

Séchage des amandes de karité et qualité du beurre: impact du séchage traditionnel au soleil

H.M. Womeni^{1*}, R. Ndjouenkeu², C. Kapseu², Félicité Tchouanguép Mbiapo¹, M. Parmentier³ & J. Fanni³

Keywords: *Butyrospermum parkii*- Shea butter- Drying- Quality- Unsaponifiable- Cameroon

Résumé

L'objectif de ce travail était de déterminer l'effet des conditions d'exposition directe au soleil des amandes de karité (*Butyrospermum parkii*) sur la qualité du beurre et de définir les meilleures conditions de séchage. L'influence de l'épaisseur des amandes et du temps a été déterminée, selon le plan d'expérience composite centré, par rapport au rendement d'extraction, aux indices d'acide et de peroxyde, aux propriétés de fusion et à la composition en matière insaponifiable du beurre. Le rendement d'extraction maximal est obtenu avec les amandes ayant 10 à 15% de teneur en eau résiduelle. Le tranchage des amandes facilite l'évaporation d'eau mais entraîne également l'augmentation de l'acidité et la diminution des teneurs en insaponifiables, alcools triterpéniques et stérols, consécutives à une augmentation de la surface de contact enzymes-substrats. D'un autre côté, une longue exposition est favorable à l'apparition de peroxydes qui déstabilisent les composés à point de fusion élevé et peu stables. Ainsi, une exposition au soleil, pendant 5 à 8 jours, des amandes découpées en tranches de plus de 12 mm d'épaisseur représente les meilleures conditions de séchage.

Summary

Drying of Shea Kernels and Butter Quality: Impact of Traditional Sun Drying

The objective of this study was to determine the effect of the conditions of direct sun exposure of the kernels from *Butyrospermum parkii* (shea) on the quality of the butter and to define the best conditions of drying. The influence of the thickness of kernels and of time was determined, according to the central composite experimental design, in comparison with the extraction yield, the acid and peroxide values, the melting properties and the composition of unsaponifiable matter of butter. The maximum butter yield is obtained with kernels content 10 to 15% of residual water. The cutting up of kernels makes easier the vaporizing of water but, also increases acidity and reduces contents of unsaponifiable, triterpenic alcohols and sterols successive in an increase of interface between enzymes and molecules. While, a long exposure is favourable to the appearance of peroxides which destabilize not stable compounds with high melting point. So, an exposure during 5 - 8 days of kernels cut up in slices with more than 12 mm of thickness represents the best conditions of drying.

Introduction

Le beurre de karité est la graisse extraite des amandes du fruit de karité (*Butyrospermum parkii* ou *Vitellaria paradoxa*). La récolte des fruits de karité se fait généralement en saison pluvieuse, période pendant laquelle l'activité paysanne est dominée par d'autres travaux champêtres: récolte de cultures vivrières, entretien des champs. De ce fait, les graines séparées des fruits par dépulpage sont décortiquées et les amandes séchées au soleil ou dans des séchoirs traditionnels puis stockées, dans l'attente d'une extraction ultérieure du beurre. Dans certains cas, ces amandes séchées sont vendues sur les marchés (13, 21). D'un autre côté, les graines peuvent subir une cuisson à l'eau sur feu de bois avant décorticage (2). Mais, le karité est un arbre typique des savanes arborées soudanaises où le bois n'est pas la chose la mieux partagée (6). De ce fait, la pratique de la cuisson des graines est très souvent ignorée dans ces régions, et les amandes obtenues du décorticage direct sont séchées au soleil. Or, les fruits de karité arrivent à maturité en saison de pluies lorsque l'ensoleillement est irrégulier, de faible intensité (40 °C maximum) et l'humidité relative de l'atmosphère élevée (40 - 90%). Ces paramètres climatiques sont autant de facteurs limitant la qualité du séchage au soleil des amandes, et se traduisent par une prolongation de la durée d'exposition, avec des risques d'induction de réactions de dégradation du beurre. Le séjour des amandes dans des conditions prolongées d'humidité élevée, est susceptible de favoriser le développement des moisissures et l'action des lipases, conduisant ainsi à une augmentation de l'acidité grasse du beurre. C'est d'ailleurs par rapport à ce risque que le séchage au soleil a été défini comme opération critique pour l'extraction du beurre du

karité (24). Il convient donc d'envisager une amélioration du procédé de séchage au soleil de manière à en accélérer le processus et à en atténuer les risques par rapport à la qualité ultérieure du beurre. Une telle amélioration peut être envisagée dans la maîtrise de la géométrie des amandes soumises au séchage.

L'objectif de ce travail est, dès lors, d'évaluer l'impact des variables des conditions traditionnelles de séchage des amandes (géométrie des amandes et temps de séchage) sur le rendement et les caractéristiques du beurre de karité, puis d'en déduire les meilleures conditions du procédé par rapport à la qualité du produit final.

Matériel et méthodes

Les amandes utilisées ont été obtenues des fruits récoltés dans la localité de Dang (Ngaoundéré, Cameroun). La recherche des effets des conditions de séchage au soleil sur la qualité du beurre et des conditions qui préservent cette qualité a été effectuée à l'aide du plan d'expérience composite centré à deux facteurs: l'épaisseur des amandes (1,5 à 18,5 mm) et le temps de séchage (1 à 8 jours) (4). Les tranches ont été séchées directement au soleil en monocouche sur des claies. Les amandes séchées dans ces conditions ont été utilisées pour apprécier d'une part l'évolution de la teneur en eau des amandes, d'autre part le rendement d'extraction et de la qualité des beurres qu'on en extrait. Les critères de qualité évalués ont été les indices d'acide, d'iode, de peroxyde, les paramètres de fusion et la teneur en insaponifiable du beurre. Les indices ont été déterminés conformément aux protocoles décrits dans le recueil des normes françaises (1).

¹Département de Biochimie, Faculté des Sciences, Université de Dschang, B.P. 67 Dschang / Cameroun.

²Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, B.P. 455 Ngaoundéré / Cameroun.

³Laboratoire de Science et Génie Alimentaires, ENSAIA - INPL, 2, avenue de la forêt de Haye, 54500, Vandoeuvre-les-Nancy cedex/ France.

*Correspondant: Tél.: (237) 345 17 35 / (237) 997 84 49 Fax: (237) 345 12 02 E-mail: womeni@yahoo.fr

Reçu le 27.04.06 et accepté pour publication le 04.08.06.

L'analyse thermique différentielle a été réalisée avec un calorimètre différentiel Perkin-Elmer, modèle Pyris 1 (Perkin-Elmer Corp., Norwalk, USA), commandé par le logiciel Pyris 1. Le calibrage a été effectué avec l'indium ($\Delta H = 28,43 \text{ J/g}$). Le balayage en température a été réalisé entre $-20 \text{ }^\circ\text{C}$ et $60 \text{ }^\circ\text{C}$ à la vitesse de $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$. Une masse d'échantillon d'environ 10 mg est refroidie de la température ambiante à $-20 \text{ }^\circ\text{C}$, maintenue pendant 10 minutes à cette température, puis chauffée jusqu'à $60 \text{ }^\circ\text{C}$ à la vitesse de $5 \text{ }^\circ\text{C/min}$. Les enthalpies de fusion (ΔH) ont été calculées par intégration de l'aire totale du pic de fusion.

L'insaponifiable a été extrait avec l'éther diéthylique après saponification avec une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium (3). La détermination de la composition des fractions insaponifiables a été réalisée par chromatographie sur couche mince couplée à la détection par ionisation de flamme (IATROSCAN™ MK-5, Iatron Laboratories, Inc. Tokyo, Japan) telle que décrite par Womeni *et al.* (25).

Les données obtenues selon les plans d'expériences composites centrés et analysés à l'aide du logiciel STATGRAPHICS Plus 3.0, génèrent des modèles de la forme de l'équation 1.

$$Y = I + ax_1 + bx_2 + cx_1x_2 + dx_1^2 + ex_2^2 \quad [1]$$

I, a, b, c, d et e sont les coefficients de l'équation avec I la constante de l'équation.

Résultats et discussion

Teneur en eau des amandes

La variation de la teneur en eau (TE) des tranches d'amandes au cours de leur séchage au soleil et exprimée en fonction de l'épaisseur (e, mm) des amandes et du temps de séchage (t, jours) répond à l'équation 2 dont les coefficients de régression sont donnés dans le tableau 1.

$$TE = 26,77 + 0,99e - 9,41t + 0,05e^2 - 0,22e.t + 0,98t^2 \quad [2]$$

Tableau 1
Coefficients de l'équation de régression (CR), P et coefficient de détermination de l'ANOVA des modèles de la teneur en eau, du rendement d'extraction de l'acidité, de l'indice de peroxyde et de l'enthalpie de fusion du pic 2 du thermogramme des beurres extraits des amandes séchées au soleil selon le plan d'expérience composite centré

Sources	Teneur en eau		Rendement d'extraction		Acidité		Indice de peroxyde		Enthalpie de fusion du pic 2	
	CR	P	CR	P	CR	P	CR	P	CR	P
Épaisseur des amandes: x_1	0,9938	0,000*	-1,3081	0,001*	-0,1055	0,001*	0,4455	0,005*	-0,2072	0,230
Temps de séchage: x_2	-9,4085	0,000*	8,4554	0,000*	-1,4666	0,012*	0,7487	0,027*	-1,0886	0,000*
x_1^2	0,0498	0,236	-0,0601	0,108	-0,0285	0,197	-0,0251	0,286	0,0372	0,608
x_1x_2	-0,2212	0,051	0,4177	0,000*	0,0598	0,286	0,0889	0,149	-0,2094	0,270
x_2^2	0,9775	0,001*	-1,1120	0,000*	0,0211	0,864	-0,1138	0,398	-0,0908	0,827
Constante	26,7703		31,448		18,7795		7,5913		32,4838	
Coefficient de détermination (%)	87,918		90,091		70,752		62,173		70,167	

* valeurs de $p < 0,05$; indiquant qu'il y a effet significatif de 0 à 95% niveau de confidentialité.

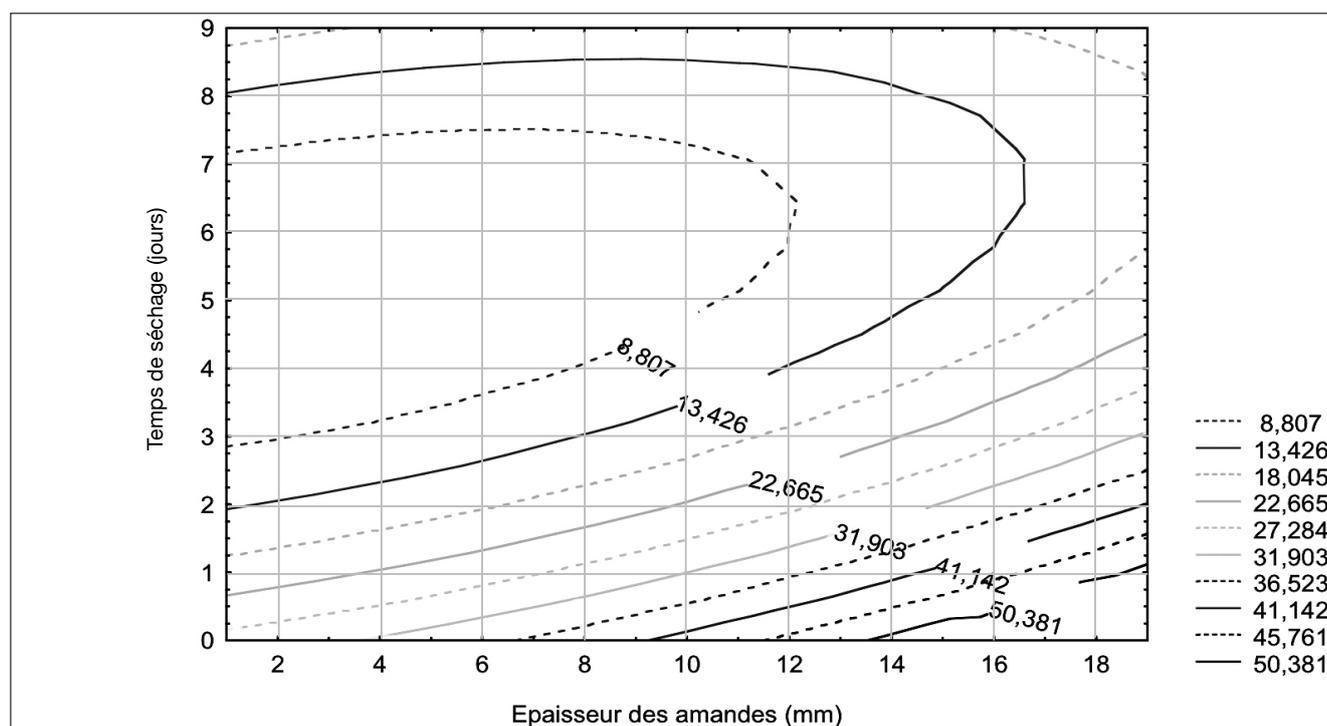


Figure 1: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en eau résiduelle des amandes (% de masse humide) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

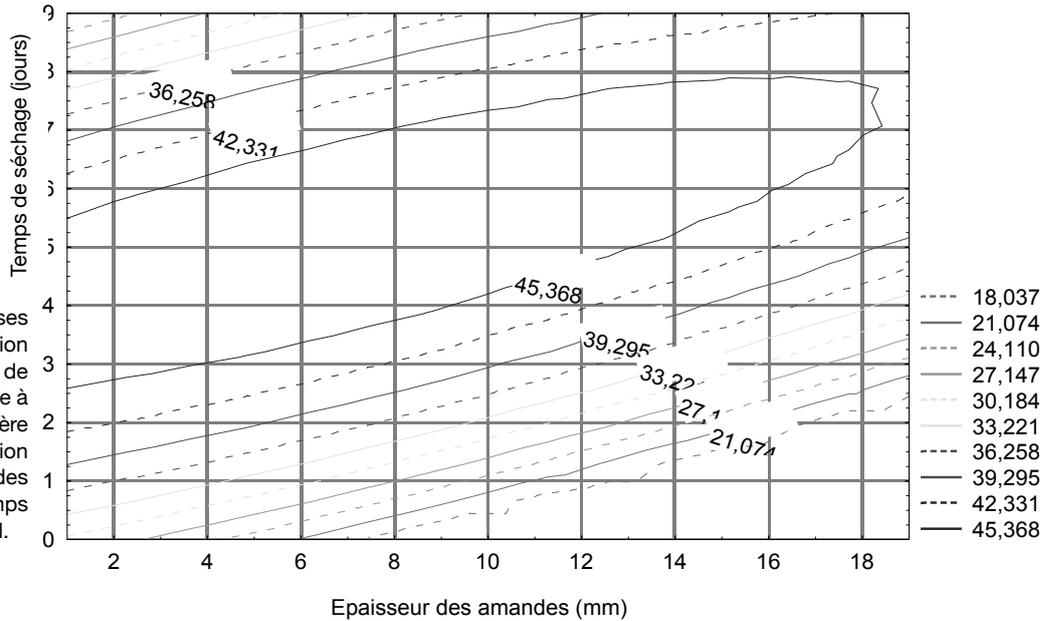


Figure 2: Courbes isoréponses montrant la variation du rendement de l'extraction du beurre à l'hexane (% de matière sèche) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

L'analyse des coefficients du modèle donne un coefficient de détermination de 88%, ce qui signifie que la variation de la teneur en eau des amandes s'explique à 88% par les variations de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les fluctuations de la température et de l'humidité relative de l'air, qui n'ont pas été prises en compte dans cette étude, peuvent contribuer à la variation et justifier les 12% restants. Les effets significatifs sont ceux de l'épaisseur des tranches (x_1), du temps de séchage (x_2) et de son carré (x_2^2). La figure 1 présente les courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en eau, en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. La teneur en eau la plus faible, de l'ordre de 9%, est obtenue avec les amandes d'épaisseur inférieure à 12 mm et séchées entre 3 et 8 jours. En séchant les tranches de 2 mm d'épaisseur on atteint cette teneur en eau limite après 3 jours de séchage puis elle reste constante lorsqu'on prolonge le temps de séchage. Pour des tranches d'épaisseur supérieure à 12 mm, la teneur en eau est d'environ 22% après 3 jours d'exposition et de 13% au bout de 8 jours. La réduction de l'épaisseur des tranches, en augmentant la surface d'échange, permet de réduire le temps de séchage (5).

Rendement d'extraction des beurres

L'analyse des données du rendement d'extraction du beurre a conduit à une expression du modèle de l'équation 1, donnant le rendement d'extraction du beurre en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de cette équation, leur seuil de signification et le coefficient de détermination sont donnés dans le tableau 1. L'épaisseur des amandes et le temps de séchage ont des effets significatifs sur le rendement d'extraction ($P > 0,05$). Le coefficient de détermination montre que 90% de variation du rendement dépendent de l'épaisseur des amandes et de la durée d'exposition au soleil.

Les courbes isoréponses de la figure 2 sont des illustrations de la variation du rendement. Quelle que soit l'épaisseur des amandes, on note une baisse du rendement lorsque le séchage est effectué pendant moins de 3 jours ou au-delà de 8 jours. Les rendements les plus élevés sont obtenus avec les amandes d'épaisseur inférieure ou égale à 18 mm et séchées pendant 3 à 5 jours pour moins de 12 mm d'épaisseur et 5 à 8 jours pour des tranches de 12 à 18 mm.

L'étude de la corrélation entre la teneur en eau et le rendement d'extraction montre qu'il existe une corrélation polynomiale significative entre ces deux facteurs ($r^2 = 0,99$) (Equation 3).

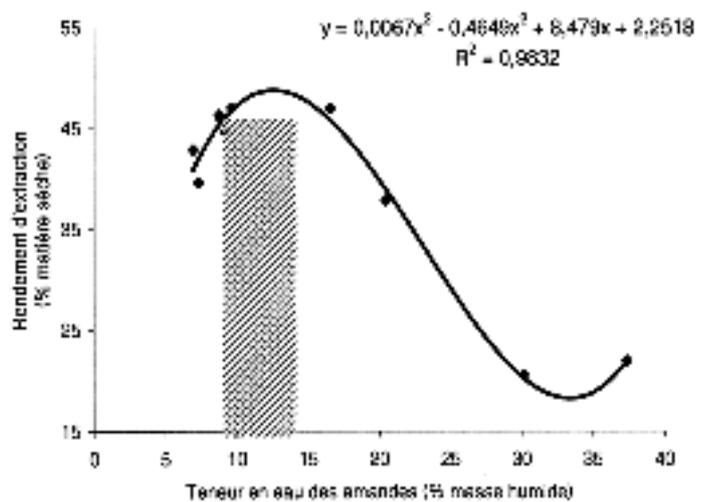


Figure 3: Corrélation entre le rendement d'extraction du beurre et la teneur en eau résiduelle des amandes séchées au soleil.

$$R = 0,007E^3 - 0,465E^2 + 8,479E + 2,252 \quad [3]$$

Où « R » est le rendement d'extraction (%) et « E » la teneur en eau résiduelle des amandes (% base humide). La courbe de l'équation polynomiale fait ressortir un optimum de rendement entre 10 et 15% d'humidité résiduelle des amandes (Figure 3). Cet intervalle est compatible avec nos résultats antérieurs qui indiquaient que le meilleur rendement d'extraction est obtenu avec les amandes ayant une teneur en eau de 10 à 15% (23).

Acidité du beurre

Les coefficients de l'équation exprimant l'acidité du beurre en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage sont donnés dans le tableau 1. Le modèle explique 71% de variation de l'acidité des beurres. L'effet de l'épaisseur des amandes est le plus significatif ($P < 0,01$) suivi de celui du temps de séchage. La figure 4 est une illustration de la variation de l'acidité en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Dans l'ensemble, l'acidité du beurre, exprimée en pourcentage d'acide oléique, est élevée et supérieure à 0,3% d'acide oléique souhaité en cosmétique (8). La valeur de 9% qui est la borne supérieure pour les beurres destinés aux industries

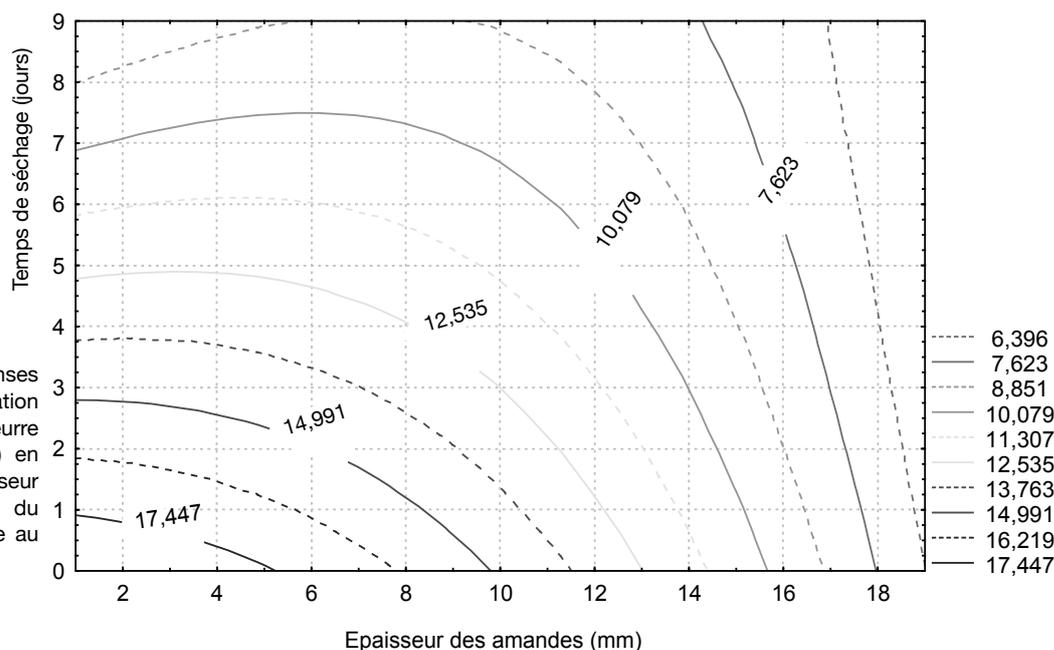


Figure 4: Courbes isoréponses montrant la variation de l'acidité du beurre (% acide oléique) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

alimentaires (14) est également dépassée dans certaines conditions, notamment lors du séchage des amandes d'épaisseur inférieure à 14 mm. L'acidité la plus élevée (> 16%) est obtenue avec les amandes d'épaisseur inférieure à 6 mm et séchées pendant moins de 1 jour, alors que l'acidité inférieure à 9% est obtenue avec des tranches d'amandes d'épaisseur supérieure à 16 mm indépendamment du temps de séchage. Le découpage des amandes entraîne la déchirure des cellules avec pour conséquence la libération de la matière grasse qui entre alors en contact avec les lipases. Ces dernières hydrolysent alors les triglycérides pour produire les acides gras responsables de l'acidification du beurre. Le découpage des amandes en tranches de faible épaisseur augmente la surface de contact entre la matière grasse et les lipases, d'où l'augmentation de l'acidité. Ceci justifie le fait que, en général, l'acidité des graines oléagineuses se trouve pour sa grande part localisée dans les farines et les graines brisées ou endommagées (10).

Le séchage au soleil des amandes d'épaisseur supérieur à 16 mm limiterait l'acidification du beurre. Cependant, les amandes de cette dimension, nécessiteront un temps de séchage long (supérieur à 8 jours) pour atteindre les teneurs en eau, de l'ordre de 10 à 15%, optimales pour l'extraction du beurre. L'acidité des beurres extraits de ces amandes séchées directement au soleil reste supérieure au 0,3% souhaité en cosmétique. Pourtant, en procédant au préalable à une cuisson dans l'eau bouillante pendant 100 à 120 minutes, il a été possible d'inactiver les lipases et d'obtenir des beurres avec moins de 0,3% d'acidité (25). Du coup, le blanchiment apparaît comme un traitement indispensable, mais on se retrouve face à la contradiction entre le besoin d'inactiver les lipases sur la base des pratiques traditionnelles de cuisson et le besoin de préserver la végétation des savanes arborées soudanaises.

Indice d'iode des beurres

Les résultats de l'indice d'iode ont générés un modèle d'équation qui exprime l'indice d'iode en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. L'analyse de variance révèle que ce modèle n'explique que 28% de la variation de l'indice d'iode et que ni l'épaisseur des amandes, ni le temps de séchage n'affectent significativement l'indice d'iode.

Indice de peroxyde du beurre

Les coefficients de l'équation de régression générée par

l'analyse des résultats de l'indice de peroxyde sont donnés dans le tableau 1. Cette équation explique 62% des variations de l'indice de peroxyde par rapport à l'épaisseur des amandes et au temps de séchage. L'effet de l'épaisseur des amandes est le plus significatif ($P < 0,01$) suivi de celui du temps de séchage ($P < 0,05$). Dans l'ensemble, les indices de peroxyde obtenus sont élevés et varient de 7 à 18 meq/kg. Ces valeurs sont supérieures à 1 meq/kg qui est la borne supérieure d'indice de peroxyde du beurre destiné à la cosmétique (8). Les conditions de température inférieure à 45 °C et de forte circulation d'air qui ont régné lors du séchage au soleil seraient favorables aux réactions, enzymatiques ou non, responsables de la production des peroxydes. Raoult-Wack *et al.* (18) mentionnaient 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 grasse.

La figure 5 montre la variation de l'indice de peroxyde au cours du séchage au soleil. On note que la forte production des peroxydes (> 15 meq/kg) est obtenue lors du séchage des tranches d'amandes de plus de 10 mm d'épaisseur pendant plus de 5 jours. La réduction de l'épaisseur à moins de 4 mm baisse l'indice de peroxyde aux valeurs inférieures à 10 meq/kg, valeur maximale préconisée par le Codex Alimentarius (7) pour les huiles de consommation. Cette borne supérieure est également respectée lorsqu'on sèche les amandes de plus de 4 mm d'épaisseur pendant moins de deux jours. L'augmentation de l'épaisseur de l'amande, augmente le trajet des molécules d'eau et retarde par conséquent leur élimination. Ceci entretient une humidité élevée pendant le séchage, favorisant dès lors l'activité peroxydasique.

Propriétés de fusion des beurres

Les thermogrammes des beurres issus des amandes séchées au soleil sont présentés par la figure 6. Ils font ressortir les deux principaux pics de transition du beurre de karité. Le pic 1 entre -10 et +10 °C et le pic 2 entre 25 et 45 °C. Le pic 1 est caractéristique des composés à bas point de fusion comprenant les acides gras insaturés et à courtes chaînes, constituant les triglycérides d'acides gras polyinsaturés.

Le pic 2 est caractéristique des composés à point de fusion plus élevé que sont les acides gras saturés et à longues chaînes qui composent les triglycérides mono-, di-désaturés et saturés majoritaires dans le beurre de karité. Cette répartition

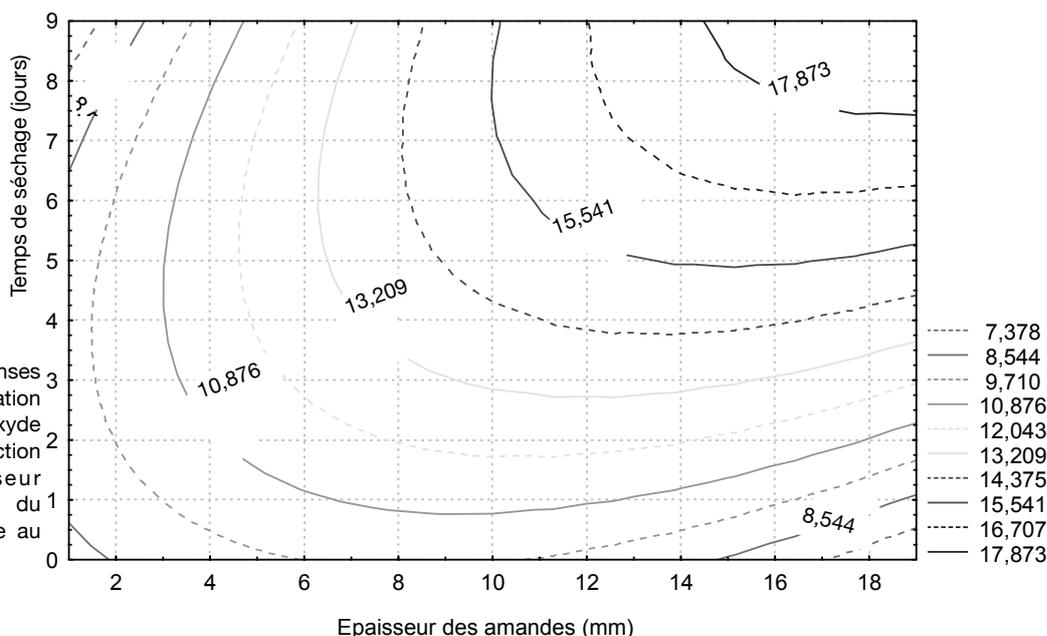


Figure 5: Courbes isoréponses montrant la variation de l'indice de peroxyde (meq/kg) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

tient compte des travaux de Tan et Che Man (19). Ces auteurs mentionnent que les paramètres thermiques dépendent de la distribution des triglycérides. Généralement les triglycérides à trois acides gras saturés fondent à des températures plus élevées que les triglycérides à trois acides gras insaturés. Le point de fusion des différents acylglycérols est une résultante des points de fusion des acides gras entrant dans leur composition. Ce point de fusion dépend également de leur forme polymorphique. Les triglycérides existent couramment sous 3 formes polymorphiques: la forme β dans un système triclinique, la plus stable et à bas point de fusion; la forme β' dans un système orthorhombique, de stabilité intermédiaire et à point de fusion moyenne et la forme α dans un système hexagonal, la moins stable et à haut point de fusion (9, 11). La figure 6 fait également remarquer que l'aire des pics varie d'un échantillon à l'autre. Notamment, celle du pic 2 qui diminue lorsque le temps de séchage est long (7 à 8 jours). L'enthalpie de fusion des composés caractérisant ce pic a été calculée et les valeurs obtenues ont généré un modèle exprimant l'enthalpie en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression des équations du modèle sont donnés dans le tableau 1. Ce modèle explique 70% des variations de l'enthalpie

des composés du pic 2, significativement affectée par le temps de séchage ($P < 0,05$). Cette variation de l'enthalpie est illustrée par les courbes isoréponses de la figure 7. Ces courbes montrent que l'énergie de transition du pic 2, caractéristique des composés à point de fusion élevé, baisse lorsque le temps de séchage est long. Dans les paragraphes précédents, il a été noté qu'un séjour des amandes au soleil pendant plus de 5 jours entraîne une importante production d'hydroperoxydes. Or, la présence des hydroperoxydes dans les huiles déplace les points de fusion vers les basses températures (20), d'où la baisse de l'enthalpie de fusion du pic 2, consécutive à une longue exposition au soleil des amandes.

Pour limiter les modifications des formes polymorphiques des lipides liées à la présence des peroxydes, il faut réduire le temps de séjour des amandes. Or, à la réduction du temps de séchage, il s'impose une réduction de l'épaisseur des amandes pour faciliter l'élimination de l'eau. Malheureusement, la réduction de l'épaisseur des amandes augmente la production des acides gras libres.

Composition en matière insaponifiable

La détermination de la teneur en matières insaponifiables

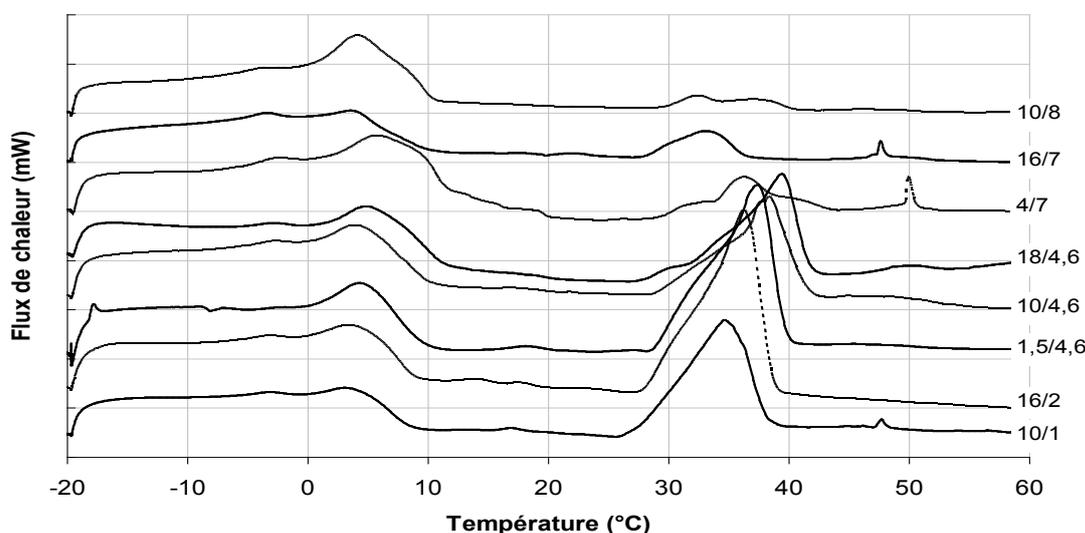


Figure 6: Thermogrammes des beurres issus des amandes séchées au soleil (10 mn à -20°C puis chauffage de -20 à 60°C à une vitesse de $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$). Épaisseur des amandes en mm/ temps de séchage en jours.

Tableau 2
Les coefficients de l'équation de régression (CR), la probabilité (P) et le coefficient de détermination de l'ANOVA des modèles d'expression de la teneur en matières insaponifiables, des teneurs en alcools triterpéniques et en hydrocarbures des fractions insaponifiables, des beurres extraits des amandes séchées au soleil selon le plan d'expérience composite centré

Sources	Teneur des beurres en matières insaponifiables		Teneur des fractions insaponifiables en alcools triterpéniques		Teneur des fractions insaponifiables en hydrocarbures	
	CR	P	CR	P	CR	P
x_1 : épaisseur des amandes	0,3892	0,0299*	-0,5209	0,0435*	0,4562	0,1433
x_2 : temps de séchage	0,1167	0,2343	0,1550	0,0311*	-2,6964	0,0007*
x_1^2	-0,0070	0,3286	-0,0205	0,6152	0,0027	0,9089
x_1x_2	-0,0382	0,0513	0,2965	0,0123*	-0,1503	0,0266*
x_2^2	0,0144	0,7046	-0,4630	0,0644	0,5911	0,0007
Constante	2,4461		93,4006		5,1631	
Coefficient de détermination (%)	54,5212		65,174		79,6631	

* valeurs de $p < 0,05$; indiquant qu'il y a effet significatif de 0 à 95% niveau de confidentialité.

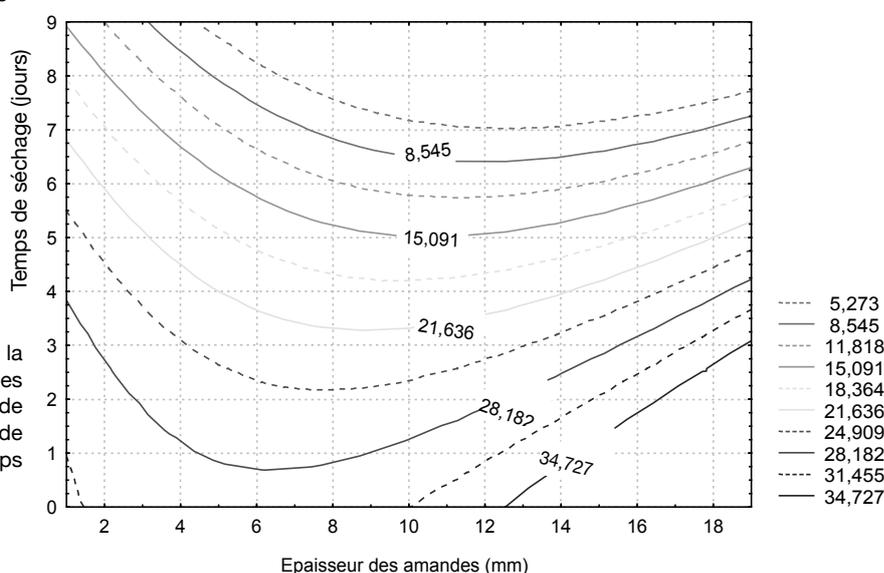


Figure 7: Courbes isoréponses montrant la variation de l'enthalpie de fusion des pics (ΔH en J/g) à moyen point de fusion du beurre (pic 2) en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage au soleil.

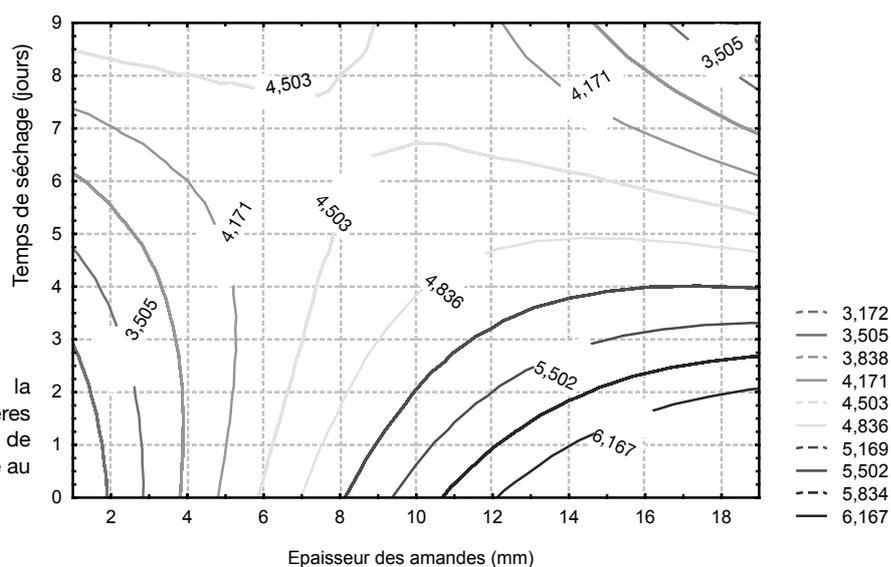


Figure 8: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en matières insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

des beurres des amandes découpées et séchées au soleil ont généré un modèle d'expression de la teneur en matières insaponifiables en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de l'équation du modèle sont donnés dans le tableau 2.

Selon ce modèle, 55% de la variation de la teneur en insaponifiable des beurres s'expliquent par les variations de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Seule

l'épaisseur des amandes a un effet significatif sur cette teneur.

La figure 8 présente les courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en insaponifiables des beurres en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. On note que le découpage des amandes réduit cette teneur. Les taux d'insaponifiables les plus élevés sont obtenus avec les beurres extraits des amandes de plus de 12 mm d'épaisseur.

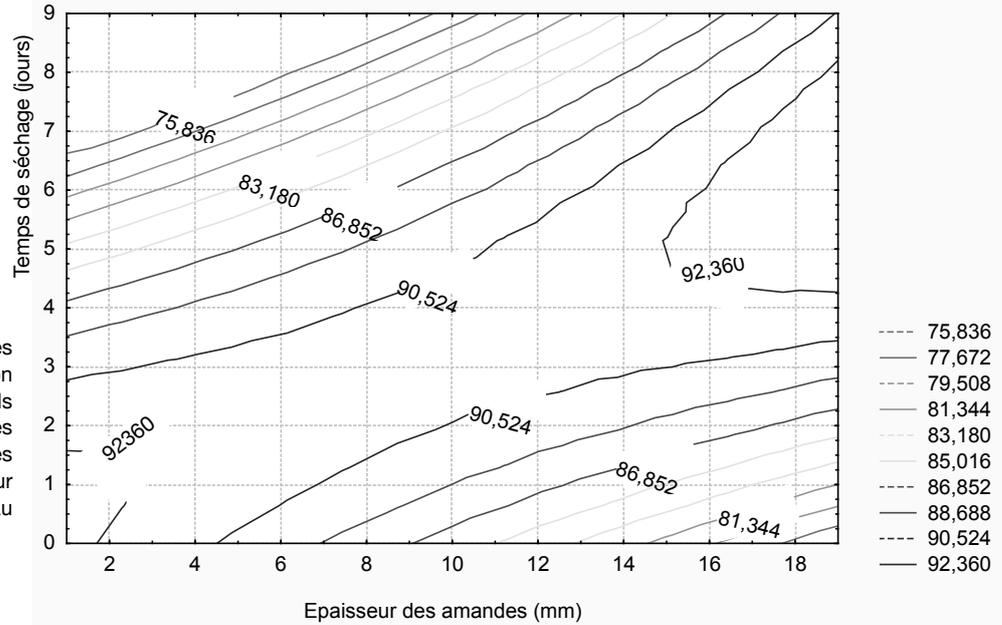


Figure 9: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en alcools triterpéniques dans les fractions insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

L'analyse des données de la composition de la fraction insaponifiable du beurre a conduit à l'équation modèle exprimant les teneurs en alcools triterpéniques et en hydrocarbures en fonction de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Les coefficients de régression de cette équation, leur seuil de signification et le coefficient de détermination sont donnés dans le tableau 2.

La teneur en alcools triterpéniques dans les fractions insaponifiables des beurres des amandes séchées au soleil varie de 75 à 92%. Cette variation s'explique à 65% par la variation de l'épaisseur des amandes et de la durée de séchage. Les valeurs élevées sont obtenues avec les insaponifiables des amandes de plus de 14 mm d'épaisseur séchées pendant 4 à 8 jours (Figure 9).

La teneur en hydrocarbures varie de 3 à 18% (Figure 10). Variation expliquée à 80% par celle de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. La variation de la teneur en stérols entre 1 et 4% est liée, à 38%, à celle de l'épaisseur des amandes et du temps de séchage. Ce bas pourcentage tient au fait qu'aucune de ces variables de commande n'affecte significativement la teneur en stérols.

Ces résultats confirment ceux de Jacobsberg (12) et de Paganuzzi (17) qui stipulent que le beurre de karité contient très peu de stérols et un taux élevé d'alcools triterpéniques. Mais, les proportions en ces classes d'insaponifiables, dans notre cas, sont différentes des 65% d'alcools triterpéniques, 27% d'hydrocarbures et 8% de stérols mentionnés par Jacobsberg (12). Cette différence serait liée à l'origine, à la variété, au degré de maturité des fruits, à la méthode d'extraction du beurre (16), mais aussi aux conditions de séchage des amandes. C'est parmi les alcools triterpéniques qu'on retrouve les α et β -amyrines responsables de la protection de la peau ou le parkéol contribuant à la cicatrisation ou encore le lupéol lié à la désinfection. Et, dans les stérols on trouve l' α -spinastérol qui stimule des cellules ou le Δ^7 -stigmastérol doué de propriété régénératrice des cellules (15). Du coup, une transformation de ces alcools et stérols se traduirait par une perte des vertus reconnues au beurre de karité. Pour limiter cette transformation néfaste, le séchage direct au soleil doit se faire avec des amandes de plus de 14 mm d'épaisseur et séchées pendant 4 à 8 jours.

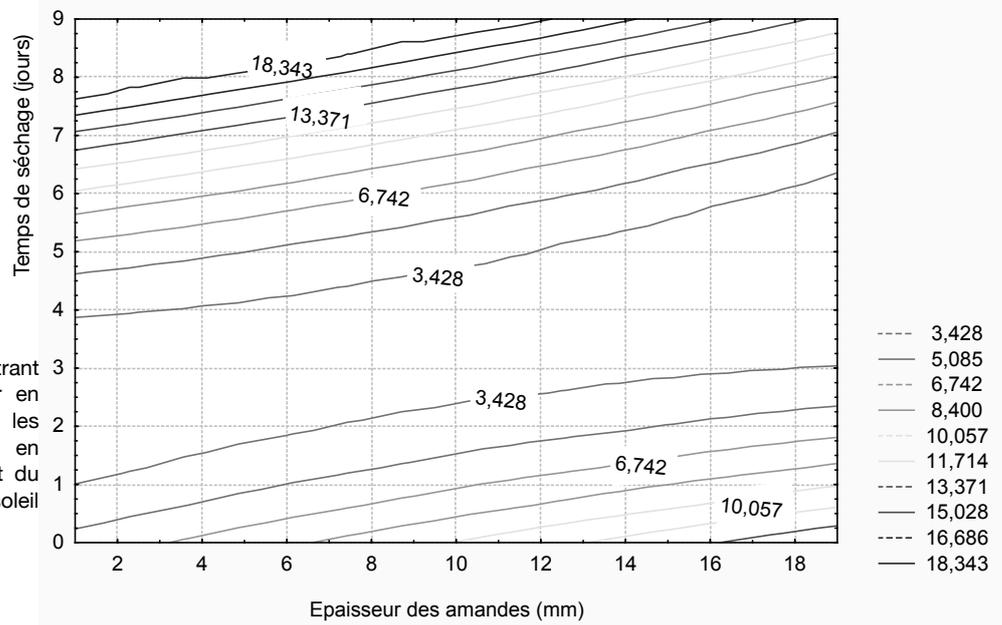


Figure 10: Courbes isoréponses montrant la variation de la teneur en hydrocarbures dans les fractions insaponifiables en fonction de l'épaisseur et du temps de séchage au soleil des amandes.

Conclusion

Le séchage direct au soleil des amandes de karité avant extraction du beurre entraîne la variation de la qualité du beurre en fonction de la géométrie des amandes et du temps d'exposition. Ainsi, un découpage des amandes augmente la surface de contact entre enzymes et substrats, favorisant la libération des acides gras et la perte de la matière insaponifiable qui se traduisent par une augmentation de l'acidité et une diminution de la teneur en composés bioactifs de la fraction insaponifiable du beurre. L'exposition des amandes au soleil pendant longtemps est responsable de l'oxydation de la matière grasse conduisant à une importante production de peroxydes. Par conséquent, les conditions traditionnelles de séchage direct au soleil des amandes de karité ne permettent pas d'avoir des produits remplissant les critères de moins de 0,3% d'acidité et d'1 meq/kg de peroxyde souhaités en cosmétique. Néanmoins, pour extraire le maximum de beurre qui remplisse les 9% d'acidité (14) et 20 meq/kg de peroxydes (22) acceptables en alimentation, il convient de sécher les amandes de plus de 12 mm d'épaisseur

pendant 5 à 8 jours. Toutefois, un blanchiment préalable des graines ou des amandes qui inactiverait les enzymes de dégradation est indispensable. Il est susceptible de réduire le temps de séchage à 2-4 jours avec les amandes de près de 2 mm d'épaisseur et de conduire au beurre remplissant les critères appliqués en cosmétique.

Remerciements

Ce travail a été financé par la Fondation Internationale pour la Science (IFS, Stockholm, Suède) et l'Université des Nations Unies (UNU, Tokyo, Japon) à travers l'allocation de recherche N° E/3409-1 accordée à M. H. M. Womeni. Certaines analyses ont été effectuées au Laboratoire de Science et Génie Alimentaires (LSGA) de l'Institut National Polytechnique de Lorraine (INPL, Nancy, France); le transport et les séjours ont été soutenus par l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, Paris, France).

Références bibliographiques

1. AFNOR (Association Française pour la Normalisation), 1981, Recueil des normes françaises. Corps gras graines oléagineuses, produits dérivés, 2^e édition, afnor, Paris, 438 p.
2. Amti J.P.S., 1998, Recherche d'une technique améliorée d'extraction du beurre de karité, Mémoire de fin d'études de DUT, IUT de Ngaoundéré, 27 p.
3. AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1999, Official Methods of Analysis, 16th edition, Volume II, Edited by Patricia CUNIFF, AOAC International, Maryland, Chapter 41, 29-30.
4. Benoist D., Tourbier Y. & Germain-Tourbier S., 1994, Plans d'expériences, Construction et analyse. Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 141-145.
5. Cheftel J.C., Cheftel H. & Besançon P., 1983, Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments, volume 2, Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 167-198.
6. Chevalier A., 1946, Le karité ou arbre à beurre. Oléagineux, p. 4. In: Les oléagineux dans les pays d'Afrique occidentale associés au marché commun; I. La production, le commerce et la transformation des produits. Editions Champion, Paris, 1-109.
7. Codex Alimentarius, 1992, Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires, FAO, Rome (Italie).
8. Defez G., 1992, Traitement du beurre de karité. Stéarinerie DUBOIS FILS, 2 p. In: Kassamba B., 1997. Synthèse des techniques connues d'extraction et de conditionnement du beurre de karité au Burkina Faso. Rapport final. Projet filière karité du CECI IRSAT. Ouagadougou, 3-9.
9. D'Souza V., de Man J.M. & de Man L., 1990, Short spacings and polymorphic forms of natural and commercial solid fats: review. J. Am. Oil Chem. Soc. 67, 835-843.
10. Guillaumin R., 1982, Evolution des lipides - oxydation enzymatique et auto-oxydation non enzymatique. In: Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés: céréales, oléagineux, protéagineux, aliments pour animaux, volume 2, coordonnateur J.L. Multon, Technique et Documentation Lavoisier, Paris, 913-936.
11. Hagemann J.W., 1988, Thermal behaviour of acylglycerides, In: Crystallization and polymorphism of fat and fatty acids (N. Garti and K. Sato, eds), Marcel Dekker, New York, 9-95.
12. Jacobsberg B., 1977, Causes de l'acidification du beurre du karité au cours de la préparation et du stockage des amandes. Oléagineux, 32, 529-533.
13. Kaboré T.H. & Gadiaga G., 1992, Le karité au Burkina Faso, Transformer ou pas, le difficile choix des productrices, TPA, N°5, 6-9.
14. Kassamba B., 1997, Synthèse des techniques connues d'extraction et de conditionnement du beurre de karité au Burkina Faso. Rapport final. Projet filière karité du CECI IRSAT. Ouagadougou, 3-9.
15. Lovett P.N., 2005, Shea butter industry expanding in West Africa, Inform, 16, 5, 273-275.
16. Mensier P.H., 1957, Dictionnaire des huiles végétales, Edition Paul Chevalier, Paris, 108-110.
17. Paganuzzi V., 1983, Riv. Ital. Sostanze Grasse 60, 489. In: Crews C., Calvet-Sarret R. & Brereton P., 1999, Identification of steroidal hydrocarbons in refined confectionery fats by gas chromatography-mass spectrometry. Journal of chromatography A, 847, 179-185.
18. Raoult-Wack A.L., Lisse I., Rouzière A., Montet D., Dumas J.C. & Noël J.M., 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.
19. Tan C.P. & Che Man Y.B., 2002, Differential scanning calorimeter analysis of palm oil, palm oil based products and coconut oil : effects of scanning rate variation. Food Chemistry, 76, 89-102.
20. Tan C.P., Che Man Y.B., Jinap S. & Yusoff M.S.A., 2002, Effects of microwave heating on the quality characteristics and thermal properties of RBD palm olein. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 3, 157-163.
21. von Maydell H.J., 1983, Arbres et arbustes du Sahel: leurs caractéristiques et leurs utilisations. Eschborn, 182-187.
22. Wolff J.P., 1991, Analyse et dosage des lipides. In: Techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agroalimentaires, 4, Analyse des constituants alimentaires, Lavoisier, Tec et Doc, Paris, 221 p.
23. Womeni H.M., Kamga R., Tchegang C. & Kapseu C., 2002, Extraction du beurre de karité: influence du séchage des amandes et de la technique d'extraction. In: Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse, Vol. LXXIX, 33-37.
24. Womeni H.M., 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., ENSAI, Université de Ngaoundéré, Cameroun, 248 p.
25. Womeni H.M., Ndjouenkeu R., Kapseu C., Tchouanguep Mbiapo Félicité, Parmentier M. & Fanni J., 2006, 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.

H.M. Womeni, Camerounais, Doctorat/Ph.D, Chargé de cours, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

R. Ndjouenkeu, Camerounais, Ph.D, Professeur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, Cameroun.

C. Kapseu, Camerounais, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure des Sciences Agro-Industrielles (ENSAI), Université de Ngaoundéré, Cameroun.

Félicité Tchouanguep Mbiapo, Camerounaise, Ph.D, Professeur, Faculté des Sciences, Université de Dschang, Cameroun.

M. Parmentier, Français, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA), Institut National Polytechnique de la Lorraine (INPL), Nancy, France.

J. Fanni, Français, Doctorat d'état, Professeur, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie et des Industries Alimentaires (ENSAIA), Institut National Polytechnique de la Lorraine (INPL), Nancy, France.