

L'huile de palme, riche en acides gras saturés, se comporte comme une huile riche en acides gras polyinsaturés. Ce phénomène serait lié à la structure glycéridique particulière de l'huile de palme.

# L'huile de palme : sa place dans l'alimentation humaine

**Graille J., Pina M.**

CIRAD-AMIS, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France

**L**a production mondiale tous corps gras confondus a été en 1997 de l'ordre de 100 millions de tonnes (figure 1) ; elle était de 75 millions de tonnes en 1988.

La consommation moyenne par habitant et par an est de presque 15 kg ; or, l'Organisation mondiale de la santé recommande 25 kg/habitant et par an. On observe en outre de grandes inégalités dans la répartition de la consommation ; ainsi, les quatre cinquième de la population du globe consomment moins de 6 kg par habitant et par an : c'est la consommation moyenne des pays en développement. A l'opposé, les pays industrialisés dépassent largement le chiffre de 25 kg.

Ces chiffres ne reflètent pas tout à fait les consommations de corps gras des populations, car ils ne se réfèrent qu'aux corps gras visibles.

Il faut tenir compte des graisses cachées naturellement présentes dans les aliments et qui ne sont pas, de ce fait, répertoriées par les statisticiens ; les viandes peuvent contenir, par exemple, 10 à 25 % de graisse. Dans les pays en développement, on consomme le plus souvent des huiles végétales directement produites à partir des récoltes familiales locales. Ces huiles ne sont donc, pas non plus, prises en compte par les statistiques.

## Le rôle des corps gras dans l'alimentation humaine

Les corps gras doivent assurer plusieurs rôles :

- un rôle énergétique ;
- un rôle structural ;
- un rôle fonctionnel ;
- un rôle de transporteur des vitamines liposolubles ;
- un rôle technologique pour la cuisson des aliments ;
- un rôle hédonique dans l'appréciation sensorielle des mets.

### Le rôle énergétique

L'apport énergétique de la ration alimentaire journalière doit être de 2 000 kcal pour un homme sédentaire, mais cette énergie peut atteindre 3 000 kcal pour les individus accomplissant des travaux de force ou pour les sportifs.

Les contributions énergétiques relatives des trois classes de nutriment sont aujourd'hui fixées à :

- 15 % pour les protéines ;
- 30 % pour les lipides ;
- 55 % pour les glucides.

Sachant que les protéines et les glucides fournissent 4 500 kcal/kg de matière anhydre et les lipides 9 000 kcal, il est facile de calculer et d'organiser la ration journalière. Les lipides interviennent donc pour 600 kcal soit environ 70 g de corps gras par jour.

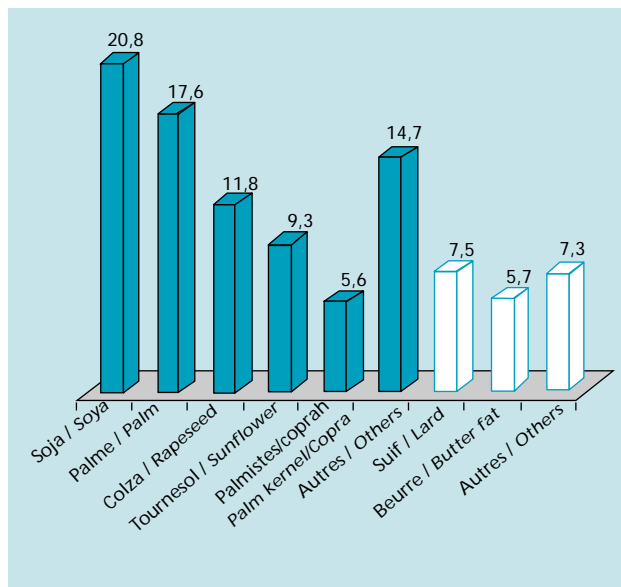


Figure 1. Production mondiale de corps gras en 1997. / *World oils and fats production in 1997.*  
 Huiles végétales : 79,8 millions de tonnes  
*Vegetables oils: 79.8 MT.*  
 Corps gras animaux : 20,5 millions de tonnes  
*Animal fats: 20.5 MT*  
 Total : 100,3 millions de tonnes  
*Total: 100.3 MT*

Naturellement, il faut tenir compte des graisses cachées dont les quantités sont les plus difficiles à évaluer (viandes, laitages, graines, etc.) pour définir la quantité des corps gras visibles (huiles d'assaisonnement, margarines, beurre, etc.).

### Le rôle structural

Les acides gras sont les composants majeurs des membranes cellulaires de toutes les cellules des organismes vivants. Ils sont inclus dans les phospholipides des biomembranes et règlent la fluidité de ces dernières.

En effet, ces membranes doivent présenter une fluidité précise en fonction du type de cellules auquel elles appartiennent et du type d'organe que composent ces cellules. La fluidité participe donc au contrôle de la perméabilité des biomembranes et on comprendra aisément qu'elle est étroitement liée au type d'acides gras inclus dans les phospholipides (point de fusion ou nombre d'insaturations, longueur de chaîne, etc.).

### Le rôle fonctionnel

Les phospholipides membranaires sont, en plus, la réserve d'acides gras essentiels à l'homme. Ces derniers sont d'abord stockés par les phospholipides, puis libérés par hydrolyse par la phospholipase A2. Ces acides gras essentiels sont les précurseurs des médiateurs oxygénés du système cardiovasculaire (prostaglandines, thromboxanes, leucotriènes). Ces molécules contribuent à la régulation des mécanismes aussi essentiels que l'agrégation plaquettaire et la pression artérielle.

### Le transport des vitamines liposolubles

Les vitamines liposolubles sont apportées quasi exclusivement par les corps gras : ce sont les vitamines A, D, E et K.

### La cuisson des aliments

Les corps gras occupent une place importante en technologie culinaire et notamment dans la technique de la friture profonde aujourd'hui très développée industriellement. Les corps gras réservés à cet usage doivent être thermiquement stables, ce qui est le cas de l'huile de palme et de l'huile de coco.

### L'appréciation hédonique des mets

Les corps gras sont les nutriments qui procurent globalement le plus de plaisir durant l'acte de la prise alimentaire ; certains d'entre eux apportent en plus leur flaveur *sui generis* (beurre, olive, palme, etc.).

## La place de l'huile de palme

### Sur le plan technico-économique

Le palmier à huile est le seul oléagineux produisant deux huiles totalement différentes — l'huile de palme et l'huile de palme.

C'est l'oléagineux le plus productif avec des rendements moyens de 3 à 4 tonnes d'huile de palme à l'hectare. Ils peuvent atteindre 5 à 7 tonnes dans les meilleures conditions. En outre, le coût de production de l'huile de palme dans son écosystème est le plus faible de tous les oléagineux.

Les progrès technologiques, notamment en ce qui concerne le fractionnement et l'interestérification, font qu'aujourd'hui le palmier à huile offre la quasi totalité des huiles fluides ou concrètes nécessaires à l'industrie agroalimentaire, à l'alimentation et même à l'oléochimie.

### Sur le plan nutritionnel

En dehors du fait que les lipides doivent contribuer pour 30 % à l'énergie totale journalière comme indiqué précédemment, ils doivent satisfaire à une composition en acides gras souhaitable en termes d'acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés.

Dans l'état actuel des connaissances, on recommande le ratio 32/45/23 en acides gras saturés, monoinsaturés et polyinsaturés ; les polyinsaturés des deux familles (n-3) et (n-6), dont les précurseurs essentiels sont respectivement l'acide alphalino-lénique (18:3, n-3) et l'acide linoléique (18:2, n-6), doivent eux-mêmes respecter le ratio n-3/n-6 égal à 1/6.

De plus, sur la base d'une prise lipidique normale de 70 g par jour, on admet généralement que la moitié seulement de celle-ci est convertie en énergie, les acides gras de l'autre moitié étant incorporés dans les phospholipides des biomembranes. En conséquence, la quantité d'acides gras polyinsaturés incorporés doit être de l'ordre de 8 g. Quant à la quantité de n-3 ingérée, elle doit être comprise entre 1 et 1,25 g.

Naturellement sur ces simples bases, on pourrait être tenté de conclure que l'huile de palme ne répond pas aux critères nutritionnels modernes. A ce propos, il faut noter qu'il en est de même des huiles courantes, ce qui conduit aujourd'hui à proposer des associations de corps gras. Une approche aussi primaire serait évidemment indigne de la communauté scientifique ; en effet, les chercheurs doivent analyser bien d'autres paramètres et faire le maximum d'observations sur des populations consommant de l'huile de palme.

En l'occurrence aujourd'hui les expériences conduites dans ce sens montrent que l'huile de palme en tant que base grasse alimentaire ne provoque aucun effet néfaste décelable. Les travaux du Dr Hornstra de l'université de Limburg, Maastricht, Pays-Bas (Hornstra *et al.*, 1986 ; Hornstra, 1988) montrent en effet que l'huile de palme a un comportement similaire à celui de l'huile de tournesol vis-à-vis des risques cardio-vasculaires, et on considère même que l'huile de palme rouge est l'équivalent tropical de l'huile d'olive.



- 1 : Huile de coco / *coconut oil*  
 2 : Mélange de triglycérides / *Triglyceride mixture*  
 3 : Huile de coco hydrogénée / *Hydrogenated coconut oil*  
 4 : Triglycérides à chaînes moyennes / *Medium chain triglycerides*  
 5 : Huile de baleine / *Whale oil*  
 6 : Huile de palme / *Palm oil*  
 7 : Huile d'olive / *Olive oil*  
 8 : Huile de soja hydrogénée / *Hydrogenated soyabean oil*  
 9 : Huile de lin / *Linseed oil*  
 10 : Huile de colza érucique / *Rapeseed oil, erucic*  
 11 : Huile de colza nouvelle (sans érucique) / *New rapeseed oil, sub-erucic*  
 12 : Huile de tournesol / *Sunflower oil*

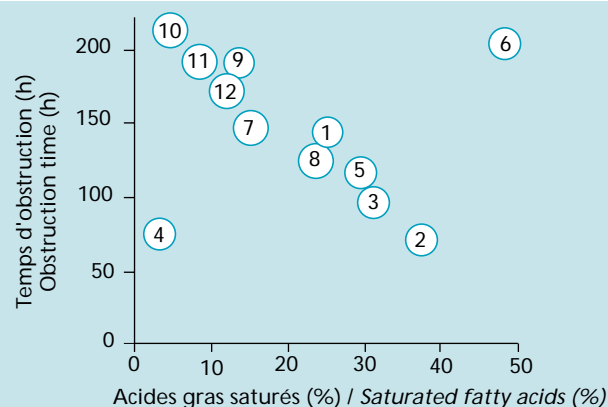


Figure 2. Relation entre les lipides de la ration alimentaire et la formation de thrombus. / Relation between dietary lipids and thrombus formation.

L'essentiel de ses travaux sur la thrombose a été conduit chez le rat et ceux sur l'athérosclérose chez le lapin. Partant du principe que plus une huile est riche en acides gras saturés, plus les risques cardiovasculaires s'aggravent, le Dr Hornstra a constitué un modèle expérimental chez le rat. Ce modèle consiste à introduire dans l'aorte une tubulure transparente en forme de boucle visible extérieurement (*by-pass*). Le sang circulant dans la boucle est rouge vif au début de chaque expérience. Les rats sont nourris respectivement avec un régime dont la part lipidique est constituée par l'une des douze huiles suivantes :

1. Huile de coco
2. Mélange de triglycérides
3. Huile de coco hydrogénée
4. Triglycérides à chaînes moyennes

5. Huile de baleine
6. Huile de palme
7. Huile d'olive
8. Huile de soja hydrogénée
9. Huile de lin
10. Huile de colza érucique
11. Huile de colza nouvelle (sans érucique)
12. Huile de tournesol

Pour les douze séries d'animaux en expérience, on surveille la couleur du sang circulant dans la boucle. Lorsque le sang devient bleu voire noir, cela signifie que l'aorte est complètement bouchée par le caillot résultant de la blessure de l'aorte lors du logement de la dérivation. La vitesse de formation du caillot, mesurée par le temps nécessaire à l'obstruction de l'aorte (OT), doit être inversement proportionnelle

à la teneur en acides gras saturés de l'huile introduite dans la ration alimentaire. C'est effectivement ce que l'on observe suivant une relation linéaire à l'exception de deux huiles : l'huile de palme et les triglycérides à chaînes moyennes (figure 2).

Les acides saturés comptés comme tels sont ceux dont la longueur de la chaîne est égale ou supérieure à C16 augmentés de la moitié du C14. Les acides saturés dont la longueur de chaîne est inférieure à C14 ne sont pas comptés comme des saturés *stricto sensu* car leur catabolisme suit une voie totalement différente de celle suivie par le C16 et les acides gras supérieurs. Le C14 suit un catabolisme mixte.

Ainsi, comme le montre le tableau 1, l'huile de coco contient 21 % d'acides gras saturés ainsi définis. L'huile de palme qui

Tableau 1. Composition en acides gras de quelques corps gras (en % pondéral). / Fatty acid composition of some fats and oils (% weight).

Acides gras Fatty acids	Matière grasse laitière Dairy fat	Suif de bœuf Ox fat	Suif de mouton Mutton fat	Saindoux Lard	Cheval Horse	Œuf Egg	Coco Coconut	Palmiste Palm kernel	Palme Palm
C4	4	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	2	-	-	-	-	-	0,5	tr	-
C8	1	-	-	-	-	-	7,5	3,5	-
C10	3	tr	tr	tr	tr	-	5,5	3,5	-
C12	3,5	tr	tr	tr	tr	-	48	47	-
C14	11,5	3	3	1,5	4	tr	18	17	1
C16	30	26	21	27	28	25	9	9	46
C18	10	23	34	20	6	8	3	3,5	5
C20	0,5	tr	tr	tr	tr	tr	-	-	-
C18:1	25,5	36	29	42	37	46	7	12,5	36
C18:2	2,5	3	4	5	8	12	1,5	4	12
C18:3	3	1	2	tr	9	1,5	-	-	-
Autres Others	3,5	8	7	4,5	8	7,5	-	-	-
Saturés* Saturated*	48	54	60	50	40	37	21	21	51,5
Insaturés Unsaturated	33	44	35	49,5	58	63	8,5	16,5	48
*>C16 + C14/2									
tr = traces									

contient environ 50 % d'acides gras saturés se comporte comme une huile insaturée (huiles de lin, de colza et de tournesol) dont les teneurs en acides gras saturés sont inférieures à 15 %. On constate que l'aorte n'est obstruée qu'après 200 heures alors que d'autres huiles riches en acides gras saturés provoquent le phénomène après 75 heures (figure 2).

Chez le lapin soumis pendant un an aux régimes précédents, le Dr Hornstra constate le même phénomène ; après dissection du cœur, il constate que les plaques athéromateuses sont d'autant plus importantes que l'huile de la ration est plus riche en acides gras saturés à l'exception de l'huile de palme qui, là aussi, se comporte comme l'huile de tournesol. A ce jour, personne ne sait encore expliquer pourquoi l'huile de palme, pourtant riche en acides gras saturés, se comporte comme une huile riche en acides gras polyinsaturés, c'est-à-dire ayant une activité anti-thrombotique et anti-athérosclérotique.

Il apparaît donc que l'analyse qui conduisait à comparer l'huile de palme aux huiles animales riches en acides saturés, reconnues sans ambiguïté comme des agents promoteurs des maladies cardio-vasculaires, était hâtive et erronée.

Le mérite des résultats du Dr Hornstra est d'avoir démontré d'une manière implicite que l'on ne doit pas se limiter à la seule composition en acides gras pour étudier la relation corps gras/maladies cardio-vasculaires.

Aujourd'hui, le Dr Hornstra émet un certain nombre d'hypothèses pour expliquer le comportement anormal mais louable de l'huile de palme. Il pense que, puisque le phénomène ne peut être expliqué par la composition en acides gras, c'est que l'huile de palme renferme des espèces moléculaires à activité protectrice. En effet, si l'on examine la fraction insaponifiable de l'huile de palme, on constate que cette dernière est très riche en carotènes, en tocophérols ou vitamine E, et surtout en tocotriénols analogues insaturés de la vitamine E ; l'huile de palme est, en fait, la seule huile alimentaire contenant cette famille de molécules (tableau 2). Elle en contient 60 à 100 mg pour 100 g. Le Dr Hornstra soupçonne l'activité possible d'un ou plusieurs composants de la fraction insaponifiable dont, en particulier, les tocotriénols et les carotènes.

Certaines expériences conduites par son équipe ont été reprises au Japon par l'équipe du Dr Muchihiro Sugano qui a étudié

Tableau 2. Teneurs en substances insaponifiables de quelques huiles (en mg/100g). *Unsaponifiable matter content of some oils (in mg/100 g).*

	Tournesol <i>Sunflower</i>	Maïs <i>Maize</i>	Palme <i>Palm</i>	Olive <i>Olive</i>
Insaponifiable total <i>Unsaponifiable total</i>	500-1 500	800-2 000	500-1 200	1 000-1 500
Alcools terpéniques <i>Terpenic alcohols</i>	100-150	150-300	20-40	100-200
Stérols <i>Sterols</i>	300-400	300-1 000	80-90	80-240
Tocophérols <i>Tocopherols</i>	50-100	100-500	10-30	7-30
Tocotriénols <i>Tocotrienols</i>	-	-	60-100	-
Carotènes <i>Carotenes</i>	-	-	100-150	-

Tableau 3. Répartition en positions interne et externes des acides gras saturés et insaturés dans l'huile de palme et le saindoux (en %). *Internal/external distribution of saturated and unsaturated fatty acids in palm oil (%)*.

	Huile de palme / <i>Palm oil</i>		Saindoux / <i>Lard</i>	
	Saturés <i>Saturated</i>	Insaturés <i>Unsaturated</i>	Saturés <i>Saturated</i>	Insaturés <i>Unsaturated</i>
Acides gras totaux <i>Total fatty acids</i>	52	48	50	50
Position 2 (interne) <i>Position 2 (internal)</i>	20	80	78	22
Positions 1 + 3 (externes) <i>Positions 1 + 3 (external)</i>	68	32	36	64

également cette question. Les deux équipes ont jusqu'ici abouti aux mêmes conclusions. Nous avons, pour notre part, toujours insisté sur la relation entre le phénomène et la structure glycéridique particulière de l'huile de palme. En effet, on a trop souvent tendance à ne considérer que la composition globale en acides gras sans tenir compte de la répartition de ces acides gras sur les différentes positions du glycérol. Pour illustrer nos propos nous comparons l'huile de palme et le saindoux.

Ces deux corps gras ont sensiblement la même composition en acides gras. En revanche, la répartition des deux corps gras entre la position interne (position 2) et les positions externes (positions 1 et 3) est totalement différente. Dans l'huile de palme, plus de 80 % des acides gras saturés sont en positions externes alors que dans le saindoux à peine plus de 30 % occupent ces positions (tableau 3).

Or, pendant la digestion pancréatique, la réaction d'hydrolyse conduit principalement à la formation d'acides gras libres issus des positions externes et à des 2-monoglycérides ; la lipase pancréatique est en effet 1-3 régio-sélective (figure 3). Les acides gras libres, surtout s'ils sont saturés, donnent des sels de calcium insolubles qui ne traversent pas la paroi intestinale ; ils

sont évacués dans les fèces (Gueguen, 1992).

Les 2-monoglycérides vont, eux, traverser la paroi intestinale (Small, 1991 et Innis *et al.*, 1994) ; ce sont les meilleurs vecteurs de transport des acides gras à travers ce tissu. On voit donc que si cette position 2 est occupée par des acides saturés, l'adsorption de ces derniers va être importante ce qui sera préjudiciable à la longue pour l'organisme. En revanche, lorsque cette position est occupée par des acides insaturés, ce qui est le cas de toutes les huiles végétales, l'adsorption d'acides gras insaturés sera optimale.

Il est notoire qu'en présence des sels biliaires, les monoglycérides sont les espèces qui constituent le mieux des micelles ; les acides gras forment moins bien des micelles et donnent en partie des sels insolubles en présence de calcium. Il en résulte une perte importante dans les fèces. En fin de compte, les espèces moléculaires qui vont le mieux traverser la paroi intestinale vont être les 2-monoglycérides. Or, dans le cas de l'huile de palme, ces espèces sont riches en acides gras insaturés, à l'opposé du saindoux où elles sont très riches en acides gras saturés.

Autrement dit, en simplifiant, tout se passe comme si l'huile de palme se comportait comme une huile insaturée, bien

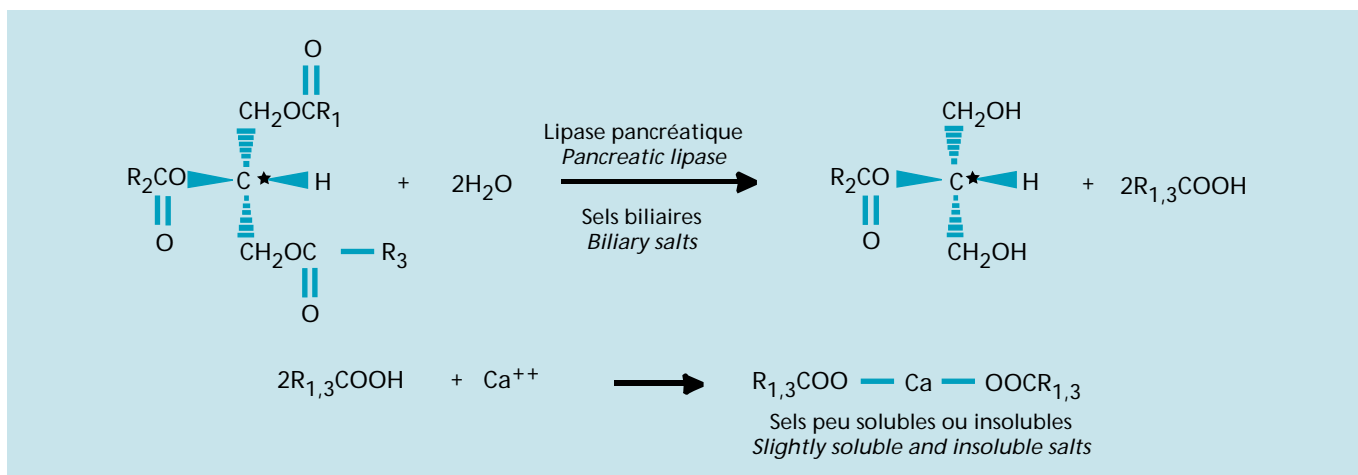


Figure 3. Etape principale de la digestion des graisses. / Main stage of fat digestion.

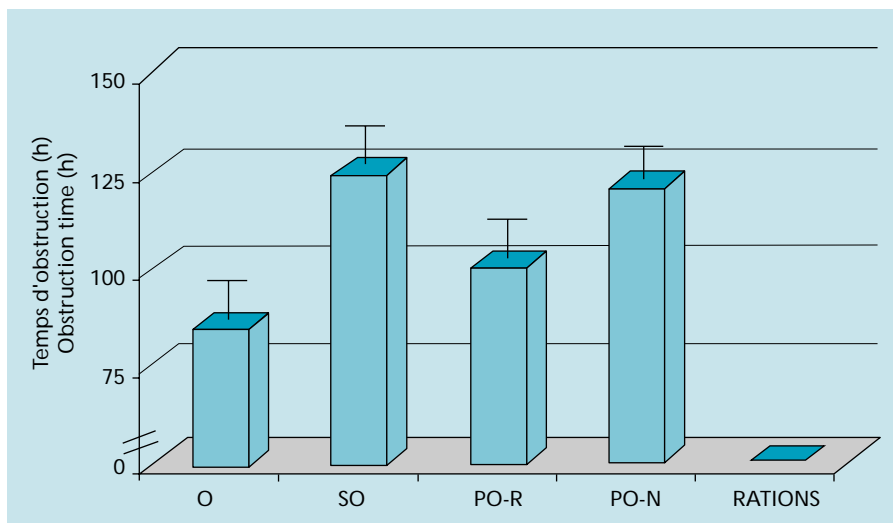


Figure 4. Effet de l'huile de palme dans la prise alimentaire sur la tendance à la thrombose artérielle. Effect of palm oil in the diet on the tendency towards arterial thrombosis.

O : groupe de contrôle négatif (5 % de tournesol) ; SO : groupe de contrôle positif (50 % de tournesol) ; PO-R : 50 % d'huile de palme raffinée physiquement ; PO-N : 50 % d'huile de palme raffinée chimiquement. / O : negative control group (5 % sunflower) ; SO : positive control group (50 % sunflower) ; PO-R : 50 % physically refined palm oil ; PO-N : 50 % chemically refined palm oil. Les pourcentages sont exprimés en pourcentages énergétiques de la ration alimentaire. / The figures are percentages of the total daily energy intake.

qu'elle présente de grandes similitudes avec le saindoux quant à sa composition en acides gras. L'hypothèse que nous avançons est d'ailleurs corroborée, en partie, par une expérience du Dr Hornstra dans laquelle il compare avec son modèle animal les huiles de palme raffinées chimiquement et physiquement (figure 4).

Par rapport à deux séries de rats témoins alimentés respectivement par un régime à 5 % de son énergie totale (témoin négatif) et à 50 % (témoin positif) d'huile de tournesol, on constate que l'huile de palme raffinée physiquement se situe entre ces deux séries avec un temps d'obstruction de 100 heures (80 heures pour le témoin négatif et 125 heures pour le témoin positif). En revanche, à l'huile de palme raffinée chimi-

quement correspond un temps d'obstruction de 115 heures. En d'autres termes, l'huile de palme raffinée chimiquement se rapproche plus de l'huile de tournesol et offre ainsi une meilleure performance par rapport à l'huile raffinée physiquement.

La différence entre les deux types d'huiles s'explique sans doute par le fait qu'un raffinage physique, conduit à des températures nettement supérieures à celles nécessaires pour le raffinage chimique, on provoque une interestérisation partielle qui se traduit par des échanges d'acides gras entre les positions internes et externes. Elles conduisent à un appauvrissement de la position 2 en acides gras insaturés. La valeur nutritionnelle de l'huile s'en trouve affectée puisqu'elle provoque

l'obstruction de l'aorte chez le rat 15 heures plus tôt que l'huile raffinée chimiquement.

Naturellement, il conviendrait de faire encore un certain nombre de vérifications avec le modèle du Dr Hornstra. En particulier, il faudrait tester une huile de palme raffinée, puis totalement interestérisée au hasard sur les trois positions du glycérol. Si le temps d'obstruction de l'aorte est encore plus raccourci, donc si le pouvoir agrégeant est augmenté, cette perte de qualité de l'huile de palme renforcerait fortement notre hypothèse de l'importance de la structure glycéridique dans la valeur nutritionnelle d'un corps gras. Cette hypothèse serait même pratiquement prouvée si le phénomène inverse était constaté avec le saindoux.

Nous pensons que prochainement, on pourra mieux comprendre pourquoi l'huile de palme est absolument sans danger pour la consommation humaine au même titre que l'huile de tournesol par exemple.

Enfin, l'huile de palme a également des atouts en tant que base pour la fabrication de margarines ou produits apparentés garantis sans isomères trans ou de position. En effet, on élabore couramment les bases pour margarine en pratiquant des hydrogénations ménagées afin d'augmenter la teneur en solides de la phase grasse et d'atteindre les propriétés rhéologiques souhaitées, comme par exemple la frigidité des margarines de table.

On sait que la réaction d'hydrogénation donne naissance à une proportion importante d'isomères trans et à des isomères de position (figure 5). Sachant que les réactions biologiques sont excessivement subtiles, il est logique de s'interroger sur l'innocuité de ces espèces chimiques exotiques créées par la réaction d'hydrogénation.

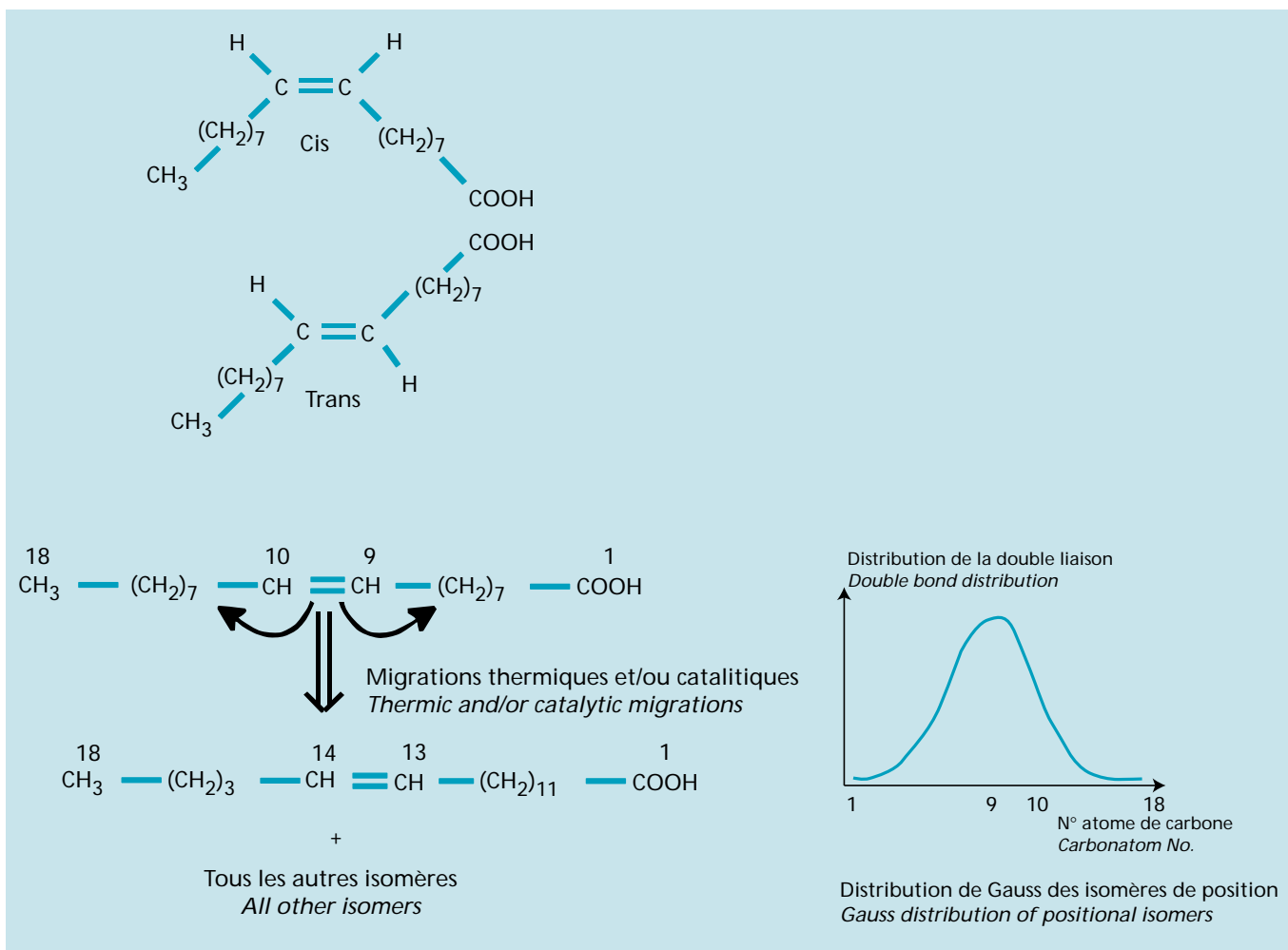


Figure 5. Isomères trans et isomères de position dans le cas de l'acide oléique. / Trans and positional isomers in the case of oleic acid.

#### Bibliographie / References

- GUEGUEN L., 1992. Interactions lipides-calcium alimentaires et biodisponibilité du calcium du fromage. *Cah. Nutr. Diét.* 27 : 311-315.
- HORNSTRA G., 1988. Dietary lipids and cardiovascular disease: effects of palm oil. *Oléagineux* 43 : 75-87.
- HORNSTRA G., HENNISSEN A.A.H.M., TAN D.T.S., KALAFUSZ R., 1986. Unexpected effects of dietary palm oil on arterial thrombosis (rat) and atherosclerosis (rabbit) comparison with other vegetable oils and fish oil. *In* : Fat production and consumption technology and nutritional implications, C. Galli et E. Fedeli éd., NATO ASI Series, New York, Etats-Unis, Plenum Press, p. 69-82.
- INNIS S.M., DYER R., NELSON C.M., 1994. Evidence that palmitic acid is absorbed as sn2 monoacylglycerol from human milk by breast-fed infants. *Lipids* 29 : 541-545.
- SMALL M.S., 1991. The effect of glyceride structure on absorption and metabolism. *Annu. Rev. Nutr.* 11 : 413-434.

Dans le doute, on ne peut que recommander l'huile de palme pour l'élaboration des margarines ou produits apparentés à la place des produits hydrogénés. On jouerait ainsi la carte de la sécurité alimentaire comme le fait aujourd'hui l'Union européenne.

Même si l'on peut reprocher à l'huile de palme d'être une source insuffisante d'acides gras essentiels (AGE), pour éviter la polémique qui oppose inutilement l'huile de palme aux huiles fluides, on insistera sur le fait que l'huile de palme et les huiles fluides (soja, colza, tournesol, etc.) ont tout intérêt à être associées ce qui règle le problème des AGE, pour le plus grand bien des

consommateurs. On peut, par exemple par de simples mélanges ou par des réactions d'interestérification qui ne détruisent pas les structures naturelles des acides gras insaturés, obtenir de bonnes bases pour margarines. Certains industriels européens fabriquent déjà de tels produits. ■

#### Remerciements :

Les auteurs tiennent beaucoup à remercier le professeur Bernard Descomps du Centre hospitalier universitaire de Montpellier pour ses précieux conseils.

## The role of palm oil in the human diet

Graille J., Pina M.

CIRAD-AMIS, BP 5035, 34032 Montpellier Cedex, France

Palm oil is rich in saturated fatty acids, but acts like a polyunsaturate-rich oil. This phenomenon is apparently linked to its particular glyceride structure.

Total world oils and fats production in 1997 was around 100 MT (figure 1), as against 75 MT in 1988. Mean annual per capita consumption is just under 15 kg, whereas the World Health Organization (WHO) recommends 25 kg per capita per year. Furthermore, consumption varies greatly: four fifths of the world's population consume less than 6 kg per capita per year, the mean consumption figure for developing countries. At the other end of the scale, industrialized countries largely exceed the recommended 25 kg.

These figures do not entirely reflect true oils and fats consumption, since they only refer to visible oils and fats. It is also necessary to consider hidden fats which are naturally found in food and which, as a result, are not recorded by statisticians: meat, for example, can contain 10 to 25% fat. People in developing countries generally consume vegetable oils produced directly from home-grown crops, which are not therefore taken into account in the statistics.

### The role of oils and fats in the human diet

Oils and fats play several roles:

- an energy-providing role
- a structural role
- a functional role
- a role as fat-soluble vitamin carriers
- a technological role in cooking food
- an active role in food organoleptic qualities.

#### The energy-providing role

The energy provided by the daily food intake should be 2 000 kcal for sedentary men, but can reach 3 000 kcal for manual workers or sportsmen.

The energy provided by the three food classes is currently fixed at:

- 15% for proteins;
- 30% for lipids;
- 55% for carbohydrates.

As proteins and carbohydrates supply 4 500 kcal/kg of dry matter and lipids 9 000, it is easy to calculate and organize personal daily intake. Lipids should supply 600 kcal, ie around 70 g of oils and fats per day.

Obviously, it is necessary to take account of hidden fats, for which quantities are more difficult to assess (meats, dairy products, oilseeds, etc.) in defining visible fat quantities (salad oils, margarines, butter, etc.).

#### The structural role

Fatty acids are the major components in the cell walls of all the cells in living organisms. They are contained in and control the fluidity of biomembrane phospholipids.

In effect, biomembrane fluidity varies depending on the type of cell to which they belong and the type of organ made up by the cells. Biomembrane fluidity thus acts to control their permeability, and it is clear that biomembrane fluidity is closely linked to the type of fatty acids in the phospholipids (melting point or degree of unsaturation, chain length, etc.).

#### The functional role

Membrane phospholipids are also a store of fatty acids essential to man. Fatty acids are initially stored by phospholipids, before being released through hydrolysis by phospholipase A2. These essential fatty acids are the mediators in the cardiovascular system (prostaglandins, thromboxanes, leucotrienes). They regulate mechanisms as essential as blood clotting and blood pressure.

#### Fat-soluble vitamin carriers

Fat-soluble vitamins are almost exclusively supplied by oils and fats: they are vitamins A, D, E and K.

#### Cooking

Fats and oils play an important role in cooking technology, particularly in the now very highly developed industrial deep-frying technique. Oils and fats used for this purpose have to be thermostable, like palm oil and coconut oil.

#### Organoleptic qualities

Of all nutriment, oils and fats provide the greatest amount of pleasure during eating; some also provide their own distinctive flavours (butter, olive oil, palm oil, etc.).

### The role of palm oil

#### On a technical-economic level

The oil palm is the only oil crop capable of producing two completely different oils—palm oil proper and palm kernel oil.

It is the most productive oil crop, with mean yields of 3 to 4 t of palm oil/ha, and up to 5 to 7 t under optimum conditions. In addition, production costs for palm oil in its ecosystem are the lowest of all oil crops.

Technological progress, particularly in fractionation and interesterification, means that oil palm can now provide almost all the liquid or solid oils necessary for the food industry, nutrition and even oleochemicals.

#### On a nutritional level

Besides the fact that lipids should supply 30% of total daily energy, as indicated above, they should also have a satisfactory fatty acid composition in terms of saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids.

As things stand at present, the ratio 32:45:23 is recommended for saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids; the (n-3) and (n-6) polyunsaturate classes, of which the essential precursors are alphanolenic acid (18:3, n-3) and linoleic acid (18:2, n-6) respectively, should follow the ratio n-3:n-6 equals 1:6.

Furthermore, on the basis of a normal lipid intake of 70 g per day, it is generally accepted that only half of this is converted into energy, whilst the fatty acids from the other half are incorporated into biomembrane phospholipids. As a result, the amount of polyunsaturates incorporated should be around 8 g. The amount of n-3 ingested should be between 1 and 1.25 g.

Naturally, based on this simple information, it would be tempting to conclude that palm oil does not satisfy modern nutritional criteria. However, the same goes for the most common oils, which is why combinations of oils are now recommended, and such a primitive approach would obviously be unworthy of the scientific community: in fact, researchers need to look at many other parameters and make as many



observations as possible on populations consuming palm oil.

Today, in fact, experiments conducted in this field have shown that palm oil as a basic dietary fat does not have any detectable harmful effects. Work by Dr Hornstra from the University of Limburg, Maastricht, Netherlands (Hornstra *et al.*, 1986; Hornstra, 1988) has shown that palm oil behaves similarly to sunflower oil in terms of cardiovascular risks, and red palm oil is even considered as the tropical equivalent of olive oil.

Most of his work on thrombosis was conducted on rats and that on atherosclerosis on rabbits. Based on the principle that the richer the oil in saturated fatty acids, the greater the cardiovascular risks, Dr Hornstra developed an experimental model on rats. The model consists in inserting a loop-shaped transparent plastic tube (by-pass), visible from the outside, into the aorta. The blood circulating in the tube is bright red at the start of each experiment. The rats are fed on a diet where the lipid intake comprises one of the following twelve oils:

1. Coconut oil
2. Triglyceride mixture
3. Hydrogenated coconut oil
4. Medium chain triglycerides
5. Whale oil
6. Palm oil
7. Olive oil
8. Hydrogenated soybean oil
9. Linseed oil
10. Rapeseed oil, erucic
11. New rapeseed oil, sub-erucic
12. Sunflower oil.

For the twelve sets of animals in the experiment, the colour of the blood circulating in the loop is monitored. When the blood becomes blue or even black, this means that the aorta is completely obstructed by the thrombus caused by the damage to the blood vessel when the tube is inserted. The speed at which the thrombus forms, measured by the length of time taken for it to completely obstruct the aorta (OT), should be inversely proportional to the saturated fatty acid content of the oil in the diet. This is in effect what is seen, with a linear relationship, except for two oils: palm oil and medium chain triglycerides (figure 2).

The saturated acids classed as such are those whose chain length is equal to or longer than C16 plus half C14. Saturated acids with chain lengths of less than C14 are not counted as saturated, since their catabolism process differs totally from that of C16 and longer lengths. C14 catabolism is mixed.

Hence, as shown in Table 1, coconut oil contains 21% saturated fatty acids as defined above. Palm oil, which contains around 50% saturated fatty acids, behaves like unsaturated oils (linseed, rapeseed and sunflower oils) with

saturated acids contents of less than 15%. The aorta is seen to be obstructed after 200 hours, whereas other saturate-rich oils cause this phenomenon after around 75 hours (figure 2).

In rabbits fed the above diets for a year, Dr Hornstra observed the same phenomenon: after dissecting the hearts, it is seen that the higher the saturated fatty acid content of the diet, the greater the degree of atheromatous plaques, except for palm oil, which again behaves like sunflower oil. To date, nobody has been able to explain why palm oil, although it is rich in saturated fatty acids, behaves like an oil rich in polyunsaturates, ie has an anti-thrombotic and anti-atherosclerotic effect.

The analysis which consisted in classing palm oil in the same category as animal fats rich in saturated acids and universally acknowledged to promote cardiovascular diseases was thus both hasty and incorrect.

The great virtue of Dr Hornstra's results lies in the fact that they show implicitly that scientists should not restrict themselves solely to fatty acid composition when studying the relationship between fats and oils and cardiovascular diseases.

Dr Hornstra has put forward a certain number of hypotheses to explain the abnormal but beneficial behaviour of palm oil. Since the phenomenon cannot be explained by fatty acid composition, he thinks that palm oil may contain molecules with a protective effect. In fact, examination of the unsaponifiable fraction of palm oil reveals that it is very rich in carotenes, tocopherols or vitamin E and particularly in tocotrienols, the unsaturated analogues of vitamin E; oil palm is in fact the only edible oil containing tocotrienols (Table 2), with 60 to 100 mg per 100 g. Dr Hornstra suspects that one or several unsaponifiable components, particularly tocotrienols and carotenes, may have some sort of effect.

A certain number of experiments conducted by his team are also being conducted in Japan by Dr Muchihiro Sugano's team. To date, both teams have reached the same conclusions.

For our part, we have always maintained that there was a link between the phenomenon and the particular glyceride structure of palm oil. In fact, there is a tendency only to consider overall fatty acid composition, without taking into account fatty acid distribution on the various glycerol positions. To demonstrate this, we compared palm oil and lard.

The fatty acid composition of these two fats is extremely similar. However, their fatty acid distribution between internal (position 2) and external positions (positions 1 and 3) is totally different. More than 80% of the saturated fatty acids in palm oil are in an external position,

whereas barely 30% of the acids in lard occupy these positions (Table 3).

During pancreatic digestion, the hydrolysis reaction mainly leads to the formation of free fatty acids from external positions and 2-mono-glycerides; pancreatic lipase is in fact 1-3 regio-selective (figure 3).

Particularly if they are saturated, free fatty acids give rise to insoluble calcium salts that cannot pass through the stomach lining; they are evacuated via the faeces (Gueguen, 1992).

2-mono-glycerides, for their part, can pass through the stomach lining (Small, 1991; Innis *et al.*, 1994); they are the best fatty acid carriers through this tissue. It is thus clear that if position 2 is occupied by saturated acids, they will be adsorbed to a substantial degree, which will eventually be prejudicial to the organism. However, if the position is occupied by unsaturated acids, as is the case in all vegetable oils, unsaturated fatty acid adsorption will be optimum.

It is widely known that in the presence of biliary salts, mono-glycerides are the species that best form micelles; fatty acids less easily form micelles and partly produce insoluble salts in the presence of calcium, resulting in substantial losses in the faeces. In the end, it is 2-mono-glycerides that best pass through the stomach lining, and in the case of oil palm, they are rich in unsaturated fatty acids, unlike lard, in which they are very rich in saturated fatty acids.

In other words, to simplify things, it is as if palm oil behaved as an unsaturated oil, although it is highly similar to lard in terms of fatty acid composition. Moreover, our hypothesis is partly corroborated by an experiment by Dr Hornstra, comparing chemically and physically refined palm oils using his animal model (figure 4).

Compared with two sets of control rats fed on a diet with 5% (negative control) and 50% (positive control) of total energy provided by sunflower oil, physically refined palm oil is seen to fall somewhere between the two sets, with an obstruction time of 100 hours (as against 80 hours for the negative control and 125 hours for the positive control). However, chemically refined palm oil has an obstruction time of 115 hours; in other words, chemically refined palm oil corresponds more closely to sunflower oil and performs better than physically refined palm oil.

The difference between the two types of palm oil can undoubtedly be explained by the fact that in the case of physical refining, temperatures are markedly higher than in chemical refining, causing partial interesterification, resulting in fatty acid exchanges between internal and external positions, which in turn leads to the impoverishment of position 2 in unsaturated fatty acids. The nutritional value of the oil is



affected, since it provokes aorta obstruction in rats 15 hours earlier than chemically refined oil.

Naturally, it is necessary to make certain checks with Dr Hornstra's model. In particular, it is important to test a refined and then totally randomized palm oil on all three glycerol positions. If the aorta obstruction time is much shorter, hence the aggregative ability is greater, this loss of palm oil quality bears out our hypothesis of the importance of glyceride structure for the nutritional quality of an oil. This hypothesis would even be virtually proved were the opposite phenomenon to be seen with lard.

We believe that in the near future, we should have a better understanding of why palm oil is totally harmless for human consumption, to the same extent as sunflower oil, for instance.

Lastly, palm oil also has a favourable reputation as a basis for producing margarine or similar products, guaranteed free from trans and

positional isomers. In fact, margarine bases are commonly produced by controlled hydrogenation to increase the solid content of the fatty phase in order to obtain the required rheological properties, for example low-temperature spreadability for table margarines.

The hydrogenation reaction is known to give rise to a significant proportion of trans and positional isomers (figure 5). Given that biological reactions are extremely subtle, it is logical to question whether these exotic chemical species created by the hydrogenation reaction are indeed innocuous.

Since some doubt exists, it is inevitable that palm oil be recommended in preference to hydrogenated products for manufacturing margarine and similar products. This would help guarantee food safety, as is the case today in the European Union.

Even though palm oil can be accused of being an inadequate source of essential fatty acids (EFA), to avoid any further debate opposing palm oil and liquid oils, we should like to end by stressing that palm oil and liquid oils (soybean, rapeseed, sunflower, etc.) would benefit from being combined, to solve the EFA problem in the best interests of the consumer. For example, by simple blending or interesterification reactions which do not destroy natural unsaturated fatty acid structures, it is possible to obtain good margarine bases. Certain European manufacturers are already producing such products. ■

#### Acknowledgements:

The authors would like to thank Professor Bernard Descomps from the Montpellier teaching hospital for his invaluable advice.

## Résumé

Les auteurs tentent d'expliquer pourquoi l'huile de palme, riche en acides gras saturés, présente les mêmes performances nutritionnelles que les huiles de soja, colza et tournesol. L'huile de palme rouge apparaît même comme l'équivalent tropical de l'huile d'olive.

Les auteurs dénoncent l'approche très primaire de nombreux scientifiques, quelquefois très réputés, qui consiste à comparer les corps gras en ne se référant qu'à leur composition en acides gras. Ils sont persuadés que la structure glycéridique joue un grand rôle et comparent utilement l'huile de palme au saindoux. Ils proposent de ne plus opposer l'huile de palme aux huiles végétales fluides, mais au contraire de les assembler en fonction des besoins pour élaborer des produits satisfaisants pour le consommateur.

## Abstract

The authors attempt to explain why palm oil, which is rich in saturated fatty acids, has the same nutritional performance as soybean, rapeseed and sunflower oils. Red palm oil even seems to be the tropical equivalent of olive oil.

The authors question the very primitive approach taken by many often highly reputed scientists, consisting in comparing oils and fats solely in terms of their fatty acid composition. They are convinced that glyceride structure plays a major role, and make a valid comparison between palm oil and lard. They suggest that palm oil should no longer be seen as being in opposition with liquid vegetable oils, but should on the contrary be mixed with such oils to make more consumer-friendly products.

## Resumen

Los autores intentan explicar porque el aceite de palma, rica de ácidos grasos saturados, presenta los mismos resultados nutricionales que los aceites de soja, colza y girasol. El aceite de palma rojo aparece inclusive como el equivalente tropical del aceite de oliva.

Los autores denuncian el estudio muy primario de numerosos científicos, a veces con mucha fama, que consiste en comparar las grasas refiriéndose sólo a su composición de ácidos grasos. Están persuadidos que la estructura glicerídica desempeña un gran papel y comparan útilmente el aceite de palma con la manteca de cerdo. Proponen no oponer más el aceite de palma a los aceites vegetales fluidos, pero al contrario reunirlos acorde a las necesidades para elaborar productos satisfactorios para el consumidor.