

# Recent developments in palm oil

K. G. BERGER

**Summary.** — A number of topics of practical interest have been selected.

1 - In connection with an extensive human nutritional experiment in Holland a number of food products for daily consumption were reformulated with maximum proportions of palm oil. The manufacturers and the subjects were favourably impressed by the quality. Shortenings for cake baking have been optimised using palm oil. Palm oil-butter fat mixtures show certain advantages in biscuits. For margarines interesterification of various palm oil and palm kernel oil fractions yield suitable base stocks. 2 - Recent work on crystallisation process of palm oil will be described. 3 - Quality changes in palm oil during transport have been followed analytically and a procedure for minimising them will be described. 4 - Pilot plants for the preparation of diesel fuel from palm oil, and the recovery of vitamin E compounds from palm fatty acid distillate have been constructed and operated at PORIM. The results will be discussed.

I have selected some recent topics which are of practical interest.

## 1. — Food applications

**1.1.** — Some interesting information on the properties of foods containing palm oil was obtained during a nutritional project recently carried out in Holland. 40 volunteers were given food products for a normal diet.

The products were either obtained from the supermarket, or identical in appearance but made with a high proportion of palm oil. The volunteers did not know which products they were eating. All the products were acceptable, and none of the subjects could distinguish the experimental from the standard.

TABLE I. — Fats used in nutritional experiment

	Cooking margarine	Tub margarine	Bakery margarine	Frying fat
Palm oil	70	60	65	90
Hardened palm oil (45)	12.5		10	10
Rape seed oil	17.5	40	10	
Coconut oil			15	

Other food products, in which palm oil was used to replace all (or most) of the normal fat component are listed below :

- Ice cream (6.15 % fat).
- Processed cheese.
- Hamburgers.
- Meat croquettes.
- Chicken nuggets.
- Chocolate milk.
- Chocolate custard (2.7 % fat).
- Vanilla custard (2.5 % fat).

Following this experience, some of the food manufacturers who collaborated in the production of the special samples, are using more palm oil in their normal products.

**1.2.** — Work on bakery shortenings for cakes is virtually completed, and a paper published in 1989 describes the methodology used. Our evaluation of the shortenings was carried out by standard baking tests [1]. The commercial

shortening with the best performance, was chosen as the reference or standard. Baking tests were usually carried out with an experimental and a standard fat side by side. Four cakes of each were baked for measurement. Cakes were assessed on volume and on various textural and flavour characteristics in the conventional way.

Experimental fats were texturised in a Schroder Kombinator pilot plant. The cake formula used was a « Madeira » type with a relatively low fat content, because this makes the test more sensitive to the acrating properties of the fat.

Comparisons of cakes made with the commercial shortening are given in table II. In each case the result is expressed as the ratio of volumes of the experimental to the control cake

TABLE II. — Shortening — Cake baking tests  
(Shortening — Essais de cuisson de gâteaux)

	1	2	3	4	5	6	7
PO (HP)	60						
HPO (HPC)	20						18
POS (SP)		60	50	50	50		42
SBO (HS)	20			50			
RSO (HC)		40	50				40
CSO (HC)					50		
POO (I.E) (OP (IE))							100
Baking test							
Vol exp/cont	98	97	101	96	96	101	99

PO = Palm Oil — (HP = Huile de palme)  
 HPO = Hardened Palm Oil (mpt 42°C) — (HPS = Huile de palme solide - point de fusion 42°C)  
 POS = Palm Stearin (Iodine Value 44) — (SP = Stéarine de palme - Indice d'iode 44)  
 SBO = Soyabean Oil — (HS = Huile de soja)  
 RSO = Rapeseed Oil (Low crucic) — (HC = Huile de colza faible teneur en acide érucique)  
 CSO = Cottonseed Oil — (HC = Huile de coton)  
 POO (I.E) = Palm Olein Interesterified — (OP (IE) = Oléine de palme interestérifiée).

An interesting feature, found in replicated experiments, is that when rapeseed, soyabean and cottonseed oil are compared as the liquid component of shortenings, the rape seed oil blend always gives slightly better cakes.

**1.3.** — A number of experiments have been made using palm oil and butter fat blends as shortening for biscuits [2].

Short dough type biscuits were made with palm oil, butterfat and a blend of equal quantities of each. All the biscuits had good eating properties. The flavour of the palm oil-butterfat blend was preferred by a taste panel.

Similar results were obtained with a blend of 40 % palm stearin and 60 % of the more liquid product obtained in a commercial process for fractionating butterfat.

Solids Content determinations showed that mixtures of butterfat and palm oil formed a eutectic at about 60 % palm oil content (Fig. 1). This eutectic behaviour is similar to that observed in mixtures of palm and palm kernel oil.

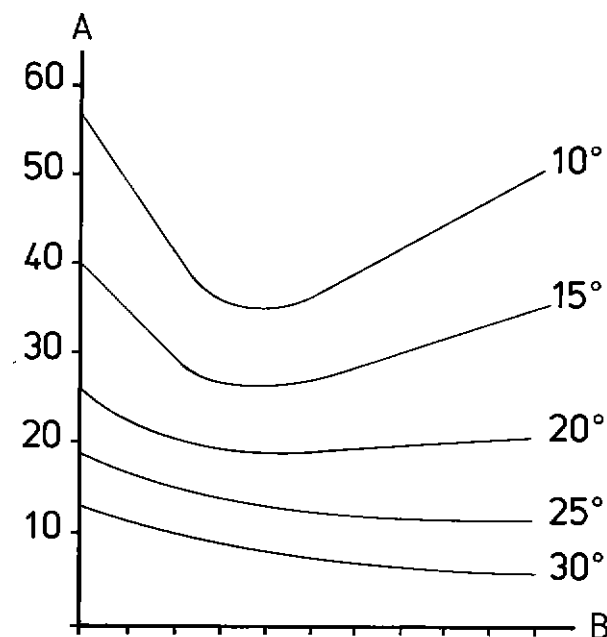


FIG 1 — Palm oil-butterfat blends — (Mélanges huile de palme/graisse de beurre)

A. Solids — (Teneur en solides)

B. % Palm oil — (% Huile de palme)

1.4. — General formulations for various types of margarine have been published [3]. They are summarised in table III. Since then specific table margarine formulae have been developed in collaboration with local institutes for a number of countries.

TABLE III. — Margarine formulation with palm oil

	1	2	3	4	5	6	7	8
Palm oil			50	30	30		40	50
Palm stearin (50 C)	60	40		5		50		
H. palm oil (42-44 C)					20		40	50
Palm olein						20		
Palm kernel oil	40					15		
Palm kernel olein								
Hardened soya oil (62 C)						15		
Liquid vegetable oil		60	50	65	50		20	
Nos 1-4 table margarine			No. 6 general purpose bakery margarine					
No. 1 + 2 to be interesterified			No. 7 danish pastry					
No. 5 low calorie spread (40 % fat)			No. 8 puff pastry					

More recently PORIM has prepared specific pilot-scale samples for Bulgaria, Turkey and Japan in a continuing programme.

## 2. — Crystallisation of palm oil

Palm oil tends to crystallise rather slowly. This behaviour is illustrated most simply by comparing cooling curves for palm oil carried out before and after interesterification (Fig. 2). The results indicate that this behaviour is directly related to the natural configuration of the triglycerides. A lesser contribution to the behaviour is due to the diglyceride content of palm oil, which is usually around 5 %.

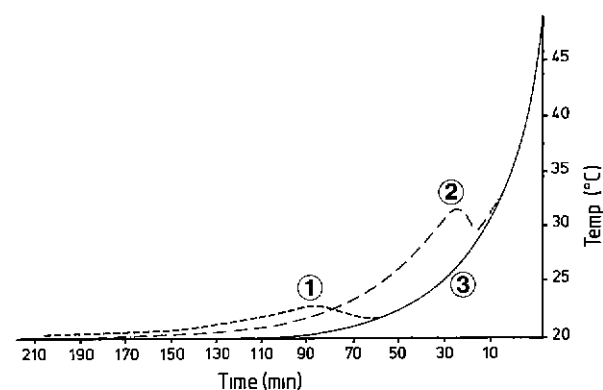


FIG 2 — Pichard cooling curve-palm oil cooling bath at 20°C — (Courbe de refroidissement Pichard - Bain de refroidissement de l'huile de palme à 20°C)

Slip melting points — (Points de glissement)

Before interesterification = 32.7°C — (Avant intérêtérification)

After interesterification = 43.5°C — (Après intérêtérification)

1: Palm oil before IE — (Huile de palme avant IE)

2: Palm oil after IE — (Huile de palme après IE)

3: Soya bean oil — (Huile de soja).

The effect of the slow crystallisation in shortening or margarine blends containing a high proportion of palm oil is that after conventional processing the product may be somewhat soft, causing packing difficulties, and subsequent crystallisation may lead to a firmer texture than desired. Mr F.C.H. Oh at PORIM has shown on pilot scale that a reduced throughput rate in the votator-type process results in a significant improvement [4].

The results are given in table VI. The slower throughput rate results in a substantial increase in agitation of the crystallising mass and a greater extraction of heat. The product develops a higher solids content, which shows less further change on storage, and is appreciably softer. There are more crystals present, of a smaller size with fewer crosslinks to impart rigidity. The rheological picture is confirmed by the microscopic appearance.

This work has now been extended to margarine type blends containing palm oil or palm stearin, with similar results.

The complex crystallising behaviour of palm oil can be ascribed mainly to the solid solutions formed between its main glycerides, but the diglycerides present have a contributory effect.

It is clear that during storage and tempering crystal growth takes place in the solid phase over a prolonged period. There is more interlinking of aggregates resulting in increased rigidity.

TABLE IV. — Margarine formula using interesterification — (Formulation de margarine avec interestérisation)

(1)	Palm Steartin (I.V. 41) 70 (Stearine de palme (Ind. Iode 41) 70) Palm Kernel Olein 30 (Oléine de palmiste 30)	Interesterified Blend 1 (Mélange interestérisé 1)		
(2)	Blend 1 - 60 parts (Mélange 1 - 60 parts)  Rapeseed Oil - 40 parts (Huile de colza - 40 parts)	Blend 2 (Mélange 2)		
(3)	Margarine (Margarine)	Blend 2 (Mélange 2)	72 %	81 %
		Moisture (Teneur en eau)	27 %	16 %
		Salt etc (sel etc.)	1 %	1 %
	Yield value (g/cm <sup>2</sup> ) (Rendement (g/cm <sup>2</sup> ))			
	After 15 days 5 °C (Après 15 jours à 5 °C)		601	711
	After 15 days 20 °C (Après 15 jours à 20 °C)		249	326
	Assessment (Evaluation)			
	← Good spreadability → (Bonne tartinabilité)			
	← Fairly good mouthfeel → (Assez bonne sensation tactile dans la bouche)			

TABLE V. — Physical properties of randomised blends for margarines — (Caractéristiques physiques de mélanges randomisés pour margarines)

Temperature (°C)	Solid fat content (%) for blends (1) (Teneur en graisse solide % pour les mélanges)					
	POS : PKOF (60 : 40) (SP : OMP)	PO : PKO (80 : 20) (HP : HPM)	POF : PKO (90 : 10) (OP : HPM)	POS : SBO (40 : 60) (SP : HS)	POS : RSO (LE) (40 : 60) (SP : HC (FAE))	POS : CSO (20 : 80) (SP : HC)
10	52.7	57.5	41.6	17.5	19.4	18.7
15	43.7	49.5	30.2	10.7	12.7	10.3
20	30.0	37.1	20.8	5.9	9.6	6.5
25	19.3	25.8	13.8	3.9	5.7	3.7
30	11.4	17.4	7.8	2.5	3.7	2.8
35	3.8	9.3	4.3	0.8	3.6	2.2
37	0.4	4.3	2.3	0.9	2.3	1.1
40	—	2.6	0.8	—	1.6	0.4
			Meltingpoint(°C) (Point de fusion)			
	35.5	35.5	33.2	32.3	36.0	34.0

(1) PO = Palm Oil — (HP = Huile de Palme)  
PKO = Palm Kernel Oil — (HPM = Huile de Palmiste)  
SBO = Soybean Oil — (HS = Huile de soja)  
POS = Palm Steartin — (SP = Stéarine de Palme)

PKOF = Palm Kernel Olein — (OPM = Oléine de Palmiste)  
CSO = Cottonseed oil — (HC = Huile de Coton)  
POF = Palm Olein — (OP = Oléine de Palme)  
RSO (LE) = Rapeseed Oil, Low erucic acid — (HC (FAE)) = Huile de colza (faible teneur en acide érucique).

An increase in cooling surface up to 30 % for palm oil processing has been recommended by M. L. Duns (1985). Duns demonstrated crystallisation rates at 10 °C of some pure glycerides, as 30 % solutions in triolein (Fig. 3). The glyceride PEP crystallises faster than PPO, which crystallises

faster than POP. This indicates that in practice partial hydrogenation of palm oil or of palm olein improves significantly their behaviour in processing.

The effect of slow crystallisation on the stability of palm olein has been recently discussed by Timms. More than

TABLE VI. — Pilot plant texturising-processing parameters and end product characteristics

Throughput Kg/hr	28	55
Temp ex chillers C	12	14
Final temperature	19	20
Back pressure kg/cm	5.5	3.2
Solid fat content 20 C		
4 days	32	27
9 days	33	30
16 days	33	31
24 days	33	31
Yield value at 20 C g/cm (from penetrometer)		
4 days	800	1 100
9 days	1 000	1 250
16 days	1 200	1 450
24 days	1 300	1 500

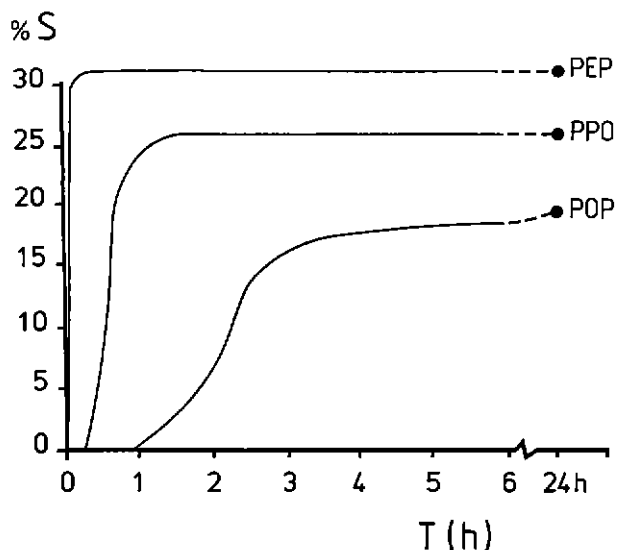


FIG 3. — Crystallization behavior of mixtures of pure triglycerides in trioleate (10 °C) — (Comportement à la cristallisation de mélanges de triglycérides purs en présence de trioléate 10 °C).

2 million tons of palm olein are exported annually from Malaysia. In tropical climates palm olein remains clear, and is accepted readily by consumers who are accustomed to the more unsaturated liquid oils. However even there, under air conditioned supermarket shelf conditions olein starts to cloud. The AOCS cold test (5.5 hours at 0 C) is clearly unrealistic for this product. A useful test in either length of clarity at 22 C or 20 C, or the temperature at which clarity is maintained for 72 hours. Timms demonstrated that a normal olein of Iodine Vaue 56.2 gave a deposit after storage at 22 C for 2 weeks. The supernatant had an Iodine value of 57.0 and remained clear at 22 C for 30 days, then some further crystallisation took place.

High deodorisation temperatures or long times cause minor changes in trans acids and in triglyceride composition

which affect cold stability adversely. Cold stability can be improved by the addition of small proportions of oxystearin together with lecithin.

A very useful attribute of palm oil is its tendency to crystallise in the beta prime polymorphic form. Palm oil in blends with partly hydrogenated rape seed oil or other, mainly 18-carbon chain oil, can prevent the formation of the underisable beta crystallinity.

This behaviour has been investigated by Professor Deman at Guelph University in model mixtures [6].

A number of fat mixtures were prepared containing hydrogenated canola oil blended with palm oil (C + P), or canola oil blended with palm oil and then hydrogenated (CP). The hydrogenation conditions were either selective (SC + P and SCP) to give high trans acids or non-selective (NSC + P and NSCP) to give higher stearic acid contents.

After processing, some samples were stored at 5 C for 56 days. Figures 4 and 5 show the development of beta crystals as measured by X-ray diffraction.

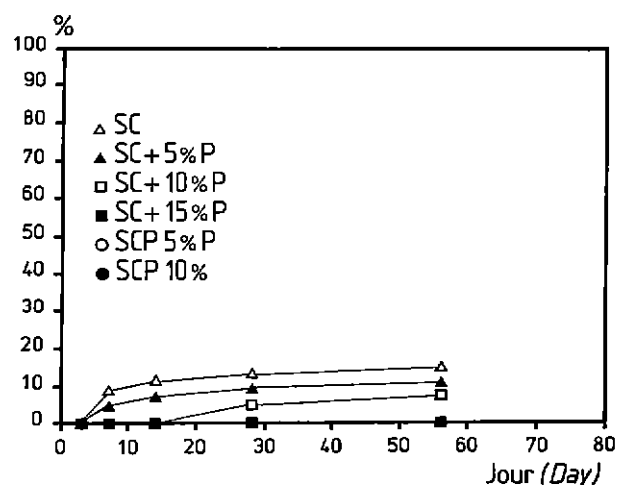


FIG. 4. — Development of beta polymorphic form crystals during the storage of the selective hydrogenated oils at 5 °C. (SC + 15 % P, SCP 5 % and SCP 10 % showed zero beta crystals content during the storage) — (Développement de cristaux de type bêta polymorphe au cours du stockage des huiles hydrogénées sélectivement à 5 °C — SC + P 15 %, SCP 5 % et SCP 10 % donnent une teneur nulle en cristaux bêta pendant le stockage —)

Other samples were put through a temperature cycle after crystallising at 0 C.

- Cycle 1 : 5 C for 1 day.
- Cycle 2 : 20 C for 2 days  
5 C for 1 day.
- Cycle 3 : 20 C for 2 days  
5 C for 1 day.
- Cycle 4 : 20 C for 2 days  
5 C for 1 day.

This cycling exaggerates very much the effect of temperature changes.

Figures 6 and 7 show the development of beta crystals in selectively and non-selectively hydrogenated samples after cycling.

It was concluded that the selectively hydrogenated samples did not have a strong tendency to develop beta crystals during cycling and therefore the addition of palm oil had little effect. During constant temperature storage of 5 C there was moderate development of beta form which was inhibited by 5-10 % addition and prevented with 15 % palm

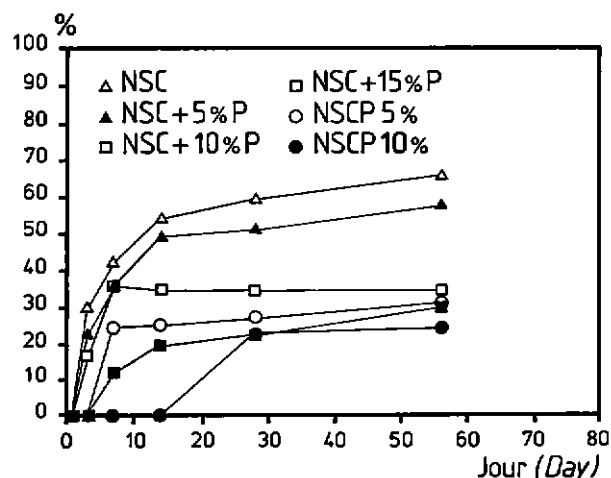


FIG 5 — Development of beta polymorphic form crystals during the storage of the nonselectively hydrogenated oils at 5°C — (*Développement de cristaux de type bêta polymorphe pendant le stockage des huiles hydrogénées non-sélectivement à 5°C.*)

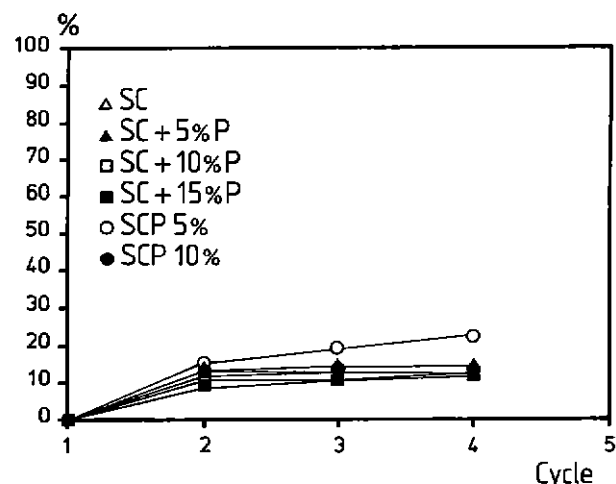


FIG 6. — Development of beta polymorphic form crystals during the temperature cycling of the selectively hydrogenated oils — (*Développement de cristaux de type bêta polymorphe pendant le cyclage à températures différentes des huiles hydrogénées sélectivement*)

oil Both the canola samples hydrogenated after blending with palm oil developed no beta crystals. In the non-selectively hydrogenated oils there was marked development of beta form up to 65% at 5°C storage and 100% after 3 cycles. In each case increasing amounts of palm oil inhibited beta formation strongly but appreciable amounts still formed by the end of the test. In normal practice a level of 15% palm oil is probably sufficient to maintain beta prime stability.

Demam and Oh [7] have recently examined the crystallinity of palm stearins prepared in various ways. Crystallisation of the palm oil at 23°C or 30°C for 18 hours without agitation produced stearins in the beta prime polymorphic form, while crystallisation at 30°C for 18 hours with stirring produced a stearin in the beta form. During storage at room temperature for 12 days the stearins were stable, but storage overnight at 40 or 45°C induced a change into the most stable beta form.

### 3. — Quality during transport

Most palm oil products from Malaysia are fully refined, and leave the factory in a ready to use state. However

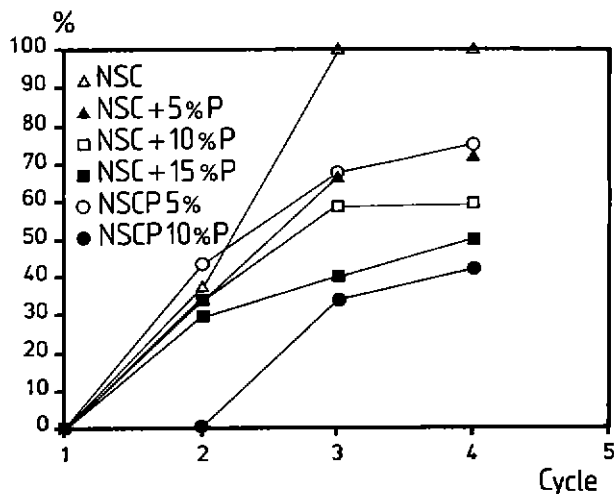


FIG 7. — Development of beta polymorphic crystals during the temperature of the nonselectively hydrogenated oils — (*Développement de cristaux de type bêta polymorphe pendant le cyclage à températures différentes des huiles hydrogénées non-sélectivement*)

transport over several thousand miles usually results in some quality changes, even when the most careful procedures are observed.

Dr B. A. Elias [8] has recently reported the effect on quality of palm olein fully protected by sparging with Nitrogen during transfer into ships tanks, replenishing nitrogen cover during the voyage, and sparging again at discharge and subsequent handling into land transport. The quality of nitrogen was 99.9% pure (minimum), containing below 10 ppm oxygen and moisture, and the gas volume used during sparging was 10% of the oil volume.

The results of two separate shippings of 1,000 tons from Malaysia to USA West Coast were similar and the average analytical data are summarised in table VII.

TABLE VII. — Effect of nitrogen protection during transport

Free fatty acids (oleic acid %) Peroxide value (me g/Kg)

Sample	N	Air	N	Air
LP	0.04	0.05	0.45	0.59
AP	0.04	0.11	0.57	2.72
PT	0.05	0.13	1.19	5.02
PRY	0.06	0.21	1.40	6.90

LP = Loading Port  
AP = Arrival Port

PT = At Plant by Truck  
PRY = At Plant by Raitank car

The peroxide value increase during the sea voyage was very well controlled by N treatment, while subsequent increase was very small. Without protection the oxidation was quite significant.

The results for free fatty acids are of great interest. Unexpectedly, the Nitrogen protection also completely inhibited hydrolysis, which was small but significant in the unprotected loads. This effect may be because of a reduction in moisture due to the passage of the dry gas through the warm oil.

Nitrogen protected deliveries are commercially available from Malaysia.

Two exciting projects at PORIM have reached an advanced stage on pilot plant.

#### 4. — Palm diesel pilot plant

A pilot plant for the conversion of crude palm oil into methyl esters has been commissioned since September 1985 and has been operational since then [9]. It has a capacity of producing 3,000 tonnes of methyl esters per year. The pilot plant process consists of two steps :

a - esterification of the free fatty acids present into methyl esters and ;

b - transesterification of the neutral glyceride mixture directly into methyl esters. The plant can treat crude palm oil with FFA content up to 30 %. The novel aspect of the process is the esterification stage where solid acid catalysts are employed. These catalysts have been discovered to be sodium hydrogen sulphate, potassium hydrogen sulphate, ammonium hydrogen sulphate and sulphonated ion-exchange resins. The esters and glycerol are separated in the presence of methanol according to the process flow diagram as in figure 8. The conversion of crude palm oil into methyl esters can be run continuously with complete automation. The process is also applicable to crude palm stearin and crude palm kernel oil.

#### 5. — Vitamin E Pilot plant

The main refining process used in Malaysia is the physical refining process in which the fatty acids are removed by

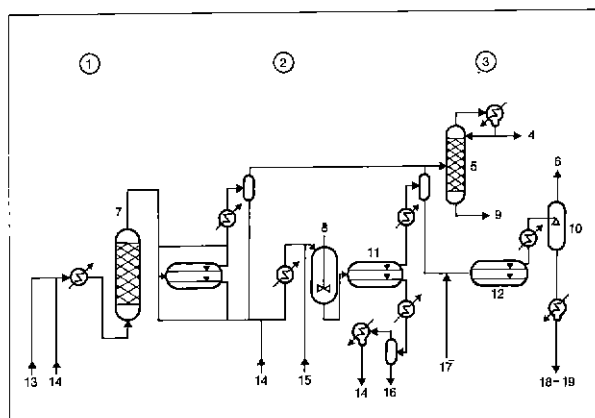


FIG 8. — Palm diesel pilot plant — (Unité pilote pour la production de gasoil à partir de l'huile de palme)

- 1 Esterification
- 2 Transestérification
- 3 Methanol and methyl ester purification — (Purification du méthanol et des esters méthyliques)
- 4 Pure methanol — (Méthanol pur)
- 5 Methanol rectification column — (Colonne de rectification du méthanol)
- 6 Vacuum — (Vide)
- 7 Esterification reactor — (Réacteur d'estérification)
- 8 Transesterification reactor — (Réacteur de transestérification)
- 9 Residue — (Résidus)
- 10 Drier — (Séchoir)
- 11 Ester/glycerol separator — (Séparateur esters/glycérol)
- 12 Ester/water separator — (Séparateur esters/eau)
- 13 CPO — (HPB - Huile de Palme Brute)
- 14 Methanol
- 15 Catalyst — (Catalyseur)
- 16 Glycerol
- 17 Water — (Eau)
- 18 Methyl ester — (Ester méthylique)
- 19 Palm Diesel — (Gasoil de palme).

distillation in the deodoriser. Part of the Vitamin E group of substances is found in the distillate, whose composition is summarised in table VIII.

TABLE VIII. — % Composition of Palm Fatty Acid Distillate (PFAD)

Free fatty acids	81.7
Glycerides	14.4
Sterols	0.34
Hydrocarbons	1.47
Vitamin E group	0.48
Others	1.6

The composition of the Vitamin E group when concentrated from the PFAD is given in table IX.

TABLE IX. — Composition of vitamine E concentrate

15-20 %	Tocopherol
12-15 %	Tocotrienol
35-40 %	Tocotrienol
25-30 %	Tocotrienol

Figure 9 gives a flow diagram for the pilot plant production of the concentrate [9].

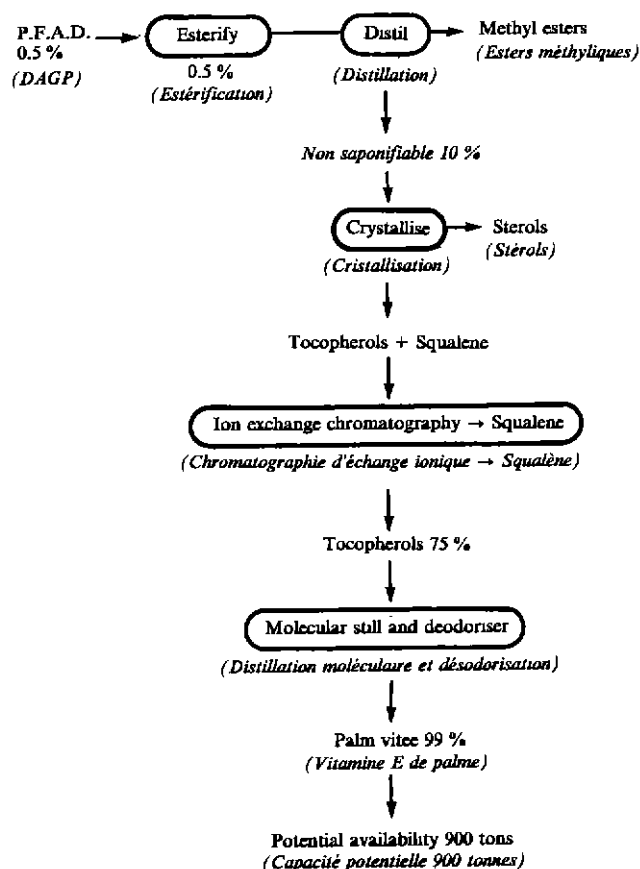


FIG. 9. — Vitamin E flow sheet — (Schéma de principe de la production de vitamine E)

TABLE X. — Effects of palm Tocol concentrate on serum cholesterol levels in humans — (*Effets du concentré de Tocol de palme sur les taux de cholestérol dans le sérum chez l'homme*)

Researcher (Chercheur)	Number of subjects (Nombre de sujets)	Dose (mg) (Dose)	Duration (weeks) (Durée (semaines))	Mean serum cholesterol mg/dl (Cholestérol moyen dans le sérum)	Mean Reduction % (Réduction moyenne)
D. Tan, Malaysia	9	200	4	231	19
D. Tan, Malaysia	22	200	4	258	14
T. Westermark, Finland	6	235	1	234	5
A. Querishi, USA	11	200	4	293	12

The figures in brackets indicate the concentration at each stage.

Fatty acids and glycerides are converted to methyl esters and removed by distillation. Subsequent purification of the crude mixture consists of crystallisation during which sterols are separated followed by ion-exchange chromatography in which tocopherols and tocotrienols are separated from squalene. After this stage, palm vitee is washed, dried and purified by molecular distillation.

The plant is capable of producing vitamin E with the following results :

Purity : 95-99 %

Overall yield : 65 %.

Production : 5-6 Kg/batch.

#### Application of the concentrate

Nutritional studies have shown in several animal models e.g. chickens, quails and swine, that the tocotrienols have exhibited a hypocholesterolemic effect by reducing the activity of Beta-hydroxy-Beta-methylglutaryl coenzyme A (HMG-CoA) reductase, thus suppressing the synthesis of cholesterol in the liver.

The initial results in animals were obtained with tocotrienol isolated from barley. The work has now been extended with the palm oil concentrate and reductions in blood cholesterol levels have also been demonstrated in human volunteers [10, a, b, c]. The results are summarised in table X.

These effects are not given by the tocopherols, with a saturated side chain.

#### REFERENCES

- [1] Evaluation of shortenings bases on various palm oil products. Nor AINI IDRIS, K. G. BERGER, Augustine S. H. ONG (1989) *J Sci Food Agri*, **46**, 481-493
- [2] Evaluation of palm-butterfat blends as shortenings. Nor AINI IDRIS & The Maimon Chetta (1987) PORIM Research Report PO 122-87
- [3] K. G. BERGER (1986) — Palm oil products — Why and how to use them. *Fette Seifen Anstrichm*, **88**, 250-258
- [4] Y. K. TEAH & F. CHOH (1986). — PORIM Annual Research Report. Vol. 2, 328-329, **62**, 408-410
- [5] M. L. DUNS. — Palm oil in margarine & shortenings (1985) *Oil Chem Soc.*
- [6] P. H. YAP, J. M. DEMAN and L. DEMAN (1989). — Polymorphic stabilities of hydrogenated canola oil as affected by addition of palm oil. *Oil Chem. Soc.*, **66**.
- [7] F. C. H. OH, J. M. DEMAN and L. DEMAN — X ray diffraction analysis of products obtained by dry fractionation of palm oil (Submitters for publication)
- [8] B. A. ELIAS (1990). — Quality preservation during transportation. Palm Oil Developments, N° 12, 1-8. Palm Oil Research Institute of Malaysia P. O. Box 10620, 50720 Kuala Lumpur, Malaysia.
- [9] A. SH. ONG, A. M. HALIM, Y. BASIRON, Y. M. CHOO, A. GAPOR (1989). — In Proceeding of Symposium « New Development in Palm Oil » Dec 19, Society of Chemical Industry (To be published) Palm Vitamin E and Palm Diesel Pilot Plants.
- [10] PORIM international conference on oil palm developments. Kuala Lumpur, Dec 1989.
  - a) Studies on hypocholesterolemic effect of palm oil vitamin E. D. T. S. TAN and H. T. KHOR, Abstract N° 12
  - b) Supplementation of palm oil vitamin E in human healthy adults. Experimentation and theoretical implications. T. Westermarck *et al* Abstract N° 14.
  - c) Lowering of serum cholesterol in hypercholesterolemic humans by palm VITEE. A. A. Qureshi *et al* Abstract N° 18.
- [11] PORIM international conference on oil palm developments. Kuala Lumpur Dec. 1989
  - a) Research on the Use of Bamowls (*Tyto Alba*) for Biological control of rats in oil palm plantations. 1986-1989. C. M. SMAL Abstract A34
  - b) Predictive modelling of rat populations in relation to use of rodenticides or predators for control. C. M. SMAL, A. H. HALIM, M. Din Amaruddin. PORIM occasional paper N° 25, P. O. Box 10620 50720 Kuala Lumpur, Malaysia
  - c) A guide to the Planter in Utilizing Bamowls. (*Tyto Alba*) as an effective biological control of rats in mature oil palm plantations. J. E. DRIDSETT, S. KARUPPIAH. Abstract A35

## RÉSUMÉ

**L'évolution récente de l'huile de palme.**

K. G. BERGER, *Oléagineux*, 1990, 45, N° 10, p. 437-447.

Plusieurs thèmes d'intérêt pratique ont été choisis :

1 - A l'occasion d'une étude approfondie aux Pays-Bas sur la nutrition humaine, de nombreux produits alimentaires de consommation courante ont été reformulés de façon à contenir un maximum d'huile de palme. Les fabricants et les consommateurs ont bien apprécié la qualité des produits. Les « shortenings » pour pâtisserie ont été optimisés par l'utilisation de l'huile de palme. Les mélanges huile de palme/graisse de beurre présentent certains avantages pour la fabrication de biscuits. L'interesterification de différentes fractions d'huile de palme et de palmiste fournit des éléments de base pour la production de margarines. 2 - Les travaux récents sur le processus de cristallisation de l'huile de palme seront décrits. 3 - L'évolution de la qualité de l'huile de palme au cours de son transport a été contrôlée de façon analytique et une méthode sera décrite pour la réduire au minimum. 4 - Le PORIM a construit des unités pilotes destinées à la préparation de gasole à partir d'huile de palme et à la récupération de la vitamine E et de ses dérivés à partir des distillats de palme. Les résultats seront discutés.

## RESUMEN

**Evolución reciente del aceite de palma.**

K. G. BERGER, *Oléagineux*, 1990, 45, N° 10, p. 437-447.

En este simposio se escogieron varios temas de interés práctico :

1 - En un estudio realizado en profundidad en los Países Bajos sobre la nutrición humana, muchos productos alimenticios de consumo común se presentaron con una nueva formulación, de tal modo que su contenido de aceite de palma sea lo más alto posible. Los fabricantes y los consumidores han apreciado la calidad de los productos. Los « shortenings » para pastelería se optimizaron con el uso de aceite de palma. Las mezclas de aceite de palma con grasa láctea ofrecen ciertas ventajas para la fabricación de galletas. La interesterificación de diversas fracciones de aceite de palma y de palmiste proporciona elementos básicos para la producción de margarinas. 2 - Los recientes trabajos sobre el proceso de cristalización del aceite de palma se describirán. 3 - Se hizo un control analítico de la evolución de la calidad del aceite de palma durante su transporte, y se describirá un método para reducirla al mínimo. 4 - El PORIM construyó unidades pilotas de preparación de fuel-oil a partir del aceite de palma, y de recuperación de la vitamina E y de sus derivados a partir de productos de destilación del aceite de palma. Los resultados se discutirán.

## L'évolution récente de l'huile de palme

K. G. BERGER

J'ai choisi quelques thèmes actuels, d'un intérêt pratique.

### 1. — Applications alimentaires.

1.1. — Quelques informations intéressantes sur les caractéristiques des aliments contenant de l'huile de palme ont été obtenues au cours d'un projet nutritionnel réalisé récemment en Hollande. 40 volontaires ont reçu des produits alimentaires correspondant à un régime normal.

Les produits ont été obtenus dans un supermarché, ou étaient identiques en apparence, mais comportaient une teneur élevée en huile de palme. Les volontaires ne savaient pas lequel des deux types de produits ils consommaient. Tous les produits étaient acceptables et aucun des volontaires n'était capable de distinguer entre les produits expérimentaux et les produits standard.

Le tableau I donne les formulations des types de margarines et de graisses de frites utilisés.

TABLEAU I. — Les graisses utilisées dans l'essai nutritionnel

	Margarine de cuisine	Margarine tartinable	Margarine pour pâtisserie	Graisse de friture
Huile de palme	70	60	65	90
Huile de palme (fraction solide) (45)	12,5		10	10
Huile de colza	17,5	40	10	
Huile de coco			15	

D'autres produits alimentaires, dans lesquels l'huile de palme remplace la totalité ou une partie de la graisse normale sont donnés dans la liste ci-dessous

Crème glacée (6,15 % de matière grasse).  
Fromage fondu.  
Bifteck haché.  
Croquettes de viande.  
Beignets de poulet.  
Lait au chocolat.  
Crème anglaise au chocolat (2,7 % de matière grasse)  
Crème anglaise à la vanille (2,5 % de matière grasse)

Quelques-uns des fabricants de produits alimentaires qui ont collaboré à cette expérience en produisant les échantillons utilisés, ont continué par la suite, à utiliser de l'huile de palme dans leurs préparations normales.

1.2. — Des recherches sur les shortenings pour pâtisserie sont presque terminées ; une communication publiée en 1989 fait état de la méthodologie utilisée. Nous avons évalué les différents shortenings en réalisant des essais standard de pâtisserie [1]. Le shortening du commerce présentant les meilleures performances a été choisi comme référence, ou témoin. Une graisse expérimentale et une graisse standard ont généralement été utilisées côte à côte dans les essais de pâtisserie. Quatre gâteaux ont été préparés avec chaque graisse afin de faire des mesures. Les gâteaux ont été jugés selon des critères traditionnels de volume et de diverses caractéristiques de texture et de saveur.

Les graisses ont été texturisées dans une unité pilote Schroder Kombinator. La recette de gâteau utilisée était du type « gâteau de Savoie », ayant une teneur en matière grasse relativement basse, afin de rendre l'essai plus sensible aux caractéristiques d'aération de la graisse.

Une comparaison des gâteaux fait avec le shortening du commerce est donnée dans le tableau II. Dans chaque cas, le résultat est exprimé en termes d'un rapport des volumes entre le gâteau expérimental et le gâteau de référence.

Un résultat intéressant et reproductible est que, dans les cas où l'huile de colza, de soja et de coton sont comparées en tant que composant liquide des shortenings, le mélange comportant de l'huile de colza donne toujours un gâteau légèrement meilleur.

1.3. — Un nombre d'expériences ont été réalisées utilisant des mélanges à base d'huile de palme et à base de graisse de beurre comme shortening pour les biscuits [2].

Des biscuits sablés ont été préparés utilisant de l'huile de palme, de la graisse de beurre et un mélange comportant des quantités



égales des deux matières grasses. Tous les biscuits avaient de bonnes qualités gustatives. Un groupe de dégustateurs a préféré le goût du mélange d'huile de palme et de grasse de beurre.

Des résultats comparables ont été obtenus avec un mélange de 40 % de stéarine de palme et de 60 % d'un produit plus liquide obtenu à partir d'un procédé industriel destiné au fractionnement de la grasse de beurre.

La détermination des teneurs en solides montre que les mélanges de grasse de beurre et d'huile de palme forment un eutectique à une teneur en huile de palme d'environ 60 % (Fig. 1). Cette réaction eutectique est semblable à celle observée avec certains mélanges d'huile de palme et d'huile de palmiste.

1.4. — Des formulations générales de divers types de margarines ont été publiées [3]. Le tableau III les résume. Depuis, des formulations spécifiques de margarines de table ont été développées en collaboration avec les instituts nationaux de nombreux pays.

TABLEAU III. — Formulations de margarines contenant de l'huile de palme

	1	2	3	4	5	6	7	8
Huile de palme			50	30	30		40	50
Stéarine de palme (50 C)	60	40		5		50		
Huile de palme, fraction concrète (42-44 C)					20		40	50
Oléine de palme						20		
Huile de palmiste	40						15	
Oléine de palmiste								
Huile de soja, fraction concrète (62 C)							15	
Huile végétale liquide	60	50	65	50			20	

N° 1-4 Margarines de table

N° 1 + 2 Pour interestérification

N° 5 Pâte à tartiner allégée (40 % de matière grasse)

N° 6 Margarine universelle pour pâtisserie

N° 7 Pâtisseries danoises

N° 8 Pâte feuilletée.

Le tableau IV montre la formulation avec interestérification développée en collaboration avec l'Institut de recherches de Magdebourg, RDA.

Le tableau V montre les caractéristiques d'autres mélanges interestérifiés qui conviennent à la fabrication de margarines.

Plus récemment, le PORIM a préparé des échantillons spécifiques à l'échelle pilote pour la Bulgarie, la Turquie et le Japon dans le cadre d'un programme permanent.

## 2. — Cristallisation de l'huile de palme.

L'huile de palme a tendance à se cristalliser lentement. La façon la plus simple de visualiser cette tendance est de comparer les courbes de refroidissement de l'huile de palme avant et après interestérification (Fig. 2). Les résultats indiquent que ce comportement est directement lié à la configuration naturelle des triglycérides. Un autre élément lié à ce comportement, bien que dans une plus faible mesure, est la teneur de l'huile de palme en diglycérides, qui s'élève normalement à 5 % environ.

L'effet de cette cristallisation lente sur les shortenings ou les mélanges de margarine ayant une teneur élevée en huile de palme est de rendre le produit plutôt mou après transformation conventionnelle, ce qui crée des problèmes de conditionnement. De plus, une cristallisation ultérieure risque de donner une texture plus dure que celle recherchée. Monsieur F. C. H. Oh du PORIM a montré, à l'échelle pilote, qu'une alimentation moins rapide au niveau du procédé de type Votator donne de bien meilleurs résultats [4].

Les résultats sont donnés dans le tableau VI. L'alimentation moins rapide assure une augmentation importante du brassage de la masse en voie de cristallisation et une extraction plus efficace de la chaleur. La teneur en solides du produit est plus élevée. Celui-ci change moins en cours de stockage et reste bien plus mou. On observe la présence d'un plus grand nombre de cristaux, mais d'une

taille réduite, ayant moins de liaisons croisées, d'où une rigidité moins importante. L'aspect rhéologique est confirmé en microscopie.

TABLEAU VI. — Les paramètres de texture-transformation d'une unité pilote, et les caractéristiques du produit fini

Vitesse d'alimentation kg/h	28	55
Température à la sortie des refroidisseurs °C	12	14
Température finale	19	20
Contre-pression kg/cm	5,5	3,2
Teneur en solides 20 °C		
4 jours	32	27
9 jours	33	30
16 jours	33	31
24 jours	33	31
Rendement à 20 °C g/cm (par pénétrométrie)		
4 jours	800	1 100
9 jours	1 000	1 250
16 jours	1 200	1 450
24 jours	1 300	1 500

Ces travaux ont été étendus aux mélanges de type margarine contenant de l'huile de palme ou de la stéarine de palme. Les résultats sont comparables.

Le phénomène complexe de la cristallisation de l'huile de palme peut être essentiellement attribué aux solutions solides formées entre ses principales glycérides, mais les diglycérides présentes y participent également.

Il est évident que la croissance des cristaux, pendant le stockage et le malaxage, a lieu au cours de la phase solide pendant une période prolongée. Les liaisons croisées entre les agrégats sont plus nombreuses, d'où une rigidité plus importante.

Une augmentation de jusqu'à 30 % de la surface de refroidissement a été recommandée pour la transformation de l'huile de palme (M. L. Duns, 1985). Duns a montré les taux de cristallisation à 10 °C de certaines glycérides pures sous forme de solutions à 30 % dans de la trioléine (Fig. 3). La glycéride PEP se cristallise plus rapidement que la PPO, qui se cristallise plus rapidement que la POP. Ceci indique que, dans la pratique, l'hydrogénation partielle de l'huile de palme ou de l'oléine de palme améliore de façon significative leur comportement à la transformation.

L'effet d'une cristallisation lente sur la stabilité de l'oléine de palme a été discuté récemment par Timms. Plus de 2 millions de tonnes d'oléine de palme sont exportées annuellement par la Malaisie. Dans un climat tropical, l'oléine de palme reste limpide et les consommateurs, habitués aux huiles liquides plus insaturées, l'acceptent facilement. Par contre, même dans ces conditions, dans les supermarchés climatisés, l'oléine commence à devenir trouble sur les étalages des magasins. Le test de refroidissement de l'AOCS (5,5 heures à 0 °C) est clairement irréaliste dans le cas de ce produit. Un test utile est soit la durée de limpidité à 22 °C ou à 20 °C, soit la température à laquelle la limpidité est maintenue pendant 72 heures. Timms a montré qu'un dépôt se forme après une période de stockage de 2 semaines à 22 °C dans une oléine normale ayant un indice d'iode de 56,2. L'indice d'iode de la couche surnageante était de 57,0. Celle-ci est restée limpide pendant 30 jours à 22 °C. Au-delà de cette période, une cristallisation plus importante a été observée.

La désodorisation pendant de longues périodes, ou à des températures élevées provoque de petites modifications de la composition en acide trans et en triglycérides ayant un effet défavorable sur la stabilité à basse température. La stabilité à basse température peut être améliorée en rajoutant une petite quantité d'oxystéarine avec de la lécithine.

Une propriété très utile de l'huile de palme est sa tendance à se cristalliser dans sa forme polymorphe bêta prime. Des mélanges d'huile de palme avec de l'huile de colza partiellement hydrogénée,

ou d'autres huiles principalement d'une longueur de chaîne de 18 C, peuvent empêcher une cristallinité bêta indésirable.

Ce phénomène a été étudié par le Professeur Deman de l'Université de Guelph sur des mélanges modèles [6].

Un certain nombre de mélanges de graisses ont été préparés comportant de l'huile de canola hydrogénée mélangée avec de l'huile de palme (C + P) ou de l'huile de canola mélangée avec de l'huile de palme avant hydrogénation (CP). Les conditions de l'hydrogénation étaient soit sélectives (SC + P et SCP) afin de donner des teneurs élevées en acides trans, soit non-sélectives (NSC + P et NSCP) afin de donner des teneurs plus élevées en acide stéarique.

Après transformation, quelques échantillons ont été stockés à 5 °C pendant 56 jours. Les figures 4 et 5 montrent le développement des cristaux bêta, mesuré par diffraction des rayons X.

D'autres échantillons ont été analysés selon un cycle de températures, après cristallisation à 0 °C.

- Cycle 1 : 5 °C pendant 1 journée
- Cycle 2 : 20 °C pendant 2 jours  
5 °C pendant une journée
- Cycle 3 : 20 °C pendant 2 jours  
5 °C pendant 1 journée
- Cycle 4 : 20 °C pendant 2 jours  
5 °C pendant 1 journée.

Ce cyclage exagère sensiblement l'effet des changements de température.

Les figures 6 et 7 montrent le développement des cristaux bêta au sein des échantillons hydrogénés sélectivement ou non sélectivement.

On a conclu que les échantillons sélectivement hydrogénés ne présentent pas une forte tendance vers le développement de cristaux bêta au cours du cyclage et que l'adjonction d'huile de palme avait donc peu d'effet. Au cours d'un stockage à une température constante de 5 °C, il y avait un développement modéré de type bêta, inhibé par une adjonction de 5-10 % d'huile de palme et bloqué à 15 % d'huile de palme. Les deux échantillons d'huile de canola hydrogénés après avoir été mélangés avec de l'huile de palme sont restés sans cristaux bêta. Un développement important de cristaux bêta s'élevant à 65 % a été observé dans les huiles non sélectivement hydrogénées stockées à 5 °C, atteignant 100 % après trois cycles. Dans chaque cas, des apports d'huile de palme à des taux accroissants inhibaient fortement la formation de cristaux bêta, mais des quantités non négligeables étaient tout de même observées à la fin de l'essai. Dans des conditions normales, un taux d'huile de palme de 15 % est probablement suffisant pour maintenir la stabilité bêta prime.

Deman et Oh [7] ont examiné récemment la cristallinité des stéarines de palme préparées de diverses façons. La cristallisation de l'huile de palme à 23 °C ou à 30 °C pendant 18 heures sans agitation donne des stéarines de type polymorphes de type bêta prime, tandis que la cristallisation à 30 °C pendant 18 heures avec agitation donne des stéarines. Les stéarines restent stables pendant un stockage à température ambiante de 12 jours, mais le stockage d'une nuit à 40 ou 45 °C provoque une modification pour donner la forme bêta le plus stable.

### 3. — La qualité pendant le transport.

La plupart des produits à base d'huile de palme provenant de la Malaisie sont entièrement raffinés et quittent l'usine sous forme directement utilisable. Par contre, l'acheminement des produits sur des milliers de kilomètres provoque normalement quelques changements en ce qui concerne la qualité, même si un maximum de soins est garanti.

Le Dr B A Elias [8] a fait état récemment des effets subis par de l'oléine de palme entièrement protégée en l'aspergeant avec de l'azote au moment du transfert vers les citernes des navires, l'azote étant renouvelé dans les soutes au cours du voyage, et en l'aspergeant de nouveau au moment du transfert vers le mode de transport terrestre. La pureté de l'azote était de 99,9 % (au moins), ayant une teneur en oxygène et en eau de moins de 10 ppm ; le volume de gaz utilisé au cours de l'aspersion était de 10 % du volume de l'huile.

Les résultats obtenus pendant deux expéditions maritimes séparées de 1 000 tonnes chacune depuis la Malaisie jusqu'à la côte ouest des Etats-Unis étaient comparables et les données moyennes analytiques sont récapitulées dans le tableau VII.

L'augmentation de l'indice de peroxyde pendant le trajet maritime est très bien contrôlée par le traitement à l'azote, et les augmentations ultérieures sont minimes. Sans protection, l'oxydation est assez significative.

Les résultats relatifs aux acides gras libres sont très intéressants. Contrairement à ce que l'on attendait, la protection de l'azote inhibait totalement l'hydrolyse, qui était peu importante mais,

TABLEAU VII. — Effet de la protection par azote pendant le transport

Echantillon	Acides gras libres (% acide oléique)		Indice de peroxyde (még g/kg)	
	N	Air	N	Air
PE	0,04	0,05	0,45	0,59
PA	0,04	0,11	0,57	2,72
UC	0,05	0,13	1,19	5,02
UTC	0,06	0,21	1,40	6,90

PE = Port d'Embarquement  
PA = Port d'Arrivée  
UC = à l'Usine, par Camion Citerne  
UTC = à l'Usine, par Train Citerne.

néanmoins, significative dans les lots non protégés. Cet effet pourrait être dû à la réduction de la teneur en eau provoquée par le passage du gaz sec à travers l'huile tiède.

Les livraisons protégées à l'aide de l'azote sont commercialement disponibles en provenance de la Malaisie.

Deux projets d'un grand intérêt en cours au PORIM ont atteint la phase avancée dans une unité pilote.

### 4. — Unité pilote pour la production de gasoil à partir de l'huile de palme.

Une unité pilote conçue pour la transformation d'huile de palme brute en esters méthyliques a été mise en marche en septembre 1985 et fonctionne depuis cette date. Sa capacité de production est de 3 000 tonnes d'esters méthyliques par an. Le procédé en unité pilote comporte deux stades :

a — l'estérification des acides gras libres présents en esters méthyliques, et,

b — la transestérification directe du mélange glycéride neutre en esters méthyliques. L'unité est capable de transformer l'huile de palme ayant une teneur en AGL de jusqu'à 30 %. L'originalité du procédé est l'estérification où l'on utilise des catalyseurs acides solides. Ces catalyseurs s'avèrent être l'acide sulfurique de soude, l'acide sulfurique de potassium, l'acide sulfurique d'ammonium, et des résines d'échange d'ions sulfonées. Les esters et le glycérol sont séparés en présence de méthanol, selon le schéma du procédé de la figure 8. La transformation de l'huile de palme brute en esters méthyliques peut se réaliser en continu avec une automatisation totale. Ce procédé est valable également pour la stéarine de palme brute et l'huile de palmiste brute.

### 5. — Unité pilote vitamine E.

Le procédé de raffinage le plus courant en Malaisie est le raffinage physique, où les acides gras sont enlevés par distillation dans le dispositif de désodorisation. Une partie du groupe de substances Vitamine E se trouve dans le distillat, dont la composition est résumée dans le tableau VIII.

TABLEAU VIII. — Composition du distillat des acides gras de l'huile de palme (DAGP) (%)

Acides gras libres	81,7
Glycérides	14,4
Stérols	0,34
Hydrocarbures	1,47
Groupe vitamine E	0,48
Autres	1,60

La composition du groupe vitamine E, concentré à partir du DAGP, est donnée dans le tableau IX.

TABLEAU IX. — Composition de la vitamine E concentrée

15-20 %	Tocophérol
12-15 %	Tocotriénol
35-40 %	Tocotriénol
25-30 %	Tocotriénol

La figure 9 montre le schéma de principe de l'unité pilote pour la production du concentré [9].

Les chiffres entre parenthèses indiquent la concentration à chaque étape du procédé.

Les acides gras et les glycérides sont transformés en esters méthyliques et prélevés par distillation. La purification ultérieure du mélange brut comporte la cristallisation, au cours de laquelle les stérols sont séparés, suivie de la chromatographie à échange d'ions, au cours de laquelle les tocophérols et les tocotriénols sont séparés

de la squalène. Par la suite, la vitamine E de palme est lavée, séchée et purifiée par distillation moléculaire.

La production de vitamine E de l'unité a les caractéristiques suivantes :

Pureté : 95-99 %  
Rendement global : 65 %  
Production : 5-6 kg/lot.

#### Utilisations du concentré

Des études nutritionnelles sur divers modèles d'animaux, par exemple le poulet, la caille et le cochon ont montré que les tocotriénols ont un effet hypocholestérolémique, en réduisant l'activité de la réductase coenzyme A (HMG-CoA) Béta-hydroxy-Béta-méthylglutaryl, supprimant ainsi la synthèse des cholestérols dans le foie.

Les premiers résultats chez les animaux ont été obtenus en utilisant du tocotriénol isolé à partir de l'orge ; ces travaux ont maintenant été étendus pour inclure le concentré de l'huile de palme et des réductions du taux de cholestérol sanguin ont également été observées chez des volontaires humains [10. a, b, c]. Les résultats sont récapitulés dans le tableau X.

Les tocophérols, qui possèdent une chaîne latérale saturée, ne donnent pas les mêmes résultats.

ATELIERS DE CONSTRUCTION  
DE **HERSTAL**  
société anonyme



**POMPES INDUSTRIELLES  
ET HYDROCYCLONES**  
pour LIQUIDES CHARGES et ABRASIFS

Nombreuses références dans :

- les huileries de palme
- le transport hydraulique des minerais
- les lavoirs à charbon
- les cimenteries

**RUE HAYENEUX 148  
B - 4400 — HERSTAL  
(BELGIQUE)**

Tél (041) 64 08 40 (3 l.)  
Télex : 42107 « erstal b »

