mort de produit (pertes machines) est généré, indépendamment de la quantité initiale de niébé. Ce rendement d'usinage sera à reconsidérer lors de production de farine à une échelle propre aux pratiques des transformatrices.

Malgré tout, les pertes de matière plus importantes au cours de la production des produits innovants se traduiront par un coût d'achat plus élevé pour les transformatrices en comparaison à l'achat de niébé. Ce surcoût pourrait néanmoins être compensé par les avantages en termes de praticité, de gain de temps, et de stabilité microbiologique offerts par l'utilisation de ces produits.

3.3. Composition nutritionnelle : évolution au cours des opérations de décorticage manuel - trempage - égouttage

Les teneurs en matière sèche, en nutriments et alpha-galactosides des gritz, des cotylédons partiellement décortiqués et de leur forme entièrement décortiquée en voie humide sont présentées dans le Tableau 1. La composition nutritionnelle des gritz est identique à celle de la matière première car l'opération de fractionnement ne génère pas de perte de matière (Figure 3). De même, la composition de la farine est identique à celle des cotylédons partiellement décortiqués. La teneur en protéines est conforme aux valeurs rapportées par Madodé et al., (2012), de même que la teneur en amidon (Coffigniez et al., 2018). En ce qui concerne les alpha-galactosides, la teneur mesurée est comparable aux valeurs déterminées par Sreerama et al. (2012). La teneur en fibres totales est de 36,8 g/100g bs, principalement des fibres de haut poids moléculaire (HMWDF), soulignant l'importance du niébé pour satisfaire les apports recommandés en fibres. Toutefois, la littérature rapporte des teneurs plus basses : 14,9 g/100g bs (Akissoé et al., 2021) et 14,5 g/100g bs (Eashwarage et al., 2017). Ces différences s'expliquent par les méthodes de quantification utilisées (AOAC 985.29 et AOAC 991.42) qui ne mesurent pas ou seulement partiellement l'amidon résistant ni les fibres solubles dans l'éthanol (LMWSDF), contrairement à la méthode utilisée dans cette étude (AOAC 2017.16). À titre informatif, la teneur en amidon résistant des graines de niébé est estimée à 13,4 g/100g bs d'après Granito et al., (2005).

Étonnamment, le décorticage mécanique n'affecte pas la teneur en protéines ni en alpha-galactosides. Il n'affecte pas non plus la teneur en fibres, bien que les enveloppes soient principalement constituées de fibres (Jayathilake et al., 2018). Il serait pertinent d'analyser la composition des écarts issus du décorticage mécanique (mélange d'enveloppes, de hiles et parties des cotylédons abrasés) pour clarifier ce point. La teneur en amidon est plus élevée dans les cotylédons partiellement décortiqués que dans les gritz, une augmentation « passive » observée également par Akinjayeju and Bisiriyu (2004), qui l'expliquent par une réduction relative des protéines et des fibres.



Après les étapes de décortilage manuel - trempage - égouttage avant mouture humide, les produits ont une teneur en matière sèche réduite suite à l'absorption d'eau. Dans le cas des cotylédons, la teneur en matière sèche est supérieure que dans le cas des gritz, en raison de leur taille plus grande, diminuant la surface d'échange et donc l'absorption d'eau. Une augmentation des teneurs en protéines et en amidon est observée avec les gritz, probablement due à l'élimination des enveloppes au cours du décortilage manuel. L'augmentation de l'amidon est également constatée dans les cotylédons décortiqués, tandis que leur teneur en protéines reste inchangée. Ce résultat nécessiterait une investigation plus poussée pour être mieux compris. Les teneurs en fibres totales ne semblent être pas affectées par le décortilage engendré par ces étapes, malgré le retrait total des enveloppes et hiles. Les alpha-galactosides diminuent dans les produits avant mouture en raison de leur diffusion dans l'eau durant le trempage et à des dégradations enzymatiques. Khattab and Arntfield (2009) ont observé un phénomène identique lors du trempage de deux variétés de niébé, avec une réduction allant jusqu'à 40 % de la teneur initiale en alpha-galactosides après 18 heures de trempage. Ces résultats préliminaires confirment que l'utilisation de cotylédons décortiqués partiellement par voie mécanique (procédé P2) n'affecte pas négativement le potentiel nutritionnel initial du niébé par rapport au procédé traditionnel P1. Cependant, des analyses et des recherches complémentaires sont nécessaires pour mieux comprendre les mécanismes sous-jacents des variations de teneur en nutriments observées.

La farine de cotylédons partiellement décortiqués (Figure 3 – procédé P3) contient une teneur en alpha-galactosides identique à celle des cotylédons partiellement décortiqués. Pour réduire cette teneur, il serait bénéfique de proposer aux transformatrices une farine élaborée à partir de cotylédons trempés séchés après avoir été décortiqués mécaniquement. Cependant, l'ajout d'opérations de trempage et surtout de séchage conduirait à une voie de transformation plus coûteuse, rendant son adoption plus difficile par les transformatrices.

Tableau 1 : Composition nutritionnelle des gritz, des cotylédons partiellement décortiqués et de leur forme entièrement décortiquée

Procédés	P1 <i>Procédé traditionnel avec l'utilisation de gritz</i>		P2 <i>Procédé innovant avec l'utilisation de cotylédons partiellement décortiqués</i>		
	Produits	Gritz *	Gritz décortiqués (n=3)	Cotylédons partiellement décortiqués **	Cotylédons décortiqués (n=3)
Matière sèche (g/100g)		93,0	51,3 ± 1,6 ^a	93,3	57,4 ± 1,9 ^b
Protéines (g/100g bs)		21,6	24,2 ± 1,3 ^a	20,6	20,7 ± 0,6 ^b
Amidon (g/100g bs)		46,1	54,7 ± 1,8 ^a	51,4	53,5 ± 2,3 ^a
Fibres (g/100g bs)	HMWDF	28,5	30,8 ± 1,7 ^a	29,0	29,5 ± 1,4 ^a
	LMWDF	8,2	7,1 ± 1,0 ^a	8,4	7,5 ± 0,2 ^a
	Total	36,8	37,9 ± 0,9 ^a	37,4	37,0 ± 1,5 ^a
Alpha-galactosides (g/100g bs) ***		4,6	3,9 ± 0,1 ^a	4,5	3,6 ± 0,3 ^a

n : nombre de lots préparés ; **bs** : base sèche ; **HMWDF** : High Molecular Weight Dietary Fiber ; **LMWDF** : Lower Molecular Weight Soluble Dietary Fiber ; **Total** : HMWDF + LMWDF.

* : composition nutritionnelle identique à celle de la matière première. ** : composition nutritionnelle identique à celle de la farine de cotylédons partiellement décortiqués (procédé P3). *** : Somme des teneurs en raffinose, stachyose et verbascose. Les résultats sont la moyenne ± écart-type (variabilité inter échantillon). Les valeurs dans une même ligne avec des lettres en exposant différentes sont significativement différentes ($p \leq 0,05$, test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov).



3.4. Utilisation des produits innovants : impact sur la transformation et l'appréciation sensorielle des beignets

L'utilisation de cotylédons partiellement décortiqués mécaniquement en voie sèche offrent plusieurs avantages aux transformatrices : réduction de la durée d'élimination des enveloppes et hiles lors du décortiquage manuel avant mouture (4 minutes par kg traité) et du nombre de cycles de lavage nécessaires à cela (3 par kg traité) (Tableau 2). Cette efficacité s'explique par l'opération de décortiquage mécanique qui élimine une proportion significative des enveloppes et des hiles du niébé. Ces résultats montrent un intérêt pour les transformatrices à utiliser des cotylédons partiellement décortiqués pour la préparation des beignets. Bien que n'éliminant pas totalement les enveloppes et les hiles, ils facilitent cette étape, permettant de gagner du temps pour d'autres activités lucratives et de réduire la manutention de charges lourdes (bassines remplies d'eau et de produits), améliorant ainsi les conditions de travail et diminuant la fatigue physique. Cela est particulièrement avantageux lors des journées de production intense, où certaines transformatrices peuvent traiter jusqu'à 15 kg de niébé (communication personnelle des transformatrices, octobre 2023).

L'analyse des notes d'appréciation sensorielle montre que l'utilisation des produits innovants développés n'affecte pas l'acceptabilité des beignets par les consommateurs. Les beignets élaborés à partir de gritz (procédé P1), de cotylédons partiellement décortiqués (procédé P2), et de farine de cotylédons partiellement décortiqués (procédé P3) ont obtenu respectivement des notes moyennes de 6,6, 6,7 et 6,4 ($p \geq 0,05$, test non paramétrique de Kolmogorov-Smirnov). Concernant la farine, malgré une distribution granulométrique différente de celle recommandée par la littérature, les consommateurs apprécient ces beignets autant que la version traditionnelle.

Tableau 2 : Comparaison des durées de décortiquage et du nombre de cycle de lavage entre procédé traditionnel (P1) et innovant (P2)

	Transformatrice	P1	P2	Écart *
		Procédé traditionnel avec l'utilisation de gritz	Procédé innovant avec l'utilisation de cotylédons partiellement décortiqués	
Durée du décortiquage manuel (min/kg)	T1	33	22	11
	T2	12	10	2
	T3	9	9	0
	T4	8	2	6
	T5	12	12	0
				Écart moyen (min/kg)
Cycle de lavage (nombre/kg)	T1	9	5	4
	T2	10	8	2
	T3	10	7	3
	T4	7	4	3
	T5	9	7	2
				Écart moyen (nombre/kg)

* : Écart = Valeur P1 – Valeur P2.

4. Conclusion

Dans cette étude, plusieurs alternatives au procédé traditionnel de fabrication du beignet Ata ont été explorées, révélant des opportunités prometteuses pour les transformatrices. Cela a permis de mettre en évidence les possibilités d'amélioration des conditions de travail des transformatrices en tenant compte des aspects nutritionnels et sensoriels. L'usage des cotylédons partiellement décortiqués mécaniquement par voie sèche et la farine issue de la mouture de ces cotylédons offrent des avantages en termes de praticité et de réduction du temps de travail. Cependant, ces innovations entraînent des pertes de matière plus importantes, ce qui peut impacter le coût d'achat pour les transformatrices. En ce qui concerne l'aspect nutritionnel, le décortiquage mécanique n'entraîne que des variations mineures. En revanche, les



opérations manuelles de décorticage, trempage et égouttage nécessaires pour les cotylédons partiellement décortiqués, tout comme avec le procédé traditionnel, entraînent une diminution de la teneur en alpha-galactosides. Cela ne se produit pas avec la farine, ce qui représente un inconvénient et ouvre des pistes de recherche pour l'avenir. L'analyse sensorielle révèle que l'utilisation de produits innovants n'affecte pas l'acceptabilité des beignets par les consommateurs, ce qui souligne le potentiel de ces innovations pour répondre aux attentes du marché.

Ethique

Les auteurs déclarent que les expérimentations ont été réalisées en conformité avec les réglementations nationales applicables.

Déclaration sur la disponibilité des données et des modèles

Les données qui étayent les résultats évoqués dans cet article sont accessibles sur demande auprès de l'auteur de correspondance de l'article.

Déclaration relative à l'Intelligence artificielle générative et aux technologies assistées par l'Intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Les auteurs n'ont pas utilisé de technologies assistées par intelligence artificielle dans le processus de rédaction.

Déclaration d'intérêt

Les auteurs déclarent ne pas travailler, ne pas conseiller, ne pas posséder de parts, ne pas recevoir de fonds d'une organisation qui pourrait tirer profit de cet article, et ne déclarent aucune autre affiliation que celles citées en début d'article.

Contributions des auteurs

Yvanez F. : Conceptualisation, Analyse formelle, Investigation, Méthodologie, Supervision, Visualisation, Rédaction - version originale, Rédaction - révision et édition. Madodé Y.E. : Conceptualisation, Méthodologie, Ressources, Rédaction - révision et édition. Ezin R. : Conceptualisation, Investigation, Méthodologie, Rédaction - révision et édition. Mouquet-Rivier C. : Conceptualisation, Méthodologie, Ressources, Rédaction - révision et édition. Rivier M. : Conceptualisation, Méthodologie, Rédaction - révision et édition. Delpech C. : Investigation. Chapron M. : Investigation. Grondin G. : Investigation. Arnaud E. : Conceptualisation, Méthodologie, Ressources, Rédaction - révision et édition

Remerciements

Je souhaite exprimer ma gratitude envers l'équipe de la Faculté des Sciences Agronomiques (FSA) d'Abomey-Calavi pour leur accueil chaleureux, leur soutien continu, et leur précieuse contribution à ce travail. Je tiens également à remercier les membres du Laboratoire d'analyse régionale et d'expertise sociale (Lares) de Cotonou pour avoir facilité la mise en contact avec les formatrices de beignets. Enfin, je suis reconnaissant envers l'équipe de l'UMR QualiSud pour leur assistance, leurs conseils, et leurs avis éclairés lors de la rédaction de ce premier article, ainsi que pour le partage des différentes analyses réalisées.

Déclaration de soutien financier

Cette étude a été menée dans le cadre du projet ProPulse « Towards sustainable intensification in West Africa through improved production and processing of pulses : promotion of innovations from farm to fork », financée par la fondation Agropolis (numéro du projet : 2102-001).



Références bibliographiques

- Akinjayeju, O., Bisiriyu, K.T., 2004. Comparative studies of some properties of dehulled, mechanically dehulled and manually dehulled cowpea (*Vigna unguiculata* Walp. L.) flours. *Int. J. Food Sci. Technol.* 39, 355–360. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.00792.x>.
- Akissoé, F.L., 2021. Consommation des plats traditionnels à base de niébé au Bénin et impact des procédés de transformation sur la qualité nutritionnelle des plats fréquemment consommés (cas des beignets de niébé) (These de doctorat). Montpellier.
- Akissoé, L., Madodé, Y.E., Hemery, Y.M., Donadjè, B.V., Icard-Vernière, C., Hounhouigan, D.J., Mouquet-Rivier, C., 2021. Impact of traditional processing on proximate composition, folate, mineral, phytate, and alpha-galacto-oligosaccharide contents of two West African cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) based doughnuts. *J. Food Compos. Anal.* 96, 103753. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2020.103753>.
- Balasubramanian, S., Sharma, R., Kumar, S., 2011. Effect of Moisture Content and Feed Rate on Size Reduction of Pearl Millet. *J. Food Sci. Eng.* 1, 93–99.
- Barimalaa, I.S., Okoroji, C.O., 2009. Particle Size Distribution of Commercial Cowpea (*Vigna unguiculata* (L) Walp.) Flour and Sensory Properties of Akara. *Int. J. Food Eng.* 5. <https://doi.org/10.2202/1556-3758.1536>.
- Coffigniez, F., Briffaz, A., Mestres, C., Alter, P., Durand, N., Bohuon, P., 2018. Multi-response modeling of reaction-diffusion to explain alpha-galactoside behavior during the soaking-cooking process in cowpea. *Food Chem.* 242, 279–287. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.09.057>.
- Eashwarage, I., Herath, T., Gunathilake, T., 2017. Dietary fibre, resistant starch and in-vitro starch digestibility of selected eleven commonly consumed legumes (Mung bean, Cowpea, Soybean and Horse Gram) in Sri Lanka. *Res. J. Chem. Sci.* 07, 27–33.
- Ferré Thierry, Aboudou Faridath Atchabi, Kpossilande Claudia, Honfoga Gbènoukpo Barthélémy, Madode Yann Emeric, Hounhouigan Joseph Djidjoho. 2019. L'artisanat de transformation du niébé à Cotonou. . Projet ICOWPEA. Cotonou : Projet ICOWPEA, 1 p. Journée du niébé AIZAN, Cotonou, Bénin, 4 Décembre 2019/4 Décembre 2019.
- Goswami, T.K., Singh, M., 2003. Role of feed rate and temperature in attrition grinding of cumin. *J. Food Eng.* 59, 285–290. [https://doi.org/10.1016/S0260-8774\(02\)00469-7](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(02)00469-7).
- Granito, M., Torres, A., Frias, J., Guerra, M., Vidal-Valverde, C., 2005. Influence of fermentation on the nutritional value of two varieties of *Vigna sinensis*. *Eur. Food Res. Technol.* 220, 176–181. <https://doi.org/10.1007/s00217-004-1011-5>.
- Holm, J., Björck, I., Asp, N.-G., Sjöberg, L.-B., Lundquist, I., 1985. Starch availability *in vitro* and *in vivo* after flaking, steam-cooking and popping of wheat. *J. Cereal Sci.* 3, 193–206. [https://doi.org/10.1016/S0733-5210\(85\)80013-8](https://doi.org/10.1016/S0733-5210(85)80013-8).
- Jayathilake, C., Visvanathan, R., Deen, A., Bangamuwage, R., Jayawardana, B.C., Nammi, S., Liyanage, R., 2018. Cowpea: an overview on its nutritional facts and health benefits. *J. Sci. Food Agric.* 98, 4793–4806. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9074>.
- Kethireddipalli, P., Hung, Y.-C., Mcwatters, K. h., Phillips, R. d., 2002a. Effect of Milling Method (Wet and Dry) on the Functional Properties of Cowpea (*Vigna unguiculata*) Pastes and End Product (Akara) Quality. *J. Food Sci.* 67, 48–52. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb11357.x>.
- Khattab, R.Y., Arntfield, S.D., 2009. Nutritional quality of legume seeds as affected by some physical treatments 2. Antinutritional factors. *LWT - Food Sci. Technol.* 42, 1113–1118. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.02.004>.



Madodé, Y.E., Linnemann, A.R., Nout, M.J.R., Vosman, B., Hounhouigan, D.J., Van Boekel, M.A.J.S., 2012. Nutrients, technological properties and genetic relationships among twenty cowpea landraces cultivated in West Africa. *Int. J. Food Sci. Technol.* 47, 2636–2647. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2012.03146.x>.

Madodé, Y.E.E., 2012. Keeping local foods on the menu: A study on the small-scale processing of cowpea (Thèse de doctorat). Wageningen, Les Pays-Bas.

McWatters, K.H., Resurreccion, A.V.A., Fletcher, S.M., Peisher, A.V., Andress, E.L., 1993. Physical and Sensory Characteristics of Akara (Fried Cowpea Paste) Made from Whole and Decorticated Cowpeas (*Vigna unguiculata*). *LWT - Food Sci. Technol.* 26, 157–161. <https://doi.org/10.1006/fstl.1993.1032>.

Mouquet-Rivier, C., Amiot, M., 2019. Les légumineuses dans nos assiettes : que nous dit la science ? Nutriments et composés bioactifs.

Singh, A., Hung, Y.-C., Phillips, R. d., Chinnan, M. s., McWatters, K. h., 2004. Particle-size Distribution of Cowpea Flours Affects Quality of Akara (Fried Cowpea Paste). *J. Food Sci.* 69, 243–249. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb13623.x>.

Sreerama, Y.N., Sashikala, V.B., Pratape, V.M., Singh, V., 2012. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. *Food Chem.* 131, 462–468. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.09.008>.

Vanchina, M., Chinnan, M., McWatters, K., 2007. Quality and consumer acceptance of akara (fried cowpea paste) processed from wet- and dry-milled cowpea (*Vigna unguiculata*) meal with specified particle size distribution. *J. Food Qual.* 30, 309–329. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00123.x>.



Cet article est publié sous la licence Creative Commons (CC BY-NC-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

Pour la citation et la reproduction de cet article, mentionner obligatoirement le titre de l'article, le nom de tous les auteurs, la mention de sa publication dans la revue *Innovations Agronomiques* et son DOI, la date de publication.