



# Effet des opérations unitaires d'extraction sur le rendement et la qualité du beurre de *Pentadesma butyracea* produit en milieu traditionnel au Bénin

Eric Badoussi<sup>1,2</sup>, Paulin Azokpota<sup>1,2</sup>\*, Yann E. Madodé<sup>1</sup>, Balbine Fagla Amoussou<sup>1</sup>, Fidèle P. Tchobo<sup>4</sup>, Adéchola P. P. Kayodé<sup>1,3</sup>, Alphonse Dossou<sup>1,2</sup>, Mohamed M. Soumanou<sup>4</sup>, D. Joseph Hounhouigan<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Laboratoire de Biochimie Microbienne et de Biotechnologie Alimentaires (LMBA), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi; 03 BP 2819 Jericho, Cotonou, Bénin.

<sup>2</sup> Laboratoire de Biologie Moléculaire et Formulations des Aliments (LAFAB) ; Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi; 03 BP 2819 Jericho, Cotonou, Bénin.

<sup>3</sup> Laboratoire de Valorisation et de Gestion de la Qualité des Bio ingrédients Alimentaires (LABIO) ; Faculté des Sciences Agronomiques ; Université d'Abomey-Calavi; 03 BP 2819 Jericho, Cotonou, Bénin.

<sup>4</sup> Laboratoire d'Étude et de Recherche en Chimie Appliquée (LERCA), Unité de Recherche en Génie Enzymatique et Alimentaire ; École Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi; 01 BP 2009 Cotonou, Bénin.

Auteur correspondant email: [azokpotap@yahoo.fr](mailto:azokpotap@yahoo.fr)

Original submitted in on 15<sup>th</sup> December 2014. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 28<sup>th</sup> February 2015  
<http://dx.doi.org/10.4314/jab.v86i1.8>

## RÉSUMÉ

**Objectif :** Le présent travail vise à déterminer les principales opérations unitaires qui affectent significativement le rendement de production et la qualité du beurre de *Pentadesma butyracea* (arbre à beurre) obtenu par deux méthodes traditionnelles.

**Méthodologie et Résultats :** Un suivi de la production du beurre suivant les deux méthodes (M1 et M2) traditionnelles les plus utilisées en milieu traditionnel au Nord du Bénin a été réalisé chez trois productrices de beurre à deux occasions différentes. A ces occasions, le bilan des matières a été réalisé. Les caractéristiques physico-chimiques des beurres issus des deux méthodes ont été déterminées par des méthodes de références. Ces caractéristiques sont comparées à celles des beurres extraits avec de l'hexane au Soxhlet à partir des amandes collectées lors des traitements thermiques (amandes bouillies séchées, amandes torréfiées, amandes frites). Le rendement en beurre varie de 30,5±5,1% à 35,8±1,2% pour M1 et de 15,0±1,2 à 36,2 ±0,5% pour M2 et est nettement inférieur à ceux de l'extraction au Soxhlet (45,0 à 51,4%). Les beurres issus des méthodes traditionnelles sont de meilleure qualité que ceux extraits chimiquement dont les caractéristiques physicochimiques varient (CV de 23,7 à 62,3%) en fonction des paramètres opératoires (durée et température) d'obtention des amandes.

**Conclusion et applications :** La cuisson, suivie du séchage au soleil, la torréfaction, la friture, et le barattage sont les opérations qui affectent le plus la qualité et le rendement du beurre de *Pentadesma butyracea*, quelle que soit la méthode utilisée. Cette analyse scientifique des méthodes utilisées par les productrices rurales pour transformer les amandes de *Pentadesma* en beurre devrait être utile pour établir les meilleures conditions de transformation des amandes. C'est une étape préliminaire à l'optimisation du rendement d'extraction et de la qualité du beurre de *Pentadesma butyracea*.

**Mots clés :** Arbre à beurre; Indices de qualité, Couleur, Insaponifiables, Traitements thermiques

## Effect of unit operations on the extraction yield and quality of the *Pentadesma butyracea* butter produced in traditional areas of Benin

### ABSTRACT

**Objective:** The present study aims to identify the main unit operations that significantly affect the production yield and the quality of *Pentadesma butyracea* (butter tree) butter obtained by two traditional processing methods

**Methodology and Results:** Monitoring of the production of two traditional processing methods (M1 and M2) of *Pentadesma butyracea* butter commonly used in northern Benin were performed by three butter processors at two different occasions. On these occasions, the mass balance has been established. The physico-chemical characteristics of butter from both methods were assessed using reference methods. These characteristics are compared with those butters extracted with hexane from kernels collected during heat treatments (boiled and dried kernels, roasted kernels, fried kernels). The production yield varies from  $30.5 \pm 5.1\%$  to  $35.8 \pm 1.2\%$  for M1 and  $15.0 \pm 1.2$  to  $36.2 \pm 0.5\%$  for M2, significantly lower than the extraction performance laboratory which is of the order of 45.0 to 51.4%. The butter from traditional methods is better than chemically extracted whose physicochemical characteristics vary (CV=23.7 to 62.3%) by obtaining almonds parameters.

**Conclusion and applications:** Cooking followed by sun drying, roasting, frying, and churning are the operations that most affected the quality and yield extraction of *Pentadesma* butter, whatever the method used. The scientific analysis carried out of methods used by rural women to process *Pentadesma* kernel into *Pentadesma* butter should be useful for establishing processing conditions for improve the extraction yield and quality of *Pentadesma* butter. This is a preliminary step for the optimization of the extraction yield and quality of *Pentadesma butyracea* butter.

**Keywords:** Butter tree; Quality index, Color, Unsaponifiable, Heat treatment, Benin

### INTRODUCTION

Les espèces forestières alimentaires sont très abondantes dans les écosystèmes des forêts africaines et contribuent à l'économie des ménages, au renforcement de la sécurité alimentaire et à la conservation de la diversité biologique des ressources forestières (van Tomme, 1999). Au Bénin, dix (10) espèces ligneuses alimentaires sont classées prioritaires pour la conservation parmi lesquelles on retrouve *Pentadesma butyracea* (Photo 1) qui est une espèce forestière émergente (Eyog Matig *et al.*, 2002).



Photo 1 : Arbre de *Pentadesma butyracea*

*P. butyracea* est une espèce forestière rencontrée dans les galeries forestières et sur les berges des cours d'eau du Bénin. Elle fournit de nombreux produits utilisables en médecine, en alimentation, et en cosmétique (Zelefack *et al.*, 2009; Natta *et al.*, 2010; Wabo *et al.*, 2010; Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2011). De tous ces produits, le beurre (Photo 2) extrait des amandes du fruit de l'arbre constitue le principal produit recherché.



Photo 2 : Beurre de *Pentadesma butyracea*

Au Bénin, la production du beurre de *P. butyracea* est une activité essentiellement féminine qui

alimente l'économie des zones de production (Sinsin et Sinadouwirou, 2003; Avocèvou-Ayisso *et al.*, 2009; Natta *et al.*, 2010). Dans les ménages ruraux, le beurre de *P. butyracea* est souvent substitué au beurre de karité ou utilisé de préférence pour certaines préparations telles que les sauces et la friture (Sinsin et Sinadouwirou, 2003; Natta *et al.*, 2010). Ce beurre contient 88 à 96% d'acides oléique et stéarique (Dencausse *et al.* 1995; Tchobo *et al.*, 2007), 1,5 à 1,8% d'insaponifiables et est caractérisé par un point de fusion compris entre 37,5 et 38, 2°C (Adomako, 1977; Tchobo *et al.*, 2013). De telles propriétés sont de plus en plus recherchées dans les industries agroalimentaires, cosmétiques et pharmaceutiques qui ont une préférence pour le biobeurre obtenu à partir des méthodes traditionnelles. Traditionnellement, le beurre de *Pentadesma butyracea* est produit à la suite du concassage, de la torréfaction et de la mouture des amandes. La pâte obtenue après la mouture subit le barattage pour donner d'abord de l'huile après chauffage. L'huile chauffée est refroidie pour donner du biobeurre (Aissi *et al.*, 2011; Ahouansou *et al.*, 2012). La production traditionnelle du biobeurre de *P. butyracea* se fait suivant plusieurs méthodes définies en fonction, principalement, des prétraitements appliqués aux amandes mais aussi en fonction des étapes de finition (Badoussi *et al.*, 2014). Globalement, les étapes de production du beurre comprennent l'ébouillantage, suivi par le

séchage, le fumage ou le séchage simple, la torréfaction ou la friture, le barattage à l'eau froide ou à l'eau chaude. La torréfaction ou la friture sont des étapes optionnelles pour certaines productrices. Ces différentes étapes peuvent être combinées conduisant à 10 méthodes traditionnelles de production du beurre de *P. butyracea* au Bénin (Badoussi *et al.*, 2014). Deux de ces méthodes sont utilisées par près des 60% des transformatrices enquêtées (Badoussi *et al.*, 2014). Il a été rapporté que certaines étapes, notamment les traitements thermiques tels que le séchage, la cuisson et la torréfaction des amandes de karité ainsi que le chauffage du beurre de karité, si elles ne sont pas contrôlées conduisent, non seulement, à la baisse du rendement de la production, mais aussi, à l'obtention d'un produit fini de qualité hors normes (Louppe, 1995; Hall *et al.*, 1996; Kapseu *et al.*, 2005; Womeni *et al.*, 2006). Il est fort probable que les opérations unitaires effectuées au cours de la production du beurre de *Pentadesma* aient un impact significatif sur le rendement et la qualité du produit fini. Dans la perspective de l'amélioration ou de l'optimisation des méthodes traditionnelles de production du beurre de *Pentadesma*, le présent travail, vise principalement à évaluer l'effet des principales opérations unitaires effectuées au cours de la production du beurre de *Pentadesma* sur le rendement et les caractéristiques physicochimiques du produit fini.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Matériel :** Le matériel utilisé dans le cadre de la présente étude est composé de trois types d'amandes, à savoir les amandes bouillies et séchées, les amandes torréfiées et les amandes frites. Les amandes torréfiées et frites ont été obtenues à partir des amandes bouillies et séchées qui constituent la matière première de base.

### Méthodes

**Production du beurre:** Un suivi de production a été d'abord réalisé avec les deux principales méthodes traditionnelles (M1 et M2) d'extraction du biobeurre les plus utilisées et précédemment recensées au Nord du Bénin (Badoussi *et al.*, 2014). Ensuite, le beurre de *Pentadesma* a été extrait chimiquement au Soxhlet au laboratoire.

**a) Suivi de la production de biobeurre et mesure des paramètres technologiques :** Un suivi de production du beurre de *Pentadesma* en milieu

traditionnel a été effectué suivant les deux méthodes traditionnelles d'extraction du beurre retenues (Badoussi *et al.*, 2014 ). La méthode 1 consiste à concasser d'abord les amandes bouillies et séchées dans un mortier. Les amandes concassées ont été torréfiées dans une marmite puis pilées de nouveau. Une mouture fine a été réalisée à l'aide d'une meule en pierre, suivie d'un barattage jusqu'à l'obtention d'un beurre non purifié. Le beurre obtenu a été lavé et chauffé dans une marmite en vue de recueillir le surnageant qui est récupéré et refroidi pour donner un beurre pur (Figure 1). Pour la méthode 2, les amandes bouillies et séchées ont été frites dans une marmite avec l'huile du beurre de *Pentadesma* issu de la méthode 1.

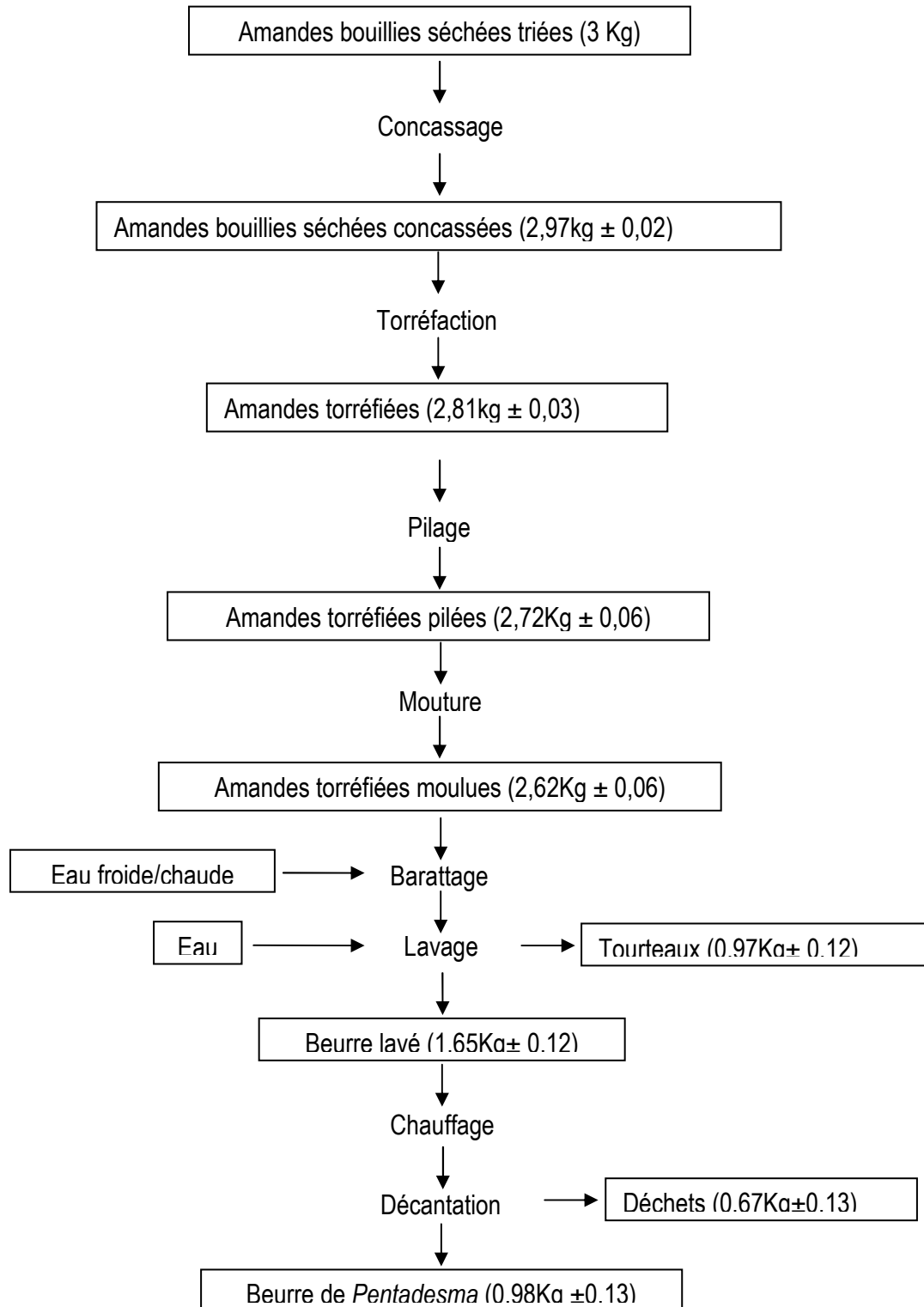


Figure 1 : Méthode traditionnelle 1 d'extraction du beurre de *P. butyracea*

La suite des opérations est identique à la méthode 1 (Figure 2). Pour chaque méthode, la production a été réalisée par trois productrices (P1, P2 et P3) en deux répétitions. Ces trois productrices ont été choisies par randomisation parmi les productrices ayant au moins

10 ans d'expérience dans le domaine de la production du beurre et appartenant au groupe socioculturel Anii, un des principaux groupes socioculturels s'adonnant principalement à l'activité d'extraction du beurre de *Pentadesma* au Nord du Bénin.

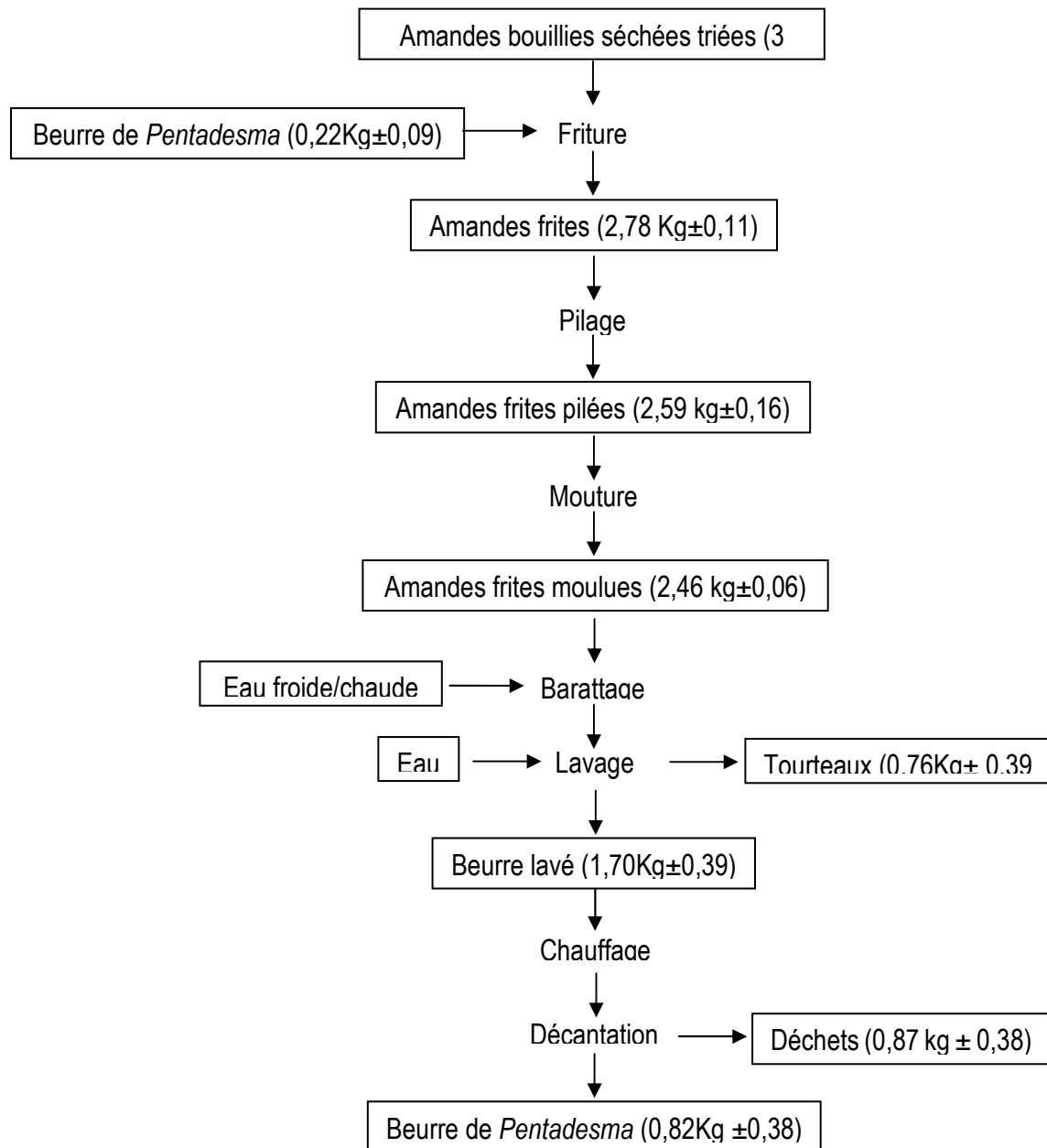


Figure 2 : Méthode traditionnelle 2 d'extraction du beurre de *P. butyracea*

Au cours du suivi de la production, des échantillons d'amandes bouillies séchées, d'amandes torréfiées et d'amandes frites ont été collectés pour l'extraction du beurre au laboratoire. Par ailleurs, la température et la durée de réalisation des opérations unitaires ont été déterminées, notamment pour les principales opérations de traitement thermique des amandes.

**b) Extraction du beurre de *Pentadesma* au laboratoire :** Les échantillons d'amandes collectés ont subi un concassage suivi d'une mouture fine. Les pâtes moulues obtenues sont introduites dans des cartouches d'extraction et on procède à une extraction au Soxhlet pendant 7 heures à 70°C en utilisant

l'hexane comme solvant d'extraction. Le micella obtenu a subi une évaporation à 70°C à l'évaporateur rotatif jusqu'à séparation complète du solvant du beurre (Figure 3) Le résidu de solvant est évaporé à l'étuve à 70°C.

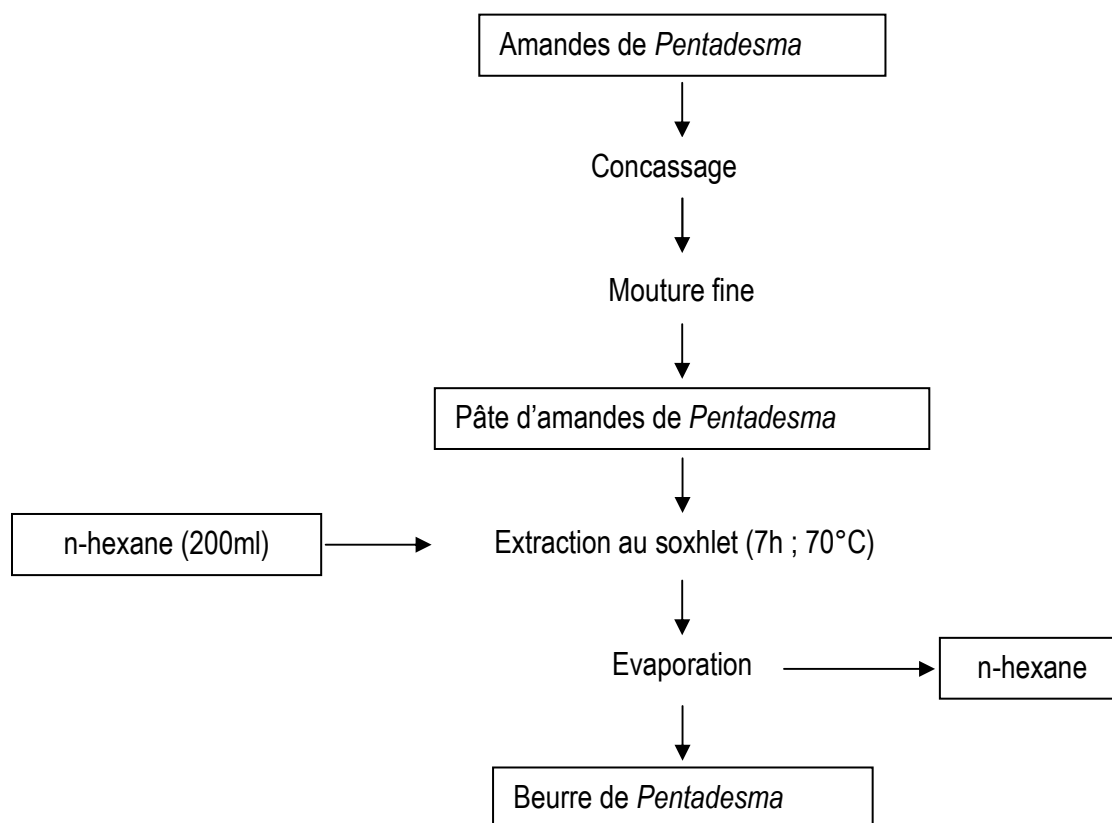


Figure 3 : Méthode d'extraction au laboratoire du beurre de *Pentadesma butyracea*

#### Bilan de matière et rendements de production

a) **Rendement de la production par la méthode traditionnelle** : La quantité de matières entrant et sortant de chaque opération unitaire a été mesurée à l'aide d'une balance de précision. Ces mesures ont permis de calculer le rendement de chaque opération unitaire permettant d'évaluer les pertes et le rendement de la méthode de production utilisée. Le rendement instantané ( $R_i$ ) de chaque opération unitaire et le rendement de production ( $R_p$ ) des méthodes ont été calculés à partir des formules suivantes :

- $R_i (\%) = \frac{\text{Masse de produit obtenu}}{\text{Masse de matière première de l'opération unitaire}} \times 100$
- $R_p (\%) = (R_{i1} \times \dots \times R_{in}) \times 100$

Avec n: nombre d'opérations unitaires effectuées pour une méthode.

#### b) Rendement de la production d'extraction du beurre au Soxhlet

Le rendement d'extraction du beurre au Soxhlet est calculé suivant la formule si après :

$$R(\%) = \frac{\text{Quantité de beurre obtenu (g)}}{\text{Quantité d'amandes utilisées (g)}} \times 100$$

#### Collecte des échantillons de beurre pour les analyses

Deux types de beurre ont été collectés pour les analyses. Il s'agit du beurre produit en milieu réel lors du suivi de la production (Biobeurre) et du beurre extrait au Soxhlet dans les conditions de laboratoire. Au total, 12 échantillons de beurre produit à partir des méthodes traditionnelles (06 par méthode) et 13 échantillons de beurre produit à partir des amandes bouillies séchées (01), des amandes torréfiées(06) et des amandes frites (06), produit dans les conditions de laboratoire ont été collectés. Après la production, les échantillons de beurre ont été emballés dans des bols plastiques couverts et conservés à 4°C pour les différentes analyses.

#### Détermination des caractéristiques physico-chimiques des beurres

Les teneurs en matières insaponifiables et en eau et matières volatiles, l'acidité en pourcentage d'acide oléique, les indices de réfraction, de peroxyde et de saponification des échantillons de beurre produits ont été déterminés, respectivement, suivant les méthodes normalisées

françaises : NF T 60-205-1, NF T 60-201, NF T 60-204, NF T 60-212, NF T 60-220 et NF ISO 3657 (AFNOR, 1993). La couleur des produits finis (beurres) a été mesurée dans l'espace L\* (luminance ou clarté ou blancheur), a\* (saturation en rouge) et b\* (saturation en jaune) (CIELAB) à l'aide d'un chromamètre (Minolta CR 410 b) préalablement étalonné avec une céramique blanche de référence.

**Analyses statistiques :** Les données du suivi de production ont été saisies et traitées avec le logiciel

Sphinx Plus 2011. Les données issues des analyses physico-chimiques ont été saisies et traitées avec le tableur Microsoft Excel 2007. Les paramètres technologiques et les caractéristiques physicochimiques des beurres obtenus de chaque méthode de production en fonction des productrices ont été comparés grâce à une analyse de variance, suivie d'un test LDS de Fisher au seuil de 5% avec le logiciel STASTITICA 7.1.

## RÉSULTATS

**Principales opérations unitaires identifiées au cours du suivi de production du beurre :** La méthode 1 comprend 9 opérations unitaires dont la durée totale d'exécution varie de 156±1min à 170±10min. Pour cette méthode, on note particulièrement que les durées des opérations de torréfaction et de barattage sont relativement plus longues et ont varié considérablement d'une productrice à une autre avec un coefficient de variation de l'ordre de 23,4 à 30,3%. Par ailleurs, la température

de torréfaction varie de 111,5±3,5°C à 116°C±8°C et celle du chauffage de 115±5°C à 125±5°C, avec une différence non significative d'une productrice à une autre. Le rendement instantané (Tableau 1) calculé au niveau de chaque opération unitaire a montré qu'il y a plus de pertes de matières au cours du pilage, de la torréfaction et de la mouture. Ces pertes sont de l'ordre de 3,5 à 5,3%. Le rendement réel de la méthode 1 varie de 30,5±5,1% à 35,8±1,2%.

**Tableau 1 :** Rendements de production du beurre de *Pentadesma butyracea* selon la méthode 1

Productrices (P)	Rendement des opérations unitaires					Rendement global de la production
	Pilage	torréfaction	Mouture	Barattage-lavage	Chauffage-décantation	
P1	94±3,3a	95,1±0,1 <sup>a</sup>	94,4±3,9 <sup>a</sup>	68,0±0,8 <sup>a</sup>	53±5,6 <sup>a</sup>	30,5±5,1 <sup>a</sup>
P2	95,7±3,4a	93,8±1,3 <sup>a</sup>	97,4±0,0 <sup>a</sup>	61,6±0,3 <sup>a</sup>	59,3±4,9a	32,3±1,8 <sup>a</sup>
P3	97,5±0,0 <sup>a</sup>	95,2±0,5 <sup>a</sup>	97,7±0,0 <sup>a</sup>	59,6±5,7 <sup>a</sup>	66,1±8,9 <sup>a</sup>	35,8±1,2 <sup>a</sup>
Moyenne	95,7	94,7	96,5	63,1	59,4	32,8
CV(%)	2,8	1	2,5	7,5	13,2	10,6

Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant dans la même colonne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% (p < 0,05).

La durée totale des opérations unitaires de la méthode 2 varie de 178±0 à 184±6,5 min. Pour cette méthode, on s'aperçoit que les durées des opérations de friture et de barattage sont relativement plus longues et varient d'une productrice à une autre avec un coefficient de variation de l'ordre de 21,3 à 53,2%. La température de friture des amandes de *Pentadesma butyracea* varie de 113±1 à 137,5±7,5°C. Les rendements instantanés mesurés montrent qu'il y a eu des pertes au niveau des opérations de friture, de pilage et de mouture de l'ordre de 4,1 à 7,2%. Le rendement instantané du barattage-

lavage de la productrice 1 est supérieur au seuil de 5% à ceux des productrices 2 et 3. Cependant, le rendement instantané du chauffage-décantation est significativement différent (P<0,05) d'une productrice à une autre et la plus faible valeur est celle obtenue au niveau de la productrice 1. Cette différence a été aussi observée au niveau du rendement de production qui varie de 15±1,18 à 36,2 ±0,47% et correspond respectivement au rendement de production des productrices 1 et 3 (Tableau 2).

Tableau 2 : Rendements de production du beurre de *Pentadesma butyracea* selon la méthode 2

Productrices (P)	Rendement des opérations unitaires					Rendement globale de la production
	Friture	Pilage	Mouture	Barattage-Lavage	Chauffage-décantation	
P1	90,5±1,7 <sup>a</sup>	91,3±5,5 <sup>a</sup>	95,7 <sup>a</sup>	89±3 <sup>b</sup>	20,1±2,9 <sup>a</sup>	15±1,18 <sup>a</sup>
P2	90,7±0,7 <sup>a</sup>	91,1±5,9 <sup>a</sup>	94,9±3,9 <sup>a</sup>	59±2,8 <sup>a</sup>	58,5±0,9 <sup>b</sup>	31,2±4,12 <sup>b</sup>
P3	97,1±0,2 <sup>b</sup>	97,1±0,6 <sup>b</sup>	94,8 <sup>a</sup>	59,1±2,4 <sup>a</sup>	67,2±2,8 <sup>c</sup>	36,2±0,475 <sup>c</sup>
Moyenne	92,8	93,2	94,9	69	48,6	26,1
CV(%)	3,9	6,4	2,3	22,8	46,4	38,1

Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant dans la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ).

#### Principales caractéristiques physicochimiques des beurres produits :

Les caractéristiques physicochimiques des deux types de beurres sont consignées dans les tableaux 3 et 4. L'extraction au Soxhlet révèle que la teneur en beurre moyenne des amandes bouillies séchées est de 45 % et est significativement inférieure au seuil de 5% à celle des amandes torréfiées qui est en moyenne de 47,3% tandis que celle des amandes torréfiées est significativement inférieure au seuil de 5% à celle des amandes frites qui est en moyenne de 51,4%. Par ailleurs, l'indice de peroxyde du beurre extrait des amandes bouillies séchées est supérieur à celui des amandes torréfiées et des amandes frites qui sont aussi significativement différents l'un de l'autre (Tableau 3). De même, l'acidité et le degré de saturation en jaune des beurres des amandes torréfiées et frites sont relativement supérieurs à celle du beurre extrait des amandes bouillies séchées. Cependant, les beurres extraits au Soxhlet des différents échantillons d'amandes torréfiées révèlent une grande variation au niveau de l'acidité, de l'indice

de peroxyde et de la teneur en matières insaponifiables. Ces valeurs varient respectivement de 4,1±0,2 à 6,2±1,8% de 3,9±2,3 à 9,4±1,2 méqO<sub>2</sub>/Kg et de 0,8±0,03 à 1,3±0,6% (Tableau 3). Cette même variation a été observée au niveau de l'acidité, de l'indice de peroxyde, de la teneur en matières insaponifiables, du degré de saturation en rouge (a\*) et du degré de saturation en jaune (b\*) des beurres extraits des amandes frites avec des coefficients de variation de l'ordre de 23,7 à 62,3%. (Tableau 3). Les caractéristiques physicochimiques des beurres obtenus à partir des deux méthodes traditionnelles ne sont pas significativement différentes les unes des autres (Tableau 4). Cependant, une grande variation (CV de 28,9 à 106%) a été observée au niveau de la teneur en eau et matières volatiles, de la teneur en matières insaponifiables et de l'indice de peroxyde des beurres obtenus à partir des deux méthodes d'une productrice à une autre. Cette même variation a été observée au niveau du degré de saturation en rouge du beurre de la méthode 2 (CV= 65.02%).



**Tableau 3 :** Caractéristiques physicochimiques des beurres extraits dans les conditions de laboratoire à partir des différentes amandes collectées

Paramètres	Beurre ABS	Beurre extrait des amandes torréfiées					Beurre extrait des amandes frites				
		P1	P2	P3	Moy	CV(%)	P1	P2	P3	Moy	CV(%)
Acidité (%)	3,60 <sup>a</sup>	6,24±1,78 <sup>a</sup>	4,08±0,2 <sup>a</sup>	4,21±0,35 <sup>a</sup>	4,85	28	4,57±1,1 <sup>a</sup>	4,91±1,22 <sup>a</sup>	7,06±2,19 <sup>a</sup>	5,51	31,42
IP (méq O2/Kg)	13,50 <sup>d</sup>	3,87±2,32 <sup>ab</sup>	6,77±2,11 <sup>bc</sup>	9,44±1,17 <sup>c</sup>	6,69	43,42	2,04±1,4 <sup>a</sup>	2,22±2,00 <sup>a</sup>	1,39±0,33 <sup>a</sup>	1,88	62,30
TMI (%)	1,3 <sup>a</sup>	0,84±0,00 <sup>a</sup>	1,29±0,58 <sup>a</sup>	0,83±0,03 <sup>a</sup>	0,99	35,46	0,98±0,0 <sup>a</sup>	1,15±0,67 <sup>a</sup>	1,11±0,35 <sup>a</sup>	1,08	32,22
IS (mg de KOH/g)	202 <sup>a</sup>	202,4±1,6 <sup>a</sup>	201,8±4,9 <sup>a</sup>	205,3±2,5 <sup>a</sup>	203,1	0,92	206±2,8 <sup>a</sup>	199±11 <sup>a</sup>	198±10,8 <sup>a</sup>	201,2	2,21
IR	1,46 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46	0,0	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46 <sup>a</sup>	0,0
L*	73,73 <sup>ab</sup>	71,48±0,79 <sup>a</sup>	71,19±0,32 <sup>a</sup>	73,08±1,75 <sup>ab</sup>	71,92	1,41	75,79±1,24 <sup>b</sup>	74,27±2,91 <sup>ab</sup>	73,82±0,39 <sup>ab</sup>	74,63	2,28
Couleur a*	-4,62 <sup>a</sup>	-6,26±1,50 <sup>a</sup>	-5,94±1,04 <sup>a</sup>	-4,75±0,87 <sup>a</sup>	-5,65	14,09	-5,98±0,53 <sup>a</sup>	-4,86±2,13 <sup>a</sup>	-5,6±1,54 <sup>a</sup>	-5,48	23,75
b*	20,64 <sup>c</sup>	34±5,09 <sup>ab</sup>	36,84±1,07 <sup>b</sup>	35,26±3,17 <sup>ab</sup>	35,21	3,37	23,23±3,11 <sup>ac</sup>	27,82±11,71 <sup>abc</sup>	27,42±4,76 <sup>abc</sup>	26,16	23,88

IP : Indice de Peroxyde ; TMI : Teneur en Matières Insaponifiables ; IS : Indice de Saponification ; IR : Indice de Réfraction ; ABS : Amandes Bouillies Séchées, P : Productrice ; Moy : Moyenne ; CV : Coefficient de Variation. Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 4 :** Caractéristiques physicochimiques des beurres extraits par les deux méthodes traditionnelles

	Beurre extrait avec la méthode traditionnelle 1					Beurre extrait avec la méthode traditionnelle 2				
	P1	P2	P3	Moy	CV(%)	P1	P2	P3	Moy	CV(%)
T E	0,07±0,01 <sup>a</sup>	0,63±0,07 <sup>b</sup>	0,15±0,0 <sup>a</sup>	0,28	106,9	0,49±0,10 <sup>a</sup>	0,11±0,04 <sup>b</sup>	0,77±0,0 <sup>a</sup>	0,46	72,54
Acidité	3,63±0,09 <sup>a</sup>	3,78±0,39 <sup>a</sup>	3,43±0,15 <sup>a</sup>	3,61	8,66	3,34±0,12 <sup>a</sup>	3,56±0,46 <sup>a</sup>	3,33±0,1 <sup>a</sup>	3,41	9,72
IP	1,06±0,09 <sup>a</sup>	1,29±0,71 <sup>a</sup>	1,29±0,70 <sup>a</sup>	1,06	35,39	0,73±0,09 <sup>a</sup>	1,06±0,09 <sup>a</sup>	1,16±0,7 <sup>a</sup>	0,85	31,65
TMI	0,96±0,52 <sup>a</sup>	0,98±0,16 <sup>a</sup>	0,48±0,08 <sup>a</sup>	0,81	44	0,88±0,21 <sup>a</sup>	0,69±0,04 <sup>a</sup>	1,00±0,3 <sup>a</sup>	0,86	25,95
IS	205,4±1,6 <sup>a</sup>	200,8±3,1 <sup>a</sup>	205,2±4,2 <sup>a</sup>	203,8	1,6	207,4±2,9 <sup>a</sup>	203,7±3,5 <sup>a</sup>	206,9±0,0 <sup>a</sup>	206	1,32
IR	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46	0,0	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46±0,0 <sup>a</sup>	1,46	0,0
L*	71,76±0,33 <sup>a</sup>	72,11±0,31 <sup>a</sup>	71,76±1,70 <sup>a</sup>	71,88	0,28	68,36±3,24 <sup>a</sup>	69,86±4,85 <sup>a</sup>	72,26±0,55 <sup>a</sup>	70,16	4,50
Couleur a*	-5,96±0,24 <sup>a</sup>	-5,21±0,01 <sup>a</sup>	-5,35±0,40 <sup>a</sup>	-5,51	7,21	-1,88±2,36 <sup>b</sup>	-2,87±2,07 <sup>ab</sup>	-5,72±0,24 <sup>a</sup>	-2,27	65,02
b*	36,11±1,13 <sup>a</sup>	34,09±0,10 <sup>a</sup>	33,63±2,75 <sup>a</sup>	34,61	3,81	31,03±2,35 <sup>a</sup>	33,31±4,97 <sup>a</sup>	33,73±0,92 <sup>a</sup>	32,69	8,59

T E : Teneur en eau ; IP : Indice de Peroxyde ; TMI : Teneur en Matières Insaponifiables ; IS : Indice de Saponification ; IR : Indice de Réfraction P : Productrice ; Moy : Moyenne ; CV : Coefficient de Variation ; Les chiffres ayant les mêmes lettres en exposant sur la même ligne ne sont pas significativement différents au seuil de 5% ( $p < 0,05$ ).

L'acidité et l'indice de peroxyde des beurres extraits des amandes torréfiées au Soxhlet sont significativement supérieurs à ceux des biobeurres obtenus avec la méthode traditionnelle 1. Aussi, l'acidité et le degré de saturation en jaune sont-ils en moyenne de 5,5 et 26,1 pour les beurres extraits au Soxhlet à partir des amandes frites alors qu'ils sont de

3,4 et 33,7 pour les beurres obtenus à partir de la méthode 2, sans différence significative. Par ailleurs, aucune différence significative n'a été observée au niveau des indices de saponification et de réfraction des beurres extraits dans les conditions de laboratoire et ceux obtenus avec les deux méthodes traditionnelles de production.

## DISCUSSION

L'acidité et l'indice de peroxyde du beurre extrait des amandes bouillies séchées au soleil par la méthode traditionnelle sont supérieurs aux valeurs rapportées par Tchobo et al (2007, 2013) sur les amandes non bouillies séchées à l'étuve avec une teneur en matières insaponifiables des graines bouillies séchées plus faible. Ces observations seraient dues aux conditions non contrôlées de cuisson et aux mauvaises conditions de séchage au soleil ou de stockage. En effet, à l'instar de ce qui est observé pour le beurre de karité (Lovett, 2004; Womeni, 2004), la cuisson et le séchage au soleil des amandes de *Pentadesma butyracea* ont été identifiés comme des étapes critiques dans la production des amandes de *Pentadesma butyracea* (Badoussi et al., 2014). L'étape de cuisson des amandes améliore le taux d'extraction et inactive les enzymes de germination, des lipases, qui sont responsables de l'hydrolyse du beurre qui conduit au rancissement (Aissi et al., 2011). Malheureusement, cette étape apparaît également comme responsable de la destruction de la structure des amandes qui fournissent une protection contre les contaminations fongiques et de l'augmentation des teneurs en peroxyde dans le produit fini, probablement du fait de l'auto-oxydation catalysée par la présence de chaleur. De plus, les fruits venant à maturité en saison pluvieuse, le séchage au soleil des amandes de *P. butyracea* pourrait être responsable de la teneur élevée de peroxyde et de l'acidité pendant la longue durée d'exposition (14 à 30 jours) (Badoussi et al., 2014). Selon Woméni et al (2006a), à moins de 50°C de séchage à l'étuve, les liaisons impliquées dans la stabilisation des structures secondaire et tertiaire des protéines ne sont pas rompues et les enzymes de dégradation de l'insaponifiable restent actives. Par ailleurs, Raoult-Wack et al (1997) ont rapporté que l'oxydation des acides gras constitue l'un des risques du séchage convectif à l'air des produits à la fois riche en eau et en graisse. Ainsi, la cuisson et le séchage des amandes de *P. butyracea* sont des prétraitements importants impliqués dans la production traditionnelle du beurre qui doivent être optimisés afin de produire un beurre de meilleure qualité. L'indice de saponification du beurre extrait au Soxhlet à partir des différentes amandes est supérieur à celui obtenu par Tchobo et al (2013) sur les amandes simplement séchées. En effet,

le suivi de production étant effectué trois mois après la période de fructification des arbres de *Pentadesma*, cette observation serait due à la durée de stockage des amandes de *Pentadesma* qui aurait entraîné avec le concours de la lumière, de l'oxygène et des traces de métaux, la rupture des chaînes d'acides gras insaturés lors de la conservation ce qui aurait pour conséquence l'augmentation de l'indice de saponification des beurres analysés (Trémolières et al., 1980; Wolff, 1991). Des observations similaires ont été rapportées par Tchiégang et al (2004) qui ont montré que l'indice de saponification de l'huile extrait des amandes de *Ricinodendron heudelotii* passait de 195 à 219 mg de KOH/g après 2 mois de stockage. L'accroissement de la teneur en beurre des amandes torréfiées et frites comparativement aux amandes bouillies séchées serait lié aux traitements thermiques qu'ont subit les amandes torréfiées et frites qui auraient entraîné le fractionnement et la rupture des cellules oléifères libérant facilement leurs contenus. Akinoso et Raji (2011) ont trouvé un taux d'accroissement en huile de 1,3 à 4,8% sur les graines de néré (*Parkia biglobosa*) torréfiées. En effet, en milieu réel, les productrices du beurre de *Pentadesma* font d'abord torréfier ou frire les amandes avant d'en extraire le beurre. La différence entre la teneur en beurre des amandes torréfiées et frites serait due à une absorption par les amandes frites de la matière grasse provenant du bain de friture. Le rendement d'extraction des deux méthodes traditionnelles est significativement inférieur à celui extrait au Soxhlet dans les conditions de laboratoire à partir des amandes torréfiées et frites. Cependant, il existe une corrélation entre les paramètres de torréfaction et de friture et le rendement de production des deux méthodes. En effet, la faible température de torréfaction de la productrice 1 a conduit au rendement d'extraction le plus faible alors que la forte température de torréfaction utilisée par la productrice 3 a conduit au rendement de production le plus élevé. Shimoda et al (1996) et Krist et al (2006) ont rapporté que la torréfaction des amandes de karité est une pratique qui permet d'améliorer le rendement et les caractéristiques sensorielles du beurre. Cependant, le chauffage insuffisant ou à faible température peut réduire le rendement d'extraction (Krysiak et Motyl-Patelska, 2005). De plus, une corrélation a été établie entre la

durée de barattage et le rendement de production des deux méthodes de production. Plus la durée de barattage est longue plus le rendement de production est élevé. En effet, le barattage permet la séparation du beurre des déchets. Ainsi, plus la durée de barattage est longue plus la séparation des deux phases est bonne. Cependant, la température de l'eau utilisée pour le barattage pourrait influencer la durée du barattage. En effet, les travaux de Son *et al* (2013) effectués sur le procédé d'extraction du beurre de karité par barattage ont montré que la température de l'eau et la fréquence d'ajout d'eau influencent la durée et la demande en eau pour le barattage. Cette observation suggère la détermination des conditions optimales du barattage. Les pertes observées au niveau des opérations de pilage, de mouture, de la torréfaction et de la friture recommandent l'utilisation d'équipements modernes. La variation des caractéristiques physicochimiques des beurres extraits des amandes torréfiées et frites serait liée à la durée et à la température de la torréfaction et de la friture qui varient d'une productrice à une autre. La diminution de l'indice de peroxyde des beurres des amandes torréfiées et frites, comparativement aux amandes bouillies séchées pourrait s'expliquer par les traitements thermiques qu'ont subit ces dernières qui auraient entraîné la destruction et la volatilisation de certaines molécules de peroxydes. Selon Pages *et al* (2010), cette baisse serait liée aux températures élevées qui élimineraient systématiquement les peroxydes. Ainsi, la réaction de décomposition prendrait le pas sur la réaction de formation des peroxydes. Selon Ahouannou *et al* (2013), il existerait une plage de températures qui favoriserait la réduction ou l'élimination des peroxydes et une plage de températures qui entraînerait leur augmentation ou formation. L'indice de peroxyde élevé, observé dans les beurres extraits des amandes torréfiées, comparativement aux amandes frites pourrait s'expliquer par le fait que la friture a été réalisée sur les amandes entières alors que la torréfaction l'a été sur les amandes concassées offrant ainsi plus de surface de contact entre le produit torréfié et le dioxygène, principal précurseur des réactions d'oxydation. Bail *et al* (2009), en comparant le profil en composés volatils de différents beurres de karité, ont rapporté que le séchage des amandes et la torréfaction influenceraient significativement la composition en matières volatiles du beurre de karité. La plupart de ces composés volatils étudiés par Bail *et al* (2009) se composent de produits de dégradation d'acides gras tels que l'acide acétique et hexanoïque, les composés carboxyliques (hexanal, heptanal, trans-2-heptenal, 2,4-heptadienal), et de 2-pentylfurane. L'acidité élevée des beurres des amandes torréfiées et frites, comparativement aux amandes bouillies séchées serait due à la longue durée

de torréfaction et de friture qui provoque la rupture des liaisons des glycérides et la libération des acides gras libres dans le milieu (Kapseu *et al.*, 2005 ; Womeni *et al.*, 2006b ; Megnanou *et al.*, 2007). Par ailleurs, l'augmentation du degré de saturation en jaune ( $b^*$ ) serait due à une réaction non enzymatique de brunissement et à la dégradation des phospholipides lors des traitements thermiques (Mohagir *et al.*, 2009). Selon Akinoso *et al* (2006), l'intensification de la couleur du beurre serait due à la formation de diènes et de triènes conjugués qui se seraient transformés en composés polymères avec l'augmentation de la température. La diminution de l'acidité et de l'indice de peroxyde observée dans les biobeurre (beurres obtenus par les méthodes traditionnelles), comparativement à ceux des beurres extraits des amandes torréfiées et frites au Soxhlet serait liée à l'opération de lavage par effet de dissolution. La teneur en eau et matières volatiles des beurres obtenus par les deux méthodes de production est similaire à celle obtenue par Aissi *et al* (2011) sur le beurre obtenu des amandes bouillies séchées mais supérieure à celle obtenue des amandes fumées au four traditionnel. Cependant, le coefficient de variation élevé de ce paramètre serait probablement lié au mauvais choix quant au respect de la durée et de la température requise pour le chauffage du beurre par les productrices. L'indice de réfraction qui sert de test de pureté du beurre est similaire à celui rapporté par Aissi *et al* (2011) et Tchobo *et al* (2013). Le degré de saturation en jaune ( $b^*$ ) des beurres obtenus à partir des deux méthodes traditionnelles est supérieur à celui obtenu par Honfo *et al* (2013) sur le beurre de karité. Cette observation confirme les affirmations des productrices qui ont mentionné que le beurre de *Pentadesma* est plus jaune que celui du karité (Badoussi *et al.*, 2014). Par ailleurs, Honfo *et al* (2013) ont lié la couleur jaune du beurre de karité à la présence de  $\beta$  carotène. Ainsi, nous pouvons dire que le beurre de *P. butyracea* contiendrait plus de  $\beta$  carotène que celui du karité. Cependant, la teneur en matières insaponifiables des beurres de *Pentadesma* est largement inférieure à celle rapportée par ces auteurs sur le beurre de karité. En comparant la conformité de la qualité des beurres de *Pentadesma* produits aux valeurs normatives définies par l'UEMOA (2011) pour le beurre de karité non raffiné, on constate que l'indice de peroxyde des beurres de *Pentadesma* analysés dans le présent travail respecte le critère du beurre de premier choix tandis que l'acidité et la teneur en eau des beurres issus des deux méthodes de production respectent le critère de qualité du beurre de troisième choix. Ainsi, les beurres issus des deux méthodes ne peuvent être utilisés directement que dans l'industrie du savon ou ne peuvent être

consommés qu'après raffinage (JEMOA, 2011). L'optimisation des prétraitements des amandes, de la torréfaction, de la friture, du barattage et du chauffage

du beurre permettront certainement d'améliorer le rendement de production et la qualité du beurre de *Pentadesma butyracea*.

## CONCLUSION

Au regard des résultats obtenus au terme du présent travail, il est apparu que la torréfaction, la friture et le barattage sont les principales opérations unitaires qui ont le plus affecté le rendement de production l'indice de peroxyde, l'acidité, la teneur en eau et matières volatiles et la teneur en matières insaponifiables. Par ailleurs, le rendement d'extraction chimique du beurre dans les conditions de laboratoire est plus élevé

comparativement aux biobeurre produits avec les méthodes traditionnelles qui génèrent un faible rendement avec un produit de qualité acceptable. L'optimisation des méthodes traditionnelles permettra d'améliorer le rendement de production et la qualité du beurre de *Pentadesma butyracea* et de créer, de ce fait, les conditions favorables à la mise en place d'une filière d'exportation du produit.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Conseil Scientifique de l'Université d'Abomey-Calavi pour son appui financier.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adomako D, 1977. Fatty acid composition and characteristics of *Pentadesma butyracea* fat extracted from Ghana seeds. *Journal of Science Food Agricultural* 28: 384-386.
- AFNOR (Association Française de Normalisation), 1993 Recueil de normes françaises. Corps Gras Graines Oléagineuses Produits Dérivés. 5e édition, Paris.
- Ahouannou C, Tchobo FP, Toukourou CA, Kougbadi F, Soumanou MM., 2013. Influence des opérations thermiques impliquées dans les procédés traditionnels d'extraction du beurre de karité au Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 7(5) : 2151-2164.
- Ahouansou RH., Aïssi MV, Sanya EA, Soumanou MM, 2012. Propriétés physique et mécanique des graines de *P. butyracea* produites au Bénin. *Journal of Applied Biosciences* 50: 3485–3493.
- Aïssi MV, Tchobo FP, Natta AK, Piombo G, Villeneuve P, Sohounhloué DCK, Soumanou MM, 2011. Effet des prétraitements post-récolte des amandes de *Pentadesma butyracea* (Sabine) sur la technologie d'extraction en milieu réel et la qualité du beurre. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 18 (6) : 384-392.
- Akinoso R, Igbeka JC, Olayanju TMA, 2006. Predictive models for palm kernel (*Elaeis guineensis*) and Sesame (*Sesamum indicum*) oil color. *Journal of Applied Science, Engineering and Technology*. 6, 34–38.
- Akinoso R. and Raji AO, 2011. Optimization of oil extraction from locust bean using response surface methodology. *European Journal of Lipid Science and Technology* 113 : 245–252
- Avocèvou-Ayisso C, Sinsin B, Adegbidji A, Dossou G, Van Damme P, 2009. Sustainable use of non-timber forest products: Impact of fruit harvesting on *Pentadesma butyracea* regeneration and financial analysis of its products trade in Benin. *Forest Ecology and Management* 257: 1930-1938.
- Avocèvou-Ayisso C, Avohou TH, Oumorou M, Dossou G, Sinsin B, 2011. Ethnobotany of *Pentadesma butyracea* in Benin: A quantitative approach. *Ethnobotanic Research and Applications* 9:151-166.
- Badoussi E, Azokpota P, Madodé YE, Kayodé APP, Dossou A, Soumanou M, Hounhouigan DJ, 2014. Variations in the traditional processing methods of *Pentadesma butyracea* butter in northern Benin. *Food chain*, 4 (3): 261-274.
- Bail S, Stuebiger G, Unterweger H, Buchbauer G, Krist S, 2009. Characterization of volatile compounds and triacylglycerol profiles of nut oils using SPME-GC-MS and MALDI-TOF-MS. *European Journal of Lipid Science and Technology* 111 : 170-182.
- Dencausse L, Ntsourankoua H, Artaud J, Clamou JL, 1995. Comparaison des compositions lipidiques des beurres de *Pentadesma* et de karité. *Oléagineux, corps gras, lipides* 2 (2) :143-147.
- Eyog Matig O, Gaoué OG, Dossou B., 2002. Réseau «Espèces Ligneuses Alimentaires». Compte rendu de la première réunion du Réseau tenue 11–13 décembre 2000 au CNSF Ouagadougou, Burkina Faso, Institut International des Ressources Phytogénétiques, 235 p.

- Hall JB, Aebischer DP, Tomlinson HF, Osei-Amaning E, Hindle JR, 1996. *Vitellaria paradoxa*. School of Agricultural and Forest Sciences Publication, Number 8, *University of Wales, Bangor*. pp .1-105.
- Honfo FG, Linnemann AR, Akissoe N, Soumanou MM, van Boekel MAJS, 2013. Characteristics of traditionally processed shea kernels and butter. *International Journal of Food Science and Technology* 48 : 1714–1721.
- Houngbédji A., 1997. Étude phytotechnique, écologique et des technologies endogènes de transformation du *Pentadesma butyracea*, espèce des galeries forestières de la région de Bassila , Mémoire du DEAT, LTAM, Sékou, Bénin, 59 p
- Kapseu C, Womeni HM, Ndjouenkeu R, Tchouanguép MF, Parmentier M, 2005. Influence des méthodes de traitement des amandes sur la qualité du beurre de karité. *Procédés Biologiques. Alimentaires* 3:1-18.
- Krist S, Bail S, Unterweger H, Ngasso MB, Mohagir AM, Buchbauer G, 2006. Volatile compounds of original African black and white shea butter from Tchad and Cameroon. *European Journal of Lipid Science and Technology* 108 (7): 583–588.
- Krysiak W.and Motyl-Patelska L, 2005. Effects of roasting conditions on the degree of lipid migration from cocoa bean kernel. *Inzynieria Chemiczna i Procesowa* 26 (4): 817–829.
- Loupe, D .1995. Le karité en Côte d'Ivoire. *Report of the Forestry Institute of Côte d'Ivoire (IDEFOR)*. P 19.
- Lovett, PN, 2005. Shea Butter industry expanding in West Africa. *Inform* 16: 273–275.
- Mégnanou RM. and Niamké S, 2013. Effect of nut treatments on shea butter physicochemical criteria and wrapper hygienic quality influence on microbiological properties. *Journal of Food Research* 2: 66-76.
- Mégnanou RM, Niamke S, Diopoh J, 2007. Physicochemical and microbiological characteristics of optimized and traditional shea butters from Côte d'Ivoire. *African Journal of Biochemistry Research*, 1 (4): 041-047.
- Mohagir AM, Kanga R, Kapseu C, Abi CF, 2009. Optimization of some pre-treatments involved in the press extraction of Shea (*Vitellaria paradoxa* Gaertner F.) butter. *Asian Journal of Applied. Sciences* 2: 372–384.
- Natta A, Sogbegnon R, Tchobo F, 2010. Connaissances endogènes et importance du *Pentadesma butyracea* (Clusiaceae) pour les populations autochtones au Nord Ouest Bénin. *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* 4:18-25.
- Nawar WW, 1996. *Lipids*.In: *Food chemistry*, edited by Owen R. Fennema, *Marcel Dekker, Inc, New York*, 1067 p.
- Pages X, Morin O, Birot C, Gaud M, Fazeuilh S, Gouband M, 2010. Raffinage des huiles et des corps gras et élimination des contaminants. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 17(2): 86-99.
- Raoult-Wack AL, Lisse I, Rouzière A, Montet D, Dumas JC, Noël JM, 1997. Séchage de produits gras par friture: cas des fruits oléagineux (Coco, Avocat) et des sous-produits carnés. *Récents progrès en Génie des procédés* vol. 11, 59, 69-76.
- Shimoda M, Shiratsuchi H, Nakada Y, Wu Y, Osajima Y, 1996. Identification and sensory characterization of volatile flavor compounds in sesame seed oil. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 44 (12): 3909–3912.
- Sinsin B.and Sinadouwirou TA, 2003. Valorisation socio-économique et pérennité du *Pentadesma butyracea* Sabine en galeries forestières au Bénin. *Cahiers Agriculture* 12(2) :75-79.
- Son G, Yé SG, Kabore A, 2012. Besoins et pratiques du dosage de l'eau du procédé d'extraction du beurre de karité par barattage. *Journal de la Recherche Scientifique de l'Université de Lomé* 14 : 45-52
- Tchiégang C, Oum MN, Dandjouma AA, Kapseu C, 2004. Qualité et stabilité de l'huile extraite par pressage des amandes de *Ricinodendron heudelotii* (Bail.) Pierre ex Pax pendant la conservation à température ambiante. *Journal of Food Engineering* 62 : 69–77.
- Tchobo FP, Alitonou GA, Noudogbessi JP, Laguerre M, Barea B, Georges P, Natta AK, Villeneuve P, Soumanou MM, Souhounhloue KCD, 2013. Evaluation of the chemical composition of *Pentadesma butyracea* butter and defatted kernels. *International Journal of Biosciences* 3(1): 101-108.
- Tchobo FP, Natta AK, Barea B, Barouh N, Piombo G, Pina M, Villeneuve P, Soumanou MM, Souhounhloue DCK, 2007. Characterization of *Pentadesma butyracea* sabine butters of different production regions in Benin, *Journal of American Oil Chemistry* 84: 755-760.
- UEMOA, 2011. Projet de Norme, Spécifications Du Beurre De Karité Non Raffiné, lcs – 67

- Vantomme P., 1999. "FAO: activités relatives aux produits forestiers non ligneux," *OBIT, Actualités des Forêts Tropicales*, vol. 7, pp.25–33,
- Wabo HK, Kikuchi H, Katou Y, Tane P, Oshima Y 2010. Xanthonés and a benzophenone from the roots of *Pentadesma butyracea* and their antiproliférative activity. *Phytochemistry Letters* 3: 104–107.
- Womèni HM., Ndjouenkeu R, Kapseu C, Tchouanguep Mbiapo F, Parmentier M, Fanni J, 2006a. Effet de la cuisson et du séchage des noix de karité (*Butyrospermum parkii* (G. Don) Kotschy) sur la qualité du beurre. *Tropicultura*, 24(3) : 175-182.
- Womèni HM, Ndjouenkeu R, Kapseu C, Parmentier M, Fanni J, 2006b. Application du procédé séchage-friture aux amandes de karité : influence sur les indices chimiques de qualité et les propriétés de fusion du beurre. *Oléagineux, corps gras, lipides* 13 : 297-302.
- Womèni HM, 2004. Identification et analyse des opérations critiques de préparation des fruits, graines et amandes de karité (*Butyrospermum parkii* (G. Don) Kotschy): étude de leur influence sur la qualité du beurre. Thèse de Doctorat/Ph.D, Université de Ngaoundéré, Ngaoundéré (Cameroun).
- Zelefack, F, Guilet D, Fabre N, Bayet C, Chevalley S, Ngouela S, Ndjakou-Lenta B, Valentin A, Tsamo E, Dijoux-Franca MG. 2009. Cytotoxic and Antiplasmodial Xanthonés from *Pentadesma butyracea*. *Journal of Nature Production* 72: 954–957