

CONGÉLATION RAPIDE DES FRUITS ET JUS DE FRUITS D'ORIGINE TROPICALE ET SUBTROPICALE

par **Pierre ILDIS**

INGÉNIEUR AGRONOME, INGÉNIEUR FRIGORISTE

Chacun sait combien nos territoires d'Outre-Mer sont riches de fruits délicieux, pour la plupart totalement inconnus des habitants de la métropole. Le XX^e siècle, il est vrai, grâce à des transports plus rapides, mais également grâce à une technique de mûrissement soigneusement établie, a vu se répandre dans toute la zone tempérée la consommation des bananes, autrefois limitée aux régions tropicales ou subtropicales. Toutefois, beaucoup de fruits coloniaux, dont la maturation rapide ne laisse qu'un très court laps de temps pour la consommation, ne supportent pas le transport à maturité complète. Cueillis verts, ils ne mûrissent pas ou n'acquièrent pas leur pleine saveur. Nous en connaissons quelques-uns sous forme de conserves (pâte de goyave, de papaye et de mangue, tranches et marmelade d'ananas, dattes et figues sèches...).

La congélation rapide, qui permet de récolter les fruits à la maturité de consommation, d'en stopper l'évolution, et de les maintenir à ce stade pendant le transport et la distribution, semble donc un procédé particulièrement séduisant. Nous n'en rappellerons ni le principe, ni l'action sur les tissus végétaux, et renvoyons le lecteur à l'exposé « *Le Froid et les Fruits* » fait par le Professeur ULRICH dans un des premiers numéros de « *Fruits d'Outre-Mer* ». Nous étudierons dans quelle mesure la congélation est susceptible de conserver intactes la saveur et la consistance des fruits des diverses espèces.

En l'absence de ces produits sur le marché français, en l'absence d'usines dans l'Union Française, nous nous sommes documentés dans les publications étrangères principalement éditées aux États Unis, pays du « Quick freezing », où de très nombreux produits alimentaires ont été d'ores et déjà expérimentés. Il suffit pour s'en rendre compte de consulter la longue liste des produits congelés ultra-rapidement aux U.S.A., soit à l'échelle industrielle, soit à l'échelle du laboratoire, liste publiée par la Revue *Quick Frozen Foods* de Mars 1947. Nous en avons extrait le tableau

ci-dessous où ne sont énumérés que les fruits tropicaux ou subtropicaux.

A savoir :

Ananas : *Ananas sativus* Schult.

Avocat : *Persea gratissima* Gaertn.

Banane : *Musa sapientum* L. (principalement).

Cachiman épineux ou Corossol : *Anona muricata* L.

Cedrat : *Citrus medica* L. var. *proper*.

Citron : *Citrus medica* L. var. *Limon*.

Datte : *Phoenix dactylifera* L.

Feijoa : *Feijoa Sellowiana* Berg.

Figue : *Ficus Carica* L.

Goyave : *Psidium Guayava* L.

Grapefruit : *Citrus paradisi* Macf. (*Citrus decumana*

× *Citrus Aurantium*).

Grenadille : *Passiflora edulis* Sims.

Jacquier : *Artocarpus integrifolia* L.

Langsat : *Lansium domesticum* Hiern.

Lime : *Citrus Aurantium* L., sub. sp. *aurantifolia* var. *proper*.

Mandarine : *Citrus nobilis* Lour. var. *deliciosa* Swingle.

Mangue : *Mangifera indica* L.

Noix de coco : *Cocos nucifera* L.

Orange : *Citrus Aurantium* L., sub. sp. *sinensis* Engler.

Papaye : *Carica Papaya* L.

Pomme Cannelle : *Anona squamosa* L.

Plaqueminier de Virginie : *Diospyros virginiana* L.

Sapote Mamey : *Lucuma mammosa* Gaertn.

Sapotille ou Sapote à gomme : *Achras Sapota* L.

Tangerine : (mandarine × orange ou bigarade).

Les renseignements bibliographiques les plus nombreux concernent des fruits subtropicaux par lesquels nous commencerons cette étude.

AGRUMES

Malgré leur présence sur nos marchés une très grande partie de l'année les agrumes ne se conservent pas, par réfrigération vers +5°, plus de 3 ou 4 mois pour les oranges, 2 mois pour les mandarines, 6 mois

pour les citrons ; et pour cela, la cueillette doit avoir lieu tout au début de la maturité.

Le chauffage prolongé altère notablement la saveur et seul le jus est couramment pasteurisé. Les recherches entreprises pour sa préparation ont démontré l'impérieuse nécessité de la désaération et du maintien à l'abri de l'air jusqu'à la fermeture des récipients. La congélation rapide n'échappera pas à cette sujétion.

1° Congélation du jus (1).

Dès 1931, les deux plus grandes firmes de produits laitiers des U.S.A. entreprirent sur une large échelle la congélation du jus d'orange pour la vente au détail dans de petits récipients. Ce fut un échec en raison des difficultés de vente et de distribution dans des conditions satisfaisantes, malgré la bonne qualité du produit.

Plus que les fruits congelés peut-être, les jus de fruits congelés ont à conquérir un marché sur lequel ils ont été devancés, souvent d'ailleurs de très peu, par les jus appertisés :

1926, jus de pamplemousse en boîte en Floride ;

1931, jus d'orange en boîte en Californie méridionale.

En général, et plus particulièrement pour les jus d'agrumes, la congélation donne un produit incontestablement supérieur, mais la différence de qualité n'est pas, a priori, suffisante pour compenser les trois avantages inhérents aux produits appertisés :

1° Conservation sans précaution spéciale.

2° Disponibilité à tout moment sans décongélation (opération délicate, relativement longue et demandant à être conduite soigneusement).

3° Prix de revient inférieur (actuellement).

Ce handicap était accentué par l'inexpérience des premiers producteurs de jus congelés, laquelle conduisait à des produits de qualité non irréprochable, et par la trop grande capacité des récipients utilisés, de décongélation difficile. Toutefois, ces difficultés furent franchies et la supériorité des jus d'agrumes congelés a provoqué la création d'une industrie importante (comme l'indique le nombre croissant des producteurs). Après l'échec des premiers essais, la production fut reprise d'abord en vue de la fabrication de boissons, sorbets, crèmes glacées et autres produits, puis récemment, en vue d'une nouvelle méthode de distribution aux particuliers malgré des conditions économiques désavantageuses. En effet, en 1947 le marché américain était saturé de jus de pamplemousses en boîtes, dont le prix était 3 et 4 fois inférieur à celui des jus congelés. Cette différence doit être plus faible maintenant.

Les méthodes de préparation classiques du jus en vue d'une congélation ou d'une pasteurisation ultérieure diffèrent assez peu, et le schéma ci-dessous fait ressortir les points communs aux deux chaînes de

fabrication. Les principes fondamentaux sont d'opérer avec le maximum de propreté (bactériologique et chimique), d'éviter tout contact avec des métaux susceptibles de catalyser l'oxydation de la vitamine C (fer ou cuivre) et de limiter au minimum le contact avec l'air. Nous n'entrerons pas dans le détail de méthodes déjà connues et nous indiquerons seulement ce qui est particulier à la congélation.

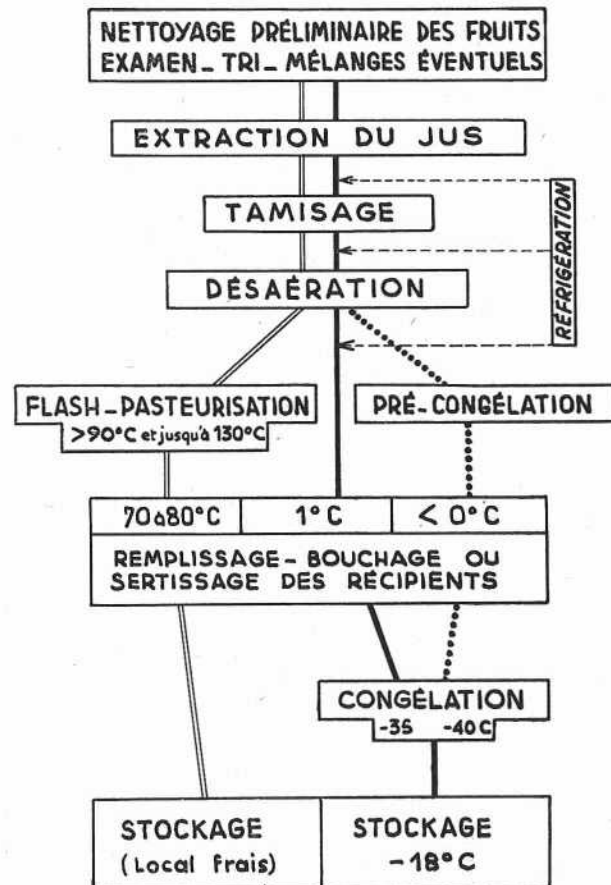


Fig. 1

a) *Nettoyage préliminaire. Examen. Tri. Mélange des lots.*

Les fruits doivent être conservés le moins longtemps possible avant le traitement. Ils sont en général stockés par petits lots en fonction des différences de sol ou d'exposition dans un local aéré ou mieux, réfrigéré. A ce stade, le dosage de la teneur en vitamine C et la mesure du degré Brix du jus sont parfois effectués pour chaque lot afin d'obtenir, par des mélanges convenables, un produit toujours identique. Dans le cas contraire, tous les lots sont mélangés pour homogénéiser le jus.

Le nettoyage doit être particulièrement soigné :

— brassage lent des fruits dans une lessive antiseptique spéciale très active (solution « Roccal ») ;

(1) D'après D.K. TRESSLER and C.F. EVERS et W.V. CRUESS and H. SEAGRAVE SMITH.

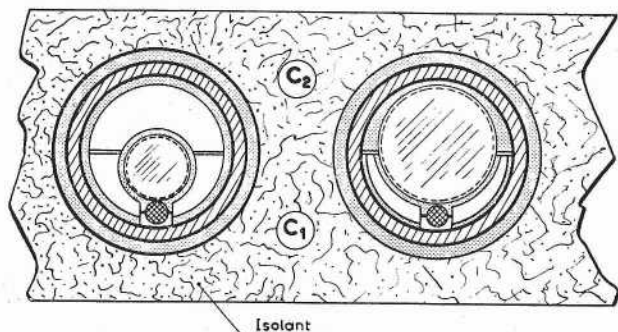


Fig. 2. — Coupe transversale schématique d'un congélateur continu à tubes concentriques (d'après W.J. FINNEGAN, modifié).
 En hachures simples : Fluide frigorigène (NH_3) ;
 En gris clair : Saumure.
 En hachures croisées : Vis assurant l'avancement et la rotation des boîtes.
 Au centre : Boîte ou bocal (non coupé).
 C_1 et C_2 : Canalisation de retour de saumure et d' NH_3 .

- brossage (brosse rotative) sous une pluie d'eau additionnée d'antiseptique ;
- rinçage à l'eau froide (pulvérisation prolongée sur le trajet d'un tapis roulant), ou immersion dans l'eau froide pour abaisser la température ;
- Séchage et brossage.

b) *Extraction. Tamisage. Désaération.*

Ces trois opérations ne présentent rien de spécial pour la congélation si ce n'est que suivant le traitement ultérieur choisi (flash-pasteurisation ou congélation) on est conduit à exécuter la désaération à des températures différentes. Physiquement celle-ci est plus parfaite et plus rapide à température élevée. Il est d'autre part évident que l'action du vide fait disparaître des produits volatils responsables de l'arôme.

c) *Précongélation.*

Il s'agit d'une première congélation amenant le jus à une consistance pâteuse, stade auquel s'effectue le remplissage des récipients, immédiatement suivi de la congélation définitive. Cette variante de la méthode classique n'est pas très courante et comporte deux modalités :

1° Procédé de la firme « Birtcher Brothers and Dorr », Glendora, Californie.

Une pompe extrait le jus du réservoir étanche où il est conservé sous vide après désaération et le refoule lentement dans un tube en acier inoxydable servant de congélateur continu. La durée de précongélation est de 6 minutes et le jus sort à l'état pâteux ; il est immédiatement versé dans des boîtes métalliques qui sont serties sans que le vide ait cessé. La congélation s'effectue dans un tunnel à -29°C . La conservation a lieu à -23°C .

2° Procédé de la firme « Damerel-Allison Co », Covina, Californie.

Le jus tamisé et désaéré est congelé dans un congélateur continu à crème glacée (type « Volator ») jusqu'au même stade pâteux. Il est ensuite mis en

boîte et le reste des opérations est classique.

d) *Remplissage. Bouchage. Sertissage.*

Il est nécessaire de ménager 10% du volume environ pour la dilatation du produit, quelque soit le récipient utilisé. Sont employés :

- les boîtes métalliques serties ;
- les bocaux de verre ;
- les boîtes rectangulaires ou tronconiques en carton paraffiné à extrémités métalliques serties ;
- enfin l'emballage classique des produits congelés : cellophane soudée au fer et carton paraffiné.

Les trois premiers types assurent une étanchéité parfaite : leur fermeture s'effectue couramment à l'abri de l'air, sous vide ou sous atmosphère d'azote ou de gaz carbonique. Le quatrième est plus défectueux : la fermeture du sac de cellophane qui a lieu après congélation provoque toujours une légère décongélation locale.

e) *Congélation.*

Elle porte naturellement sur un jus préalablement réfrigéré au voisinage de 0° et doit être rapide car il apparaît en congélation lente une saveur étrangère probablement due à une oxydation. Un appareil spécial est utilisé pour la congélation des boîtes métalliques et des bocaux de verre : c'est le congélateur continu de Finnegan (Fig. 2). Il présente les avantages suivants :

- marche continue ;
- encombrement réduit ;
- minimum de saumure et de fluide frigorigène ;
- agitation constante des boîtes ;
- congélation par toute la surface avec forte vitesse de circulation de la saumure.

La température de congélation est voisine de -35°C ; la durée est de 45 minutes environ.

f) *Stockage et distribution.*

La présence de pectine dans les jus est susceptible de provoquer une modification désignée par les auteurs américains du nom de « curdling ». Même à très basse température, pendant le stockage à l'état congelé, la pectase naturelle du jus peut déméthyliser les molécules de pectine et conduire à l'acide pectique peu soluble ; après quelques mois, lors de la décongélation, le jus est plus ou moins totalement coagulé. Cet accident, toujours fonction du temps de stockage, se retrouve sur les jus pasteurisés à une température trop basse. Selon les auteurs américains, un chauffage très rapide et très court à plus de 90°C (grapefruit) ou 82°C (orange) serait nécessaire pour détruire la diastase et éviter tout danger ultérieur de coagulation. Ce traitement diffère bien peu d'une flash-pasteurisation et l'intérêt de la congélation rapide s'en trouve incontestablement fort diminué. Mais notons qu'il existe des procédés de clarification enzymatique des jus, utilisés couramment en Suisse par exemple pour les jus de pommes. Les ferments clarifiants



Fig. 3. — Introduction de bocaux de jus d'orange dans le congélateur Finnegan.
(d'après Tressler D.K. et Evers C.F., 1946).

employés (1) hydrolysent la pectine en substances solubles de constitution chimique plus simple et tout risque de coagulation est éliminé. Cette méthode, d'ailleurs critiquée parfois à cause de la modification chimique qu'elle fait subir au jus, mériterait néanmoins une étude approfondie.

Le stockage doit naturellement avoir lieu à -20°C , comme pour les autres produits congelés.

Actuellement la distribution porte à porte du jus d'orange congelé tentée en 1931 est devenue une réalité (marque « Cal-Grove »). Il s'agit de petits paquets tronconiques de 450 grammes environ (carton et métal). Le laitier qui les distribue a pour consigne de les traiter comme une bouteille de lait ; donc, chose curieuse, pas de transport à -18°C au dernier stade. Le jus arrive partiellement décongelé. La ménagère l'entrepose dans son réfrigérateur ménager à côté de son pot à lait, même si elle possède un compartiment congélateur, et le jus est prêt à être consommé au petit déjeuner du lendemain. Il pourrait même être encore conservé 4 ou 5 jours.

Cet exemple fait ressortir le bon résultat obtenu avec une décongélation lente et par conséquent longue. Une décongélation plus rapide est cependant possible

(1) Les principaux sont vendus commercialement sous les noms de « Pectinol » (« Pectasine ») extrait de *Penicillium glaucum* et « Filtragol » (« Filtral ») extrait de *Aspergillus aureus*.

(TRESSLER) ; on peut par exemple plonger la boîte dans l'eau courante, à condition toutefois que la température de cette dernière soit inférieure à 10°C . Même, devant un four électrique, il est possible de décongeler de petits récipients en les agitant fréquemment, si leur consommation doit être immédiate. Pour les gros récipients, la question est plus délicate. Il est possible de décongeler le produit jusqu'au moment où le noyau de glace central est mobile. On ouvre alors la boîte, brise le noyau et le décongèle par chauffage au bain-marie dans un récipient en aluminium (cette méthode paraît un peu primitive). Il serait certainement d'un haut intérêt de pouvoir effectuer la décongélation par chauffage diélectrique à haute fréquence, principalement dans le cas des emballages non métalliques, ce qui éviterait les oxydations pendant la décongélation.

La durée de conservation du jus congelé est maximum pour les fruits récoltés à pleine maturité. La cueillette à cette date permet de profiter de toute la saveur des fruits et d'éviter l'amertume que prend facilement le jus provenant d'oranges insuffisamment mûres (particulièrement pour les « Navels » qui semblent peu convenir à la congélation).

2° Jus concentré d'agrumes.

Le jus est pulvérisé sur une génératrice d'un cylindre tournant lentement dans une ambiance à -7°C . Il se forme une fine pellicule composée de cristaux de glace pure et de jus concentré ; un grattoir la détache du cylindre ; la glace et le jus sont séparés immédiatement par centrifugation (3 minutes à 2.500 t/min).

Le jus d'orange obtenu par ce procédé est à 44° Brix et contient environ 48 % de matière sèche. Ayant la consistance d'une crème glacée, il est d'une utilisation plus commode que le jus normal car sa décongélation est très courte. Additionné d'eau (3 parties d'eau pour 1 de jus) il est prêt pour la consommation.

3° Congélation des fruits en quartiers.

Elle fut essayée vers 1930 (M.A. JOSLYN ; E.M. CHACE et M.D. POORE) mais ne prit de l'extension que depuis quelques années. Nous prendrons comme exemple le produit le plus couramment fabriqué aux États-Unis : les quartiers de grapefruits (1) ; les normes de qualité en ont été définies par l'Office of Marketing Services et sont en vigueur depuis le 14 Février 1948. Nous en indiquerons l'essentiel d'après la revue « Canner ».

Les fruits cueillis à maturité complète, réfrigérés, lavés et brossés, sont immergés dans de l'eau froide contenant 0,2/1.000 de chlore actif. Ils sont ensuite pelés à la main sur une table spécialement équipée pour l'élimination rapide par gravité des zestes d'une part et du jus d'autre part. Le couteau utilisé, à

(1) D'après A.L. STAHL, 1946.

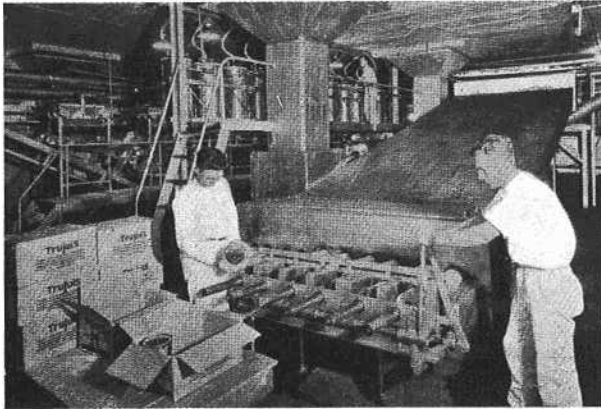


Fig. 4. — Sortie des boîtes de jus congelé dans l'appareil de FINNEGAN. (d'après Finnegan W.J., 1935, *Ice and Refrigeration*).

double tranchant émoussé, peut être glissé sous la peau puis entre les carpelles pour séparer ceux-ci sans les déchirer. Quelques fruits sans graines sont parfois laissés entiers ; mais les graines présentes sont soigneusement enlevées. Le traitement par la chaleur (3 minutes dans l'eau bouillante) souvent utilisé dans les conserveries pour l'épluchage n'est pas à recommander ici car il facilite les oxydations et accélère le brunissement du fruit.

Il est ensuite indispensable, tout comme pour les jus, de soustraire immédiatement les quartiers de fruits tant à l'action de l'air extérieur qu'à celle de l'oxygène dissous dans les tissus.

Pour cela, les fruits sont évacués de façon continue, au fur et à mesure que le travail d'épluchage s'accomplit, dans une batterie de récipients étanches où l'on fait le vide (6 mm de mercure environ). Après un certain temps, on laisse entrer azote ou gaz carbonique, jusqu'au retour à la pression atmosphérique. La suite des opérations, y compris la fermeture des récipients qui sont des boîtes métalliques serties ou des bocaux de verre, doit se continuer à l'abri de l'air. L'emballage des fruits sous atmosphère d'azote augmente la saveur fruitée (esters) alors que le gaz

carbonique fait disparaître les saveurs étrangères qui peuvent se manifester. Dans les deux cas, le résultat est très satisfaisant.

Au cours du remplissage, on ajoute aux quartiers de fruits un sirop de 25 à 30° Brix préparé, en partie, avec le jus qui s'est écoulé lors de l'épluchage. Les proportions sont de 11 parties de fruits pour 5 parties de sirop (11/5) (1) pour les petits paquets de vente au détail. Dans les emballages plus importants (type collectivité) il faut augmenter la quantité de fruits par rapport au sirop. Il arrive souvent que ce dernier ne soit pas complètement solidifié à la température de stockage. Le sucre utilisé peut sans inconvénient être un mélange de glucose et de saccharose.

Si l'on ne peut effectuer la désaération par le vide, il faut recouvrir immédiatement les fruits d'un sirop contenant 0,5 % d'acide ascorbique. Tous les types de récipients peuvent alors être utilisés, mais ce procédé est moins recommandable que le précédent.

Normes Américaines de Qualité pour quartiers de Pamplemousses congelés

Comme dans toutes les normes similaires, une échelle de 0 à 100 points permet la qualification du produit. Quatre critères sont utilisés.

1° *Intégrité* (« Wholeness »). Le produit doit comporter des fruits entiers et des portions importantes de fruits. Sont considérés comme « morceaux » les segments de fruits coupés, altérés, ou dont le poids est inférieur à 10,5 g.

2° *Coloration*. Couleur spécifique et uniforme.

3° *Défauts divers*. Présence de :

- a) matériaux étrangers (feuilles, fragments de zeste);
- b) graines (de dimension supérieure à 4,8 mm) ;
- c) segments partiellement altérés (maladies parasitaires, décoloration locale ou altération causée par la lessive servant à l'épluchage) ;
- d) portions de zeste adhérent encore aux segments de fruits.

4° *Maturité* (« Character »).

Le tableau suivant indique sommairement les qualités à exiger dans les diverses catégories.

	Intégrité	Coloration	Défauts divers	Maturité
U. S. Grade A ou U. S. Fancy (90 points minimum)	Moins de 25 % de « morceaux » (en poids) (18 à 20 points)	Coloration caractéristique et rigoureusement uniforme (18 à 20 points)	a) : 0 b) : 0 à 6 c) : 0 à 5% en poids d) : 0 à 6,4 cm ² (par boîte) (27 à 30 points)	Modérément ferme ; charnu et juteux ; moins de 5% en poids de parties fibreuses (27 à 30 points)
U. S. Grade B ou U. S. Choice (80 points minimum)	De 25 à 50 % de « morceaux » (16 à 17 points)	Coloration moins uniforme mais de couleur claire non altérée (16 à 17 points)	a) : 1 b) : 8 à 12 c) : 7 à 10% d) : 9,6 à 16,1 cm ² (24 à 27 points)	Même aspect ; moins de 15% de parties fibreuses (24 à 27 points)
U. S. Broken (70 points minimum)	Plus de 50 % de « morceaux »			
U. S. Substandard	(1 à 15 points)			
Catégorie inférieure (1 à 15 points)				

(1) Nous conserverons dans la suite du texte ce mode de notation.

Les tests sont effectués sur un lot de boîtes. La moyenne des résultats classe le produit dans une des catégories ci-dessus si les conditions suivantes sont en outre respectées :

1° Les 5/6 au moins des boîtes satisfont à toutes les conditions de la catégorie.

2° Aucune boîte n'obtient un total de points inférieur de plus de 4 à la moyenne du lot.

4° Espèces et variétés.

Une remarque générale s'impose : les variétés dépourvues de graines sont recherchées pour la consommation directe et de ce fait les plus cultivées ; ce sont d'ailleurs souvent des fruits améliorés obtenus par sélection et d'excellente qualité. Mais pour la congélation, les variétés renfermant des graines se montrent légèrement supérieures, aussi bien sous forme de jus que sous forme de quartiers.

Les principaux jus congelés sont ceux de pamplemousse, d'orange, de lime, de citron et de cédrat ; les fruits en quartiers sont les pamplemousses, les mandarines, les oranges. Nous indiquerons (plus bas), à titre indicatif, un tableau des variétés recommandées selon les régions par divers auteurs (p. 368). De nombreux mélanges sont également préparés, comportant ou non des fruits autres que les agrumes. En voici quelques-uns :

a) Jus.

Oranges Navels et Grapefruits par parties égales	Préférable au seul jus d'oranges Navels qui devient rapidement amer. Conservation maximum 1 an.
Oranges Valencia et Grapefruits par parties égales	Excellent.
Oranges Valencia (2 ou 3 parties) et purée d'abricot (1 partie)	Boisson à saveur d'abricot dominante.
Jus d'orange additionné de — purée de prune — purée de pêche	
Jus de grapefruit additionné — de purée de poire	
Jus de grapefruit (3 parties) et purée de goyave (1 partie)	Boisson très savoureuse et très riche en vitamine C.
Jus de tomate additionné de 5 % de jus de citron	Le jus de tomate seul devient quelquefois amer. Le citron évite cette altération.
Raisin Concord, Orange, Citron, sucrés à 55 ou 60° Brix	Tout autre raisin (rouge) peut être utilisé de même que le jus de loganberry ou de grenade.

b) Fruits.

Grapefruit et oranges par parties égales.

Pineapple orange et mandarine par parties égales.

FIGURES (1)

BROWN, OVERHOLSER et CRUESS en 1923 indiquaient déjà que pour les figues destinées aux conserves, la méthode par congélation s'est montrée économique et satisfaisante.

Selon M.A. JOSLYN et W.V. CRUESS (1929), les figues de la variété Kadota, congelées entières dans un sirop à 40° Brix pouvaient être consommée comme fraîches une fois décongelées et rincées à l'eau.

H.C. DIEHL et K.F. WARNER ont défini les qualités à rechercher en vue de la congélation. Saveur et arôme développés, chair et peau tendres, coloration foncée soutenue, graines petites, absence de pourriture interne et de saveur acide.

L.A. HOHL appréciait ainsi les principales variétés :

— Black Mission est la plus favorable ;

— Calimyrna est bonne mais possède de grosses graines et une peau dure ; en outre, de nombreux fruits s'acidifient sur l'arbre ;

— Kadota manque de saveur ; elle a de petites graines et une bonne texture, mais sa peau est dure ;

— Adriatic possède une texture interne grossière et une peau dure.

Les figues sont moins sujettes au brunissement par oxydation que les autres fruits, mais elles sont fragiles et facilement polluées. Le gros avantage de la congélation serait la récolte à parfaite maturité (fruits mous mais non ridés).

Le tri préliminaire permettant d'éliminer tous les fruits abîmés sera particulièrement soigné. Un lavage non brutal mais efficace est nécessaire pour enlever toutes traces de produits antiparasitaires provenant de pulvérisations, car les fruits sont très rarement pelés. Il n'existe pas en effet de méthode pratique d'épluchage ; il serait trop long d'opérer à la main et la lessive ou l'eau chaude endommage le fruit. On a songé à congeler les fruits entiers, puis à ôter la peau par frottement dans une machine rotative, mais il y a rapidement décongélation partielle. Cela n'a été possible qu'avec la variété Black Mission (M.A. JOSLYN et L.A. HOHL). Il est préférable de couper les fruits en deux pour déceler les cas de pourriture interne.

Un sirop à 35° Brix semble le plus favorable ; il donne une saveur agréable et son point de congélation ainsi que sa pression osmotique sont très voisins de ceux du fruit frais. Si la concentration est supérieure à 35° Brix, les figues sont ridées et trop sucrées, si elle est inférieure, il en résulte une perte de saveur. Le

(1) D'après M.A. JOSLYN et L.A. HOHL.

sirop est nettement préférable au sucre sec, utilisé quelquefois dans les proportions 5/1 ou 6/1 (1).

Les récipients étanches sont à recommander pour éviter une oxydation pendant le stockage et une altération de la saveur. A défaut, il est également possible d'éviter cet inconvénient (2) soit par un blanchiment à la vapeur de 1 minute 30 au maximum (les tissus deviennent facilement mous et prennent un goût de cuit) soit par addition au sirop de 0,35 % d'acide citrique ou de 1/10.000 d'anhydride sulfureux. Les figes peuvent aussi être plongées 2 à 3 minutes dans une solution contenant 2/1.000 de gaz sulfureux. Enfin, l'acide ascorbique (0,15 % dans le sirop) conserve encore aux fruits un aspect irréprochable 24 h. après la décongélation. Ces derniers procédés sont donnés à titre purement indicatif, car un récipient parfaitement étanche évite d'y avoir recours.

Toutefois, J.G. WOODROOF et E. SHELOR, à la suite d'essais récents recommandent, pour conserver de façon parfaite les qualités organoleptiques du produit, un sirop additionné de 0,05 % d'acide ascorbique et 0,15 % d'acide citrique. Ils utilisent les figes bien mûres et qui ont commencé à se rider.

Les variétés les plus favorables sont indiquées dans un tableau annexe. Il est à noter de nombreuses différences d'appréciation selon les auteurs et selon les régions. Le stockage ne semble pas devoir dépasser un an.

ANANAS

L'ananas est un produit facile à congeler qui ne risque pas de brunir par oxydation et dont la texture est bien conservée. Sa préparation n'offre aucune difficulté.

Dans l'industrie, on y ajoute d'ordinaire du sirop (30 à 50° Brix) et moins souvent du jus ou du sucre en proportion 4/1.

Selon F.T. ADRIANO il suffit de congeler à -18°C . Le froid ne détruit pas, comme le fait l'appertisation, la diastase protéolytique (Broméline), ce

(1) Voir note 1, page 365.
(2) H.M. REED, 1939.



qui assurerait la conservation d'une saveur très voisine de celle du fruit frais. Une désaération et un remplissage des boîtes sous vide améliorent encore la qualité du produit.

Il peut accidentellement apparaître une saveur étrangère (saveur de poisson) qui se développe pendant l'entreposage et dont la cause est mal connue (M.A. JOSLYN et L.A. HOHL). Elle prend naissance surtout dans le cas de la variété Red Spanish et de fruits imparfaitement mûrs ; on peut en général l'éviter par addition de sucre.

JUS D'ANANAS

Sa préparation en vue de la congélation ne diffère guère de celle utilisée dans les conserveries. La désaération favorable à la conservation enlève toutefois une notable partie de la saveur (NAVELLIER).

AUTRES FRUITS

Après les agrumes, les figes et les ananas doivent être cités de nombreux fruits dont la congélation n'est pas courante et qui ont été très peu étudiés. Les données suivantes proviennent presque exclusivement des expériences faites par ADRIANO et ses collaborateurs à Manila (Philippines) (1).

Des modes de préparation différents furent essayés, ainsi que trois températures de congélation : -8°C (20 heures), -18°C (6 heures) et -30 à -80°C (neige carbonique : 1 heure). La conservation a toujours eu lieu à -8°C température vraisemblablement trop élevée. Les récipients utilisés étaient :

- des boîtes métalliques serties ;
- des boîtes métalliques à couvercle vissé ;
- des pots de carton à couvercle.

Il n'a pas été fait de désaération. Il est donc possible qu'une température de congélation et de stockage plus basse ou les méthodes actuelles de préparation, étendues à quelques espèces particulièrement sensibles, donnent des résultats très supérieurs et modifient totalement les conclusions ci-dessous.

(1) La publication comporte plusieurs photographies des fruits expérimentés et de nombreux tableaux des combinaisons étudiées.

Fig. 5. — Emballages utilisés pour les jus d'agrumes congelés. (d'après « Quick Frozen Foods », Mai 1947).



Fig. 6. — Boîtes de jus congelé d'agrumes.
(d'après Finnegan W.J., 1935, *Ice and Refrigeration*).

Tous ces fruits ont été cueillis à pleine maturité et choisis exempts de toute altération.

AVOCATS (variété utilisée : Cardinal)

Le traitement de ce fruit est difficile, car il brunit intensément et très rapidement par oxydation avec apparition d'une saveur étrangère. Pour cette raison, la conservation par la chaleur donne de mauvais résultats.

Les fruits sont pelés, coupés en moitiés, en quarts, en

tranches, ou mis en purée. L'emballage doit être immédiat, après addition d'un sirop à 50 ou 60 %. Dans les expériences de congélation à -18°C la surface était brune, mais l'intérieur offrait un aspect satisfaisant. Seuls les lots congelés dans la neige carbonique étaient de présentation parfaite. Les auteurs ont constaté que le stockage devait avoir lieu à une température inférieure à -12°C . La saveur et la texture sont bien conservées dans ces conditions.

La purée additionnée de 25 à 40 % de sucre sec permet de fabriquer des crèmes glacées particulièrement appréciées et de haute valeur nutritive.

MANGUE

Ce fruit ayant une notable tendance à brunir devra être préparé rapidement, pelé avec un couteau inoxydable, puis coupé en quartiers ou en tranches. Celles-ci seront parées pour éliminer les portions trop fibreuses. Une autre méthode consiste à couper les fruits non pelés en 2 moitiés et à extraire la pulpe avec une cuiller inoxydable. Un sirop de 40 ou 50 % recouvrant complètement les fruits et une congélation à -18°C conservent au produit sa magnifique couleur jaune, sa saveur et sa texture. Le sucre sec ne convient pas.

Ces résultats sont très intéressants pour la fabrication ultérieure de crèmes glacées, car le stockage du produit fabriqué, crème ou glace, est impossible ;

Principales variétés de fruits propres à la congélation rapide

ESPÈCES		VARIÉTÉS	LOCALITÉS	RÉFÉRENCES
Figues	Fruit	Black Mission (1), Kadota (2)	Californie	PENTZER and ASBURY.
		Black Mission (1), Kadota (2), Brown Turkey (3)....	Georgie	CRUESS 1938.
		Ischia White (3), Brown Turkey (3).....	Georgie	WOODROOF and BAILEY et TRESSLER and EVERS.
		Royal Vineyard, Dr Hoggs Claire et Recuiver	Texas	REED.
		Brown Turkey et Celestlal.....	Tennessee	CARLTON d'après TRESSLER and EVERS.
Grapefruit	Fruit	Duncan (1), Seedring (1), Marsh Seedless (3), Ruby Red, Marsh Pink.....	Floride	TRESSLER and EVERS.
		Duncan (1), Ruby Red (1), Marsh Pink (1), Marsh Seedless (2).....	Texas	TRESSLER and EVERS.
	Jus	Silver Cluster, Duncan, Excelsior, Florida Common, Marsh Seedless, Thompson pink.....	—	STAHL 1946.
Citrons	Jus	Eureka, Lisbon.....	—	JOSLYN et HOHL.
Oranges	Fruit	Valencia, Florida Pineapple, Seedling Oranges.....	—	TRESSLER and EVERS.
	Jus	Valencia, Pineapple, Mediterranean Sweet.....	Floride Californie	STAHL. CRUESS, TRESSLER.
Ananas		Smooth Cayenne, Red Spanish.....	—	DATA BOOK.

(1) Excellent

(2) Très bon.

(3) Bon.

il s'y développe en effet une saveur désagréable après 5 jours de conservation à l'état congelé.

LANGSAT

Il peut être congelé sans préparation, entier, avec ou sans sirop (10 à 80 %). La peau brunit fortement mais l'intérieur reste blanc ; la texture et la saveur sont bonnes. Il est toutefois préférable de peler le fruit, de l'ouvrir et d'en ôter les graines. Le Langsat supporte, à cause de sa grande acidité, un sirop à 70 %. Il peut être consommé seul ou servir à la confection de glaces. Il ne convient pas à la préparation des crèmes glacées et des sorbets.

JACQUIER (« Nankas » et « Lemasas »)

Les fruits sont ouverts et lavés ; les graines sont enlevées ainsi que les régions gommeuses ou visqueuses. Un bon fruit contient 1,5 à 2 kg de chair. La congélation a lieu à -18°C pour les quartiers additionnés d'un sirop à 60 % ou pour la purée mélangée à du sucre sec (2/1). La conservation peut durer 5 mois à -18°C .

POMME CANNELLE

Les fruits non pelés sont sectionnés en deux ; la pulpe est grattée avec une cuiller et mise directement dans les récipients. Il n'existe pas de procédé commode pour enlever les graines ; il faut frotter la pulpe sur un tamis en se munissant de gants de caoutchouc. D'excellents résultats ont été obtenus avec un sirop de 20 à 60 % et une congélation à -40°C . L'arôme est parfaitement conservé même après un stockage prolongé.

SAPOTE MAMEY

Comme pour la pomme cannelle, la pulpe est passée au tamis pour enlever les graines et les fibres ; elle est additionnée de sucre (2/1 ou 3/1), congelée à -18°C et stockée à -15°C . C'est un excellent produit pour la préparation de crèmes glacées.

SAPOTE A GOMME

Les fruits bien mûrs mais pas trop tendres sont pelés, coupés en quarts, parés (élimination des graines) et congelés à -18°C dans un sirop à 40 %. Il n'y a aucun changement de couleur. C'est un fruit excellent pour la fabrication des crèmes glacées et très apprécié aux Philippines (saveur voisine de celle de la sapote). La structure, grenue est plus ou moins fine selon les variétés.

COROSSOL

Ce fruit a plus d'arôme et de saveur que la pomme Cannelle ou les anones. Sa saveur acide en fait un excellent produit pour les salades de fruits, mais

moins apprécié pour les crèmes glacées. Toutefois, il est quelquefois utilisé pour les sorbets. Il convient particulièrement aux glaces.

GOYAVES

De très bons résultats ont été obtenus avec des fruits bien lavés, parés et sectionnés en 2, additionnés d'un sirop à 70 %. Les graines sont généralement enlevées avec une cuiller mais elles peuvent aussi être laissées sans inconvénient. La congélation et le stockage ont eu lieu à -8°C .

Pour la préparation ultérieure de crèmes glacées, les auteurs recommandent un mélange de 3/4 de fruits d'une variété à peau blanche avec 1/4 de fruits plus durs à peau verte ; tous sont blanchis une minute à l'eau bouillante, refroidis, coupés en deux mais non pelés, privés de graines, réduits en purée et mélangés à un poids égal de sucre blanc granulé.

BANANE

Le brunissement par oxydation est très prononcé ; la peau d'une banane congelée sans aucune précaution noircit totalement en quelques heures pendant la décongélation ; à l'intérieur, la chair est molle, jaune brun, plus foncée que dans le fruit frais ; la saveur est modifiée et rappelle celle de la banane cuite. Les bananes pelées puis congelées sans sirop dans un paquet de cellophane brunissent fortement et leur saveur est encore plus altérée que dans le cas précédent.

Signalons seulement que la production de purée de banane congelée a été entreprise commercialement en Californie en 1947.

NOIX DE COCO (on n'utilise que de jeunes fruits)

Le fruit est ouvert puis la chair extraite avec une cuiller. Il faut prendre soin de ne pas atteindre la peau rouge qui adhère au noyau. Le lait qui s'écoule sert à fabriquer un sirop sucré à 40 ou 50 % dont on recouvre les morceaux prélevés. Une trop grande quantité de sucre peut quelquefois les rendre légèrement translucides. Dans un autre essai, sans aucune addition de sucre, les auteurs n'ont constaté aucune modification de texture, de saveur ou de coloration même après un stockage prolongé (2 ans à -8°C). La congélation s'effectue à -18°C . Le lait seul est congelé couramment en vue de son utilisation ultérieure en pâtisserie.

PAPAYE (1)

Les producteurs américains de la basse vallée du Texas forment de grands espoirs au sujet de la congélation rapide des papayes. Les essais effectués n'ont révélé aucun changement de coloration ou de saveur après 7 mois de stockage. Les fruits récoltés sur

(1) Papayas Improved by Freezing. (Anonyme).

l'arbre en pleine maturité, en Juillet et Août, sont pulpés et passés au tamis pour éliminer les graines et les fragments de peau. La pulpe est versée dans des boîtes métalliques, des bocaux de verre, ou des boîtes de carton à couvercle, puis congelée en 30 minutes. Le transport par avion est envisagé.

CONCLUSION

Pour certains fruits de la zone tempérée, la pratique industrielle a confirmé les résultats obtenus dans les laboratoires ; elle apporte chaque jour des faits et des documents nouveaux et elle a fortement contribué à l'extension ultérieure des recherches sur une importante échelle. Au contraire, la congélation des fruits indiqués ci-dessus même aux États-Unis, est à peine entrée dans le domaine des réalisations. Aussi nos connaissances sont-elles plus réduites. De nouvelles recherches sont nécessaires et nous pouvons fonder de grands espoirs en la création dans nos territoires d'Outre-Mer de laboratoires qui pourront adapter à nos variétés locales les résultats obtenus outre-atlantique.

Les faits que nous venons d'exposer sont déjà assez encourageants. La congélation rapide semble un excellent moyen de conservation susceptible de s'appliquer à la majorité des fruits tropicaux. Certains, comme les agrumes, exigent une préparation particulière, coûteuse et compliquée ; d'autres, comme les figes, sont justiciables de la technique habituelle ;

enfin, quelques-uns peuvent même être congelés sans aucune préparation (Langsat). Le problème du transport et de la distribution des fruits les plus fragiles se trouve ainsi résolu en principe ; car il ne faut pas se dissimuler les difficultés que présentent sous le climat tropical, l'installation d'une usine de congélation, puis le maintien à -18°C , pendant le transport sur terre et sur mer des produits ultra-congelés. La chaîne du froid rigoureusement continue est absolument indispensable. Tout cela soulève de très nombreux problèmes, plus économiques peut être que techniques, dont l'étude sort du cadre de cet exposé.

Pour la métropole, il ne serait pas négligeable d'introduire sur le marché des produits nouveaux et de qualité.

Pour nos territoires d'Outre-Mer, les avantages seraient encore plus considérables. Devant cette possibilité nouvelle d'exportation, la culture de certains fruits pourrait se développer ; ce qui pousserait les planteurs à améliorer leurs méthodes culturales et à sélectionner les variétés. D'un point de vue plus général, si la réalisation de cette chaîne du froid est un des gros obstacles à franchir, il n'est pas douteux que sa création rendrait de grands services pour le transport et la conservation de nombreuses autres denrées, tant animales que végétales.

Station expérimentale du Froid de Bellevue
(C.N.R.S.).

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme 1948. — U.S. Grade Standards for frozen Grapefruits. *Canner*, **106**, n° 11, Mars, 31-32, 48.
- Anonyme 1947. — Papayas improved by freezing. *Quick Frozen Foods*, **9**, Février, 66.
- ADRIANO F.T., VELENZUELA A., MIRANDA L.G., 1933. — Études sur la congélation rapide des fruits des Philippines et l'utilisation de produits en paquets congelés. *Philip. J. Agric.*, Manila, N° 1, p. 41.
- *BROWN J.G., OVERHOLSER E.L. et CRUESS W.V., 1923. — Freezing Fruits for by products use. *Calif. Sta. Rep.*, 1923, p. 194-195.
- *CHACE E.M. and H.D. POORE, 1931. — Quick Frozen citrus fruit juices and others fruit products. *Ind. and Eng. Chem.*, **23**, 1109.
- CONDIT L.J., 1947. — The Fig.-Waltham, U.S.A. (*Chronica botanica*).
- CRUESS W.V. and H. SEAGRAVE SMITH, 1947. — Frozen Citrus Juice. *Q. Froz. F.*, **9**, Mai, 51-55, 107.
- *DIEHL H.C. and WARNER K.F., 1945. — Freezing to preserve home grown foods. *U.S. Dept. Agric. Circ.* 709, 1-62.
- FINNEGAN W.J., 1935. — Preserving Citrus Juice by Freezing. *Ice and Refrig.*, **88**, 51-54.
- GACHOT H.H., 1948. — Les jus de fruits. Édit. P.H. Heitz. Strasbourg, Zurich.
- GENEVOIS M., 1942. — Les jus de fruits naturels et concentrés. *Cours Conf. Centre de Perf. Tech. Fascicule N° 817*.
- HOHL L.A., 1946. — Freezing California Fruit Figs. *Food Packer*, **27**, Octobre, 66-70.
- JOSLYN M.A., 1929. — Freezing storage of Citrus products. *Fr. Prod. J.*, **9** (1) : 13-15.
- *JOSLYN M.A. and CRUESS W.V., 1929. — Freezing storage of fruits and vegetables for retail distribution in paraffined paper containers. *Fr. Prod. J.*, **8** (7) : 9-12 et (8) : 9-12.
- *JOSLYN M.A. and HOHL L.A., 1948. — The commercial freezing of fruit products. *Calif Agric. Exp. St. Bull.* 703. Janvier 48.
- MONVOISIN, 1946. — La conservation par le Froid des denrées périssables. Paris, Dunod.
- NAVILLIER, 1945. — Les jus de fruits coloniaux. *F.O.M.* Février, **1**, 36-51.
- NGO VAN HOAI, 1944. — Conservation des fruits tropicaux par le Froid. *I.F.A.C. Série Bibliographique N° 2*.
- *PENTZER W.T. and C.E. ASBURY, 1931. — Observation on the freezing storage of Figs. *Fr. Prod. J.*, **10**, 218.
- REED H.M., 1946. — Investigations on the freezing storage of Figs. *Q. Froz. F.*, Janvier 46, **8**, N° 6, p. 84-85.
- RICARD J.H., 1945. — L'équipement frigorifique des Colonies françaises. *Rev. gén. Froid*, Octobre 1945.
- *STAHL A.L., 1946. — Essais des meilleurs procédés de congélation des quartiers d'agrumes. *Q. Froz. F.*, **8**, N° 6, p. 59 et N° 7, p. 94.
- STAHL A.L., 1945. — Congélation des quartiers d'agrumes. *Florida St. Hort. Soc. Proc.*, **58**, p. 48-50.
- TRESSLER D.K. and EVERS C.F., 1946. — The freezing preservation of foods. New York. The Avi Publ. Comp. Inc.
- ULRICH R., 1945. — Le froid et les fruits. *F.O.M.*, **1**, N° 4, p. 98-107.
- *WOODROOF J.G. and BAILEY, 1930. — Preserving fruits by freezing. II Figs. *Ga. Agr. Exp. Sta. Bull.*, **164**, 1-11.
- *WOODROOF J.G. and SHELOR E., 1947. — Frozen figs are improved through use of ascorbic acid. *Food Freezing*, **2**, 698-9.

Les articles marqués de * n'ont pas pu être consultés directement.