

DRUPALM® : nouveau procédé pour les huileries de palme

II. Résultats

Noël J.M.¹, Ecker P.², Rouzière A.¹, Graille J.¹, Pina M.¹

¹ CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

² Flottweg GmbH, Industriestrasse 6-8, D-84131 Vilsbiburg, Allemagne

Les essais en grandeur ont été réalisés à l'huilerie SOCAPALM (Société camerounaise de palmeraies) de Nkapa au Cameroun où les 2 conteneurs de 20 pieds renfermant les équipements spécifiques ont été installés durant plus d'un an. Ces conteneurs renfermaient : un broyeur à marteaux, un malaxeur composé de 4 vis identiques d'une capacité totale de 7 500 l, le décanteur trois phases Flottweg et le séparateur Veronesi.

L'huilerie de Nkapa, construite par Usine de Wecker, comporte 2 chaînes de 20 t de régimes par heure. Les conteneurs ont été placés entre les 2 chaînes au niveau des égrappoirs, de manière à pouvoir être alimentés en fruits égrappés prélevés à la sortie de la vis sous l'égrappoir de la chaîne n° 1.

De bons résultats ont été obtenus dès le démarrage des installations, lors de la première campagne d'essais, bien que le broyeur installé se soit montré mal adapté. Après quelques modifications et l'installation d'un broyeur d'un autre type, des essais de durée plus importante ont été réalisés au cours de la deuxième campagne. La dernière série d'essais a confirmé les résultats obtenus précédemment et a permis d'explo-

La première partie de l'article, parue dans le précédent numéro de *Plantations, recherche, développement*, 4 (2) 1997, a exposé en détail le procédé Drupalm®, de la réception des régimes au pressage. Dans cette deuxième partie on trouvera des éléments chiffrés permettant d'établir la supériorité du nouveau procédé sur le procédé classique.

rer quelques voies susceptibles d'améliorer encore les performances du procédé.

Pendant toute la durée des essais, des échantillons représentatifs ont été prélevés régulièrement et analysés afin d'en déterminer les compositions en eau, huile et solides non huileux.

Les taux d'extraction ont été calculés à partir de bilans matière précis, en pesant ou en évaluant la totalité des produits entrant et sortant de la chaîne de fabrication :

- régimes : pesée du contenu des cages de stérilisation dont les régimes étaient usinés sur la ligne Drupalm®, au minimum 2 cages de stérilisation par essai ;
- huile : pesée de toute l'huile produite après passage dans la polisseuse ;
- phase aqueuse et phase solide : prise d'échantillons et mesure de débits instantanés.

Compte tenu de la lourdeur de telles opérations et de la difficulté à échantillonner de manière satisfaisante, il n'a pas été possible d'établir la composition des régimes. Les rendements d'extraction ont, par conséquent, été calculés par rapport aux fruits stérilisés, dont des échantillons représentatifs ont été analysés. Les rendements indiqués sont obtenus en faisant le quotient de l'huile Drupalm® extraite sur la totalité de l'huile (palme + palmistes) contenue dans les fruits stérilisés. Ils ne tiennent donc pas compte des pertes d'huile sur rafles et dans les condensats de stérilisation.

Une centaine de tonnes de régimes ont été usinées permettant de produire plus de 20 tonnes d'huile Drupalm®.

Taux d'extraction

Les taux d'extraction ont toujours été supérieurs à ceux obtenus sur la chaîne classique, même lorsque des conditions extrêmes de fonctionnement étaient explorées, en particulier pour la température et la dilution. Par exemple, dans des conditions de fonctionnement plus stables, sans être toutefois optimales, un essai portant sur 4 160 kg de régimes a permis d'obtenir :

- 1 600 kg de phase solide contenant en moyenne 48 % d'eau et 8,5 % d'huile ;
- 2 450 kg de phase aqueuse, contenant 0,5 % d'huile et 3 % de solides en moyenne, recyclable partiellement en dilution de la pâte ;
- 980 kg d'huile Drupalm® à 0,5 % d'humidité qui, après polissage, ont donné 976 kg d'huile avec une humidité inférieure à 0,2 % et un taux d'impuretés voisin de 0,01 %.

Le taux d'extraction en huile Drupalm® a, par conséquent, été de 23,46 %. Au cours de la même journée, la moyenne des taux obtenus par l'huilerie de Nkapa a été de 20,62 % en huile de palme (20,8 % en moyenne sur la semaine) et environ 4 % en palmistes, équivalent à un maximum de 2 % d'huile de palmiste complémentaire, soit un taux d'extraction global de 22,62 % en huiles de palme et de palmiste.

Après passage d'un échantillon d'environ 100 kg de phase solide dans une presse artisanale Caltech on a obtenu, d'une part un jus contenant plus de 15 % d'huile qui décantait très rapidement et, d'autre part, un

tourteau à 40,5 % d'humidité et dont la teneur en huile, sur tel quel, était de 6,6 %. Rapportée aux quantités traitées de l'exemple précédent, cette opération aurait permis une récupération supplémentaire d'environ 50 kg d'huile, portant ainsi le taux d'extraction d'huile Drupalm® à 24,68 %, soit 9 % de plus que le cumul des taux (palme + palmistes) de 22,62 % obtenus par le procédé classique.

Rendements d'extraction

Exprimés par le quotient de l'huile produite sur l'huile totale (palme + palmistes) contenue dans les fruits stérilisés, les rendements obtenus au cours des essais ont été voisins de 95 % dans les conditions optimales de fonctionnement, en tenant compte de la récupération d'huile par pression de la phase solide provenant du décanteur trois phases. Sans cette récupération, on a obtenu des rendements légèrement supérieurs à 90 %.

Rapportés à l'huile totale contenue dans les régimes, ces rendements deviennent 92,15 % et 87,3 % respectivement avec et sans récupération de l'huile par pression des solides, en prenant en compte les pertes d'huile dans les condensats de stérilisation et dans les raffles (un rendement de 97 % est généralement admis pour ces 2 opérations).

Ces derniers chiffres peuvent paraître relativement modestes comparés à ceux des huileries classiques qui affichent généralement des rendements de 92 à 93 % pour l'huile de palme et 95 à 96 % pour les palmistes. En fait, la comparaison n'est pas si simple car, si le rendement est toujours exprimé par le quotient huile produite/huile potentielle, dans le cas des essais Drupalm®, le poids d'huile potentielle est mesuré avec précision, alors que pour les huileries classiques, l'huile potentielle est considérée comme la somme des poids d'huile produite et des pertes mesurées. Or, pour ces dernières, les sources d'erreur sont considérables : on ne peut qu'estimer les pertes qui sont prises en compte et, par ailleurs, toutes les pertes ne sont pas mesurées. La qualité des échantillonnages et des analyses n'est pas en cause et l'on connaît précisément la composition moyenne des produits rejetés. Mais, en revanche, les volumes des condensats ou des boues ne sont pratiquement jamais mesurés, les fibres ne sont pas pesées, et bien des huileries calculent encore, aujourd'hui, leurs pertes réelles en employant des constantes établies à partir du matériel végétal utilisé

dans les années 50. De plus, il n'est pas tenu compte de toutes les pertes non mesurées, comme celles, par exemple, provenant des multiples purges périodiques indispensables à la clarification, en cours d'usinage.

Les rendements d'extraction réels des huileries classiques sont, sans aucun doute, inférieurs aux 92 à 93 % généralement annoncés et donc sensiblement inférieurs à ceux que l'on a pu obtenir au cours des essais avec le procédé Drupalm®.

Des avantages multiples

Par rapport à la technologie classique, le procédé Drupalm® présente de nombreux avantages.

Plan technique

La chaîne étant très compacte et le nombre des équipements qui la composent réduit, la conduite du procédé, la surveillance et le contrôle du personnel sont grandement facilités.

Les performances du procédé sont très peu affectées par une dérive des paramètres de conduite. Lors des essais, on a pu constater, par exemple, que des variations impor-

tantes de dilution et de température avaient peu d'effet sur les rendements d'extraction.

Avec un temps de traitement réduit à 30 à 40 min à partir de fruits stérilisés, à des températures de 80° C, les qualités de l'huile Drupalm® sont mieux préservées qu'avec le procédé classique.

Les besoins en vapeur (tableau 1) et en électricité (tableau 2) sont réduits de près de 30 %. Le bilan énergétique est, ainsi, d'autant plus favorable que le combustible, disponible en plus grande quantité, a un PCI (pouvoir calorifique inférieur) supérieur à celui des fibres et coques utilisées dans le procédé classique. On peut, ainsi, espérer atteindre l'équilibre énergétique pour des capacités horaires inférieures à 10 t de régimes par heure.

Plan environnemental

Le volume et la charge polluante des effluents liquides sont réduits en comparaison avec les effluents d'huileries de palme. A la sortie du décanteur, la phase aqueuse contient moins de 0,5 % d'huile et 3,0 % de matières en suspension (résultats obtenus en moyenne sur les essais opérés dans des

Tableau 1. Huilerie de 30 t/h : consommation de vapeur.

Poste	Standard		Drupalm®	
	/t	/30t	/t	/30t
Stérilisation	220	6 600	170	5 100
Malaxage	45	1 350	25	750
Clarification	90	2 700	50	1 500
Chauffage de l'eau de process	40	1 200	25	750
Vis émottoir (séchage des fibres)	10	300	5	150
Séchage noix et amandes	55	1 650	0	0
Chaufferie	30	900	20	600
Sous-total	490	14 700	295	8 850
Pertes 10 %	49	1 470	30	900
Total	539	16 170	325	9 750

Tableau 2. Huilerie de 30 t/h : puissances installées (kW).

Postes	Standard	Drupalm®
Réception des régimes	30	30
Stérilisation	8	8
Egrappage	52	52
Extraction (malaxage + pression)	160	0
Broyage et malaxage	0	138
Clarification	80	120
Stockage de l'huile	8	8
Défilage	70	0
Palmisterie	230	0
Chaufferie	215	175
Forages + station de traitement de l'eau	53	41
Traitement des effluents	23	18
Ateliers	18	18
Laboratoire	15	15
Eclairages et divers	8	8
Total	970	631

Tableau 3. Investissements (milliers de \$US) pour une huilerie de 30 t/h, montée en Indonésie.

	Standard	Drupalm®
Génie civil et bâtiments	850	560
Réception des régimes	370	370
Stérilisation	245	180
Egrappage	350	350
Extraction (malaxeurs + presses)	570	0
Préparation (broyeurs + malaxeurs)	0	400
Clarification	620	675
Tanks de stockage	180	180
Défibrage	75	0
Palmisterie	240	0
Chaudière	890	580
Centrale	435	350
Approvisionnement en eau	130	190
Traitement de l'eau	105	80
Traitement des effluents	440	300
Montage et divers	180	180
Total	5 680	4 235

conditions normales de fonctionnement). La phase solide est un excellent combustible dont l'homogénéité et le PCI élevé permettent un réglage aisé de la combustion en chaudière, avec réduction des émissions gazeuses.

Plan économique

Les investissements (tableau 3) sont considérablement réduits par rapport au procédé classique : la stérilisation est moins importante, la palmisterie supprimée et la clarification simplifiée. Les investissements induits, chaudière et centrale, bâtiments et infrastructures, station de traitement des effluents, sont également réduits. Enfin, l'huile de palmiste étant extraite simultanément, la trituration des amandes est supprimée.

Selon les cas, les investissements sont minorés de 20 à 40 %. D'où une réduction de frais financiers et d'amortissements.

Compte tenu de la composition modulaire des lignes, dont les capacités unitaires varient de 5 à 10 t de régimes par heure, les investissements peuvent être aisément réalisés par étapes. Il est ainsi possible d'adapter la capacité d'usinage à la montée en production des nouvelles plantations.

Les coûts de production, de maintenance et de main-d'œuvre, surtout à l'entretien, sont également réduits. Une unité d'extraction Drupalm® ne comporte pratiquement pas de bacs tampons ni de stockages intermédiaires. Les réseaux de tuyauteries de vapeur, jus bruts, eau, huile, etc., cauchemar permanent des équipes d'entretien des huileries classiques, sont très limités.

Des inconvénients limités

Avec le procédé d'extraction Drupalm®, les huiles de palme et de palmiste sont mélangées et l'huile obtenue est, par conséquent, un produit nouveau, différent de l'huile de palme ; il devra donc être introduit comme tel sur le marché des corps gras. Cela ne devrait cependant pas poser de problème insurmontable.

Le second inconvénient réside dans le fait que l'huile de palmiste, qui traditionnellement bénéficie d'une prime par rapport à l'huile de palme sur le marché mondial, n'est plus extraite séparément. On pourrait craindre de perdre ainsi une partie de la valeur marchande potentielle des huiles contenues dans les régimes. En réa-

lité, l'analyse plus détaillée permet de constater que le manque à gagner est généralement compensé par les économies que l'on peut attendre de l'utilisation du procédé Drupalm®.

Les effets du différentiel de prix entre les huiles de palme et de palmiste

Pour mieux situer le problème, les données principales correspondant aux 2 schémas de production sont analysées dans l'exemple ci-dessous.

Pour le procédé standard, les taux d'extraction retenus sont les suivants :

- huile de palme/régimes : 22 %
- palmistes/régimes : 5 %
- huile de palmiste/palmistes : 45 %
- huile de palmiste/régimes : 2,25 %
- huiles (palme+palmiste)/régimes : 24,25 %

Les coûts directs de production par tonne de régimes ont été calculés en additionnant les frais d'usinage de l'huilerie, estimés à 7 \$US/t de régimes, et les coûts de trituration, de l'ordre de 30 \$US/t de palmistes, correspondant à 1,5 \$US/t de régimes en tenant compte d'un taux d'extraction de 5 % en palmistes. Les coûts directs atteignent ainsi 8,5 \$US/t de régimes pour la production de 220 kg d'huile de palme et 22,5 kg d'huile de palmiste.

Pour le procédé Drupalm®, nous avons retenu un taux d'extraction de 24,5 % puisque tous les essais comparatifs menés jusqu'à présent ont montré qu'il permettait d'extraire en une seule fois plus d'huile Drupalm® que le cumul des quantités d'huiles de palme et de palmiste obtenues dans le schéma de production convention-

Tableau 4. Différence de «résultats» en \$US/t de régimes.

Prime \$US/t	Huile de palme \$US/t CAF Rotterdam				
	300	400	500	600	700
0	3,75	4,00	4,25	4,50	4,75
50	2,62	2,87	3,12	3,37	3,62
100	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50
150	0,37	0,62	0,87	1,12	1,37
200	-0,75	-0,50	-0,25	0,00	0,25
250	-1,88	-1,63	-1,38	-1,13	-0,88
300	-3,00	-2,75	-2,50	-2,25	-2,00

Les colonnes représentent différentes hypothèses de cours mondial CAF (de 300 à 700 \$US/t) pour l'huile de palme alors que les lignes représentent différentes hypothèses de niveau de prime de l'huile de palmiste par rapport à l'huile de palme (de 0 à 300 \$US/t). Considérons un exemple dans lequel le prix de vente de l'huile de palme (et donc de Drupalm®) est de 600 \$US/t et celui de l'huile de palmiste est de 750 \$US/t, soit 600 \$US pour l'huile de palme plus 150 \$US de prime huile de palmiste/huile de palme. Le « résultat » de chaque filière est calculé pour une tonne de régimes en déduisant les coûts directs de production des recettes provenant des ventes d'huile. On obtient ainsi :

-filière traditionnelle : $0,220 \text{ t} \times 600 \text{ $US/t} + 0,0225 \text{ t} \times 750 \text{ $US/t} - 8,5 \text{ $US/t} = 140,375 \text{ $US/t}$;

-filière Drupalm® : $0,245 \text{ t} \times 600 \text{ $US/t} - 5,5 \text{ $US/t} = 141,5 \text{ $US/t}$.

La différence de « résultats » entre les 2 filières, $141,5 - 140,375 = 1,12 \text{ $US/t}$ de régimes que l'on trouve dans le tableau 4 à l'intersection de la colonne « 600 » et de la ligne « 150 » signifie qu'avec des cours de 600 et 750 \$US/t CAF respectivement pour les huiles de palme et de palmiste, la filière Drupalm® permet de dégager une marge supplémentaire de 1,12 \$US par tonne de régimes usinés.

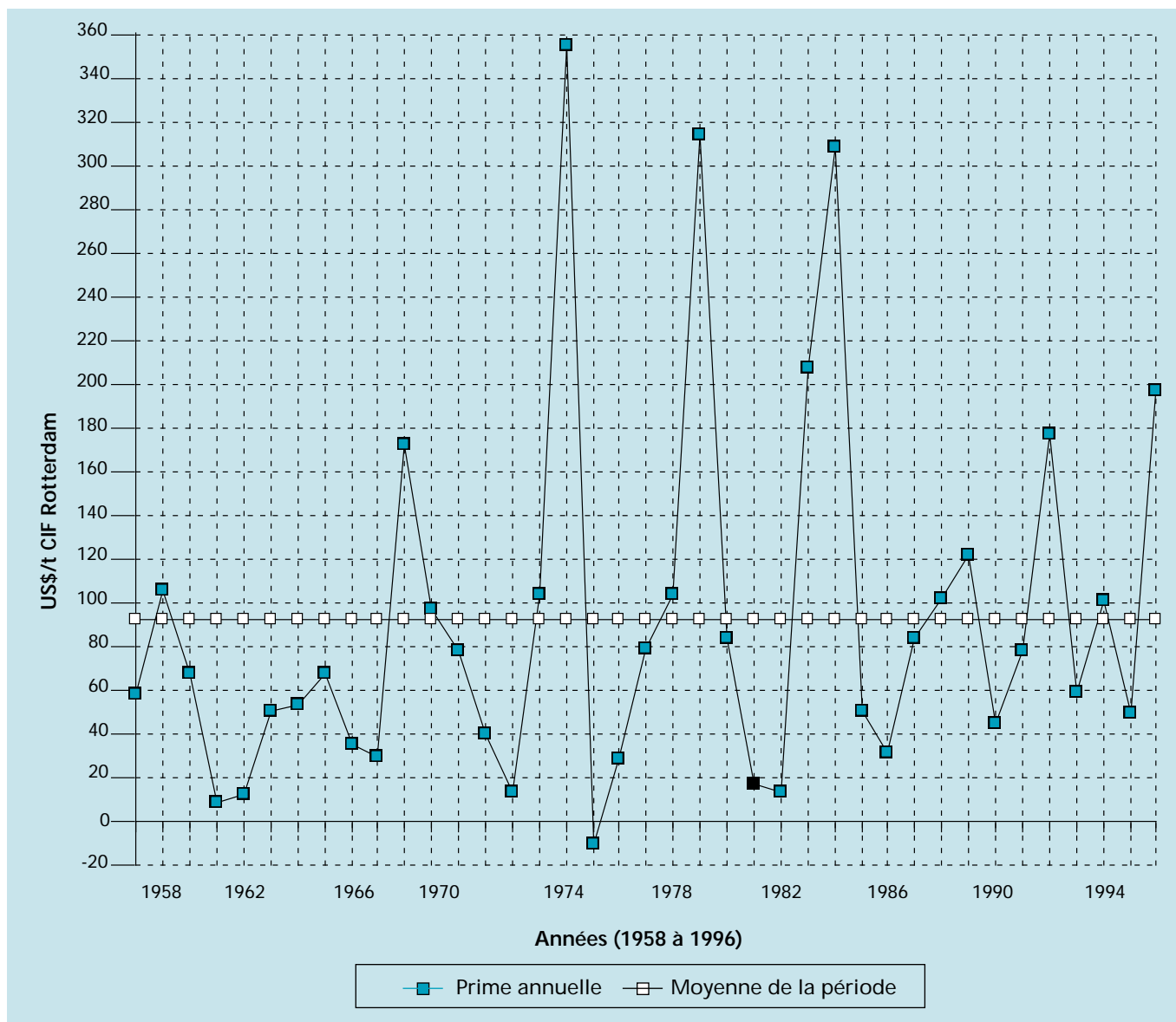


Figure. Primes de l'huile de palmiste sur l'huile de palme (en \$US/t CAF Rotterdam)

nel (huilerie de palme + trituration). La trituration étant supprimée, les coûts directs de production se limitent aux seuls coûts de l'unité d'extraction estimés prudemment à 5,5 \$US/t de régimes, soit 20 % de moins que dans une huilerie classique pour tenir compte de la simplification du procédé (suppression de la palmisterie et d'une grande partie de la clarification).

Si l'on considère, par ailleurs, que l'huile Drupalm® est vendue au même prix que l'huile de palme, il est aisé de comparer de manière simple les résultats obtenus par les 2 filières en fonction des cours des huiles de palme et de palmiste. Dans les 2 cas on peut, en effet, calculer la différence entre les recettes provenant de la vente des huiles produites et les coûts directs d'usi-

nage pour une tonne de régimes (tableau 4).

La moyenne des cours de l'huile de palme sur la période 1973-1996 (postérieure au premier choc pétrolier) a été de 479 \$US/t CAF⁽¹⁾ Rotterdam et de 493 \$US/t sur les 5 dernières années, pourtant considérées comme favorables pour le palmier ; d'autre part, la prime payée pour l'huile de palmiste par rapport à celle payée pour l'huile de palme a été de 98 \$US/t en moyenne sur la même période (figure).

Sur la base d'hypothèses de cours réalistes à moyen et long termes, 500 \$US/t pour l'huile de palme et 600 \$US/t pour l'huile de palmiste (100 \$US de prime), la filière Drupalm® permet d'améliorer les résultats de 2 \$US/t de régimes usinés, soit 300 000 \$US par an pour une unité de 30 t/h

de capacité traitant 150 000 t de régimes par an. Ce n'est que dans des conditions de marché exceptionnelles (rencontrées à 3 reprises seulement au cours des 40 dernières années) que la filière Drupalm® devient moins intéressante. Et encore doit-on garder à l'esprit que cette analyse reste sommaire : la supériorité de la filière Drupalm® apparaîtrait davantage si d'autres paramètres, notamment les amortissements et les frais financiers, étaient pris en compte. Enfin, il convient de noter que la nouvelle technologie est particulièrement bien adaptée au matériel végétal moderne fréquemment rencontré en Afrique et caractérisé par un taux d'extraction relativement faible en palmistes.

(1) Coût assurance fret.

Tableau 5. Composition en acides gras de l'huile Drupalm® et de ses fractions.

Acides gras		Brute	Stéarine	Oléine
Acide caprylique	C8:0	0,3	0,1	0,3
Acide caprique	C10:0	0,3	0,1	0,4
Acide laurique	C12:0	3,1	1,0	2,6
Acide myristique	C14:0	1,7	1,2	1,6
Acide palmitique	C16:0	41,5	49,1	37,6
Acide stéarique	C18:0	4,9	5,8	4,7
Acide oléique	C18:1	37,5	33,7	40,9
Acide linoléique	C18:2	10,0	8,2	11,2
Acide linoléique	C18:3	0,3	0,3	0,3
Acide arach. et eicos.	C20:0 et 1	0,4	0,5	0,4

Tableau 6. Autres caractéristiques de l'huile Drupalm®.

Descriptif		Unités
Densité à 50 °C	0,899	
Indice de réfraction	1,455	
Indice d'iode	52,8	
Indice de saponification	201	
Indice de peroxyde	1,6	meq. O ₂ /kg
DOBI	2,7	
Teneur en insaponifiable (à l'hexane)	0,43	%
Teneur en caroténoïdes totaux	72,3	mg β-carotène eq./100 g
Teneur en β-carotène (CLHP)	43,6	mg β-carotène eq./100 g
Teneur en tocophérols	190	ppm
Teneur en tocotriénols	642	ppm
Teneur en phosphore	10	ppm

Un nouveau produit

L'huile Drupalm® est un nouveau produit, différent de l'huile de palme et de l'huile de palmiste (tableaux 5 et 6). Ses aptitudes aux transformations aval ont été évaluées :

- le raffinage ne présente aucune difficulté particulière ;
- le fractionnement permet d'obtenir un rendement amélioré en oléine grâce à l'effet eutectique du mélange palme-palmistes ainsi que l'a confirmé un essai de fractionnement d'un lot de 5 t d'huile Drupalm® effectué dans une installation Tirtiaux appartenant à SOCAPALM.

Par ailleurs, des essais menés sur les installations pilotes de divers groupes industriels ont montré que l'huile Drupalm® ne se comportait pas différemment de l'huile de palme pour toutes les utilisations classiques en huile de friture, margarinerie, savonnerie, etc. Les premiers tests d'acceptabilité réalisés sur des consommateurs camerounais ont confirmé ces essais : dans la majorité des cas, les consommateurs se sont montrés incapables de faire la différence entre une oléine de palme rouge et une oléine de Drupalm® rouge. Les utilisations domestiques de l'huile Drupalm® dans les pays producteurs ne devraient, par conséquent, pas poser de problème particulier.

(2) Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement

L'huile Drupalm®, produite dans des conditions plus douces (durée du procédé et température réduites), pourrait aussi trouver un débouché sur le marché des huiles vierges de spécialités, car son fruité et les qualités que lui confèrent les éléments contenus dans la partie insaponifiable pourraient être valorisés.

En revanche, pour toutes les utilisations industrielles, l'huile Drupalm® ne pourra pas se substituer à l'huile de palme sans précautions. Il s'agit bien d'un produit différent qu'il conviendra de commercialiser comme tel et qui devra, par conséquent, trouver sa place sur le marché mondial des corps gras.

Perspectives

Le procédé d'extraction d'huile Drupalm® représente une innovation majeure dans un secteur qui n'a pas évolué depuis plusieurs décennies. Parfaitement adapté aux capacités industrielles pour lesquelles sa composition modulaire permet un investissement progressif, il apporte également une solution satisfaisante pour des capacités horaires plus modestes, de l'ordre de 4 - 5 t de régimes par heure. Plus simple à conduire et à contrôler, moins gourmand en eau et énergie, moins polluant, il offre de meilleurs rendements et des coûts de production inférieurs à ceux du procédé classique, tout en préservant les qualités naturelles des huiles extraites.

Les avantages du procédé sont tels que son utilisation devrait se répandre largement au XXI^e siècle, pour autant que l'huile Drupalm® trouve sa place sur le marché mondial des corps gras, comme l'a fait l'huile de palme quelques décennies auparavant avec le succès que l'on sait.

Le CIRAD⁽²⁾ et Flottweg ont déposé conjointement, à la fin du mois de juin 1996, un brevet protégeant le procédé permettant d'extraire l'huile Drupalm®. Les premières chaînes de production industrielle devraient entrer en exploitation au cours de l'année 1997. ■

Les auteurs remercient :

- la direction et le personnel de la SRPH (Station de recherche pour le palmier à huile) de Pobé au Bénin et de la Coopérative oléicole de Clermont l'Hérault en France qui ont permis d'effectuer les essais préliminaires ;
- le personnel de l'huilerie de Nkapa qui a accueilli l'unité pilote ainsi que le personnel de SOCAPALM (Société camerounaise de palmeraies) au Cameroun, avec une mention particulière pour son directeur général, M. John Niba Ngu, sans l'appui duquel la mise au point du procédé aurait été plus difficile ;
- l'ANVAR Languedoc Roussillon (Agence nationale de valorisation de la recherche) pour l'aide financière décisive qu'elle a apportée au projet.

DRUPALM®: a new asset for palm oil mills

II. Results

Noël J.M.¹, Ecker P.², Rouzière A.¹, Graille J.¹, Pina M.¹

1 CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

2 Flottweg GmbH, Industriestrasse 6-8, D-84131 Vilsbiburg, Germany

Full-scale tests were carried out at the SOCAPALM (Société camerounaise de palmeraies) mill at Nkapa, Cameroon, where the two 20-foot containers of specific equipment were housed for over a year. The containers held: a hammer mill, a digester with four identical coils, with a total capacity of 7,500 l, a Flottweg three-phase decanter and a Veronesi separator.

The Nkapa mill, built by *Usine de Wecker*, has two lines, each handling 20 t of FFB per hour. The containers were placed between the two lines, level with the bunch strippers, so as to be fed with stripped fruits leaving the screw under the stripper in line no. 1.

Good results were obtained from the start, in the first set of trials, even though the hammer mill installed proved unsuitable. After a few modifications, including installing another type of crusher, the second set of trials was more extensive. The last set of trials confirmed the results obtained previously, and was also used to investigate ways of improving the efficiency of the process still further.

Throughout the trials, representative samples were taken regularly and analysed to determine their water, oil and non-oily solids contents.

Extraction rates were calculated from precise figures, weighing or evaluating all the products entering and leaving the production line:

- FFB: weighing the contents of the sterilization cages whose FFB were processed using the Drupalm® line; at least two sterilization cages per trial;
- oil: weighing all the oil produced after centrifugal purification;

The first part of this article, published in the last issue of *Plantations, recherche, développement*, 4 (2) 1997, described the Drupalm® process in detail, from FFB delivery to pressing. This second part gives hard figures to prove the superiority of the new process over the conventional process.

- aqueous phase and solid phase: taking samples and instantaneous flow measurements.

Given the complex nature of such operations and the difficulty of taking satisfactory samples, it was not possible to determine bunch composition. As a result, extraction efficiency was calculated in relation to the fruits sterilized, of which representative samples were analysed. The efficiency figures quoted were obtained by calculating the ratio of oil obtained by the Drupalm® process to the total amount of oil (palm + kernel) in the sterilized fruits. They do not take account of oil losses due to incomplete stripping and in the sterilization condensates.

Around a hundred tonnes of FFB were processed, producing over 20 tonnes of Drupalm® oil.

Extraction rates

Extraction rates were consistently superior to those obtained on a conventional line, even under extreme operating conditions, particularly temperature and dilution. For instance, under more stable, albeit not optimum operating conditions, a trial with 4,160 kg of FFB produced:

- 1,600 kg of solid phase containing 48% water and 8.5% oil on average;
- 2,450 kg of aqueous phase containing 0.5% oil and 3% solids on average, partially recyclable to dilute the mash;
- 980 kg of Drupalm® oil containing 0.5% moisture, which after centrifugal purification gave 976 kg of oil with a moisture content of less than 0.2% and a dirt content of around 0.01%.

The Drupalm® oil extraction rate was therefore 23.46%. On a given day, the mean rates obtained by the Nkapa mill were 20.62% for palm oil (weekly mean of 20.8%) and around 4% palm kernels, equivalent to a maximum of 2% additional PKO, i.e. an overall extraction rate of 22.62% palm oil and PKO.

After putting a sample of around 100 kg of solid phase through a Caltech small-scale press,

we obtained a juice containing over 15% oil that decanted very rapidly and a presscake with a moisture content of 40.5% and an oil content of 6.6% as it was. In relation to the quantities processed above, this operation would have recovered an additional 50 kg of oil or so, bringing the Drupalm® extraction rate to 24.68%, 9% more than the cumulated rate for palm oil + PKO of 22.62% obtained with the conventional procedure.

Extraction efficiency

The extraction efficiency obtained under optimum operating conditions, expressed as the ratio of oil produced to the total amount of oil (palm and PKO) in the sterilized fruits, was around 95%, taking account of the oil recovered by pressing the solid phase produced by the three-phase decanter. Without oil recovery, efficiency was just over 90%.

In relation to the total amount of oil in the FFB, efficiency was 92.15 and 87.3% with and without oil recovery by pressing the solid phase respectively, taking account of oil losses in the sterilization condensates and empty bunches (a yield of 97% is generally accepted for these two operations).

These last figures may seem relatively modest compared to conventional mills, which generally claim efficiency figures of 92 to 93% for palm oil and 95 to 96% for PKO. In fact, the comparison is not that easy, since although the yield is still expressed as the ratio of oil produced:total oil, in the case of the Drupalm® trials, the potential oil weight was measured accurately, whereas in conventional mills, the potential oil content is considered as the sum of the weight of oil produced plus measured losses. In fact, there are many sources of error when measuring losses: those losses taken into account can only be estimated, and moreover, not all losses are measured. There is nothing wrong with sampling and analysis quality, and the mean composition of the waste products is determined precisely, but condensate and sludge volumes are hardly

ever measured, the fibres are not weighed and many oil mills still calculate actual losses based on reference values obtained with the type of planting material used in the 1950s. Furthermore, non-measured losses such as those stemming from the regular bleeding operations essential for clarification, during processing, are not taken into account.

The true extraction efficiency of conventional mills is undoubtedly lower than the 92 to 93% generally claimed, hence substantially lower than those obtained during tests of the Drupalm® process.

A whole range of advantages

Compared to the conventional technology, the Drupalm® process has many advantages.

Technical aspects

As the production line is very compact and the number of items of equipment limited, operations, monitoring and staff supervision are substantially easier.

The performance of the process is only very slightly affected by changes in operating parameters. For instance, during the trials, we observed that significant variations in dilution and temperature had little effect on extraction efficiency.

With a processing time starting from sterilized fruits cut to 30 to 40 minutes, at temperatures of 80°C, Drupalm® oil quality is more effectively maintained than with the conventional process.

The process requires almost 30% less steam (table 1) and electricity (table 2). The energy balance is even more positive in that the fuel used, which is available in large quantities, has a higher ICV (inferior calorific value) than the fibres and shells used in the conventional process. An energy balance should therefore be achieved for hourly capacities of less than 10 t of FFB per hour.

Environmental aspects

Liquid effluent volumes and pollutant contents are substantially reduced compared to palm oil mill effluents. On leaving the decanter, the aqueous phase contains less than 0.5% oil and 3% matter in suspension (mean results obtained in the trials conducted under normal operating conditions). The solid phase is an excellent fuel, whose homogeneity and high ICV make it easy to control combustion in the boiler and reduce gas emissions.

Economic aspects

Investment costs (table 3) are substantially reduced compared to the conventional procedure: sterilization is less extensive, there is no need for a kernel recovery station and clarification is simplified. Induced investment -

Table 1. Oil mill with a capacity of 30 t/h: steam consumption.

Operation	Standard		Drupalm®	
	/t	/30t	/t	/30t
Sterilization	220	6,600	170	5,100
Digestion	45	1,350	25	750
Clarification	90	2,700	50	1,500
Water heating	40	1,200	25	750
Paddle screw conveyor (fibre drying)	10	300	5	150
Nut and kernel drying	55	1,650	0	0
Boiler room	30	900	20	600
Sub-total	490	14,700	295	8,850
10% losses	49	1,470	30	900
Total	539	16,170	325	9,750

Table 2. Oil mill with a capacity of 30t/h: installed power (kW).

Operation	Standard	Drupalm®
FFB delivery	30	30
Sterilization	8	8
Bunch stripping	52	52
Extraction (digestion and pressing)	160	0
Crushing and digestion	0	138
Clarification	80	120
Oil storage	8	8
Fibre separation	70	0
Kernel recovery station	230	0
Boiler room	215	175
Well drilling and water treatment	53	41
Effluent treatment	23	18
Workshops	18	18
Laboratory	15	15
Lighting and miscellaneous	8	8
Total	970	631

Table 3. Investment (thousand US\$) for a 30 t/h oil mill, installed in Indonesia.

	Standard	Drupalm®
Civil engineering works and buildings	850	560
FFB delivery	370	370
Sterilization	245	180
Bunch stripping	350	350
Extraction (digesters + presses)	570	0
Preparation (crushers + digesters)	0	400
Clarification	620	675
Storage tanks	180	180
Fibre separation	75	0
Kernel recovery station	240	0
Boiler room	890	580
Electricity generating set	435	350
Water supply	130	190
Water treatment	105	80
Effluent treatment	440	300
Installation and miscellaneous	180	180
Total	5 680	4 235

boiler room and electricity generating set, effluent treatment equipment - is also reduced. Lastly, as PKO is extracted simultaneously, there is no need for kernel cracking.

Depending on the circumstances, investment costs can be 20 or 30% lower, hence a reduction in financial costs and amortization.

As the production lines are modular, with a unit capacity of between 5 and 10 t of FFB per

hour, investments can easily be made in stages. Processing capacity can therefore be adapted as and when new plantings begin to bear.

Production, maintenance and labour costs, the latter particularly for maintenance work, are also reduced. Drupalm® extraction units have virtually no buffer or intermediate storage tanks. The piping required for steam, crude oil, water,

Table 4. Difference in "results" in US\$/t CIF Rotterdam.

Premium US\$/t	Palm oil US\$/t CIF Rotterdam				
	300	400	500	600	700
0	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75
50	2.62	2.87	3.12	3.37	3.62
100	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
150	0.37	0.62	0.87	1.12	1.37
200	-0.75	-0.50	-0.25	0.00	0.25
250	-1.88	-1.63	-1.38	-1.13	-0.88
300	-3.00	-2.75	-2.50	-2.25	-2.00

The columns represent different world CIF price hypotheses (US\$ 300 to 700/t) for palm oil, whilst the lines represent different premiums for PKO in relation to palm oil (US\$ 0 to 300/t). For instance, if the selling price for palm oil (hence for Drupalm® oil) were US\$ 600/t and that for PKO US\$ 750/t, i.e. US\$ 600 for palm oil plus a premium of US\$ 150 for PKO over palm oil, the "result" for each process is calculated for a tonne of FFB by deducting direct production costs from the income generated by oil sales, giving:

-traditional process: $0.220 \text{ t} \times \text{US\$ } 600/\text{t} + 0.0225 \text{ t} \times \text{US\$ } 750/\text{t} - \text{US\$ } 8.50/\text{t} = \text{US\$ } 140.375/\text{t}$;

-Drupalm® process: $0.245 \times \text{US\$ } 600/\text{t} - \text{US\$ } 5.50/\text{t} = \text{US\$ } 141.50/\text{t}$.

The difference in "results" between the two processes, $141.50 - 140.375 = \text{US\$ } 1.12/\text{t}$ of FFB, found in table 4 at the intersection of column "600" and line "150", means that at prices of US\$ 600 and US\$ 750 CIF for palm oil and PKO respectively, the Drupalm® process ensures an additional income of US\$ 1.12 per tonne of FFB processed.

Table 5. Fatty acid composition of Drupalm® oil and its fractions.

Fatty acid		Crude	Stearin	Olein
Caprylic acid	C8:0	0.3	0.1	0.3
Capric acid	C10:0	0.3	0.1	0.4
Lauric acid	C12:0	3.1	1.0	2.6
Myristic acid	C14:0	1.7	1.2	1.6
Palmitic acid	C16:0	41.5	49.1	37.6
Stearic acid	C18:0	4.9	5.8	4.7
Oleic acid	C18:1	37.5	33.7	40.9
Linoleic acid	C18:2	10.0	8.2	11.2
Linolenic acid	C18:3	0.3	0.3	0.3
Arach. and eicos. acid	C20:0 and 1	0.4	0.5	0.4

Table 6. Other characteristics of Drupalm® oil.

Factor		Unit
Density 50 °C	0.899	
Refraction value	1.455	
Iodine value	52.8	
Saponification value	201	
Peroxide value	1.6	meq. O ₂ /kg
DOBI	2.7	
Unsaponifiable content (with hexane)	0.43	%
Total carotenoid content	72.3	mg β-carotene eq./100 g
β-carotene content (CLHP)	43.6	mg β-carotene eq./100 g
Tocopherol content	190	ppm
Tocotrienol content	642	ppm
Phosphorus content	10	ppm

oil, etc., an ongoing nightmare for maintenance teams at conventional mills, is very limited.

Limited drawbacks

With the Drupalm® extraction process, palm oil and PKO are mixed, and the oil obtained is a new product that differs from palm oil; it should therefore be marketed as such. However, this should not be an unsurmountable obstacle.

The second draw-back is that PKO, which traditionally fetches a higher price than palm oil on the world market, is no longer extracted separately. This could prompt fears that a share of

the market value of the oil in a bunch may be lost. In reality, a more detailed analysis shows that this shortfall is generally cancelled out by the expected savings with the Drupalm® process.

The effects of the price differential between palm oil and PKO

To gain a more precise idea of the issues at stake, the main data corresponding to the two production systems are analysed below.

The following extraction rates are assumed for the standard procedure:

- palm oil/FFB: 22%
- palm kernels/FFB: 5%
- PKO/palm kernels: 45%
- PKO/FFB: 2.25%
- oils (palm + PKO)/FFB: 24.25%

Direct production costs per tonne of FFB were calculated by adding milling costs, estimated at US\$ 7/t of FFB and crushing costs, around US\$ 30/t of palm kernels, which correspond to US\$ 1.50/t of FFB at a palm kernel extraction rate of 5%. Direct costs are therefore US\$ 8.50/t of FFB to produce 220 kg of palm oil and 22.5 kg of PKO.

For the Drupalm® process, we assumed an extraction rate of 24.5%, since all the comparative trials carried out to date have shown that the process can extract more Drupalm® oil in a single run than the total amount of palm oil and PKO produced by the traditional production system (palm oil mill + crushing). As there is no need for crushing, direct production costs are limited to extraction costs alone, which can cautiously be estimated at US\$ 5.50/t of FFB, i.e. 20% less than in a conventional mill, taking account of the simplification of the process (elimination of the kernel recovery station and a major share of clarification).

Moreover, if we consider that Drupalm® oil sells for the same price as palm oil, it is easy to compare the results obtained by the two processes in line with palm oil and PKO price fluctuations. In both cases, it is easy to calculate the difference between the revenue obtained by selling the oils produced and the direct cost of processing one tonne of FFB (table 4).

Average palm oil prices were US\$ 479/t CIF⁽¹⁾ Rotterdam over the period 1973-1996 (after the first oil crisis) and US\$ 493/t over the past five years, which were nevertheless seen as favourable for oil palm; moreover, the premium paid for PKO compared to palm oil was US\$ 98/t on average over the same period (figure).

Based on an assumption of realistic medium- and long-term prices, US\$ 500/t for palm oil and US\$ 600/t for PKO (US\$ 100 premium), the Drupalm® process improves income by US\$ 2/t of FFB milled, i.e. US\$ 300,000 per year for a unit with a capacity of 30 t/h processing 150,000 t of FFB per year. Only if market conditions are exceptional (seen just three times in the past 40 years) does the Drupalm® process become less worthwhile. Moreover, this analysis is somewhat hasty: the superiority of the Drupalm® process would be even more marked if other factors, such as amortization and financial costs, were taken into account. Lastly, it is important to note that the new technology is particularly appropriate for the modern planting material often found in Africa, which is

(1) Cost, Insurance and Freight.

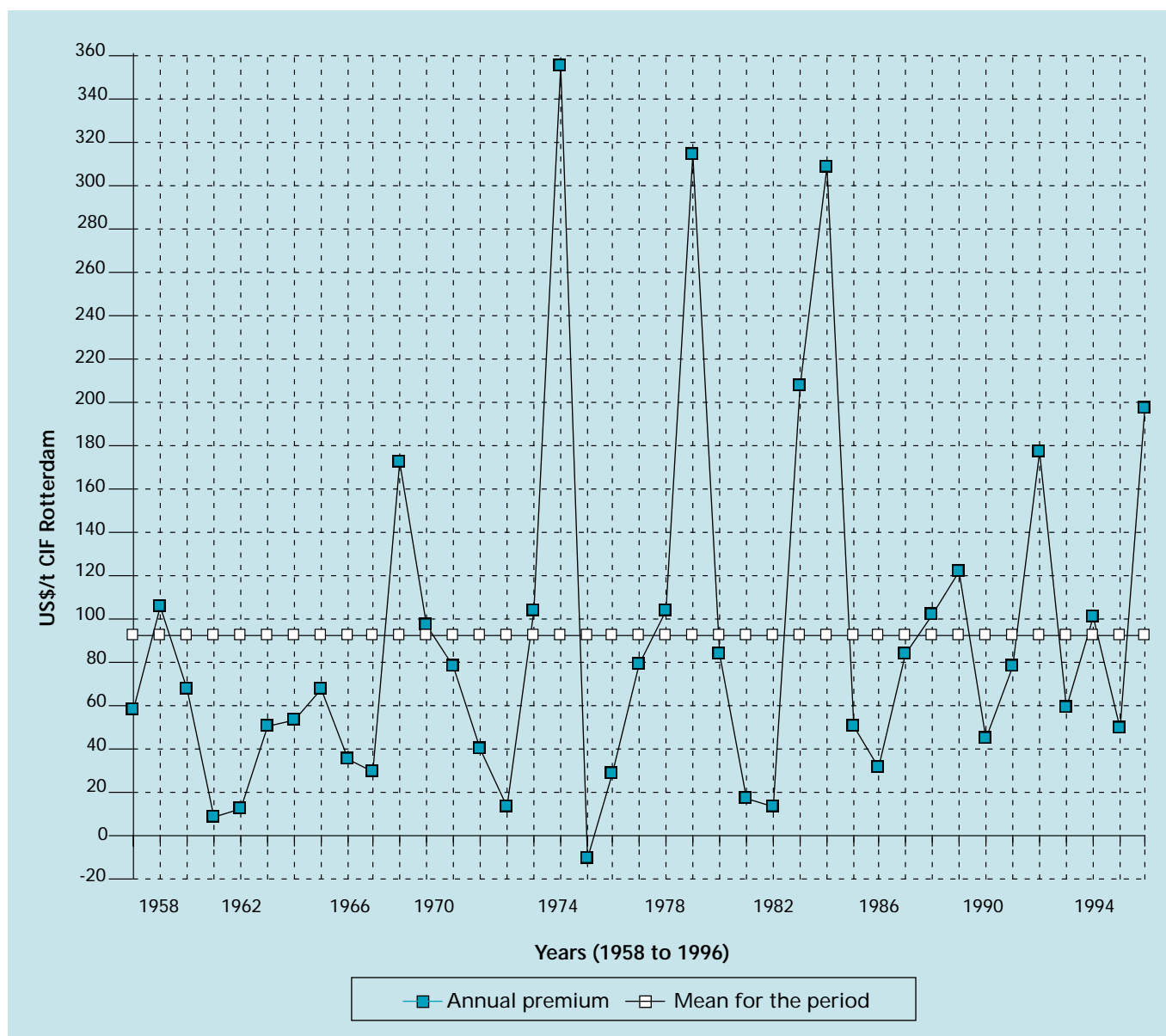


Figure. Premium for PKO over palm oil (US\$/t CIF Rotterdam)

characterized by a relatively low palm kernel extraction rate.

A new product

Drupalm® oil is a new product that differs from palm oil and PKO (tables 5 and 6). Its suitability for downstream processing has been evaluated:

- there are no particular problems with refining;
- fractionation ensures better olein yields, thanks to the eutectic effect of the palm oil-PKO mixture, as confirmed by a trial fractionating a 5-t batch of Drupalm® oil, conducted in a Tirtiaux unit belonging to SOCAPALM.

Moreover, trials of pilot installations at various industrial groups have shown that Drupalm® oil does not perform any differently from palm oil for all its conventional uses as cooking oil, in margarine, soaps, etc. The first acceptability tests with consumers in Cameroon confirmed these trials: in most cases, consumers were unable to tell the difference between red palm olein and red Drupalm® olein. As a result, there should be no particular problems with domestic use of Drupalm® oil in producing countries.

Drupalm® oil, which is produced under less harsh conditions (reduced processing time and temperature), could also find an outlet on the

speciality virgin oil market, since its fruity taste and the qualities conferred by the elements in its unsaponifiable fraction could be put to good use.

However, for industrial applications, Drupalm® oil is not a suitable substitute for palm oil unless appropriate precautions are taken. It is indeed a different product that will have to be marketed as such and will have to find its own niche on the world oils and fats market.

Prospects

The Drupalm® oil extraction process is a major innovation in a sector that has not changed for several decades. It is wholly adapted to industrial capacities, since its modular design

enables staggered investment, and also provides a satisfactory solution for lower hourly capacities of around 4-5 t of FFB. It is easier to operate and monitor, less water and energy-intensive, less polluting, and ensures better efficiency and lower production costs than the conventional process, whilst preserving the natural qualities of the oil extracted.

The advantages of the process are such that it should be in widespread use in the 21st century, provided Drupalm® oil finds its niche on the world oils and fats market, as palm oil managed to with great success several decades ago.

CIRAD⁽²⁾ and Flottweg applied for a joint patent on the Drupalm® oil extraction process at the end of June 1996. The first industrial

production lines should come on stream in 1997. ■

(2) *Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement.*

Acknowledgements. The authors would like to thank:

- management and staff at the Pobé SRPH (*Station de recherche pour le palmier à huile*), Benin, and the *Coopérative oléicole de Clermont l'Hérault*, France, who carried out the preliminary trials;
- staff at the Nkapa oil mill, where the pilot unit was installed, and at SOCAPALM (*Société camerounaise de palmeraies*), Cameroon, with particular thanks to its Managing Director, Mr John Niba Ngu, without whose help it would have been much more difficult to develop the process;
- ANVAR Languedoc Roussillon (*Agence nationale de valorisation de la recherche*), France, for its crucial financial support of the project.

DRUPALM® : nuevo procedimiento para las plantas extractoras de aceite de palma

II. Resultados

Noël J.M.¹, Ecker P.², Rouzière A.¹, Graille J.¹, Pina M.¹

¹ CIRAD-CP, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex 1, France

² Flottweg GmbH, Industriestrasse 6-8, D-84131 Vilsbiburg, Allemagne

Se realizaron los ensayos a nivel industrial en la planta extractora de aceite SOCAPALM (Empresa camerunesa de palmerales) de Nkapa en Camerún donde se instalaron los 2 contenedores de 20 pies que contienen los equipos específicos durante más de un año. Estos contenedores incluían: un molino de martillos, un malaxador compuesto de 4 tornillos idénticos de una capacidad total de 7 500 l, la cubeta de decantación tres fases Flottweg y el separador Veronesi.

La planta extractora de Nkapa, construida por Usine de Wecker, comprende 2 cadenas de 20 t de racimos por hora. Los contenedores se colocaron entre las 2 cadenas al nivel de los tambores desgranadores, de manera a poder ser alimentados en frutos desgranados recolectados a la salida del tornillo debajo del tambor desgranador de la cadena n° 1.

A partir de la puesta en marcha de las instalaciones, se lograron buenos resultados, en la primera campaña de ensayos, aunque el

molino instalado haya resultado mal adaptado. Después de algunas modificaciones y la instalación de un molino de otro tipo, se realizaron ensayos de más larga duración en la segunda campaña. La última serie de ensayos confirmó los resultados logrados previamente y permitió explorar algunas vías susceptibles de mejorar aún más el grado de eficiencia del procedimiento.

Durante todo el tiempo de los ensayos, se recolectaron regularmente muestras representativas que se analizaron para determinar sus composiciones de agua, aceite y sólidos no aceitosos.

Se calcularon las tasas de extracción a partir de balances de ingrediente precisos, al pesar o al estimar la totalidad de los productos que entran y salen de la cadena de fabricación:

- racimos: pesada del contenido de las jaulas de esterilización cuyos racimos se procesaban en la línea Drupalm®, como mínimo 2 jaulas de esterilización por ensayo;
- aceite: pesada de todo el aceite producido después de pasar por la centrifugadora;
- fase acuosa y fase sólida: toma de muestras y medición de débitos instantáneos.

Considerándose lo pesado que resultaban semejantes operaciones y la dificultad para muestrear de modo satisfactorio, no fue posible establecer la composición de los racimos. Por

consiguiente, los rendimientos de extracción se calcularon en relación a los frutos esterilizados, se analizaron sus muestras representativas. Los rendimientos indicados se logran al hacer el cociente del aceite Drupalm® extraído en la totalidad del aceite (palma + palmiste) contenido en los frutos esterilizados. Por lo tanto no toman en cuenta las pérdidas de aceite en tusas y en los condensados de esterilización.

Se procesaron unas cien toneladas de racimos que permiten producir más de 20 toneladas de aceite Drupalm®.

Tasa de extracción

Las tasas de extracción fueron siempre superiores a las obtenidas en la cadena clásica, inclusive cuando se exploraban las condiciones extremas de funcionamiento, en particular para la temperatura y la dilución. Por ejemplo, en condiciones de funcionamiento más estables, sin llegar a ser no obstante óptimas, un ensayo abarcando 4.160 kg de racimos permitió lograr:

- 1.600 kg de fase sólida que contiene como promedio el 48% de agua y el 8,5% de aceite;
- 2.450 kg de fase acuosa, que contiene el 0,5% de aceite y el 3% de sólidos como promedio, que se puede reconvertir parcialmente en dilución de la pasta;
- 980 kg de aceite Drupalm® al 0,5% de humedad que, después de centrifugación,

La primera parte del artículo, publicada en el número anterior de *Plantations, recherche, développement*, 4 (2) 1997, expuso con todos los detalles el procedimiento Drupalm®, de la recepción de los racimos al prensado. En esta segunda parte se encontrarán elementos numerados que permiten establecer la superioridad del nuevo procedimiento sobre el procedimiento clásico.

dieron 976 kg de aceite con una humedad inferior al 0,2% y una tasa de impurezas vecina del 0,01%.

La tasa de extracción de aceite Drupalm® fue, por consiguiente, del 23,46%. En el transcurso del mismo día, el promedio de las tasas obtenidas por la extractora de aceite de Nkapa fue del 20,62 % en aceite de palma (20,8% como promedio en la semana) y aproximadamente el 4% en palmistes, equivalente a un máximo del 2% de aceite de palmiste complementario, ya sea una tasa de extracción global del 22,62% en aceites de palma y de palmiste.

Después de una muestra de unos 100 kg de fase sólida haya pasado por una prensa artesanal Caltech, se logró, por un lado, un jugo que contiene más del 15% de aceite que trasegaba muy rápidamente y, por otro lado, una torta al 40,5% de humedad y cuyo contenido de aceite, en sí mismo, era del 6,6%. Relacionada con las cantidades tratadas del ejemplo anterior, esta operación hubiera permitido una recuperación adicional de unos 50 kg de aceite, alzando asimismo la tasa de extracción de aceite Drupalm® al 24,68%, o sea el 9% de más que la acumulación de las tasas (palma + palmiste) del 22,62% logrados por el procedimiento clásico.

Rendimientos de extracción

Expresados por el cociente del aceite producido en el aceite total (palma + palmistes) contenido en los frutos esterilizados, los rendimientos logrados durante los ensayos fueron vecinos del 95% en las condiciones óptimas de funcionamiento, teniendo en cuenta la recuperación de aceite por presión de la fase sólida procedente de la cubeta de decantación tres fases. Sin esta recuperación, se lograron rendimientos levemente superiores al 90%.

Relacionados con el aceite total contenido en los racimos, estos rendimientos se vuelven el 92,15% y el 87,3% respectivamente con y sin recuperación del aceite por presión de los sólidos, teniendo en cuenta las pérdidas de aceite en los condensados de esterilización y en las tusas (por lo general se admite un rendimiento del 97% para estas 2 operaciones).

Estas dos últimas cifras pueden parecer ser relativamente modestas comparadas con las de las extractoras clásicas que anuncian generalmente rendimientos del 92 al 93% para el aceite de palma y el 95 al 96% para los palmistes. En realidad, la comparación no resulta tan sencilla puesto que, si el rendimiento se expresa siempre por el cociente aceite producido/aceite potencial, en el caso de los ensayos Drupalm®, el peso de aceite potencial se mide con precisión, mientras que para las plantas extractoras clásicas, el aceite potencial se considera como la suma de los pesos de aceite

Cuadro 1. Planta extractora de aceite de 30 t/h: consumo de vapor.

Puesto	Estándar		Drupalm®	
	/t	/30t	/t	/30t
Esterilización	220	6 600	170	5 100
Digestión y prensado	45	1 350	25	750
Clarificación	90	2 700	50	1 500
Calefacción del agua de proceso	40	1 200	25	750
Tornillo disgregador (secado de las fibras)	10	300	5	150
Secado nueces y almendras	55	1 650	0	0
Sala de calderas	30	900	20	600
Sub-total	490	14 700	295	8 850
Perdidas 10 %	49	1 470	30	900
Total	539	16 170	325	9 750

Cuadro 2. Planta extractora de 30 t/h: potencias instaladas (kW).

Puesto	Estándar	Drupalm®
Recepción de los racimos	30	30
Esterilización	8	8
Desfrutado	52	52
Extracción (malaxador y presando + presión)	160	0
Trituración y malaxador y prensado	0	138
Clarificación	80	120
Almacenamiento del aceite	8	8
Desfibración de nueces	70	0
Palmisteria	230	0
Sala de calderas	215	175
Perforaciones + estación de tratamiento del agua	53	41
Tratamiento de los efluentes	23	18
Talleres	18	18
Laboratorio	15	15
Alumbrado y varios	8	8
Total	970	631

producido y de las pérdidas medidas. Ahora bien, para estas últimas, las fuentes de equivocación son considerables: no se puede más que evaluar las pérdidas que se toman en cuenta y, por otro lado, no se miden todas las pérdidas. No se pone en tela de juicio la calidad de los muestreos y de los análisis y se conoce precisamente la composición media de los productos rechazados. Pero, en cambio, los volúmenes de los condensados o de los lodos no se miden prácticamente nunca, no se pesan las fibras, y muchas extractoras calculan todavía, hoy en día, sus pérdidas efectivas al utilizar constantes establecidas a partir del material vegetal utilizado en los años 50. Además, no se toman en cuenta todas las pérdidas no medidas, como las, por ejemplo, que provienen de las múltiples purgas periódicas indispensables para la clarificación, durante la fabricación.

Los rendimientos de extracción efectivos de las extractoras clásicas son, sin duda ninguna, inferiores a los 92 al 93 % que se anuncian por lo general y por lo tanto sensiblemente inferiores a los que se han podido lograr durante los ensayos con el procedimiento Drupalm®.

Múltiples ventajas

En comparación con la tecnología clásica, el procedimiento Drupalm® presenta numerosas ventajas.

Plano técnico

La cadena siendo muy compacta y el número de los equipos que la componen reducido, se hallan grandemente facilitados el manejo del procedimiento, la vigilancia y el control del personal.

Los resultados del procedimiento se hallan muy poco afectados por una deriva de los parámetros de manejo. En los ensayos, se ha podido notar, por ejemplo, que importantes variaciones de dilución y de temperatura surtieron poco efecto en los rendimientos de extracción.

Con un tiempo de tratamiento reducido en 30 a 40 min a partir de frutos esterilizados, bajo temperaturas de 80° C, las calidades del aceite Drupalm® se preservan mejor que con el procedimiento clásico.

Las necesidades de vapor (cuadro 1) y de electricidad (cuadro 2) se hallan reducidas de casi el 30%. El balance energético es, asimismo,

Cuadro 3. Inversiones (milliars de \$US) para una planta extractora de aceite de 30 t/h, instalada en Indonesia.

	Estandár	Drupalm®
Genio civil y edificios	850	560
Recepción de los racimos	370	370
Esterilización,	245	180
Desgranado	350	350
Extracción (malaxadores + prensas)	570	0
Preparación (trituradores + malaxadores)	0	400
Clarificación	620	675
Tanques de almacenamiento	180	180
Desfibración	75	0
Palmistería	240	0
Sala de calderas	890	580
Central eléctrica	435	350
Suministro de agua	130	190
Tratamiento del agua	105	80
Tratamiento de los efluentes	440	300
Instalación y varios	180	180
Total	5 680	4 235

Cuadro 4. Diferencia de «resultados» en \$US/t de racimos.

Prima \$US/t	Aceite de palma \$US/t CSF Rotterdam				
	300	400	500	600	700
0	3, 75	4, 00	4, 25	4, 50	4, 75
50	2, 62	2, 87	3, 12	3, 37	3, 62
100	1, 50	1, 75	2, 00	2, 25	2, 50
150	0, 37	0, 62	0, 87	1, 12	1, 37
200	-0, 75	-0, 50	-0, 25	0, 00	0, 25
250	-1, 88	-1, 63	-1, 38	-1, 13	-0, 88
300	-3, 00	-2, 75	-2, 50	-2, 25	-2, 00

Las columnas representan diferentes hipótesis de cotización mundial CAF (de 300 a 700 \$US/t) para el aceite de palma mientras que las líneas representan diferentes hipótesis de nivel de prima del aceite de palmiste en comparación con el aceite de palma (de 0 a 300 \$US/t). Consideremos un ejemplo en el cual el precio de venta del aceite de palma (y por lo tanto de Drupalm®) es de 600 \$US/t y el del aceite de palmiste es de 750 \$US/t, o sea 600 \$US para el aceite de palma más 150 \$US de prima aceite de palmiste/aceite de palma. El « resultado » de cada sector se calcula para una tonelada de racimos al deducir los costos directos de producción de los ingresos procedentes de las ventas de aceite. Así que se obtiene:

-sector tradicional: $0,220 \text{ t} \times 600 \text{ $US/t} + 0,0225 \text{ t} \times 750 \text{ $US/t} - 8,5 \text{ $US/t} = 140,375 \text{ $US/t}$;

-sector Drupalm®: $0,245 \text{ t} \times 600 \text{ $US/t} - 5,5 \text{ $US/t} = 141,5 \text{ $US/t}$.

La diferencia de « resultados » entre los 2 sectores, $141,5 - 140,375 = 1,12 \text{ $US/t}$ de racimos que se encuentran en el cuadro 4 en la intersección de la columna « 600 » y de la línea « 150 » significa que con cotizaciones de 600 y 750 \$US/t CAF respectivamente para los aceites de palma y de palmiste, el sector Drupalm® permite sacar un margen adicional de 1,12 \$US por tonelada de racimos procesados.

tanto lo más favorable que el combustible, disponible en su mayor parte, tiene un PCI (poder calorífico inferior) superior a aquel de las fibras y cáscaras utilizadas en el procedimiento clásico. Se puede, asimismo, esperar alcanzar el equilibrio energético para capacidades por hora inferiores a 10 t de racimos.

Plano medio ambiental

El volumen y la carga de contaminación de los efluentes líquidos se hallan reducidos en comparación con los efluentes de las plantas extractoras de aceite de palma. Al salir de la cubeta de decantación, la fase acuosa contiene menos del 0,5% de aceite y el 3,0% de materias en suspensión (resultados logrados como promedio en los ensayos realizados en condiciones normales de funcionamiento). La fase sólida es un excelente combustible cuya

homogeneidad y su alto PCI permiten un ajuste fácil de la combustión en caldera, con reducción de las emisiones gaseosas.

Plano económico

Las inversiones (cuadro 3) se hallan considerablemente reducidas en comparación con el procedimiento clásico: la esterilización es menos importante, la palmistería suprimida y la clarificación simplificada. Las inversiones inducidas, calefacción y central, edificios y infraestructuras, unidad de tratamiento de los efluentes, resultan a su vez reducidas. Por último, el aceite de palmiste siendo extraído simultáneamente, se suprime la trituración de las almendras.

Acorde a cada caso, las inversiones se hallan disminuidas del 20 al 40%. De allí una reducción de gastos financieros y de amortización.

Teniendo en cuenta la composición modular de las líneas, cuyas capacidades unitarias varían de 5 a 10 t de racimos por hora, las inversiones pueden realizarse fácilmente por etapas. Asimismo resulta posible adaptar la capacidad de procesamiento a la subida en producción de las nuevas plantaciones.

Los costos de producción, de mantenimiento y de mano de obra, sobre todo para el mantenimiento, se hallan también reducidos. Una unidad de extracción Drupalm® no comprende prácticamente tanques tampones ni almacenamientos intermediarios. Se hallan muy limitadas las redes de tuberías de vapor, jugos brutos, agua, aceite, etc., pesadilla permanente de las cuadrillas de mantenimiento de las plantas extractoras de aceite clásicas.

Inconvenientes limitados

Con el procedimiento de extracción Drupalm®, los aceites de palma y de palmiste se hallan mezclados y el aceite logrado es, por consiguiente, un producto nuevo, diferente del aceite de palma ; por lo tanto tendrá que ser introducido como tal en el mercado de las grasas. No obstante, esto no debería plantear un problema insuperable.

El segundo inconveniente reside en el hecho de que el aceite de palmiste, que tradicionalmente se aprovecha de una prima en comparación con el aceite de palma en el mercado mundial, no se extrae ya más por separado. Se podría temer perder asimismo una parte del valor mercantil potencial de los aceites contenidos en los racimos. En realidad, el análisis más detallado permite observar que por lo general el lucro cesante se compensa por los ahorros que se pueden esperar al utilizar el procedimiento Drupalm®.

Los efectos del diferencial de precio entre los aceites de palma y de palmiste. Para mejor localizar el problema, se analizan los principales datos que corresponden a los 2 esquemas de producción en el ejemplo a continuación.

Para el procedimiento estándar, las tasas de extracción seleccionadas son las siguientes:

- aceite de palma/racimos: 22%
- palmistes/racimos: 5%
- aceite de palmiste/palmistes: 45%
- aceite de palmiste/racimos: 2,25%
- aceites (palma+palmiste)/racimos: 24,25%

Se calcularon los costos directos de producción por tonelada de racimos al adicionar los gastos de procesamiento de la planta extractora, evaluados en 7 \$US/t de racimos, y los costos de trituración, del orden de 30 \$US/t de palmistes, que corresponden a 1,5 \$US/t de racimos teniendo en cuenta una tasa de extracción del 5% en palmistes. Los costos

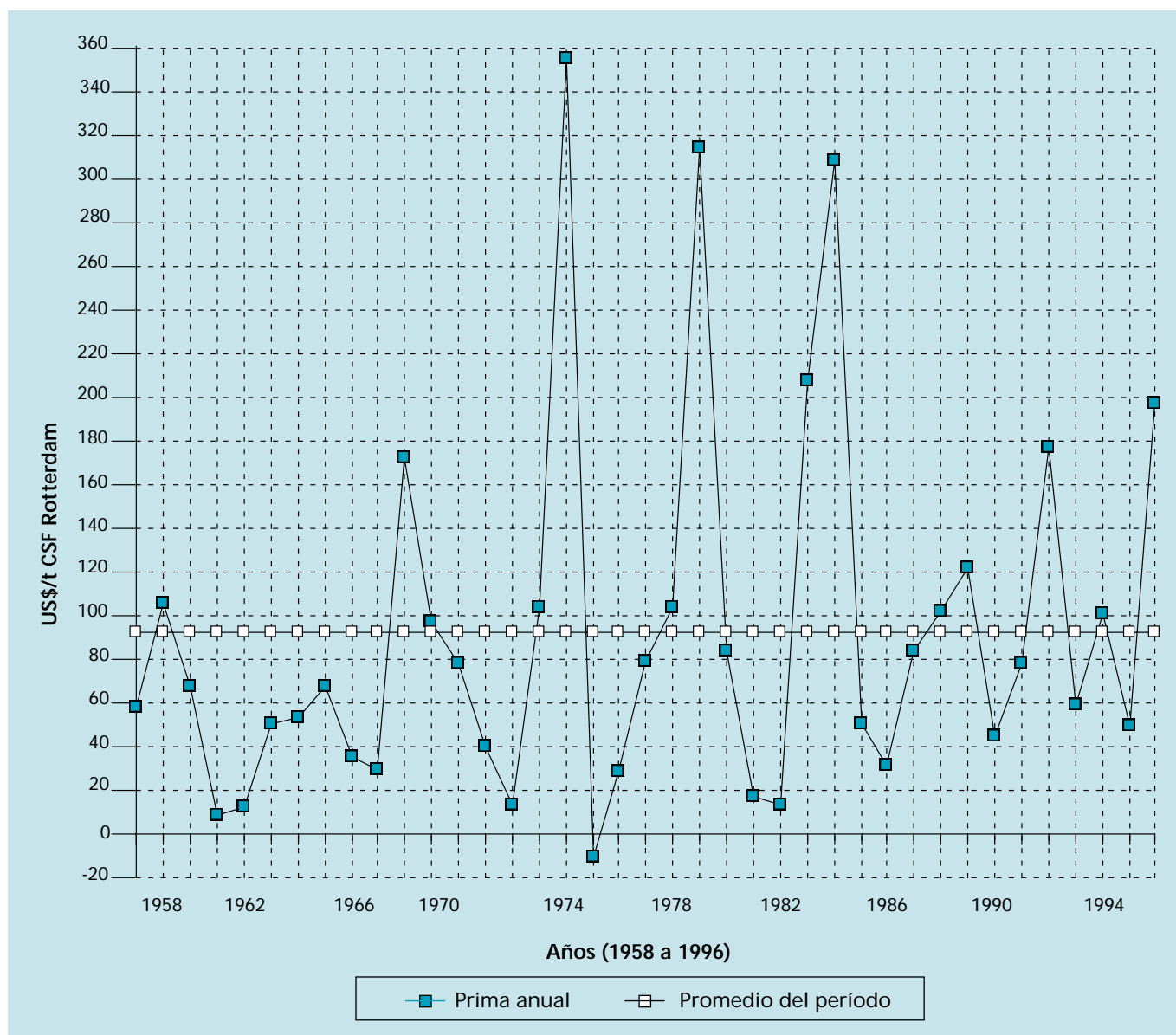


Figura. Primas del aceite de palmiste sobre el aceite de palma (en US\$/t CSF Rotterdam).

directos alcanzan asimismo 8,5 US\$/t de racimos para la producción de 220 kg de aceite de palma y 22,5 kg de aceite de palmiste.

Para el procedimiento Drupalm®, hemos seleccionado una tasa de extracción del 24,5% puesto que todos los ensayos comparativos llevados a cabo hasta ahora mostraron que permitía extraer de un golpe más aceite Drupalm® que la acumulación de las cantidades de aceite de palma y de palmiste logradas en el esquema de producción convencional (planta extractora de palma + trituración). La trituración siendo suprimida, los costos directos de producción se limitan sólo a los costos de la unidad de extracción estimados con prudencia en 5,5 US\$/t de racimos, o sea el 20% menos que en una planta extractora clásica para tomar en cuenta

(1) Costo Seguros Flete.

la simplificación del procedimiento (supresión de la palmistería y de una gran parte de la clarificación).

Si, por otro lado, se considera que el aceite Drupalm® se vende al mismo precio que el aceite de palma, es fácil comparar meramente los resultados logrados por los 2 sectores en relación con las cotizaciones de los aceites de palma y de palmiste. En efecto, en ambos casos se puede calcular la diferencia entre los ingresos procedentes de la venta de los aceites producidos y los costos directos de procesamiento para una tonelada de racimos (cuadro 4).

El promedio de las cotizaciones del aceite de palma en el período de 1973-1996 (posterior al primer choque petrolero) fue de 479 US\$/t CAF⁽¹⁾ Rotterdam y de 493 US\$/t en los 5 últimos años, no obstante consideradas como favorables para

la palma de aceite; por otro lado, la prima pagada para el aceite de palmiste en comparación con la pagada para el aceite de palma fue de 98 US\$/t como promedio en el mismo período (figura).

Basándose en hipótesis de cotizaciones realistas a medio y largo plazos, 500 US\$/t para el aceite de palma y 600 US\$/t para el aceite de palmiste (100 US\$/t de prima), el sector Drupalm® permite mejorar los resultados de 2 US\$/t de racimos procesados, o sea 300 000 US\$ por año para una unidad de 30 t/h de capacidad que trata 150.000 t de racimos por año. No es más que en condiciones de mercado excepcionales (encontradas tres veces solamente en los 40 últimos años) que el sector Drupalm® se vuelve menos interesante. Así y todo se tiene que guardar en la mente que este análisis sigue siendo sumario: la superioridad del

Cuadro 5. Composición en ácidos grasos del aceite Drupalm® y de sus fracciones.

Ácidos grasos		Bruto	Estearina	Oleína
Ácido caprílico	C8:0	0,3	0,1	0,3
Ácido cáprico	C10:0	0,3	0,1	0,4
Ácido laurico	C12:0	3,1	1,0	2,6
Ácido mirístico	C14:0	1,7	1,2	1,6
Ácido palmítico	C16:0	41,5	49,1	37,6
Ácido esteárico	C18:0	4,9	5,8	4,7
Ácido oleico	C18:1	37,5	33,7	40,9
Ácido linoleico	C18:2	10,0	8,2	11,2
Ácido linolenico	C18:3	0,3	0,3	0,3
Ácido arachídico y eicosenoico	C20:0 y 1	0,4	0,5	0,4

Cuadro 6. Demás características del aceite Drupalm®.

Descriptivo		Unidades
Densidad 50 °C	0,899	
Índice de refracción	1,455	
Índice de yodo	52,8	
Índice de saponificación	201	
Índice de peróxido	1,6	meq. O ₂ /kg
DOBI	2,7	
Contenido de insaponificable (con hexano)	0,43	%
Contenido de carotinoides totales	72,3	mg β-caroteno eq./100 g
Contenido de β-caroteno (CLHP)	43,6	mg β-caroteno eq./100 g
Contenido de tocoferoles	190	ppm
Contenido de tocotrienoles	642	ppm

sector Drupalm® parecería aún más si se tomaban en cuenta otros parámetros, especialmente las amortizaciones y los gastos financieros. Por último, es conveniente anotar que la nueva tecnología se halla particularmente bien adaptada al material vegetal moderno frecuentemente encontrado en África y caracterizado por una tasa de extracción relativamente baja en palmistes.

Un nuevo producto

El aceite Drupalm® es un nuevo producto, diferente del aceite de palma y del aceite de palmiste (cuadros 5 y 6). Se evaluaron sus aptitudes a las transformaciones más abajo:

- el refinado no presenta ninguna dificultad especial;
- el fraccionamiento permite lograr un rendimiento mejorado en oleína por el efecto eutéctico de la mezcla palma-palmiste así como lo confirmó un ensayo de fraccionamiento de un lote de 5 t de aceite Drupalm® realizado en una instalación Tirtiaux que pertenece a la SOCAPALM.

Por otro lado, ensayos llevados a cabo en las instalaciones pilotos de distintos grupos industriales han mostrado que el aceite

Drupalm® no se comportaba diferentemente del aceite de palma para todos los usos clásicos en aceite de freiduría, margarina, jabonería, etc. Las primeras pruebas de aceptabilidad realizadas junto a consumidores cameruneses confirmaron estos ensayos: en la mayoría de los casos, los consumidores demostraron ser incapaces de hacer la diferencia entre una oleína de palma roja y una oleína de Drupalm® roja. Los usos domésticos del aceite Drupalm® en los países productores no deberían, por consiguiente, plantear problema especial.

El aceite Drupalm®, producido en condiciones más suaves (duración del procedimiento y temperatura reducidas), podría también encontrar una salida en el mercado de los aceites vírgenes de especialidades, puesto que su sabor de fruta y las calidades que le otorgan los elementos contenidos en la parte insaponificable podrían valorizarse.

En cambio, para todos los usos industriales, el aceite Drupalm® no podrá substituirse al aceite de palma sin precauciones. Se trata en efecto de un producto diferente que será conveniente comercializar como tal y que, por consiguiente, tendrá que encontrar su lugar en el mercado mundial de las grasas.

Perspectivas

El procedimiento de extracción del aceite Drupalm® representa una innovación mayor en

un sector que no ha evolucionado desde hace varios decenios. Perfectamente adaptado a las capacidades industriales para las cuales su composición modular permite una inversión progresiva, proporciona también una solución satisfactoria para capacidades horarias más modestas, del orden de 4 - 5 t de racimos por hora. Más sencillo de manejar y de vigilar, consume menos agua y energía, contamina menos, brinda mejores rendimientos y costos de producción inferiores a los del procedimiento clásico, a la par de preservar las calidades naturales de los aceites extraídos.

Las ventajas del procedimiento son tales que su uso debería extenderse ampliamente en el siglo XXI, por tanto que el aceite Drupalm® encuentre su lugar en el mercado mundial de las grasas, como ocurrió previamente con el aceite de palma hace algunos decenios, con el éxito que se conoce.

El Cirad⁽²⁾ y Flottweg depositaron conjuntamente, al final del mes de junio de 1996, una patente protegiendo el procedimiento que permite extraer el aceite Drupalm®. Las primeras cadenas de producción industrial deberían entrar en explotación durante el año 1997. ■

Los autores agradecen:

- la dirección y el personal de la SRPH (Estación de investigación para la palma aceitera) de Pobé en Benin y de la Cooperativa oleícola de Clermont l'Hérault en Francia que permitieron realizar los ensayos preliminares;
- el personal de la extractora de aceite de Nkapa que acogieron la unidad piloto así como el personal de SOCAPALM (Empresa camerunesa de palmares) en Camerún, con una mención especial para su director general M. John Niba Ngu, sin el apoyo de quien la puesta a punto del procedimiento hubiera resultado más difícil;
- el ANVAR Languedoc Roussillon (Agencia nacional de valorización de la investigación) para la ayuda financiera decisiva que prestó al proyecto estudios pos doctorado

(2) Centro de cooperación internacional en investigación agronómica para el desarrollo.