Facteurs influençant la qualité de l'avocat: Incidence du stade de développement et des conditions écologiques de production sur la composition en triglycérides de l'huile.

Y. LOZANO, Julie RATOVOHERY et E. GAYDOU*

FACTORS INFLUENCING AVOCADO QUALITY : EFFECT OF THE STAGE OF DEVELOPMENT AND ENVIRONMENTAL GROWING CONDITIONS ON THE TRIGLYCERIDE COMPOSITION OF THE OIL.

Y. LOZANO, Julie RATOVOHERY and E. GAYDOU.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 613-618.

ABSTRACT - The triglyceride composition of avocado oil varies with the stage of development of the fruit. Furthermore, for the same cultivar, the nature of the triglycerides that it contains depends on the agro-climatic zone, temperate or tropical climate, under which it has been grown. By using multidimensional analysis, ACP or AFD, applied to the results of CLHP analysis of the triglycerides, avocados from different geographical areas can be seen very clearly. The results given in this paper deal more particularly with avocados of the Lula variety from Corsica and Martinique.

FACTEURS INFLUENÇANT LA QUALITE DE L'AVOCAT : INCIDENCE DU STADE DE DEVELOPPEMENT ET DES CONDITIONS ECOLOGIQUES DE PRODUCTION SUR LA COMPOSITION EN TRIGLYCERIDES DE L'HUILE.

Y. LOZANO, Julie RATOVOHERY et E. GAYDOU.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p. 613-618.

RESUME - La composition en triglycérides de l'huile d'avocat varie en fonction du stade de développement du fruit. De plus, pour un même cultivar, la nature des triglycérides qu'elle renferme est dépendante de la zone agro-climatique, climat tempéré ou climat tropical, sous lequel le fruit a été produit. L'analyse multidimentionnelle, ACP ou AFD, appliquée aux résultats de l'analyse par CLHP des triglycérides permet de visualiser très nettement des fruits d'origine géographique différente. Les résultats présentés ici concernent plus particulièrement les fruits d'avocatiers var. Lula en provenance de Corse et de Martinique.

La composition en triglycérides de la fraction lipidique de la pulpe d'avocat varie en fonction du stade de développement physiologique du fruit sur l'arbre. Cette composition est une caractéristique du cultivar observé. Elle est aussi fortement affectée par les conditions agro-climatiques de la zone géographique où ce cultivar est produit.

Nous montrons dans ce document comment la nature des triglycérides présents dans l'huile d'avocat est étroitement liée au type de climat, méditerranéen ou tropical, sous lequel le fruit s'est développé. Nous mettons aussi en évidence comment, dans une moindre mesure, la composition centésimale en ces triglycérides peut varier d'une année sur l'autre lorsque le fruit est produit dans le même contexte géographique.

L'étude porte sur un ensemble de 94 fruits du cultivar Lula provenant de vergers situés sur nos stations expérimentales de recherche de Corse et de Martinique.

MATERIEL ET METHODES

Echantillonnage des fruits.

Un nombre important d'inflorescences sont marquées individuellement sur les arbres choisis au cours de deux campagnes successives de production fruitière. En effet, 5 p. 100 des fruits marqués à la floraison se sont maintenus sur l'arbre après la période de coulure. L'échantillonnage est effectué par prélèvement des fruits ainsi repérés, à des intervalles de temps de l'ordre du mois. Chaque prélèvement est appelé stade de développement des fruits. Le temps

* - Y. LOZANO et Julie RATOVOHERY - Laboratoire de Biochimie-Technologie des Produits végétaux tropicaux - IRFA/CIRAD, Domaine Saint Paul - 84140 MONTFAVET (France).

E. GAYDOU - Laboratoire de Phytochimie - Ecole supérieure de Chimie de Marseille - avenue de l'Escadrille Normandie-Niemen 13397 MARSEILLE CEDEX 13 (France).

Document présenté au Premier Congrès EUROLIPID, Angers 1989.

zéro, considéré comme le début du développement du fruit, est celui qui correspond à la date de nouaison des fruits.

Un lot de douze fruits en moyenne est cueilli. Il est adressé par fret aérien au laboratoire en métropole qui traite ces échantillons immédiatement. Le délai de transport toléré est de 48 h. Il est toujours respecté pour les lots retenus pour la compilation des résultats. Il a été vérifié que dans ces conditions de transport, la composition du fruit n'est pas affectée.

Préparation des échantillons.

La pulpe des fruits est lyophilisée. L'huile est extraite à l'hexane à reflux selon la norme AFNOR (1966).

Analyse des triglycérides.

Les triglycérides sont analysés à partir d'une aliquote des échantillons d'huile extraite qui est dissoute dans l'acétone à la concentration de 10 à 30 mg/ml. On utilise la chromatographie haute performance (CLHP) isocratique en phase inverse (RP-18, 5 μ m) avec le ternaire acétonitrile-acétone-THF (58-38-4, V/V/V) comme éluant (1,5 ml/min). La détection est effectuée par réfractométrie différentielle. Les autres conditions opératoires particulières ont été décrites par ailleurs (LOZANO, 1983).

Analyses statistiques.

Les résultats des compositions en triglycérides des échantillons sont exploités selon la méthode de l'analyse factorielle en coordonnées réduites centrées (FOUCART, 1982 ; LLINAS, 1982).

RESULTATS ET DISCUSSION

Composition en triglycérides.

L'analyse chromatographique a permis de quantifier une dizaine de triglycérides présents dans l'huile extraite des échantillons d'avocats collectés pour cette étude. L'huile des fruits arrivés à maturité physiologique contient dans des proportions variables les triglycérides suivants :

LLPo, LPPo, LLO, LLP+ LOPo, LOO, LOP+ OOPo, LPP+ OPPo, OOO, OOP, OPP.

Certains couples de triglycérides n'ayant pas été toujours bien séparés dans nos conditions d'analyse chromatographique de routine, nous les avons quantifiés ensemble.

La figure 1 met en évidence une différence très nette entre les chromatogrammes obtenus à partir de l'analyse d'huile extraite de fruits produits en zone tropicale et d'huile extraite de fruits produits en zone méditerranéenne.

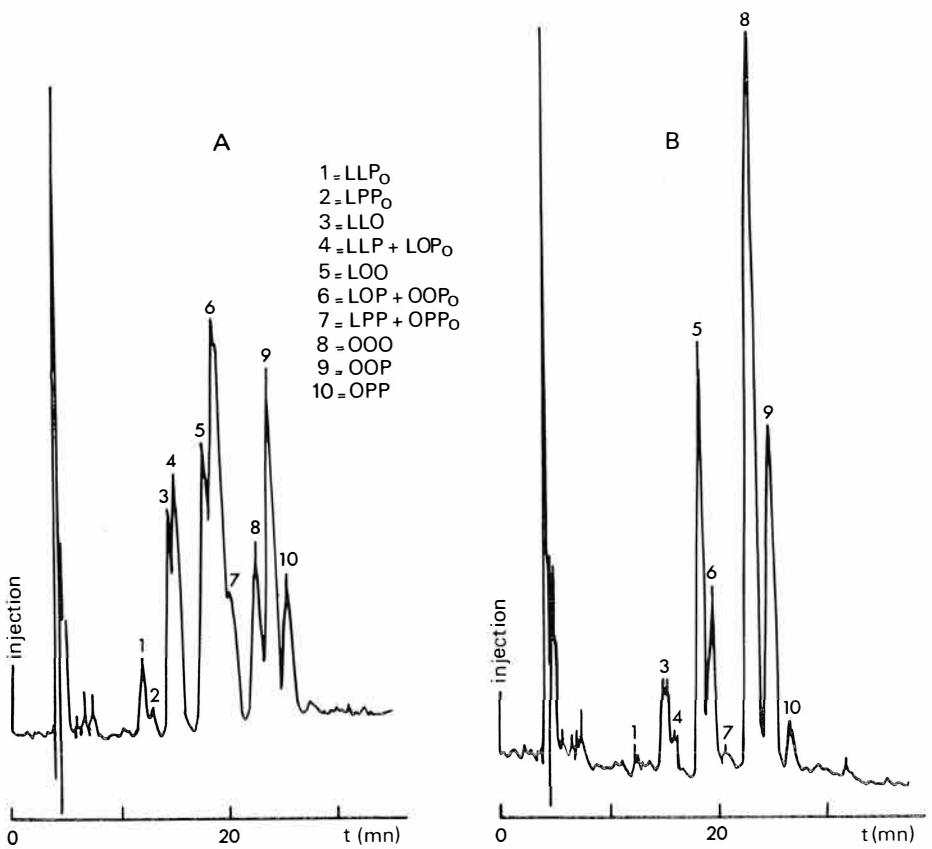

Figure 1 * CHROMATOGRAMMES HPLC D'HUILE D'AVOCAT (CULTIVAR LULA).
A = fruits produits en Martinique
B = fruits produits en Corse

Le chromatogramme relatif aux fruits produits en Martinique est bien plus complexe que celui relatif aux fruits du même cultivar Lula produit en Corse la même année. Trois massifs de trois pics chacun apparaissent dans le premier cas alors que deux massifs seulement de deux pics bien résolus caractérisent le second.

Sachant qu'en chromatographie en phase inverse, les triglycérides sont élués dans un ordre croissant fonction du nombre de répartition NP de la molécule tel que NP= NC-2(N>=<) (GOIFFON *et al.*, 1981 ; EL-HAMDY *et al.*, 1981 ; PODLAHA, 1982 ; PERRIN *et al.*, 1983 ; MORDRET, 1987), on peut dire que l'huile d'origine «climat tropical» contient davantage de triglycérides saturés, à longueur de chaîne équivalente, que l'huile d'origine «climat tempéré». En d'autres termes l'huile «tropicale», plus concrète, a tendance à se figer à des températures ambiantes de l'ordre de 15-20°C alors que celle d'origine «tempérée» reste encore assez fluide et s'apparente plus à une huile de type oléique.

Le tableau 1 montre avec plus de précision comment évolue l'équilibre des triglycérides dans l'huile en fonction du stade de développement des fruits du cultivar Lula produits en Corse et en Martinique.

On remarque que pour le cultivar Lula de Corse, la trioléine (OOO) est le composé majeur de la fraction triglycéridique de l'huile. Il va croissant au fur et à mesure que le fruit se développe. Il atteint le taux de 35 mg/100 mg d'huile à la maturité du fruit. Les autres triglycérides ont des taux qui n'évoluent que faiblement et restent en tout cas inférieurs à 13 mg/100 mg pour les deux triglycérides LOO et OOP, les plus importants après la trioléine. L'accumulation des triglycérides dans l'huile semble atteindre sa valeur maximale après 31 semaines de développement. Ils représentent alors 75 p. 100 de la masse d'huile extraite.

Par contre, dans le cas de fruits Lula de Martinique, l'évolution des triglycérides est nettement différente. La trioléine n'est plus le triglycéride le plus important dans l'huile. C'est le couple LOP + OOPo qui est majoritaire. De plus, tous les triglycérides majeurs (LOP + OOPo et OOP), intermédiaires (LOO, OPP, OOO, LLO, LLP + LOPo) et mineurs (LLPo, LPPo, LPP+ OPPo) présentent un accroissement plus ou moins important au fur et à mesure que le fruit se développe. Cet accroissement se stabilise à 31 semaines de développement. L'huile est alors composée de plus de 75-80 p. 100 de sa masse en triglycérides dont la composition reste constante pour les fruits restés sur l'arbre au-delà de ce stade de 31 semaines.

Comme le montre la figure 2 la composition en triglycérides de l'huile du cultivar Lula pour la deuxième campagne de Martinique est répartie de façon plus homogène entre l'ensemble des triglycérides identifiés. Pour les fruits de la première campagne arrivés à maturité, le couple de triglycérides majeurs représente 45 p. 100 de la masse d'huile et se répartit en 30 mg/100 mg pour (LOP+ OOPo) et 15 mg/100 mg pour OOP.

Ces résultats mettent clairement en relief l'impact des conditions agro-climatiques de culture sur la composition en triglycérides de l'huile issue des fruits appartenant à un même cultivar. Cet effet ne semble pas se traduire par une orientation préférentielle d'une synthèse lipidique vers la formation d'un seul type de triglycéride (OOO) à la suite d'un blocage, au cours du développement du fruit, des voies enzymatiques conduisant à la synthèse des autres triglycérides. Il pourrait s'agir d'une lipogénèse différente qui se serait mise en place à la suite d'une adaptation du cultivar au milieu écologique dans lequel il se trouve.

TABLEAU 1 - Répartition centésimale des triglycérides présents dans l'huile d'avocat en fonction de l'âge du fruit (p. 100).

	Semaine	LLPo	LPPo	LLO	LLP+ LOPo	LOO	LOP+ OOPo	LPP+ OPPo	OOO	OOP	OPP
A	20	1.44	0.89	5.99	4.27	17.88	14.16	2.58	28.61	21.77	4.22
	25	1.34	0.60	8.39	2.11	18.69	12.15	2.19	32.93	19.32	2.98
	31	0.64	0.30	5.77	1.15	16.95	9.68	1.38	42.40	19.56	2.63
	36	0.59	0.26	3.43	1.11	17.64	8.45	1.11	46.64	17.14	1.86
B	12	3.53	14.30	7.60	6.09	13.20	20.16	4.16	15.85	21.64	5.61
	16	2.81	1.81	9.77	12.31	13.24	19.98	nd	12.51	24.36	9.88
	20	2.35	0.75	7.68	9.10	13.55	24.16	7.17	9.37	19.07	8.31
	25	2.50	0.87	8.00	10.47	14.07	24.44	7.13	7.74	19.11	8.53
	31	1.49	0.87	5.00	9.72	7.69	38.24	7.81	7.81	19.87	9.76
	36	2.95	0.75	8.33	11.70	11.80	25.82	7.46	7.36	16.34	7.11
	39	1.84	nd	7.79	9.17	13.07	32.33	nd	9.30	18.83	7.67
C	14	9.59	66.36	10.75	nd	3.38	7.36	6.00	16.17	nd	nd
	18	3.34	4.84	7.52	8.66	13.02	19.62	5.43	13.73	19.60	6.47
	24	1.40	1.38	5.60	9.79	7.77	28.99	7.09	8.46	21.94	10.54
	26	1.14	0.78	5.58	7.17	11.83	28.83	nd	11.50	23.58	9.65
	28	1.28	0.78	6.18	8.79	11.86	30.66	nd	9.94	21.19	9.66
	33	1.07	0.56	5.85	8.26	9.51	34.21	nd	9.70	21.36	10.22
	36	1.50	0.60	6.70	9.71	9.26	34.80	nd	8.44	20.34	9.05

A : Lula Corse première campagne
B : Lula Martinique première campagne
C : Lula Martinique deuxième campagne.

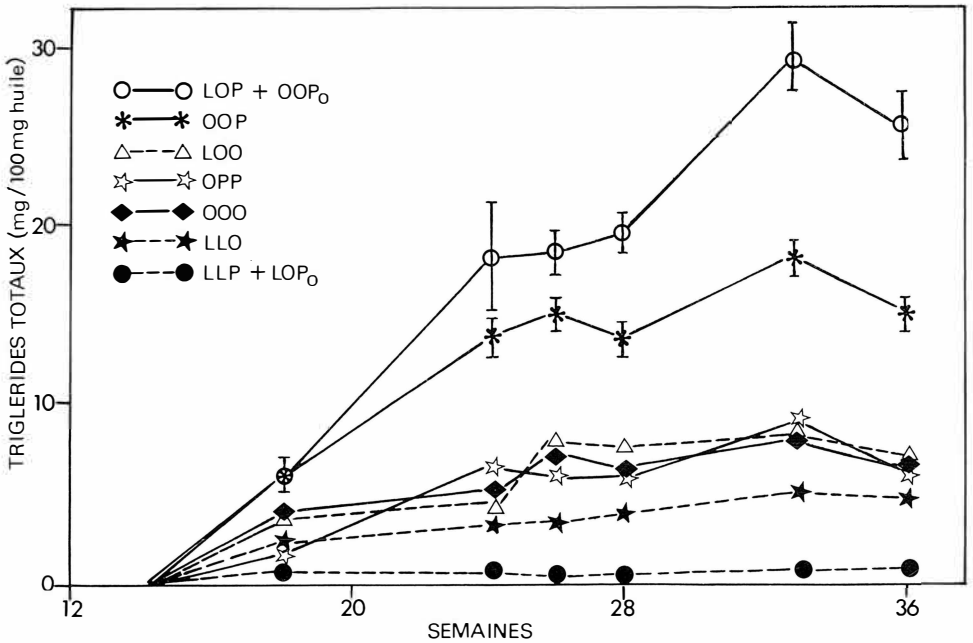

Figure 2 * EVOLUTION DES TRIGLYCERIDES DE L'HUILE D'AVOCAT LULA EN FONCTION DU STADE DE DEVELOPPEMENT DU FRUIT.

Analyse statistique factorielle.

Soumis au traitement statistique de l'analyse en composantes principales, les résultats des analyses de triglycérides des échantillons traités ont permis de mettre en évidence :

- une différenciation des stades de développement des fruits pour un même cultivar, pour une même campagne et pour une même zone agro-climatique de production (GAYDOU, *et al.*, 1987 ; RATOVOHERY *et al.*, 1988).

- une différenciation de l'ensemble des fruits issus d'un même cultivar en fonction de la zone agro-climatique de production, toutes autres caractéristiques confondues, comme le stade de développement du fruit de l'année de production.

Nous ne présenterons ici que les résultats relatifs au second point et illustrant fort bien ce qui a été dit plus haut sur la composition différente de l'huile produite par le cultivar Lula quand celui-ci est cultivé en Corse ou quand il est cultivé en Martinique.

Treize échantillons de Martinique et 38 échantillons de Corse pour la première campagne, 43 échantillons de Martinique, pour la deuxième campagne, ceux de Corse ayant subi les dégâts du gel sur plantation, ont été soumis à l'analyse factorielle en composantes principales.

TABLEAU 2 - Coefficients de corrélation entre les variables et les composantes principales pour le cultivar Lula produit en Corse et en Martinique.

Triglycérides	A C P				A F D	
	Composantes principales				Axes principaux	
	CP1	CP2	CP3	CP4	Axe 1	Axe 2
TGT	0.14	0.06	0.87	0.01	- 0.67	0.74
LLPo	0.46	0.77	- 0.11	- 0.14	- 0.64	0.77
LPPo	0.37	0.50	- 0.55	0.34	- 0.79	0.61
LLO	0.22	0.64	- 0.05	- 0.67	- 0.54	0.84
LPP+ LOPo	0.91	0.12	0.15	0.18	- 0.99	0.07
LOO	- 0.89	0.26	- 0.16	- 0.17	0.97	0.26
LOP+ OOPo	0.94	- 0.19	0.15	- 0.10	- 0.98	- 0.21
LPP+ OPPo	- 0.02	0.73	0.04	0.41	- 0.05	0.99
OOO	- 0.98	- 0.09	0.04	0.10	1.00	0.00
OOP	0.31	- 0.64	- 0.54	- 0.12	- 0.53	- 0.85
OPP	0.93	- 0.26	- 0.08	0.00	- 0.99	- 0.16
Valeurs propres	4.84	2.39	1.46	0.86		
pourcent	44.00	21.70	13.30	7.80	0.98	0.62
cumul	44.00	65.70	79.00	86.80		

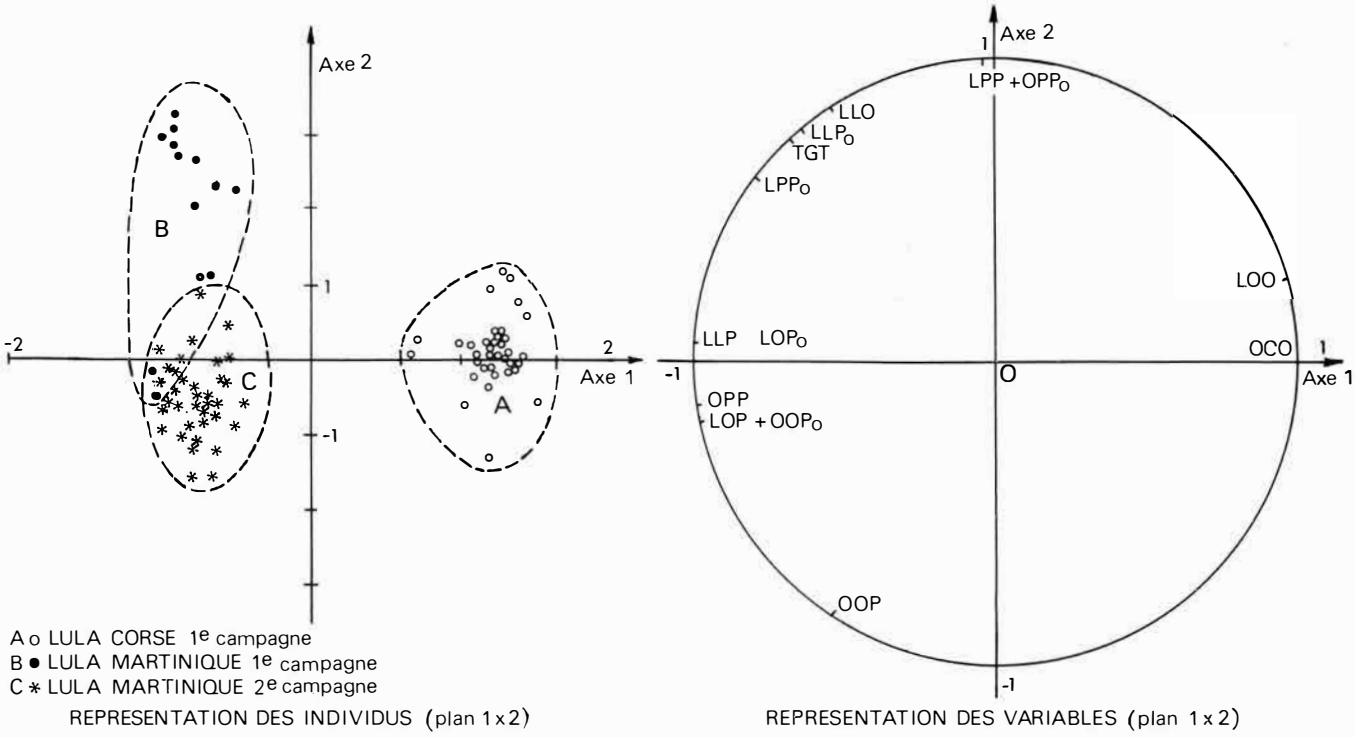

Figure 3 ∗ REPRESENTATION DE L'AFD APPLIQUEE A LA COMPOSITION EN TRIGLYCERIDES DE L'HUILE EXTRAITE DES ECHANTILLONS DE FRUITS DU CULTIVAR LULA AUX DIFFERENTS STADES PHYSIOLOGIQUES ETUDIES.

La matrice des corrélations entre les différentes variables (triglycérides) montre que les teneurs relatives aux trois couples de triglycérides (LOO/LOP + OOPo), (LOP+ OPPO/OOO), (OOO/OPP) sont fortement corrélées négativement entre elles. Par contre, une forte corrélation positive est observée entre les triglycérides LOP + OOPo, LLP + LOPo et OPP.

Les trois premières composantes principales véhiculent 79 p. 100 de l'information. La première composante principale est fortement corrélée avec les teneurs en LLP + LOPo (0.91) et LOP + OOPo (0.94). Elle est négativement corrélée avec les teneurs en OOO (-0.98) et LOO (-0.89), comme l'indique le tableau 2. Elle permet donc de différencier le groupe Lula de Corse (très riche en OOO) de celui de Martinique (très riche en LOP+ OOPo).

Ces 94 échantillons considérés sont ensuite répartis en trois groupes :

A : Lula Corse première campagne,
B : Lula Martinique première campagne,
C : Lula Martinique deuxième campagne.

L'analyse factorielle discriminante est alors appliquée à cet ensemble : 97 p. 100 des échantillons se retrouvent bien classés dans les trois groupes prédéfinis. Comme le montre la figure 3, la projection des points représentant les fruits sur le premier plan principal permet de différencier très nettement le groupe A des groupes B et C. Il illustre très bien l'effet du caractère «zone climatique de production» sur la composition de l'huile des fruits. C'est le premier axe, dont le pouvoir discriminant est de 0,98 qui permet de visualiser cette différence. Le deuxième axe permet de discerner entre les échantillons de la première et de la deuxième campagne avec un pouvoir discriminant de 0,62. Il illustre le fait que même les conditions locales agro-climatiques peuvent avoir une incidence sur la composition triglycéridique de l'huile de l'avocat.

CONCLUSION

La composition en triglycérides de l'huile extraite de fruits de l'avocatier reflète le passé physiologique du fruit. Elle est étroitement liée au stade de maturité du fruit. Elle varie quantitativement jusqu'à un certain stade de maturité du fruit pour atteindre un équilibre qui reste constant au-delà.

Cette composition peut être aussi utilisée comme un traceur caractéristique des conditions agro-climatiques de production de ce fruit. Elle varie alors qualitativement et quantitativement en reflétant l'adaptation physiologique du cultivar à l'environnement écologique où il se développe.

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier globalement nos collègues agronomes des stations IRFA/CIRAD et INRA de Corse et de Martinique à qui incombait la délicate tâche du repérage, de la cueillette et de l'expédition des fruits.

BIBLIOGRAPHIE

AFNOR. 1966.
Norme NF V 03-905.

EL-HAMY (A.H.) and PERKINS (E.G.). 1981.
J. of Amer. Oil Chem. Soc., 58 (1), 49-53.

EL-HAMY (A.H.) and PERKINS (E.G.). 1981.
J. of Amer. Oil Chem. Soc., 58 (9), 867-872.

FOUCART (T.). 1982.
Analyse factorielle - Programmation sur micro ordinateur.
Masson, Paris.

GAYDOU (E.M.), LOZANO (Y.F.) et RATOVOHERY (Julie). 1987.
Phytochemistry, 26 (6), 1595,1597.

GOIFFON (J.P.), REMINIAC (C.) et FURON (D.). 1981.
Rev. Fse Corps gras, 28 (5), 199-207.

LLINAS (J.R.). 1982.
Bibliothèque de programmes.
Centre de Calcul de l'Ecole supérieure de Chimie de Marseille.

LOZANO (Y.). 1983.
Rev. Fse Corps gras, 30 (9), 333-346.

PERRIN (J.L.) et NAUDET (M.). 1983.
Rev. Fse Corps gras, 30 (7/8), 279-285.

PODLAHA (O.) and TÖREGARD (B.). 1982.
J. of HRC & CC, 5 (10), 553-558.

MORDRET (F.), PREVOT (A.), PERRIN (J.-L.), COUSTILLE (J.-L.) et MORIN (O.). 1987.
Ann. Fals. Exp. Chim., 80 (854), 9-24.

RATOVOHERY (Julie), LOZANO (Y.F.) et GAYDOU (E.M.). 1988.
J. Agric. Food Chem., 36, 287-293.

QUALITÄTSBEDINGENDE FAKTOREN DER AVOCADOFRUCHT : EINFLUSS VON ENTWICKLUNGSSTADIUM UND ANBAUUMFELD AUF DIE BESCHAFFENHEIT DER ÖL-TRIGLYCERIDE.

Y. LOZANO, Julie RATOVOHERY und E. GAYDOU.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p.613-618.

KURZFASSUNG - Das Triglycerid-Aufkommen des Avocado-Öls schwankt je nach Entwicklungsstadium der Frucht. Ausserdem richtet sich - bei gleichem Cultivar - die Beschaffenheit der Öl-Triglyceride nach dem Klimatyp (gemässigtes bzw. tropisches Klima), in dem die Frucht gewachsen ist. Früchte unterschiedlichen geographischen Standorts lassen sich anhand der multidimensionalen Analyse (ACP bzw. AFD), bezogen auf die Ergebnisse der CLHP-Analyse, sehr schön orten. Die erläuterten Ergebnisse betreffen im besonderen Avocado-Früchte der Sorte var. Lula aus Korsika und Martinique.

FACTORES QUE INFLUYEN EN LA CALIDAD DEL AGUACATE : INCIDENCIA DEL ESTADIO DE DESARROLLO Y DE LAS CONDICIONES ECOLOGICAS DE PRODUCCION SOBRE LA COMPOSICION DE TRIGLICERIDOS DEL ACEITE.

Y. LOZANO, Julie RATOVOHERY y E. GAYDOU.

Fruits, Nov. 1989, vol. 44, n° 11, p.613-618.

RESUMEN - La composición en triglicéridos del aceite de aguacate varía en función del estadio de desarrollo del fruto. Además, para un mismo cultivar, la naturaleza de los triglicéridos que encierra es dependiente de la zona agro-climática, clima templado o clima tropical, en la que el fruto ha sido producido. El análisis multidimensional, ACP o AFD, aplicado a los resultados del análisis por CLHP de los triglicéridos, permite visualizar muy netamente frutos de origen geográfico diferente. Los resultados presentados aquí conciernen más particularmente los frutos de aguacates var. Lula procedentes de Córcega y de Martinica.