

# Relance de la production d'huile de coco par la technique de séchage-friture

Hounhouigan J. <sup>1</sup>, Rouzière A. <sup>2</sup>, Noël J.M. <sup>2</sup>, Bricas N. <sup>2</sup>, Marouzé C. <sup>2</sup>, Raoult-Wack A.L. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté des sciences agronomiques, université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

<sup>2</sup> CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

## Résumé

*L'avenir de la filière cocotier dépend de sa capacité à restaurer la compétitivité de son secteur huilier, pénalisé par une faible technologie artisanale d'extraction en Afrique et une mauvaise qualité des produits de la trituration industrielle du coprah. Le procédé de séchage-friture de l'amande fraîche constitue une alternative intéressante. Les résultats de la recherche sur ce thème sont présentés : compréhension des mécanismes en jeu, optimisation de l'application du procédé, enquête socio-économique sur l'adaptation du procédé à la demande des acteurs et, enfin, conception d'une unité-pilote destinée à l'échelle villageoise. Les perspectives de développement du procédé aux différents niveaux d'application sont passées en revue.*

## Abstract

*The future of the coconut sector will depend on its ability to restore competitiveness to its oil extraction operations, which are handicapped by low-technology small-scale extraction in Africa and poor quality products from industrial copra crushing. The process involving hot oil immersion drying of fresh kernel is a worthwhile alternative. The results of research carried out on this subject are described: understanding of the mechanisms involved, optimized application of the process, socio-economic survey for adaptation of the process in line with user requirements and, lastly, the design of a pilot-unit for smallholder use. The prospects for development of the process on different application scales are reviewed.*

## Resumen

*El futuro del sector cocotero depende de su capacidad en restaurar la competitividad de su sector aceitero, penalizado por una baja tecnología artesanal de extracción en África y una mala calidad de los productos de la trituración industrial del copra. El procedimiento de secado-fritura de la almendra fresca constituye una alternativa interesante. Se presentan los resultados de la investigación sobre este tema: comprensión de los mecanismos en juego, optimización de la aplicación del procedimiento, encuesta socioeconómica sobre la adaptación del procedimiento a petición de los actores y, por último, diseño de una unidad-piloto destinada al sector aldeano. Se estudian las perspectivas de desarrollo del procedimiento a los distintos niveles de aplicación.*

Le cocotier, une des plantes cultivées les plus répandues dans la zone inter-tropicale, occupe aujourd'hui environ 11 millions d'hectares. Il présente tant de possibilités d'utilisation qu'il est appelé « arbre de vie » ou encore « arbre aux mille usages ». C'est une culture de petits producteurs, à caractère généralement plus vivrier qu'industriel (de Taffin, 1993).

Les noix de coco sont traditionnellement consommées en frais sur les lieux de production, sous forme de jus de coco, d'amande fraîche, de lait et de crème de coco. Riches en matière grasse (30 à 35 % sur amande fraîche, soit 70 % sur sec), les noix sont en grande partie exploitées pour la production d'huile. Les marchés domestiques en absorbent une moitié, l'autre moitié, soit un million et demi de tonnes par an, est vendue sur le marché mondial. Malgré ces modestes tonnages, l'huile de coco se place au cinquième rang des exportations d'huiles végétales.

Comme le palmiste, et quelques autres oléagineux plus rares (babassu), le coco appartient au groupe des huiles lauriques, qui se caractérisent par leur forte teneur en acides gras saturés et leurs chaînes

courtes et moyennes. Cette remarquable composition confère à l'huile de coco des propriétés spécifiques : point de fusion élevé, bonne résistance à l'oxydation et au rancissement, fort indice de saponification. Ce sont ces propriétés, quasiment uniques, qui font rechercher cette huile pour des applications :

- alimentaires (friture, fabrication de margarine et de *shortenings*, en confiserie) ;
- savonnerie (pour son fort pouvoir moussant) ;
- lipochimie, où l'on utilise les acides gras à chaînes courtes dans la synthèse de détergents, plastiques et cosmétiques (Graille, 1993).

Ces potentialités alimentaires et industrielles expliquent l'attrait de l'huile de coco. Cependant, cette position privilégiée sur le marché mondial est fragilisée par la faible compétitivité des systèmes actuels de production de l'huile, qui souffrent d'importants handicaps (Rouzière, 1994).

## Les techniques d'extraction

### Voie sèche / échelle industrielle

Dans la plupart des pays producteurs, l'extraction industrielle de l'huile de coco est réalisée dans de grandes huileries

Le contenu de cet article est publié dans les actes du congrès : La friture. Maîtrise du procédé et de la qualité des produits, coordonnateurs A.L. Raoult-Wack, J. Graille et G. Trystram, Tec & Doc - Lavoisier, coll. Récents progrès en génie des procédés 59, 1997.

situées, le plus souvent, dans l'emprise d'installations portuaires. L'huile est obtenue par trituration du coprah, c'est-à-dire l'amande déshydratée préparée par les planteurs après la récolte des noix. Cette préparation est réalisée selon des techniques de séchage, plus ou moins efficaces : solaire, dans des fours à fumée ou à air chaud, ou dans un séchoir continu à vapeur dans les grandes plantations industrielles. La très grande majorité du coprah commercialisé est produite dans les nombreux modèles de fours à fumées. Ces fours rudimentaires et peu coûteux donnent un coprah fortement pollué par la fumée.

La qualité du coprah dépend, en outre, des conditions économiques de commercialisation. Il arrive souvent que le séchage soit arrêté avant son terme, de façon à réduire la consommation de combustible et à gonfler artificiellement la masse de produit à vendre.

Ces pratiques sont lourdes de conséquences pour l'huilerie industrielle car :

- le séchage du coprah doit être achevé avant trituration, au cours de son transfert ou à son arrivée à l'huilerie ;
- de fortes freintes sont observées pendant le stockage et les manutentions : pertes en eau, dégâts dus aux micro-organismes et aux insectes, production de fines poussières ;
- la qualité du coprah envoyé en trituration est mauvaise : acidité de l'huile comprise entre 2,5 et 8 %, contamination par des aflatoxines et des hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP).

Dans ces conditions, les produits de la trituration du coprah sont de qualité médiocre à mauvaise, ce qui pèse défavorablement sur leur valeur marchande. L'huile brute, acide, colorée et malodorante, doit subir un raffinage extrêmement lourd, coûteux et générateur de pertes pondérales importantes. Le tourteau, qui contient en moyenne de 30 à 120 ppb d'aflatoxine B1, ne satisfait pas toujours aux normes des pays importateurs et ne peut être incorporé aux formules d'alimentation animale qu'à des taux réduits, ce qui peut s'avérer dissuasif.

L'extraction oléagineuse du coprah est réalisée selon le schéma classique en usage en huilerie de graines : nettoyage, broyage, aplatissement, cuisson, pressage et épuration de l'huile de pression. Dans la plupart des unités modernes, cette première pression est complétée par l'extraction à l'hexane des écailles de tourteau sortant de presse, opération pouvant être réalisée sur un site

différent dans le cas d'une huilerie de capacité limitée.

### Voie humide / échelle artisanale (Bénin)

Au Bénin et au Togo, les systèmes techniques artisanaux de production d'huile de coco sont basés sur le principe de l'extraction par voie humide (figure 1). L'amande fraîche de coco, extraite de la noix est râpée, malaxée avec addition d'eau fraîche ou chaude, puis pressée pour en extraire une émulsion qui est ensuite décantée et écrémée. La crème obtenue est cuite jusqu'à l'élimination d'une bonne partie de l'eau résiduelle. Le développement de la production artisanale d'huile de coco au Bénin est handicapé par :

- des difficultés d'approvisionnement en matière première, liées au vieillissement des plantations de cocotiers et à leur non-renouvellement ;
- la mauvaise qualité et le prix d'achat élevé de la matière première, dus à l'insuffisance de l'offre, à la cueillette prématurée des noix pour satisfaire la demande locale et à la spéculation au niveau des producteurs ;
- la pénibilité et la durée des opérations de transformation : le râpage du coco, seule opération mécanisée du système, se fait encore manuellement dans certaines zones de production, par manque d'équipement approprié ;
- le faible rendement de production lié au caractère rudimentaire de la méthode d'extraction de l'huile, qui se traduit par une teneur en huile résiduelle du tourteau de l'ordre de 38 % (base matière sèche) ;
- la mauvaise qualité de l'huile liée à une teneur en eau résiduelle généralement élevée, qui induit son altération en quelques jours seulement si elle n'est pas consommée rapidement.

Ces difficultés rendent l'activité de production d'huile de coco peu rémunératrice. La revalorisation et la redynamisation de cette filière passent par la relance de la production de noix et l'adoption de techniques d'extraction améliorées, permettant d'obtenir une huile de meilleure qualité se conservant plus longtemps.

### La technique du séchage-friture (Indonésie)

Une troisième technique de production de l'huile de coco est utilisée en Asie, notamment en Indonésie : l'extraction après séchage-friture de l'amande fraîche.

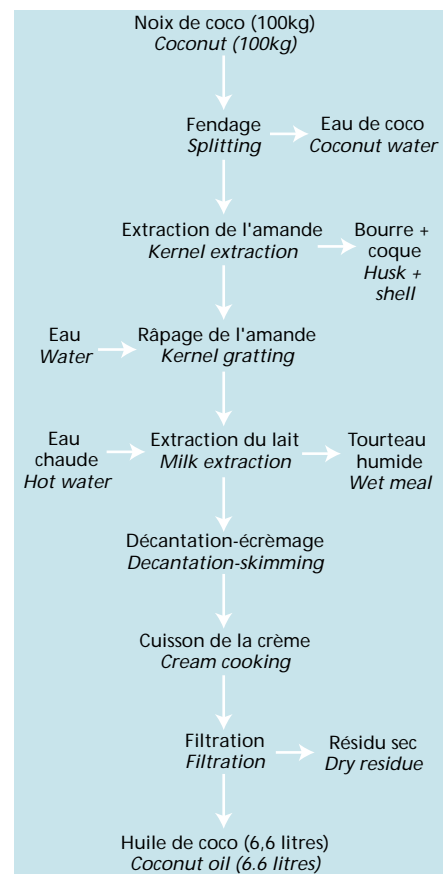
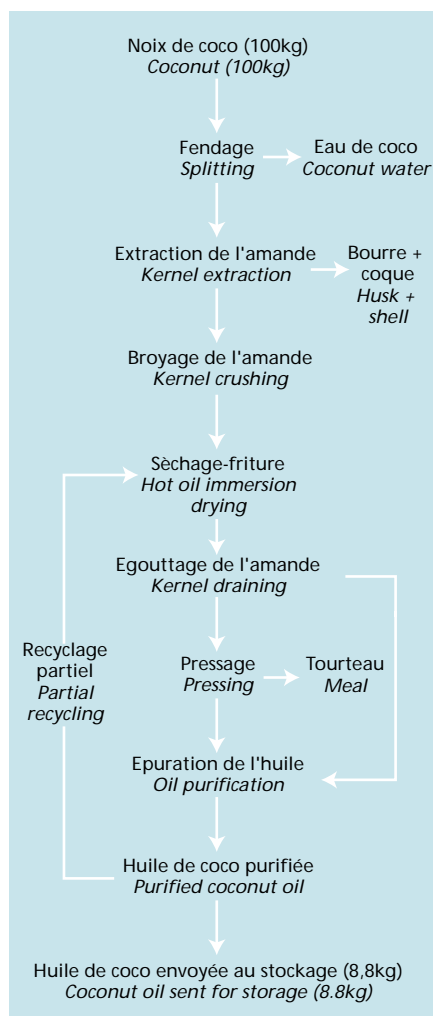


Figure 1. Diagramme technologique de production artisanale d'huile de coco par voie humide au Bénin. / Flow chart of small-scale coconut oil production by the wet process in Benin.

Cette solution combine les premières étapes de la voie humide et l'extraction mécanique de la voie sèche. La déshydratation de l'amande est réalisée par friture entre ces deux stades. En pratique, l'amande est extraite manuellement des noix entières livrées à l'huilerie, puis est fragmentée par broyage de façon à obtenir des râpures de 3 à 8 mm. Elle est ensuite plongée dans un bain d'huile de coco chaude jusqu'à déshydratation quasi complète ; sortie du bain, égouttée, elle est envoyée à la presse. L'huile récupérée à l'égouttage et une partie de l'huile de pression obtenue est recyclée vers le bain de friture après élimination des impuretés (figure 2).

Utilisé rationnellement, ce procédé présente de nombreux avantages :

- la suppression de l'étape coprah entraîne celle des défauts qui lui sont associés (pertes pondérales, acidification de l'huile, contaminations des produits obtenus) ;
- extraite moins de deux heures après l'ouverture de la noix, l'huile de coco pré-



**Figure 2.** Diagramme technologique de production artisanale d'huile de coco après séchage-friture de l'amande en Indonésie. / Flow chart of small-scale coconut oil production after hot oil immersion drying of fresh kernel in Indonesia.

sente une très faible acidité, la neutralisation n'est plus nécessaire, et peut être consommée en l'état sur le marché local ;

- l'unité d'extraction produit une masse de coques de coco qui dépasse largement ses besoins en combustible.

Il comporte, cependant, certaines contraintes d'application :

- il implique un fort accroissement des volumes et tonnages traités par rapport à la solution « coprah » et donc une augmentation sensible du coût des transports ;
- les noix fraîches ne peuvent être stockées que quelques jours, ce qui demande une bonne organisation de l'approvisionnement de l'huilerie et interdit toute spéculation sur le cours de la matière première.

Le procédé de séchage-friture du coco a surtout été utilisé en Indonésie, un des plus

importants producteurs mondiaux et premier marché de consommation de cette huile. Employé traditionnellement, à petite échelle, selon un savoir-faire purement empirique, le procédé est appliqué depuis quelques années dans des unités industrielles de taille moyenne, mais sans avoir été optimisé. Ainsi, le séchage-friture est encore réalisé en batch et de gros progrès pourraient être obtenus dans le contrôle du séchage et l'optimisation des transferts thermiques.

## Etat des recherches sur la technique du séchage-friture appliquée au coco

Les recherches menées au Cirad<sup>1</sup> durant les trois dernières années ont précisé l'influence des principaux paramètres du procédé (température, temps de friture, taille des râpures d'amande, ratio amande / huile du bain et intensité de l'agitation) sur le comportement de l'amande soumise au séchage-friture. La modélisation des transferts de chaleur et de matière est en cours et l'on dispose ainsi, aujourd'hui, des principaux éléments permettant de dimensionner les équipements et le contrôle du procédé aux différentes échelles d'application.

### Le recyclage de l'huile

Le séchage de 100 kg d'amandes fraîches nécessite la mobilisation de 100 à 150 kg d'huile pour réaliser le bain de friture, soit environ trois à quatre fois la masse d'huile contenue dans l'amande fraîche à sécher. Le rendement de l'extraction mécanique s'établissant autour de 90 %, le stock d'huile s'est accru en fin de processus de 32 kg, ce qui correspond à 21 à 32 % de la masse d'huile requise pour sécher 100 kg d'amande fraîche. L'huile de production est donc recyclée de trois à cinq fois en friture (selon le ratio amande / huile du bain adopté) avant d'être envoyée au stockage (taux de renouvellement compris entre 20 et 30 %).

### La qualité de l'huile

Elle a été évaluée à l'occasion d'essais de production réalisés au Cirad (Tronquit, 1997). Les caractéristiques qualitatives retenues ont été : l'acidité, l'indice de

peroxyde et le taux de composés polaires (tableau 1).

### La viscosité dynamique

Elle a été mesurée, de façon à pouvoir éventuellement proposer ce critère pour le contrôle rapide de la qualité de l'huile dans les ateliers artisanaux. Effectués à l'échelle de quelques dizaines de kilogrammes par batch, ces essais ont permis de vérifier la très bonne qualité de l'huile obtenue par pression de l'amande frite ainsi que sa stabilité après avoir été recyclée plusieurs fois vers le bain de friture. A noter, enfin, que l'huile produite présentait une saveur de coco très prononcée, qui peut surprendre les consommateurs habitués aux huiles raffinées.

### Prêt à presser

Le résultat du séchage de l'amande de coco par friture est un produit prêt à être pressé, ne nécessitant aucun traitement mécanique (broyage, aplatissage) ou thermique (cuisson) complémentaire. Cependant, l'amande déshydratée sortant de friture a une teneur en matière grasse de l'ordre de 80 % et plus, elle ne peut être convoyée correctement vers la cage de presse, elle doit être partiellement déshuillée avant pressage.

## Relance de la filière coco au Bénin par la technique de séchage-friture

Devant le déficit technique des producteurs béninois d'huile de coco, l'introduction de la technologie d'extraction après séchage-friture de l'amande fraîche a été étudiée dans le cadre d'une collaboration Cirad-université nationale du Bénin. Les investigations ont été faites dans les principales zones de production et de consommation d'huile de coco du pays (circonscription urbaine de Ouidah, sous-préfectures de Kpomassé et de Sèmè-Kpodji). L'étude a comporté :

- une enquête socio-économique auprès de 60 productrices d'huile de coco ;
- une enquête de consommation auprès de 61 utilisatrices d'huile de coco (ménagères, restauratrices et vendeuses au détail) ;
- une évaluation sensorielle (test d'acceptabilité d'une huile de coco importée obtenue par séchage-friture et test de préférence portant sur cette huile et l'huile extraite par voie humide au Bénin), avec un panel de 153 dégustateurs.

<sup>1</sup> Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

Tableau 1. Evolution des caractéristiques qualitatives de l'huile au cours du séchage-friture du coco. / *Changes in oil quality characteristics during coconut hot oil immersion drying.*

Produit Product	Caractéristiques qualitatives Quality characteristics			
	Acidité laurique (%) Lauric acidity	Indice de peroxyde (µg/g) Peroxide index	Composés polaires (%) Polar compounds	Viscosité dynamique (mPa.s) Dynamic viscosity
Huile de coco du bain avant friture Coconut in bath prior to immersion	0,04	17,6	2,8	19,1
Huile du bain après le troisième cycle de friture Oil in bath after third immersion cycle	0,05	19,4	3,6	19,6
Huile du bain après le sixième cycle de friture Oil in bath after sixth immersion cycle	0,05	25,1	4,2	20,8
Huile de coco extraite de l'amande frite Coconut oil extracted from immersed kernel	0,06	19,0	nd	19,9

### Diagnostic socio-économique de la production d'huile de coco

Au Bénin, la production de l'huile de coco est essentiellement assurée par les femmes et s'étend sur toute l'année. Environ 600 noix de coco (750 kg) sont traitées en moyenne par séance de production (92 % des cas) et par productrice. Plus de la moitié des productrices enquêtées transforment mensuellement chacune environ 4 200 noix. Elles travaillent souvent comme des entreprises individuelles et se font aider par une main-d'œuvre familiale ou rémunérée, de plus en plus rare et chère, surtout pour les opérations pénibles : fendage des noix, extraction de l'amande, approvisionnement en eau et transport.

Plus de 85 % des productrices enquêtées ont souligné le caractère peu rémunérateur de leur activité dans les conditions actuelles. Celles-ci se caractérisent par des difficultés d'approvisionnement en noix de bonne qualité, la rareté et la cherté de la main-d'œuvre, les fluctuations des prix des matières premières et de l'huile et la concurrence des autres huiles (huiles d'arachide, de palme, de palmiste, de coton et huiles importées). L'extraction d'huile de coco ne devient rentable que si elle est couplée avec l'élevage porcin, ce qui valorise les sous-produits de la transformation du coco (eau de coco, tourteau humide).

La consommation alimentaire et la savonnerie constituent les débouchés les plus importants de l'huile de coco. Les tests d'acceptabilité et de préférence réalisés sur l'huile traditionnelle produite par voie humide et sur l'huile obtenue par séchage-friture ont montré que :

- environ 53 % des dégustateurs ont jugé l'huile obtenue par friture différente de celle produite par voie humide suivant les descripteurs odeur, couleur et goût ;
- les deux tiers des dégustateurs ont préféré l'huile extraite après friture à celle obtenue par voie humide ; ils ont estimé que l'huile obtenue par cette nouvelle technique d'extraction présentait une capacité de conservation satisfaisante et qu'elle possédait une bonne odeur et un goût agréable.

Les résultats de cette première phase d'investigation montrent l'intérêt du transfert du procédé d'extraction de l'huile de coco après séchage-friture au niveau artisanal au Bénin (Hounhouigan *et al.*, 1997).

### Conception d'une unité-pilote à l'échelle artisanale

L'unité-pilote artisanale de séchage-friture de coco propose, au niveau villageois, une technologie améliorée de production d'huile à petite échelle. Par rapport à la technique traditionnelle, l'adoption du procédé nécessite des équipements

originaux pour le broyage, la friture et l'extraction de l'huile. L'objectif principal du projet était d'améliorer l'efficacité et la rentabilité de l'activité. L'effort a visé essentiellement l'amélioration du taux d'extraction et du rendement énergétique et la réduction de la pénibilité pour les opérateurs. Le choix et la conception des dispositifs et équipements devaient permettre leur appropriation aisée par les futurs utilisateurs, ce qui impliquait qu'ils soient fabriqués localement à coûts réduits.

### Description des matériels et des opérations

#### Le broyage

Le râpage traditionnel peut être utilisé mais nous préconisons l'emploi d'un broyeur à marteaux. Les matériels de préparation des farines peuvent être employés après quelques aménagements de la grille et de la décharge du produit. La taille des morceaux d'amande doit être de 2 à 6 mm.

#### Le séchage-friture

Il est réalisé dans un fourneau à coco fonctionnant selon le principe du foyer fermé à flux croisés (figure 3). Le fourneau brûle des coques de coco dans un foyer primaire ; les gaz de combustion sont ensuite dirigés vers la cuve de friture après réinjection d'air secondaire ; en fin de course ils sont évacués dans une cheminée. Pour éviter une surchauffe de l'huile durant le déchargement de l'amande déshydratée, un dispositif dévie les gaz vers la cheminée.

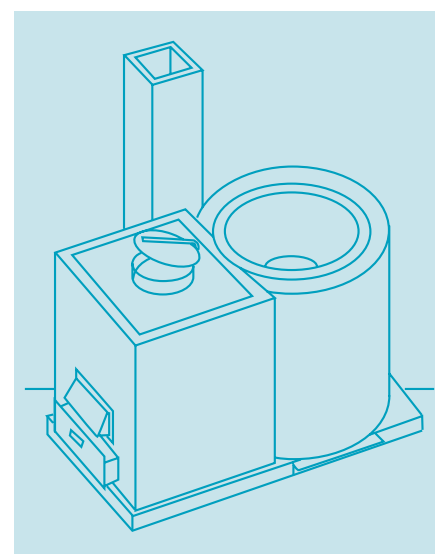


Figure 3. Vue perspective du fourneau à coco artisanal. / *General view of a small-scale coconut hot oil immersion dryer.*

La cuve, en forme de calotte sphérique, est réalisée par fonderie d'aluminium ce qui favorise l'échange thermique gaz / huile de friture. Ce procédé économique est bien maîtrisé par les artisans locaux fabriquant des marmites. Le nervurage de la face inférieure améliore la transmission de chaleur. La cuve est supportée par un massif en maçonnerie prolongeant le foyer. Des briques réfractaires habillent les zones les plus chaudes.

### **L'extraction de l'huile**

L'extraction de l'huile est effectuée sur une presse Bielenberg, équipement manuel créé pour le traitement de graines sèches oléagineuses (tournesol, arachide) (Melvin, 1989). Le dessin de la cage de presse a été modifié pour l'adapter au traitement du coprah. Le produit oléagineux est poussé et comprimé dans une cage à barreaux par un piston alternatif mû par une bielle entraînée par manœuvre d'un bras de levier. Les plans de la presse Bielenberg étant d'accès public, elle peut être fabriquée localement dans des ateliers disposant d'équipements de mécanosoudure et de tournage. C'est la raison essentielle pour laquelle cette solution technique a été préférée à celle de l'utilisation d'un des nombreux *expellers* bon marché fabriqués en Asie.

### **Premiers résultats d'essai**

#### **Fourneau à coco**

Nous avons réalisé et testé une maquette à l'échelle un tiers. La contenance de la cuve est de 15 à 20 l d'huile pour une quantité d'amande fraîche de 5 à 10 kg par batch. La température des gaz produits par la combustion des coques passe de 500-800° C à leur arrivée sur la cuve de friture à 350-400° C lors de leur rejet dans la cheminée, ce qui correspond à un rendement satisfaisant de l'échange thermique. La combustion des coques est bonne et ne dégage aucune fumée visible. La friture nécessite de 20 à 30 min par batch, soit une capacité horaire de traitement comprise entre 12 et 20 kg d'amande fraîche (ou 7 à 12 kg d'équivalent coprah). Une solution efficace doit être mise au point pour la décharge de l'amande déshydratée afin de ne pas trop affecter la capacité pratique d'utilisation de la cuve.

#### **Presse Bielenberg**

L'entraînement de la presse demande un effort physique important et, en fait, deux opérateurs bien coordonnés sont

nécessaires pour manipuler le levier. Les deux opérateurs doivent être permutés régulièrement avec les travailleurs occupant d'autres postes pour éviter toute fatigue excessive.

Sur un essai de très courte durée, le débit d'alimentation en produit frit s'est établi à 24 kg par heure et ceux en huile et tourteau produits à 16,5 kg/h et 7,5 kg/h. Avec une amande frite contenant 81 % de matière grasse sur produit sec et un tourteau présentant une teneur résiduelle en matière grasse de 25 % (base produit sec), on a donc un rendement d'extraction légèrement supérieur à 80 %. Il s'agit d'un résultat très satisfaisant pour une presse artisanale, qui doit être confirmé lors d'essais de longue durée sur site de production.

Les premiers tests réalisés au Cirad ont permis de valider techniquement les équipements de séchage-friture de l'amande de coco préparés pour le transfert de cette technologie à l'échelle artisanale. Il s'agissait d'un préalable indispensable avant son introduction en milieu réel.

## **Conclusion**

Les recherches récentes sur le thème du séchage par friture ont amélioré significativement les connaissances sur les mécanismes de cette opération. Ce procédé peut désormais être appliqué de façon optimisée en discontinu ou en mode continu. Dans le cas du coco, le séchage par friture de l'amande fraîche avant extraction de l'huile constitue une technique intéressante pour l'ensemble du secteur de l'huilerie de coco. Il permet de restaurer la compétitivité de la filière cocotier par l'amélioration de l'efficacité des systèmes d'extraction et de la qualité des produits obtenus.

Au niveau artisanal, les enquêtes réalisées récemment au Bénin ont montré la possibilité de transférer le procédé en remplacement de la voie humide actuellement en usage en Afrique et ont vérifié l'acceptabilité des produits obtenus. Un ensemble d'outils assimilables par les destinataires a été spécialement préparé pour tester la faisabilité du transfert en conditions réelles d'exploitation. Le projet de test de l'unité-pilote n'attend plus qu'un financement (Food and Agricultural Organisation : Fao, Organisation des Nations Unies pour le développement industriel : Onudi) pour démarrer au Bénin. En huilerie industrielle, la technologie du séchage-friture pourrait être adoptée par

les unités existantes situées en zone de production et pouvant donc être approvisionnées en noix fraîches. Il suffirait alors d'adjoindre un atelier d'extraction et de friture de l'amande pour convertir ces huileries de coprah à la nouvelle technologie.

Enfin, l'Indonésie, point de départ du procédé de séchage-friture du coco avant extraction, pourrait elle aussi bénéficier des progrès récents. ■

### **Remerciements**

Les travaux, dont une partie des résultats sont présentés dans cet article, ont été financés notamment par l'action thématique programmée (ATP) n° 50-94 du Cirad sur la friture et par l'université nationale du Bénin.

## **Bibliographie / References**

- DE TAFFIN G., 1993. Le cocotier. Paris, France, Maisonneuve et Larose, coll. Le technicien d'agriculture tropicale 25, 166 p.
- GRAILLE J., 1993. Usages alimentaires et oléochimiques du complexe laurique. Oléagineux 48 (12) : 515-526.
- HOUNHOUGAN D.J., WACK A.L., NAGO C.M., BRICAS N., 1997. Relance de la filière de production d'huile de coco par la technique de séchage-friture au Bénin. Rapport de recherche. Cotonou, Bénin, Faculté des sciences agronomiques et Cirad (document interne).
- MELVIN G., 1989. The Bielenberg Oilpress Engineering Drawing Set. Nairobi, Kenya, 95 p.
- NAGO C.M. 1988. Etude des systèmes techniques traditionnels de production d'huile de coco au Bénin et au Togo. Abomey-Calavi, Bénin, GRIDAMET/CEEMAT/FSA, 43 p. (document interne).
- ROUZIERE A., 1994. Quelles technologies le CIRAD peut-il proposer pour redynamiser la filière cocotier ? Oléagineux 49 (3) : 115-124.
- ROUZIERE A., 1997. Application du procédé de séchage-friture avant extraction de l'huile de coco. OCL 4 (1) : 32-35.
- TRONQUIT D., 1997. Evaluation de la qualité des huiles de friture. Application à l'huile de palme et à l'huile de coprah (procédé séchage-friture). Rapport de fin d'études, IUP de bioingénierie de Toulouse, université Paul Sabatier, Toulouse, France, 34 p.

# Revival of coconut oil production through the hot oil immersion drying technique

Hounhouigan J. <sup>1</sup>, Rouzière A. <sup>2</sup>, Noël J.M. <sup>2</sup>, Bricas N. <sup>2</sup>, Marouzé C. <sup>2</sup>, Raoult-Wack A.L. <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Faculté des sciences agronomiques, université nationale du Bénin, BP 526, Cotonou, Bénin

<sup>2</sup> CIRAD, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

The coconut palm, one of the most widely cultivated plants in the inter-tropical zone, now occupies around 11 million hectares. It offers so many possible uses that it has been called "the tree of life" or "the tree of a thousand uses". It is a smallholder crop, usually grown more for food than for industrial purposes (de Taffin, 1993).

Coconuts are traditionally consumed fresh in the production zone, in the form of coconut water, fresh meat, coconut milk and coconut cream. The nuts are rich in fat (30 to 35% of fresh meat, i.e. 70% dry matter basis) and are widely used for oil production. The domestic markets account for half of the production; the other half, amounting to one and a half million tonnes per year, is sold on the world market. Despite such modest tonnages, coconut oil ranks fifth in vegetable oil exports.

As with palm kernel oil, and the oils of a few other, rarer oilseeds (babassu), coconut oil belongs to the group of lauric oils, characterized by their high saturated acid contents and their short and medium chains. This remarkable composition gives coconut oil specific properties: high melting point, good resistance to oxidation and rancidity, high saponification index. It is for these unique properties that coconut oil is much sought after for the following applications:

- foods (frying, margarine and shortening manufacture, confectionery);
- soap manufacture (for its high lathering capacity);
- oleochemistry, where short chain fatty acids are used in the synthesis of detergents, plastics and cosmetics (Graille, 1993).

Its potential in the food and industrial sectors explains why coconut oil is so attractive, but its privileged position on the world market is being undermined by the low competitiveness of the current oil production systems, which suffer from major handicaps (Rouzière, 1994).

## Extraction techniques

### Dry method / industrial scale

In most producing countries, industrial coconut oil is extracted in large oil mills, usually located inside port installations. Oil is obtained by crushing copra, i.e. dehydrated coconut meat prepared by growers after nut harvesting. The copra is prepared by drying techniques that vary in efficacy: solar drying, in smoke kilns or hot air dryers, or in continuous steam-heated dryers on large estate plantations. Most of the copra on the market is produced in numerous types of smoke kiln.

These inexpensive rudimentary dryers give a copra heavily polluted by smoke.

Copra quality also depends on the economic trading conditions. It often happens that drying is stopped before it is completed, so as to reduce fuel consumption and artificially boost the weight of product for sale.

These practices weigh heavy on the oil industry since:

- copra drying has to be completed before crushing (during its transfer or on its arrival at the oil mill);
- considerable loss in weight and wastage occur during storage and handling: loss of moisture, damage by micro-organisms and insects, production of fine dust;
- the copra sent for crushing is of poor quality: oil acidity between 2.5 and 8%, contamination by aflatoxins and polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH).

Under these conditions, the products of copra crushing are of mediocre to poor quality, which is detrimental to its commercial value. The acid, coloured and malodorous crude oil has to undergo extremely heavy and costly refining that entails major weight losses. The copra meal, which contains 30 to 120 ppb of aflatoxin on average, does not always satisfy the standards imposed by some importing countries and can only be added to animal feed formulas in small quantities, which can prove dissuasive.

Oil is extracted from copra by the conventional method used in oilseed extraction: cleaning, crushing, squeezing, cooking, pressing and purification of the oil from the press. In most modern units, the first pressing is completed by hexane

extraction of the press cakes, an operation that can be carried out at a different site in the case of a small-capacity oil mill.

### Wet process / small-scale (Benin)

In Benin and Togo, small-scale coconut oil production systems are based on the wet process (figure 1). Fresh coconut meat is extracted from the nut, grated, mixed with cold or hot water, and pressed to extract an emulsion that is then decanted and skimmed. The cream obtained is cooked until a large proportion of the residual water is eliminated. The development of small-scale coconut oil production in Benin is handicapped by:

- difficulty in obtaining supplies of raw materials, due to the non-renewal of ageing plantations;
- the poor quality and high cost of raw materials, due to supply shortages, premature nut harvesting to meet local demand and producer speculation;
- laborious and lengthy processing operations: coconut grating, the only mechanized operation in the whole system, is still carried out by hand in some production zones, due to a lack of appropriate equipment;
- low production output due to the rudimentary oil extraction method, resulting in a residual oil content in meal of around 38% (dry matter basis);
- poor oil quality linked to a generally high residual moisture content, leading to deterioration within just a few days if not consumed rapidly.

Given these problems, coconut oil production is not very lucrative. If the sector is to become financially more attractive and be revitalized, nut production will have to be revived and improved extraction techniques adopted, in order to obtain higher quality oil that keeps better.

### Hot oil immersion drying (Indonesia)

A third coconut oil production technique is used in Asia, primarily Indonesia: extraction after hot oil immersion drying of fresh kernel. This solution combines the initial stages of the wet process and the mechanical extraction of the dry process. The kernel is dried by immersion in hot oil between these two stages. In practice, the

The content of this article were published in the Conference Proceedings: La friture. Maîtrise du procédé et de la qualité des produits, coordonnateurs A.L. Raoult-Wack, J. Graille et G. Trystram, Tec & Doc - Lavoisier, coll. Récents progrès en génie des procédés 59, 1997.

kernel is extracted by hand from whole nuts delivered to the oil mill, then broken up by crushing so as to obtain 3 to 8 mm gratings. It is then immersed in a bath of hot coconut oil until almost total dehydration; after leaving the bath, it is drained and sent to the press. The oil recovered during draining and part of the oil from the press is recycled to the hot oil immersion bath after removal of impurities (figure 2).

When used rationally, this process offers numerous advantages:

- elimination of the copra stage also removes the defects associated with it (weight losses, oil acidification, contamination of the products obtained);
- as it is extracted less than two hours after the nuts are opened, the oil has a very low acidity, neutralization is no longer necessary and the oil can be consumed as it is on the local market;
- the extraction unit produces a quantity of shells that far exceeds its fuel requirements.

However, there are certain operating constraints:

- it involves a substantial increase in the volumes and tonnages processed, compared to the "copra" option, hence a substantial increase in transport costs;
- fresh nuts can only be stored for a few days, meaning that supplies to the oil mill have to be efficiently organized, ruling out any raw material price speculation.

The coconut hot oil immersion drying process has primarily been used in Indonesia, one of the world's leading producers and the main consumer market for coconut oil. The process was traditionally used on a small scale based on know-how obtained by trial and error, but has been applied for some years now in medium-sized industrial units, though it has never been optimized. Hot oil immersion drying is therefore still carried out on a batch basis and much substantial progress could be made in controlling the drying process and optimizing heat transfers.

### Current state of research on the hot oil immersion drying technique applied to coconut

Research conducted by CIRAD<sup>1</sup> over the last three years has led to a clear understanding of the effect of the main processing factors (temperature, immersion time, size of kernel gratings, kernel:oil bath ratio and degree of stirring) on how the kernel reacts to hot oil immersion drying. The heat and matter transfers involved are currently being modelled and information is

now available for sizing equipment and controlling the process on different scales of application.

### Oil recycling

It takes 100 to 150 kg of oil in the oil bath to dry 100 kg of fresh kernels, i.e. around three to four times the weight of oil contained in the fresh kernel to be dried. As the physical extraction yield amounts to around 90%, the oil stock increases by 32 kg by the end of the process, corresponding to 21 to 32% of the weight of oil required to dry 100 kg of fresh kernels. Production oil is therefore recycled from three to five times to the oil bath (depending on the kernel:oil bath ratio adopted) prior to storage (renewal rate of 20 to 30%).

### Oil quality

Oil quality was assessed during production trials carried out at CIRAD (Tronquit, 1997). The quality characteristics adopted were: acidity, peroxide index and polar compounds content (table 1).

### Dynamic viscosity

This was measured with a view to proposing this criterion for rapid checking of oil quality in small-scale workshops. The trials were carried out on a few dozen kilogrammes per batch and revealed the very high quality of oil obtained by pressing hot oil immersion dried kernel, and its stability after being recycled several times to the oil bath. Lastly, it should be noted that the oil produced had a very pronounced coconut flavour, which may surprise consumers used to refined oils.

### Ready-to-press

The result of drying coconut kernel by immersion in hot oil is a ready-to-press product that does not require any additional mechanical treatment (crushing, squeezing) or heat treatment (cooking). However, the dried kernel leaving the oil bath has an oil content of 80% or more and cannot be sent directly to the press cage; some of the oil has to be removed before pressing.

### Reviving the coconut sector in Benin through the hot oil immersion drying technique

Given the technical shortcomings of Beninese coconut oil producers, the introduction of hot oil immersion drying of fresh kernels prior to extraction was jointly studied by CIRAD and the national university of Benin. A survey was carried out in the main areas of coconut production and consumption in Benin (urban district of Ouidah, Kpomassè and Sèmè-Kpodji sub-prefectures). The study involved:

- a socio-economic survey of 60 coconut oil producers;
- a consumption survey of 61 coconut oil users (housewives, restaurant owners and retailers);
- a sensorial appraisal (to assess the acceptability of imported coconut oil obtained by hot oil immersion drying, and a consumer preference test between that oil and oil extracted by the wet process in Benin), with a panel of 153 tasters.

### Socio-economic diagnosis of coconut oil production

Coconut oil production in Benin is primarily ensured by women and is a year-round activity. Around 600 coconuts (750 kg) are processed on average per production session (92% of cases) and per producer. More than half the women interviewed each processed around 4 200 nuts per month, often working as individual businesses with help from the family or hired labour, which is increasingly rare and expensive, especially for laborious tasks: nut splitting, kernel extraction, water supplies and transport. More than 85% of the women interviewed emphasized how little they earned from their work under current conditions, characterized by difficulties in obtaining supplies of good quality nuts, the rarity and cost of labour, fluctuations in raw material prices and competition from other oils (groundnut, palm, palm kernel, linseed and imported oils). Coconut oil extraction only becomes profitable if combined with pig rearing, which uses the by-products of coconut processing (coconut water, wet meal).

Food uses and soap making are the main outlets for coconut oil. Tests of acceptability and preference carried out with traditional oil produced by the wet process and oil obtained by hot oil immersion drying revealed that:

- around 53% of tasters found the oil obtained by hot oil immersion drying to be different from that produced by the wet process based on smell, colour and taste descriptors;
- two thirds of the tasters preferred the oil extracted after hot oil immersion drying to that obtained by the wet process; they considered that the oil obtained by this new extraction technique had a satisfactory storage capacity and had a pleasant smell and taste.

The results of this first phase of investigation revealed that it would be worth transferring the process of coconut oil extraction after hot oil immersion drying for small-scale oil extraction in Benin (Hounhouigan *et al.*, 1997).

### Design of a small-scale pilot unit

The coconut hot oil immersion drying pilot unit for smallholders proposes improved technology for small-scale oil production. Compared to the

<sup>1</sup> Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.

traditional technique, the new process requires original equipment for crushing, hot oil immersion and oil extraction. The main aim of the project was to improve the efficiency and profitability of the operation. Efforts were primarily concentrated on improving the extraction rate and energy efficiency, and reducing the laboriousness of the tasks. The devices and equipment were chosen and designed for easy adoption by future users, which meant low-cost local manufacture.

### Description of equipment and operations

#### **Crushing**

Traditional grating can be used, but we recommend using a hammer mill. Equipment for meal preparation can be used after a few alterations to the screen and product discharge. The kernel pieces should be from 2 to 6 mm in size.

#### **Hot oil immersion drying**

This is carried out in a coconut dryer based on the closed hearth, cross-flow principle (figure 3). The kiln burns coconut shells in a primary hearth; the combustion gases are then sent to the oil bath after re-injection of secondary air; they exit via a flue. In order to prevent overheating of the oil during dried kernel removal, a device deflects the gases into the flue. The bath, in the form of a half sphere, is made of cast aluminium, which promotes gas/oil bath heat exchanges. This economical method has been effectively mastered by local pot-making craftsmen. Ribbing on the bottom of the bath improves heat transmission. The bath is supported by masonry forming an extension to the hearth. The hottest zones are lined with refractory bricks.

#### **Oil extraction**

Oil is extracted on a Bielenberg press, manually operated equipment designed for oilseed processing (sunflower, groundnut) (Melvin, 1989). The press cage design has been modified to suit copra processing. The copra is pushed and compressed in a barred cage by a reciprocating ram moved by a crankarm operated by a lever. As the plans of the Bielenberg press are in the public domain, it can be manufactured locally in workshops equipped with machine welding equipment and lathes. That was the main reason why this technical solution was preferred to that of using one of the many cheap expellers manufactured in Asia.

### Initial trial results

#### **Coconut dryer**

We manufactured and tested a one-third scale mock-up. The bath capacity was 15 to 20 l of oil for a quantity of fresh kernel varying from 5 to 10 kg per batch. The temperature of the gases produced by shell combustion decreased from 500-

800°C on hitting the immersion bath to 350-400°C on reaching the flue, corresponding to satisfactory heat exchange. Shell combustion was good and did not give off any visible smoke. Hot oil immersion drying took 20 to 30 min per batch, i.e. an hourly processing capacity of between 12 and 20 kg of fresh kernel (or 7 to 12 kg copra equivalent). An effective solution needs to be found for dried kernel removal, so as not to have too much effect on the practical utilization capacity of the bath.

#### **Bielenberg press**

Press operation requires considerable physical effort, and two well-coordinated operators were in fact necessary to operate the lever. The two operators had to be relieved regularly by workers from other posts, to avoid their becoming over-fatigued.

In a trial of very short duration, the immersed product feed rate stabilized at 24 kg per hour and oil and meal output at 16.5 kg/h and 7.5 kg/h respectively. With hot oil immersion dried kernel containing 81% fat on a dry basis and meal with a 25% residual fat content (dry product basis), the extraction rate was just over 80%. This is a highly satisfactory result for a small-scale press, which needs to be confirmed during a longer trial at a production site.

The first trials carried out by CIRAD technically validated the coconut kernel hot oil immersion drying equipment prepared for transfer of the technology to a smallholder scale. This step was a prerequisite before any full-scale introduction.

### Conclusion

Recent research on hot oil immersion drying has considerably improved the knowledge of how the operation works. The process can now be applied in an optimum way for both batch and continuous drying. In the case of coconut, hot oil immersion drying of fresh kernel prior to oil extraction is a technique of interest to all those involved in coconut oil extraction. It will restore the competitiveness of the coconut sector by improving the efficacy of extraction systems and the quality of the end products.

On a smallholder scale, surveys conducted recently in Benin revealed the possibility of transferring the procedure to replace the wet process currently used in Africa and confirmed the acceptability of the products obtained. A set of tools that can easily be taken on board by producers has been especially prepared to test the feasibility of transferring the process to true operating conditions. The pilot unit test project now merely awaits funding (Food and Agriculture Organization: FAO, United Nations Industrial Development Organization: UNIDO) before being launched in Benin. On an industrial scale, hot oil immersion drying could be adopted by existing

units in production zones that have guaranteed supplies of fresh nuts. It would merely require the addition of a kernel extraction and hot oil immersion drying workshop to convert these copra mills to the new technology.

Lastly, Indonesia, which was the starting point for coconut hot oil immersion drying prior to extraction, could also benefit from the recent advances. ■

#### Acknowledgements

The work, the results of which are partially described in this article, were primarily funded under CIRAD interorganization thematic research project (ATP) No. 50-94 on hot oil immersion drying and by the national university of Benin.