

## Rétention des arômes dans les poudres de fruits tropicaux obtenues dans un four à micro-ondes sous vide

R. HUET\*

RETENTION DES ARÔMES DANS LES POUDRES DE FRUITS TROPICAUX OBTENUES DANS UN FOUR A MICRO-ONDES SOUS VIDE

R. HUET (IFAC)

*Fruits*, mai 1974, vol. 29, n°5, p. 399-405.

RESUME - La réalisation pratique d'un équipement de séchage par micro-ondes sous vide a permis de procéder à des essais de dessiccation de jus d'ananas et de grenadille et de pâtes de banane. La réussite de l'opération exige l'obtention dans le four d'une mousse stable aux bulles de petit diamètre. On arrive à ce résultat par adjonction de saccharose et de maltodextrine à la matière première dont la teneur en matières sèches atteint ainsi 59°Brix. Cette haute teneur en adjuvant convient au procédé micro-ondes. Elle favorise la rétention des composés volatils odorants en ralentissant leur transfert dans la phase liquide par rapport au transfert des molécules d'eau. On vérifie que le taux de rétention des composés volatils est fonction de la taille de la molécule. Pour un composé volatil donné le taux de rétention diminue quand sa concentration augmente.

La dessiccation de denrées alimentaires thermosensibles se pratique le plus souvent sous vide, l'énergie nécessaire à la vaporisation des molécules d'eau étant apportée principalement sous forme de chaleur radiante. Depuis 1960 on a recherché des sources de chaleur assurant un meilleur transfert. Les radiations infrarouges n'ont pas donné de bons résultats avec les denrées alimentaires; par contre, le chauffage diélectrique a suscité des développements intéressants. Rappelons-en le principe (6). Quand une substance organique humide est placée dans un champ électrique alternatif, les molécules d'eau assimilables à de petits dipôles vont entrer en rotation ou s'aligner dans le champ. Des pertes d'énergie apparaissent sous forme de chaleur au cours de cette orientation. Or les pertes diélectriques des molécules d'eau dans un champ hyperfréquentiel sont beaucoup plus élevées que celles des autres molécules dipolaires. La

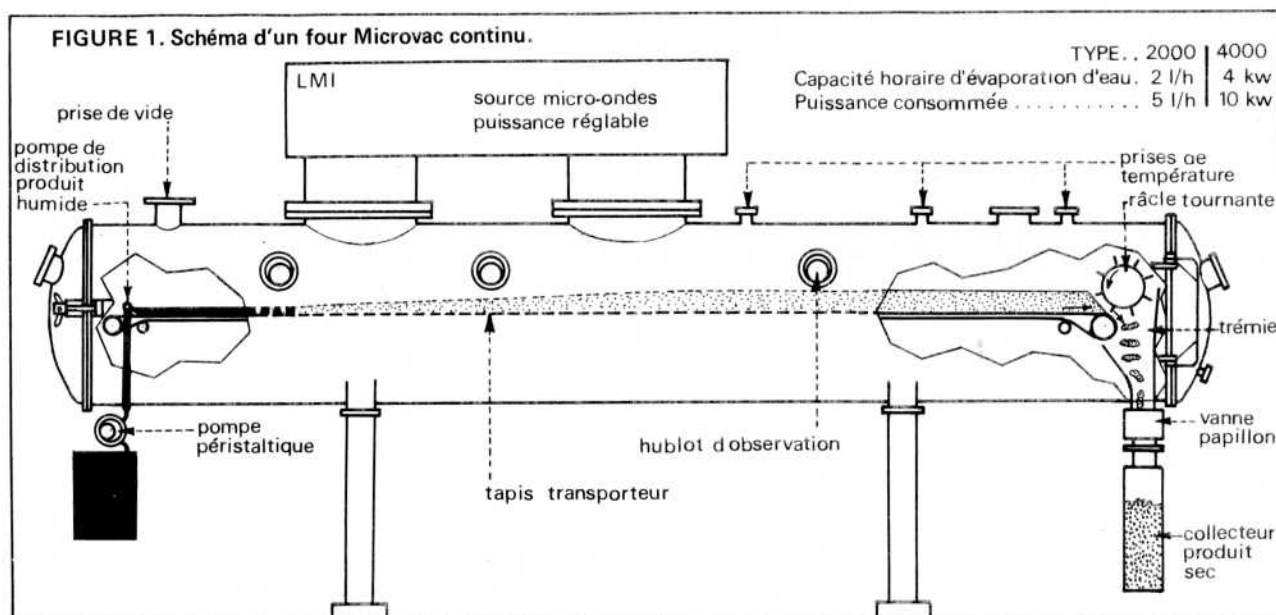
chaleur prend donc directement naissance au sein de la masse, dans l'eau que l'on désire évaporer.

L'application de ce principe se heurte à des difficultés techniques. Les générateurs de micro-ondes, magnétrons ou klistrons ont un rendement énergétique peu élevé, de l'ordre de 50 p. cent pour les magnétrons. Il en résulte une forte consommation d'électricité. Par ailleurs, un phénomène d'ionisation des gaz est à craindre dans l'enceinte sous vide où se pratique le séchage et l'arc qui peut être émis entre l'antenne et le produit que l'on dessèche provoque une brûlure. Or la tension critique de décharge est fonction du vide qui règne dans l'enceinte; pour une fréquence de 2450 MHz la pression correspondant à la tension minimale se situe entre 1 et 3 torrs. On écartera le risque de décharge en utilisant les micro-ondes soit en dessous de 1 torr pour la lyophilisation, soit au-dessus de 3 torrs. Cette dernière solution a été adoptée pour nos essais. ARCHIERI, BRICOUT et MENORET ont décrit le procédé de déshydratation sous vide par micro-ondes que nous avons utilisé (2).

L'appareil conçu et réalisé par la Société LMI (les micro-

\* - IFAC-GERDAT, Laboratoire de Biochimie appliquée, Faculté des Sciences et Techniques du Languedoc, 34060 Montpellier Cedex.

Avec la collaboration technique de Mme M.C. MURAIL, Mme C. HUBERT-BRIERRE, M. M. BANTIGNIE et M. P. MAIRESSE.



ondes industrielles) comprend trois grands ensembles (fig.1).

- Le bloc d'alimentation haute tension réglée qui transforme le courant alternatif du secteur en courant redressé sous une tension de 4.600 V.

- L'ensemble d'injection micro-ondes constitué par un magnétron Philips de 2,5 KW à anode refroidie par circulation d'eau, relié à une antenne principale dirigeant son flux d'électrons sur des antennes secondaires situées chacune au-dessus d'une fenêtre ouverte sur le four.

- Le four, cuve cylindrique en acier inoxydable de 63 cm de diamètre et de 4 m de long disposée horizontalement qui admet les micro-ondes à travers deux fenêtres en polypropylène. Un tapis roulant en teflon la parcourt. A une extrémité, la préparation entraînée par une pompe péristaltique se dépose de façon uniforme. A l'autre extrémité du tapis, un couteau râcleur détache le produit sec qui tombe dans un récipient à travers un sas. Le vide est assuré à l'intérieur de la cuve par une pompe à anneau liquide secondée par un puissant éjecto-vapeur. On règle la pression dans l'enceinte par une micro-vanne. La température atteinte par le produit est enregistrée par un thermomètre à infrarouge. Des hublots grillagés permettent de suivre visuellement et sans danger le déroulement des opérations.

Les expérimentations ont porté sur trois espèces fruitières tropicales :

- la banane, *Musa sinensis*, fruit très aromatique quand il est bien mûr, produit en grande abondance, bien connu des consommateurs.

- l'ananas, *Ananas comosus*, fruit également bien connu que l'on consomme de préférence sous forme de tranches au sirop. Le jus d'ananas, excédent de la fabrication des tranches, trouverait sous forme de poudre un débouché d'appoint.

- la grenadille, *Passiflora edulis*. A l'inverse des précédents, ce fruit est peu connu en Europe. Il donne un jus rouge ou orangé suivant les variétés, très acide, mais d'un arôme intense. Réduit en poudre, ce produit nouveau est susceptible de retenir l'attention.

### PRÉPARATION DU PRODUIT

La pulpe de banane mûre contient 75 p. cent d'humidité, le jus d'ananas ou le jus de grenadille 84 à 86 p. cent. Il serait coûteux d'évaporer directement cette quantité importante d'eau dans le four à micro-ondes. Mais si l'on préconcentre la matière première dans un évaporateur, une partie importante des composés volatils sera éliminée. De plus, les caractéristiques physiques des jus concentrés sont telles que la déshydratation se poursuivra de façon incomplète. Si l'on veut obtenir un produit sec, friable, se réhydratant facilement, il est nécessaire que la matière première s'expande dans le four sous forme d'une mousse stable. Cette propriété s'acquiert par l'adjonction au jus ou à la pâte de fruit, de maltodextrines ou de saccharose ; les maltodextrines utilisées seules, apportent au produit un goût astringent désagréable. Nos formulations sont donc riches en saccharose.

### CONDITIONS OPERATOIRES

Bloc d'alimentation :	différence de potentiel	4.600 V
	intensité	0,720 mA
Magnétron :	fréquence	2.450 MHz
	Four :	pression
vitesse du tapis		4,50 m/heure
	débit d'alimentation	3 kg/heure
	température maximale atteinte par le produit	45°C

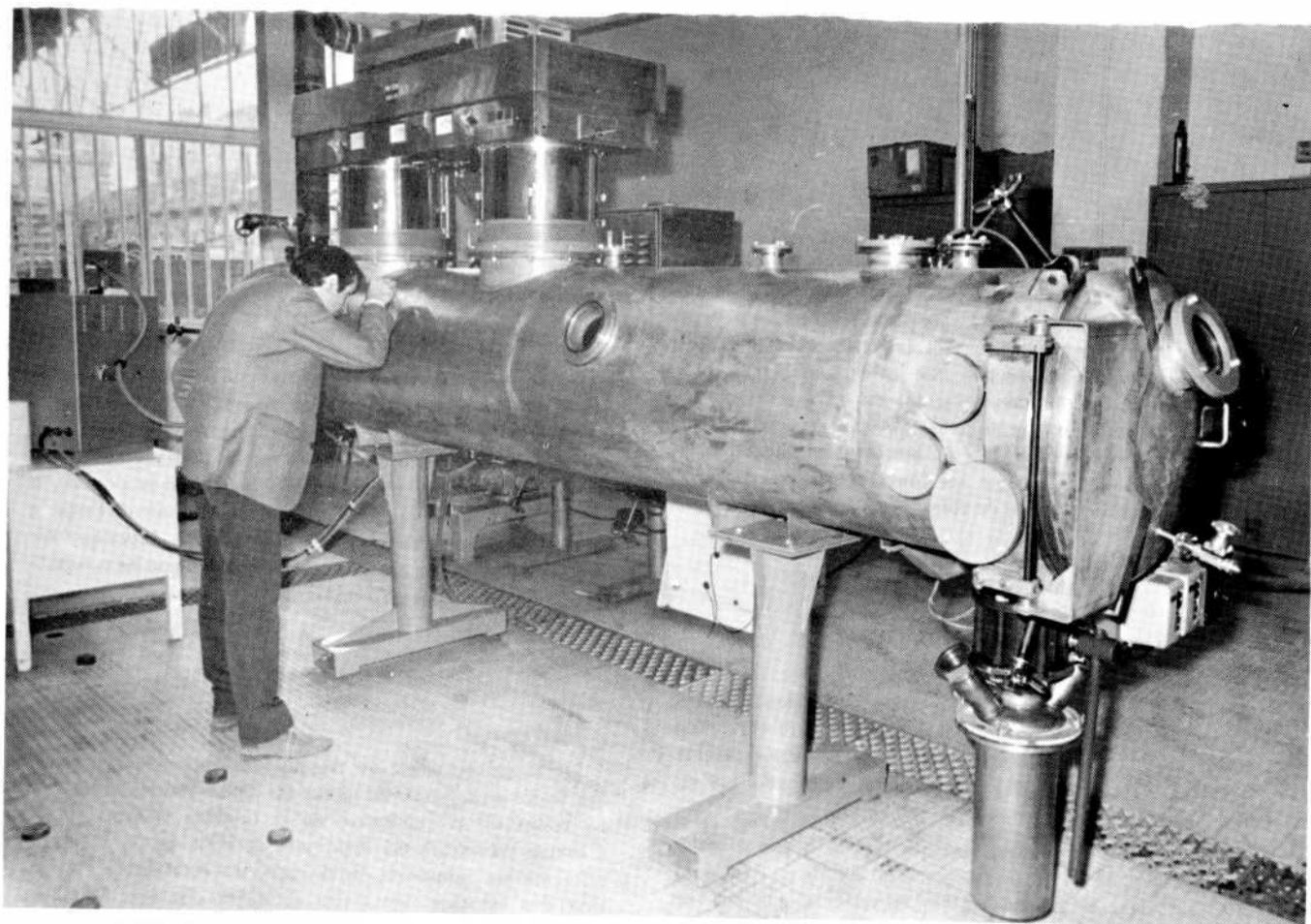
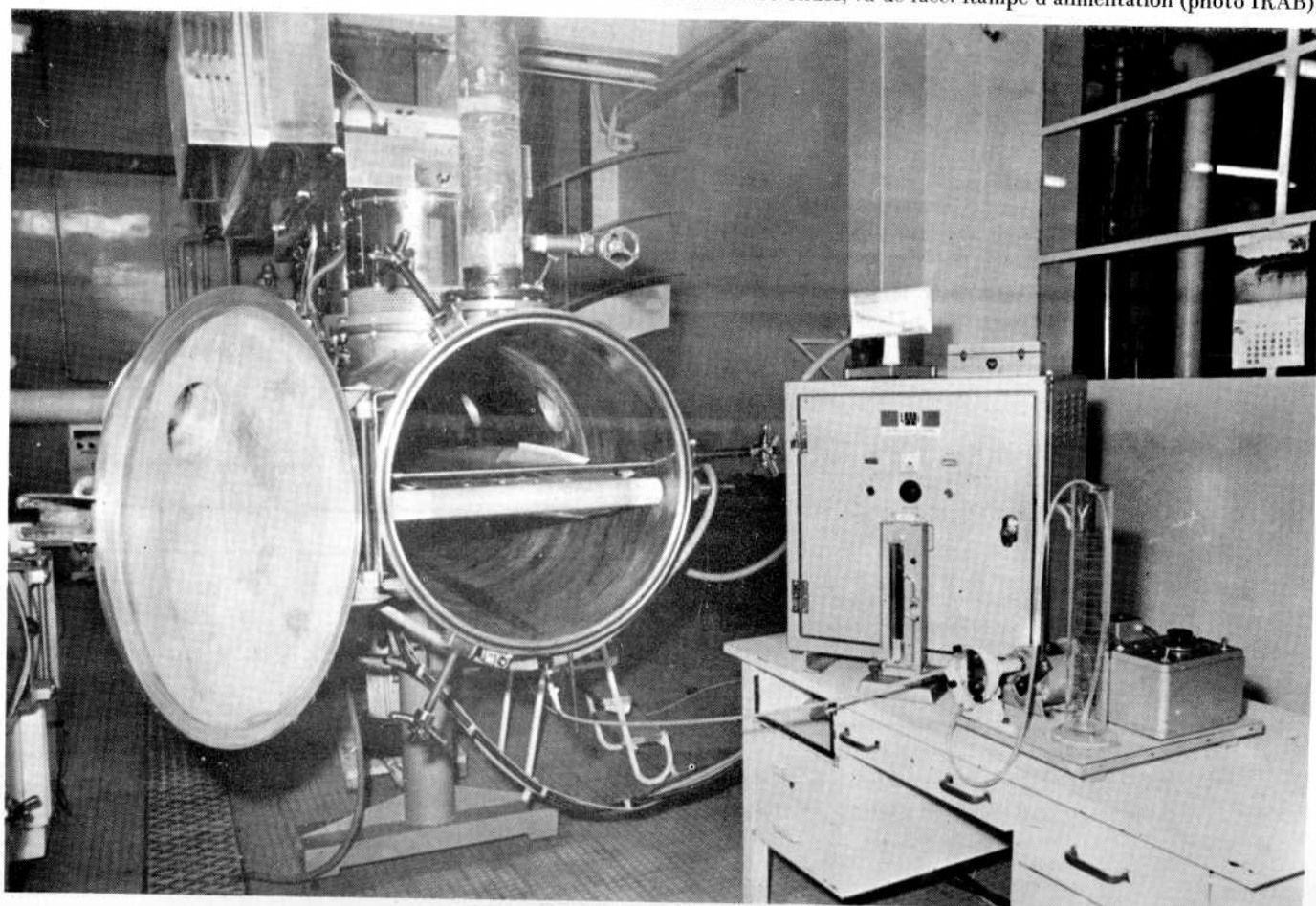


Photo 1. Vue d'ensemble du four à micro-ondes (photo F. COLLARD, Levallois-Perret)

Photo 2. Four à micro-ondes, vu de face. Rampe d'alimentation (photo IRAB).



La préparation est injectée sur le tapis roulant où elle se dépose sur une épaisseur de quelques millimètres. Elle se met rapidement à bouillonner, puis après avoir parcouru un trajet de 80 cm, elle commence à foisonner puis à s'expanser jusqu'à remplir peu à peu les deux tiers de l'enceinte. C'est une meringue desséchée que le couteau râcleur fait tomber à gros flocons dans le récipient prévu à cet usage. Quand il est plein, on ferme le sas, on l'échange contre un récipient vide et l'on ouvre le sas à nouveau. La puissance de l'éjecto-vapeur et le volume du four sont suffisants pour qu'il n'y ait pas de rupture de vide.

### EXAMENS ANALYTIQUES

- Humidité résiduelle. Méthode Karl Fisher.

- Substances volatiles réductrices. Ces substances sont dosées après distillation par réduction du mélange sulfochromique en présence d'iodure de potassium et titrage en retour de l'excès d'iode libérée, par l'hyposulfite de soude N/100. Les résultats sont exprimés en mg d'éthanol par ml de solution.

- Chromatographie en phase gazeuse des substances volatiles  
Méthode des «Espaces de tête» : 5 ml de jus de fruit sont introduits dans un flacon de 30 ml en verre, bouché par une capsule en caoutchouc sertie d'une bague en aluminium. Le flacon est plongé au trois-quart dans un bain-marie à 25°C. Au bout de 45 minutes, 2 ml de l'atmosphère interne du flacon sont prélevés à l'aide d'une seringue à gaz et injectés dans le chromatographe.

#### Conditions opératoires.

Chromatographie GIRDEL 75

Gaz vecteur : azote débit 20 ml/mm

Température du four : 60°C

Température du bloc injecteur détecteur : 150°C

Colonne : acier inoxydable, longueur 3 m, diamètre extérieur 3,18 mm (1/8 pouce)

Remplissage : carbowax 1540 à 15 p. cent sur chromosorb W HMDS 60-80 mesh

Sensibilité : 2

Déroutement du papier : 1,27 cm/mn

#### Solution étalon.

Solution aqueuse d'éthanol à 0,40 mg/ml  
Identification par enrichissement

#### Expression des résultats.

Opérant toujours dans les mêmes conditions, on désigne par taux de rétention d'un composé volatil le rapport multiplié par 100 de l'aire du pic correspondant à ce constituant dans le chromatogramme de l'espace de tête de la matière première reconstituée à partir de la poudre, à l'aire du pic homologue dans le chromatogramme de l'espace de tête de la matière première. Une analyse statistique sur 10 taux de rétention ainsi mesurés a montré que les résultats étaient significatifs à plus ou moins 15 p. cent.

### RÉSULTATS

#### Jus d'ananas.

Les essais ont porté sur des jus frais obtenus par pression des fruits au laboratoire et sur du jus pasteurisé industriel. La composition qualitative de la fraction volatile du jus d'ananas pasteurisé est différente de celle du jus frais. En effet, les jus industriels proviennent des écarts de la fabrication des tranches ; en outre, la durée des manipulations avant l'emboitage et la pasteurisation provoquent un accroissement de la teneur en éthanol et en acétate d'éthyle.

Préparation de la matière première :

<i>Jus d'ananas</i>	essai A	essai B
	frais : 1 kg	pasteurisé : 1 kg
saccharose	1kg	1 kg
maltodextrines	0,1 kg	0,1 kg
degré Brix	59,0	58,5
viscosité	80 cp	95 cp

#### Pulpes de bananes.

Les essais ont porté sur trois stades de maturité comestible du fruit :

jaune à bout vert	stade 5 (Van Losecke)
jaune intégral	stade 6
jaune tigré	stade 7-8

TABLEAU 1 - Taux de rétention des composés volatils dans les poudres d'ananas.

	Jus frais			Jus pasteurisé		
	a	b	taux de rétention	a	b	taux de rétention
substances volatiles réductrices (mg/ml)	0,22	0,15	68	0,54	0,31	57
acétate d'éthyle (mm <sup>2</sup> )	293	106	36	927	270	29
éthanol	541	227	42	3360	1312	39
butyrate d'éthyle	520	233	45	-	-	-
caproate de méthyle	201	118	59	63	49	78

a : matière première, jus sucré à 59°B

b : matière première, reconstituée à partir de la poudre

Les composés volatils sont exprimés en unités de surface de l'aire délimitée par les pics du chromatogramme.

Formulation :	pulpe de banane	1 kg
	saccharose	0,8 kg
	maltodextrines	0,2 kg
	pyrosulfite de soude	0,005 kg

TABLEAU 2 - Caractéristiques des pâtes de banane à différentes maturités.

	Stade de maturité		
	5	6	7-8
rapport poids pulpe/poids peau	1,6	2,0	2,3
extrait sec à l'étuve	22,0	23,0	24,5
extrait sec réfractométrique	27,0	25,0	27,0
extrait sec réfractométrique de la formulation	58	59	60

**Jus de grenadilles.**

La dessiccation du jus de grenadilles a été réalisée suivant trois procédés différents afin de comparer leurs performances : l'atomisation, la lyophilisation et le séchage par micro-ondes. La préparation de la matière première n'est pas la

même pour chaque procédé. L'atomisation et la lyophilisation exigent un produit moins chargé en extrait sec que le séchage par micro-ondes.

**Formulation du produit :**

- dessiccation par atomisation ou par lyophilisation	
jus de grenadilles	12,5 kg
maltodextrines	1,75 kg
degré Brix	28,2
- dessiccation par micro-ondes	
jus de grenadilles	4,0 kg
saccharose	4,0 kg
degré Brix	59,0

Le passage des jus sucrés dans le four à micro-ondes permet d'obtenir des poudres titrant entre 2,5 et 3,5 parts d'humidité.

**DISCUSSION DES RÉSULTATS**

Le taux de rétention des composés volatils totaux, mesuré par voie chimique, dans les poudres micro-ondes, se situe entre 57 pour l'ananas pasteurisé et 82 pour la grenadille,

TABLEAU 3 - Taux de rétention des composés volatils dans les poudres de bananes à différentes maturités.

composés volatils en mm <sup>2</sup>	stade de maturité								
	5			6			7-8		
	a	b	taux de rétention	a	b	taux de rétention	a	b	taux de rétention
acétate d'éthyle	1100	150	13	2400	140	6	8000	410	5,1
méthanol	350	120	35	290	260	90	180	180	100
éthanol	3300	1200	36	8000	1500	19	22195	6238	28
acétate d'isobutyle	670	230	29	2300	280	12	6000	500	8,3
acétate n butyle	950	250	37	1190	480	40	4120	460	11,2
acétate d'isoamyle	1500	720	48	3500	770	22	7000	1080	15,5
n butanol	200	180	90	350	230	65	1590	410	26
alcool isoamylique	700	400	57	350	350	100	1870	690	37
alcool n amylique	970	550	57	500	500	100	2200	920	42

Les composés volatils sont exprimés en unités de surface des aires délimitées par les pics du chromatogramme.

a : matière première

b : matière première reconstituée à partir de la poudre.

Note : ces essais ont été réalisés avec un four ne comportant qu'une fenêtre. Quelques arcs se sont produits avec les pâtes 6 et 7-8.

TABLEAU 4 - Taux de rétention des composés volatils de la grenadille dans les jus réduits en poudre par différents procédés.

	Atomisation			Lyophilisation			Micro-ondes		
	a	b	taux de rétention	a	b	taux de rétention	a	b	taux de rétention
substances volatiles réductrices (mg/ml)			11,0			33,1			82,5
acétate d'éthyle (mm <sup>2</sup> )	1155	33	2,9	1155	272	23,5	950	295	31,15
méthanol	75	112	150	75	-	-	69	29	42,50
éthanol	6622	443	6,7	6622	2185	32,8	5400	3078	57,00
butyrate d'éthyle	266	19	7,2	266	114	429	207	122	59,2

Les composés volatils sont exprimés en unités de surface de l'aire délimitée par le pic correspondant du chromatogramme.

a : matière première      b : matière première reconstituée à partir de la poudre.

en passant par 68 pour l'ananas frais. Ce taux n'est que de 33 pour les poudres obtenues par lyophilisation et il ne dépasse pas 11 pour les poudres atomisées. BERRY et FROSHER (3) comparant la lyophilisation et le procédé «FOAM-MAT» font état de taux de rétention de composés volatils hydrosolubles se situant entre 19 et 28 pour la lyophilisation. Les auteurs précisent que le procédé «FOAM-MAT» est favorable à la rétention des composés liposolubles comme le limonène, alors que la lyophilisation convient davantage à la rétention des composés hydrosolubles. Les données de la littérature sur la rétention des composés volatils dans les poudres atomisées sont très variables selon les adjuvants utilisés (1), (5).

Le taux de rétention augmente, à quelques exceptions près avec le poids moléculaire du composé volatil (tableaux 1,3 et 4). On pourrait interpréter cette observation en faisant intervenir la tension de vapeur des composés et leur volatilité par rapport à l'eau. Or, il est vérifié (4, 11, 12, 13) que l'évaporation d'une solution sucrée, c'est-à-dire sa perte en eau, ne s'accompagne pas d'une perte équivalente en composés plus volatils que l'eau, acétone, éthanol ou acétate d'éthyle par exemple. MENTING et HOOGSTAD (8) ont observé que si la concentration en eau de la phase liquide s'abaisse, la diffusion des composés volatils y devient très lente ou, si l'on veut, la résistance aux transferts de masse devient plus grande dans la phase liquide que dans la phase gazeuse. De sorte que la perte d'un composé volatil, à mesure que la déshydratation avance, dépend de moins en moins de sa volatilité et de plus en plus de son coefficient de diffusion dans la phase liquide. Les mesures de MENTING et col. (9) ont montré que les valeurs des coefficients de diffusion pour les basses teneurs en humidité dans une solution de maltodextrines dépendait en premier lieu du diamètre moléculaire des composés concernés. Le coefficient de diffusion est d'autant plus faible que le diamètre de la molécule est plus grand. La molécule d'eau, dont le diamètre est plus petit que celui de la plus petite des molécules odorantes, diffuse donc beaucoup plus rapidement que les autres molécules dans la phase liquide. En conséquence, l'eau s'évapore plus rapidement que les molécules odorantes.

La formulation que nous avons retenue pour la dessiccation par micro-ondes se révèle très favorable à une bonne rétention des composés volatils. La matière première étant sucrée à 59°B. La rétention des molécules odorantes est importante dès le début du séchage.

Il faut tenir compte de la concentration en glucides de la matière première pour comparer objectivement le procédé micro-ondes avec l'atomisation ou la lyophilisation. Nous avons utilisé ces deux procédés avec un jus de grenadilles additionné de maltodextrines en quantité égale à celle de la matière sèche d'origine, doublant ainsi à peu près le degré Brix qui est passé à 28°B, mais cette concentration demeure très inférieure à celle qui a été retenue pour le séchage par micro-ondes. En effet, l'atomisation exige de la matière première une fluidité telle que l'on ne peut choisir une concentration plus élevée. D'autre part, cette concentration ne peut pratiquement pas être dépassée en lyophilisation car la congélation d'une solution plus chargée devient

difficile. Les impératifs technologiques rendent ces deux procédés de dessiccation moins favorables à une bonne rétention des arômes que le procédé micro-ondes.

Il ne semble pas que le taux de rétention soit une constante pour un constituant donné. Prenons le cas de l'acétate d'isoamyle de la banane. La concentration de ce constituant de la pulpe de bananes augmente avec la maturité du fruit. Le tableau 5 montre que le taux de rétention de ce composé diminue quand sa concentration augmente. Nous avons noté que les conditions opératoires des essais 6 et 7-8 ont été sévères. La poudre a été soumise à une certaine surchauffe. Cependant cette remarque se trouve vérifiée dans le tableau 1 concernant le jus d'ananas, en comparant les concentrations et les taux de rétention des composés du jus fait avec ceux du jus pasteurisé. FLINK et KARREL ont fait une observation analogue sur les produits lyophilisés (7).

TABLEAU 5 - Taux de rétention de l'acétate d'isoamyle après le séchage de pâtes de bananes de différentes maturités

maturité	5	6	7-8
aire du pic avant dessiccation (mm <sup>2</sup> )	1500	3500	7000
aire du pic après decciccation et reconstitution (mm <sup>2</sup> )	720	770	1080
taux de rétention	48	22	15,5

#### Cas du méthanol.

La faible concentration du méthanol dans le fruit favorise son taux de rétention dans les poudres. Mais la petite taille de la molécule tend à le diminuer. En fait, nous constatons que les poudres ayant subi une température excessive au cours de leur fabrication renferment du méthanol en quantité anormalement élevée. C'est le cas du jus de grenadille atomisé ou des poudres de bananes 6 et 7-8 desséchées par micro-ondes avec les incidents que nous avons signalés plus haut. Nous considérons le méthanol que nous trouvons dans ces poudres comme un artefact de fabrication.

#### Le moussage.

La formation de mousse dans le four à micro-ondes est un phénomène indispensable à la bonne dessiccation du produit. Une formulation inadéquate, jus concentré par exemple, inapte au moussage, conduit à l'obtention d'un produit collant que l'on ne peut dessécher correctement. L'addition de saccharose au jus de fruit favorise, comme nous l'avons vu plus haut, une meilleure rétention des composés volatils, mais aussi convient à la formation de la mousse et à sa stabilisation. De plus, le saccharose réduit l'hygroscopicité de la poudre obtenue. D'après J.H. MOY (10) le temps de séchage est proportionnel à la racine carrée du diamètre des bulles de la masse expansée. On a donc intérêt à réaliser un moussage à bulles très petites pour accélérer l'opération. Il serait possible d'améliorer les résultats que nous avons obtenus en étudiant les conditions nécessaires à l'obtention d'une mousse fine et homogène ; ce qui n'était pas le cas

au cours de nos essais.

### CONCLUSION

Les résultats exposés confirment l'aptitude des micro-ondes à la dessiccation sous vide des matières premières odorantes et fragiles comme les jus de fruits.

La déshydratation est rapide car les micro-ondes pénètrent et chauffent en profondeur la couche épaisse de mousse qui se forme sous l'action conjuguée du vide et de l'irradiation.

Elle est complète car les parties les plus humides absorbent préférentiellement les micro-ondes.

Elle convient à une bonne rétention des composés volatils donc de l'odeur, car elle s'accommode d'une matière première à extrait sec élevé.

Elle n'exige pas un vide poussé, la déshydratation se produisant sous vide de 5 à 10 torrs suffisant pour éviter un échauffement exagéré du produit.

L'étude critique des résultats conduit à des mises au point supplémentaires qui permettront d'améliorer encore les performances du procédé.

On peut donc admettre que l'économie des moyens mis en oeuvre et la qualité du produit obtenu compensent le coût élevé de fonctionnement du four à micro-ondes.

*Nous remercions tout particulièrement M. MENORET, Directeur de l'IRAB et M. ARCHIERI, qui ont bien voulu mettre leur installation à notre disposition et nous aider de leurs conseils. Nous remercions également M. J.P. RICHARD, Chef de Service à l'ENSIA et M. R. MANGEOT, son adjoint, qui ont réalisé dans leur laboratoire les essais de lyophilisation et d'atomisation.*

Cette recherche concertée entre l'Institut de Recherches appliquées aux Boissons (IRAB), «les Micro-ondes Industrielles» (L.M.I.) et l'Institut français de Recherches fruitières Outre-Mer (IFAC) a fait l'objet d'un contrat avec la Délégation à la Recherche scientifique et technique.

### BIBLIOGRAPHIE

1. Anon.  
Spray-drying and the flavour industry.  
*The Flavour Industry*, 1970, oct. 695-701.
2. ARCHIERI (C.), BRICOUT (J.) et MENORET (Y.).  
Déshydratation sous vide par micro-ondes.  
*Indust. alim. agr.*, 1971, 279-287.
3. BERRY (E.) Robert and FROSCHER (James L.).  
Retention of volatiles in Foam-Mat dried and freeze-dried orange juice.  
*Florida State horticultural Society*, 1969, 221-223.
4. BOLIN (H.R.) and SALUNKHE (D.K.).  
Physico-chemical and volatile flavor changes occurring in fruit juices during concentration and Foam-Mat drying.  
*J. Food Science*, 1971, 36, 665-668.
5. BRENNAN (J.G.), HERRERA (J.) and JOWIT (R.A.).  
Study of some of the factors affecting the spray-drying of concentrated orange juices on a laboratory scale.  
*J. Food Technol.*, 1971, 6, 295-307.
6. BROWN (A.H.), VANARSDEL (W.B.) and LOWE (E.).  
Drying methods and driers in food dehydration.  
*edit. Copley and Van Arsdell*, tome II, p. 112.
7. FLINK (J.) and KAREL (M.).  
Effect of process variables on retention of volatile in freeze drying.  
*J. Food Science*, 35, 1970, 444-447.
8. MENTING (L.C.) and HOOGSTAD (B.).  
Volatiles retention during the drying of aqueous carbohydrate solutions.  
*J. Food Science*, 1967, 1, 87-90.
9. MENTING (L.C.), HOOGSTAD (B.) and THIJSSSEN (H.A.C.).  
Aroma retention during the drying of liquid foods.  
*J. Food Technol.*, 1970, 5, 127-139.
10. MOY (James H.).  
Vacuum-puff freeze drying of tropical fruit juices.  
*J. Food Science*, 1971, 36, 906-910.
11. RULKENS (W.H.) and THIJSSSEN (H.A.C.).  
Retention of volatiles compounds in freeze-drying slabs of malto-dextrin.  
*J. Food Technol.*, 1972, 7, 79-93.
12. SARAVACOS (G.D.) and MOYER (J.C.).  
Volatility of some aroma compounds during vacuum drying of fruit juices.  
*J. Food Technol.*, 1968, 22, 624-627.
13. WIJNTJES (A.G.).  
The influence of sugar concentrations on the vapor pressure of food odor volatiles in aqueous solutions.  
*J. Food Science*, 1968, 33, 1-2.

