

ÉTAT ACTUEL DES TECHNIQUES DE CONCENTRATION DES JUS DE FRUITS

par **Rudolph HEISS**

(DR-ING.)

DIRECTEUR DE L'INSTITUT
DE TECHNOLOGIE ALIMENTAIRE ET D'EMBALLAGE DE MUNICH.

La préparation des jus de fruits concentrés est légitimée avant tout par la nécessité de réduire le poids et l'encombrement au cours du transport, et aussi d'économiser les matériaux d'emballage (flacons, boîtes). La principale difficulté, dans la concentration, provient de la *perte* et des *modifications* de l'arome, et c'est une bien faible consolation de savoir que les procédés mis en œuvre pour conserver les cidres doux (non concentrés) ne sont pas complètement exempts de critique sur ce point.

L'apparition d'un *goût de cuit* est due à des modifications chimiques, résultant des variations de vitesse de circulation dans l'échangeur de chaleur; les couches voisines de la paroi circulent moins rapidement et subissent ainsi l'action de la chaleur pendant des temps plus longs. De plus, des différences de concentration ajoutent leurs effets aux différences de vitesse, ce qui rend la circulation encore moins uniforme. La qualité d'un produit ne dépend pas du temps de séjour moyen dans l'appareil, mais du temps pendant lequel les parties lentes, qui sont exposées à la chaleur pendant des temps plus longs, y séjournent, même lorsqu'elles ne représentent qu'un faible pourcentage. Les relations qui existent entre l'apparition du goût de cuit, d'une part, et le temps, la température et le degré de concentration, d'autre part, chez les différents jus de fruits, ne sont pas connues. On cherche à y remédier empiriquement en faisant circuler le liquide en couche mince et en travaillant à température aussi basse que possible — ce qui exige une grande surface d'échange — ou bien en raclant la couche limite laminaire constamment aussi complètement que le permet la surface de l'échangeur thermique.

La *perte* d'arome, au cours de la concentration par

évaporation, dépend, pour une concentration donnée, de la proportion de matières volatiles contenues dans la vapeur et dans le liquide. Cette quantité n'est pas seulement fonction de la pression et de la température; dans chaque cas particulier, les fractions très volatiles ou peu volatiles jouent un rôle décisif dans la conservation de l'arome. En ce qui concerne l'influence de la pression, des résultats inédits, établis pour le jus de pommes, indiquent que la perte en substances aromatiques, au cours de l'évaporation de 52 à 72 % de matières sèches, est à peu près la même à la pression normale et dans l'évaporateur à circulation sous vide. Puisque, sous vide, le liquide s'évapore à basse température et en raison du plus grand volume spécifique de la vapeur, la caramélisation de la couche limite et, par conséquent, l'apparition d'un goût de cuit, sont peu vraisemblables. Au sujet des autres jus de fruits on manque encore de données.

En général, la préparation des jus de fruits concentrés est effectuée selon un des procédés suivants :

1. On congèle le jus de fruit et on sépare les phases; on obtient, de cette façon, de la glace et du concentré. Au besoin, on répète ce processus. Il n'y a aucun danger d'apparition d'un goût de cuit par ce procédé, et la perte d'arome est faible si l'on réussit à obtenir une glace ne renfermant qu'un très faible résidu sec. C'est le seul procédé dans lequel l'écoulement de la tension de vapeur ne joue aucun rôle.

2. On évapore aux températures ou bien aux pressions suffisamment basses pour que la formation d'un goût de cuit soit improbable. Si ce procédé conduit à de faibles pertes d'arome, cela dépend essentiellement des positions réciproques des courbes de tension de vapeur des substances aromatiques, d'une part, de

celles de l'eau ou bien de la glace, de l'autre. On conduit l'évaporation de telle façon que les différences entre la concentration de l'arôme dans le liquide ou dans la vapeur deviennent inférieures à ce qui correspond à l'équilibre, c'est-à-dire que les pertes en substances volatiles diminuent.

3. On évapore à haute température en prenant, toutefois, soin qu'il n'apparaisse aucun goût de cuit, mais on perd alors les substances très volatiles et une partie des substances peu volatiles.

a) On concentre à un degré supérieur au degré final désiré et on ajoute un peu de jus frais pour remplacer en partie les substances volatiles perdues (procédé de Floride).

b) On part du fait que les substances aromatiques — selon l'espèce du fruit — se trouvent en général dans les premiers 10 à 30 % de distillat. On évapore jusqu'à la concentration désirée ; la première partie du distillat est cependant rectifiée et on réincorpore l'essence gagnée au concentré.

Procédé 1.

Ce procédé fut utilisé d'une façon scientifique surtout en Allemagne, quelquefois en Grande-Bretagne, en France et aux États-Unis [1].

C'est l'allure de la courbe de glace de la solution envisagée qui est primordiale ; elle indique l'augmentation de l'abaissement du point de congélation du solvant en fonction de quantités croissantes de corps dissous, comme le montre la courbe AB de la figure 1.

Si, dans une solution d'une concentration initiale x_s , la température descend au-dessous du point de congélation, soit $t_g < t_0$, il en résulte une fraction m sous forme de glace et une fraction $1 - m$ sous forme de concentré (fig. 1). Aux températures $t_f < t_g$ on aura, selon la courbe de glace (fig. 1), une concentration de la solution liquide restante $x_f > x_s$. De sorte que, à t_f , on aura, pour une unité de poids de la solution initiale, une fraction d'eau congelée à cette température $m = 1 - (x_s/x_f)$ et une fraction liquide concentrée $1 - m = x_s/x_f$. Le degré de concentration est alors $\frac{x_s}{x_f}$,

ainsi qu'il résulte directement de la figure 1. Tandis que la concentration finale théorique x_f , d'une solution aqueuse donnée dépend exclusivement de la température réalisable t_f , le rendement théorique en concentré, à une température donnée t_f , est proportionnel à la concentration initiale. La plus forte concentration théorique qui peut être atteinte par congélation est déterminée par la position du point eutectique B de la solution. Par ce procédé on ne peut obtenir de teneurs

en matières sèches supérieures qu'avec des solutions qui, avec des matières étrangères, fournissent facilement des solutions sursaturées stables. D'ailleurs il est parfois possible de déplacer le point eutectique dans un sens favorable en utilisant des pressions plus élevées.

La figure 2 représente un diagramme enthalpique pour les jus de fruits et de légumes. Dans la mesure où l'on connaît la concentration de la solution, on peut y lire directement la quantité d'eau congelée en fonction de l'abaissement de température ; par exemple, un jus possédant une concentration initiale de 13 % aura un point de congélation de $-1,38^\circ \text{C}$. Si l'on le congèle

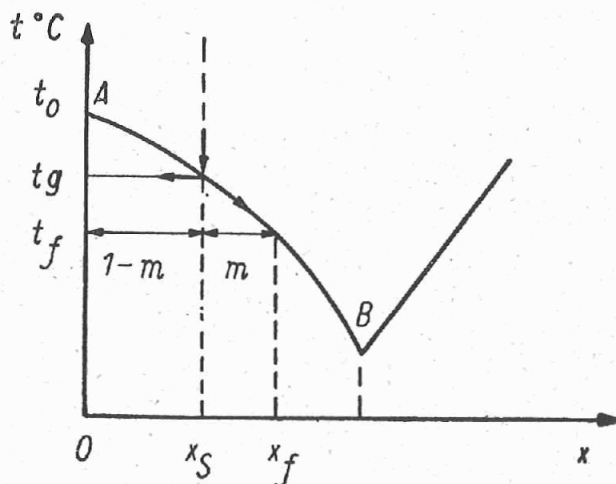


FIG. 1. — Diagramme de solidification eutectique d'une solution.

x = concentration du corps dissous ;
A = point de congélation du solvant pur ;
AB = courbe de glace (solution aqueuse), nommée aussi courbe de congélation ou de solidification ;

à $-2,9^\circ \text{C}$, il se trouve concentré dans le rapport 2 : 1 (fraction de glace par rapport à la teneur en eau totale $\alpha = 57,5 \%$). Si l'on congèle à nouveau le concentré (pour $\alpha = 0$ la concentration est alors 26 %) en vue d'obtenir un rapport de concentration de 2 : 1 ($\alpha = 67,5 \%$), il faut utiliser une température de $-12,1^\circ \text{C}$ et on obtient un concentré de 52 % de matières sèches. Le besoin de froid peut être lu en ordonnée.

En général, la concentration finale qui peut être obtenue en pratique, n'est pas déterminée par la température eutectique, mais par le fait que l'angle d'inclinaison de la courbe de glace par rapport à la coordonnée de température diminue lorsque la température décroît, comme dans la figure 1, c'est-à-dire qu'un fort abaissement de température ne correspond qu'à un faible gain en matières sèches du concentré. Les solutions qui possèdent une courbe de glace très escarpée

par rapport à la coordonnée de température ne se laissent généralement pas bien concentrer par le froid car, dans les limites précises de réglage de la température, il apparaît déjà de trop grosses différences dans la teneur en matières sèches du concentré. De plus, les entrées de chaleur externe augmentent lorsque la température décroît. Enfin, une certaine partie de la glace fond au cours de la séparation mécanique indispensable de la glace et du concentré qui suit la congélation, en raison de l'échauffement dû aux frottements, etc. C'est pourquoi, selon le procédé de séparation

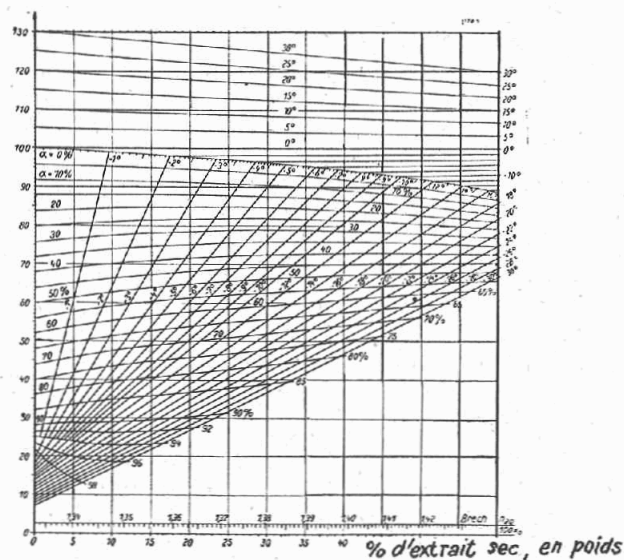


FIG 2. — Diagramme de MOLLIER pour les jus de fruits et de légumes (d'après RIEDEL).

- x_0 = teneur en matières sèches du jus ;
 n_{20} = indice de réfraction à 20° C ;
 α = fraction de glace par rapport à leur teneur totale en eau.
 i = 100,0 kcal./kg à 0°C, pour les divers x_0 .

choisi, il n'est pas toujours économique de baisser la température au-dessous d'une certaine limite. De plus, en pratique, il reste de la solution dans les espaces capillaires, ainsi que dans les angles des cristaux de glace. Cette perte augmente lorsque le rapport de concentration s'élève. Le pourcentage du rendement en concentré qui doit être absolument atteint pour des raisons économiques est essentiellement déterminé par le prix des matières premières. De cette façon, selon le procédé de séparation choisi et en fonction de la concentration initiale donnée, le rapport de concentration le plus favorable ainsi que la concentration finale (car, pour des raisons économiques, on n'aime pas choisir un procédé de plus de deux stades) sont déjà fixés. Il est toutefois

possible d'influencer le rendement dans certaines limites pour autant que la structure de la formation cristalline dépende du rapport entre le nombre de centres formés KZ et la vitesse de cristallisation KG. Plus gros et moins nombreux sont les cristaux, plus faibles sont les quantités de concentré qui y adhèrent et plus élevé est le rendement. Malheureusement, le travail continu exige une grande rapidité de congélation liée à des valeurs élevées de KZ et de KG. On peut cependant obtenir des rendements plus élevés, ceci, toutefois, aux dépens du rapport de concentration, lorsqu'on prend soin d'utiliser un procédé de séparation sous pression permettant aux surfaces cristallographiquement semblables de se rejoindre. D'ailleurs, on peut augmenter, en travail non continu, les dimensions des cristaux par recristallisation.

Dans la pratique, on admet, au cours d'un bon procédé de séparation, une perte de rendement de 5 % au premier stade, pour un rapport de concentration de 2 : 1 ; avec $x_s = 10\%$ on obtient ainsi une teneur en matières sèches dans la fraction solide (Glace) de 0,95 % (1). La concentration finale qui peut être atteinte dans les procédés par congélation, se tient entre 50 et 60 % de matières sèches.

Les concentrés obtenus par congélation ne peuvent donc être conservés, en général, que dans des entrepôts à basse température. En utilisant un système de congélation et de séparation complètement clos, les pertes d'arôme correspondent aux pertes de rendement ; les substances possédant une action de surface (par exemple les acides de fruits) ont tendance à passer dans la glace, tandis que les substances sans action de surface (par exemple l'acide ascorbique) restent dans le concentré.

La glace et le concentré sont séparés soit dans des centrifugeuses à tamis, soit dans des presses à vis hélicoïdale. La figure 3 représente la suite des opérations dans le procédé KRAUSE-LINDE.

L'épaisseur de la couche de glace qui se forme au cours d'un seul tour du tambour de congélation e (fig. 3) et qui doit être prise par le racler dépend du coefficient de transmission de la chaleur entre la surface du tambour et de l'agent frigorigène intérieur, du coefficient de conductibilité thermique de la couche de glace, du nombre de tours du tambour et enfin de la chaleur de solidification pour chaque unité de volume ou bien du poids du produit congelé.

Avec des chaleurs de solidification plus faibles par unité de poids du produit congelé, il faut naturellement augmenter, conformément, le nombre de tours lorsqu'on veut obtenir, avec un apport de froid constant, la même quantité du produit congelé par chaque tour du tambour. Il faut la diminuer si l'on ne fait plonger que partiellement le tambour dans le liquide et que l'on désire cependant obtenir, par

(1) Les données concernant la quantité de matières sèches qui passent dans la glace ne sont comparables que lorsqu'on connaît la concentration initiale et le rapport de concentration.

chaque rotation, la même épaisseur de glace que lorsqu'il plonge complètement. Indépendamment de cela, il faut, en raison des valeurs de KZ et de KG, employer un nombre inférieur de tours avec les jus de haute teneur qu'avec les jus plus dilués pour obtenir, au cours du procédé de séparation suivant, le même rendement, avec un même rapport de concentration.

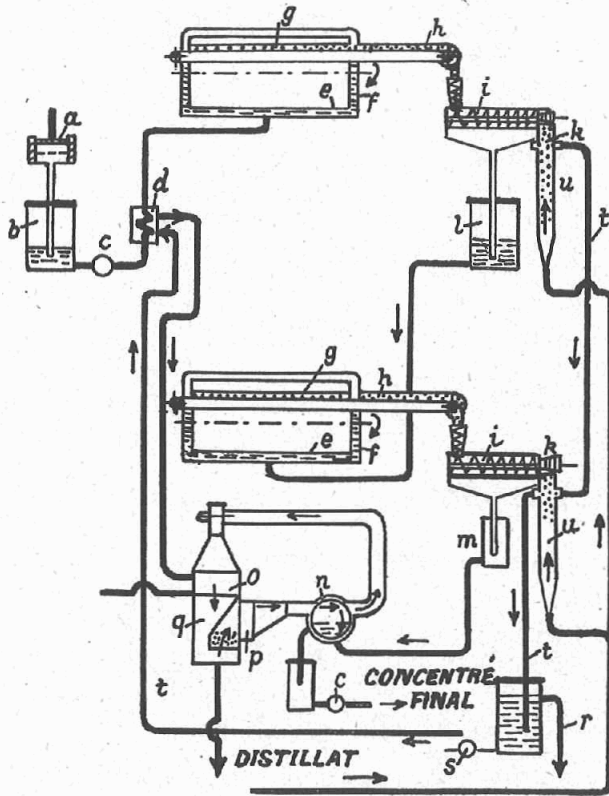


FIG. 3. — Procédé de congélation KRAUSE-LINDE.

Le jus frais à concentrer s'écoule d'un filtre-pressé *a* dans un réservoir *b*. Un monte-jus (pompe à piston) en faïence *c* l'envoie dans un réfrigérateur à plaques *d*, pour être pré-refroidi, puis dans une cuve *f* dans laquelle tourne le tambour de congélation *e* refroidi de l'intérieur par évaporation directe. Le mélange de glace et de concentré formé autour du tambour de congélation en est enlevé par la racle *g*, tombe sur un ruban convoyeur *h*, puis est conduit à la presse à vis *i*; celle-ci exprime le concentré à travers un tamis et expulse la glace pure à son extrémité *k*, c'est-à-dire, pratiquement, selon la teneur en matières sèches du jus frais, 50 à 70 % en poids de l'eau contenue dans le jus frais (rapport de concentration : 2,7 à 1,6). La glace est fondue sous forme d'un courant d'eau glacée, qui est transporté à travers divers échangeurs de chaleur, servant ainsi au refroidissement.

Le concentré pressé I (contenant environ 24-30 % de matières sèches) est rassemblé dans un récipient *l* et de là s'écoule dans un deuxième appareil de concentration où recommence le processus décrit ci-dessus. Dans le second appareil, le concentré I précédemment obtenu est à nouveau congelé, et le concentré exprimé de la glace, ce qui permet d'extraire environ 55 % de l'eau qui y est contenue sous forme de glace. Le concentré exprimé qui contient alors environ 50 % de matières sèches se rassemble dans un réservoir *m*.

En cas de nécessité on peut rattacher au procédé par congélation décrit ci-dessus un procédé par diffusion dans un appareil à diffusion *n* de grande surface, ce qui permet d'enlever, à une température

d'environ 25° C, encore 10 % de l'eau du concentré II dans un courant gazeux pauvre en oxygène, en circuit fermé. Pour cela, le courant gazeux parcourt le circuit, se débarrassant de sa vapeur d'eau dans le réfrigérant *o* et se réchauffant dans le réchauffeur *p*, devenant ainsi capable de se saturer à nouveau de vapeur d'eau; *q* récipient du condensé; *r* trop-plein d'eau glacée; *s* pompe de circulation d'eau glacée; *t* conduite d'eau glacée; *u* dispositif pour fondre la glace.

Dans le procédé HEISS-NEUERBURG, les presses à vis hélicoïdale sont remplacées par des appareils centrifuges. Le désavantage de la presse à vis provient de l'équivalent mécanique de la chaleur au pressage, ce qui oblige à refroidir plus qu'il ne serait nécessaire pour obtenir un rapport de concentration désiré. Cet équivalent est moins considérable dans un appareil centrifuge. Si, pour atteindre une certaine concentration (figures 1, 2 et 4), on place l'appareil centrifuge dans une enceinte dont la température correspond à la température d'équilibre, on peut obtenir le rapport de concentration désiré sans être obligé de congeler la glace à une température inférieure et d'en laisser ensuite fondre une partie. Avec une accélération centrifuge de $5.000 \frac{m}{s^2}$, on peut calculer que les capillaires

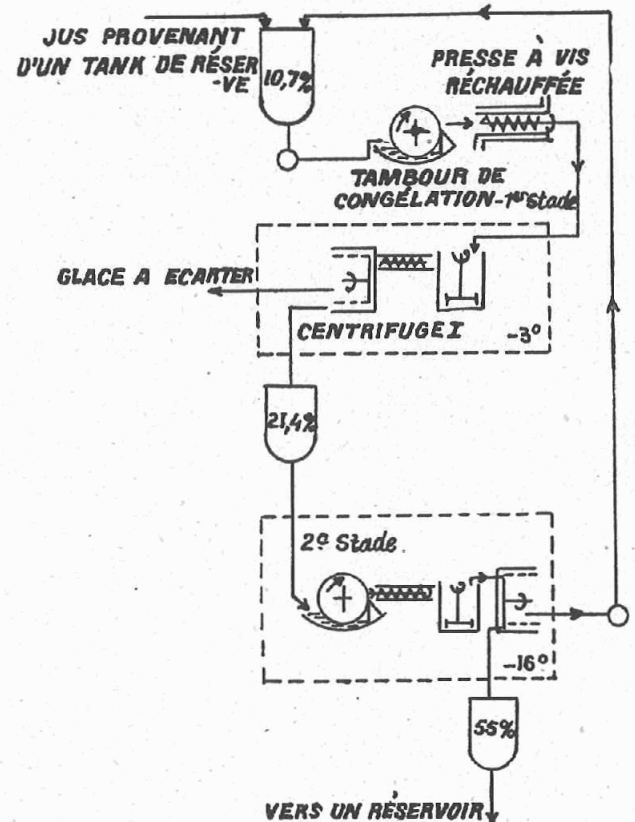


FIG. 4. — Schéma du procédé HEISS-NEUERBURG pour la concentration des jus de fruits par congélation.

possédant un rayon capillaire actif de 150 μ . seront vidés. Au deuxième stade de ce procédé on fait correspondre la concentration de la neige de glace formée à celle du jus frais (fig. 4). On évite ainsi les difficultés accrues de la séparation au second stade et, en même temps, on travaille pratiquement sans perte.

La rentabilité du procédé de concentration par congélation dépend largement de la possibilité d'obtenir en deux étapes un rapport de concentration de 4 : 1. Expérimentalement, ceci est possible sans perte importante en matières sèches. Si l'on veut concentrer à un degré supérieur, des difficultés apparaissent et il faut se demander si le prix des matières premières justifie les frais additionnels d'un troisième stade par comparaison avec le procédé en deux stades, compte tenu de la perte supplémentaire de matières sèches dans le résidu de glace.

Avant qu'il soit possible de comparer la cryoconcentration avec les autres procédés, il paraît nécessaire de les examiner rapidement.

Procédé 2.

Il existe plusieurs publications américaines au sujet de la préparation de poudre d'orange par cryodessiccation (2). Le procédé ne s'est pas imposé pour les raisons suivantes : c'est une erreur psychologique que de vendre des jus de fruits sous forme de poudre ; à un tel degré de concentration, beaucoup de substances aromatiques sont perdues, même à basse température ; la préconcentration du jus se faisait sous vide de sorte que, bien avant la cryodessiccation, une partie importante des substances aromatiques était éliminée ; le produit est très hygroscopique et se transforme aux températures élevées, même sous un emballage hermétiquement clos. La teneur en vitamine C, par exemple, ne se conserve que lorsque l'humidité ne dépasse pas 1 %.

Procédé 3 a.

Dans ce qu'on nomme « Procédé de Floride » un jus de fruit (jus d'agrumes) dont la teneur en solides totaux a déjà été portée de 13 % à 17 %, à 24° C, dans un premier stade, est amené ensuite de 17 % à 27 %, à 17° C, dans un second stade, et de 27 % à 55 %, à 10° C, dans l'évaporateur final, chacune des vapeurs intermédiaires servant à chauffer l'évaporateur suivant (système Howard [3]). Le produit final est dilué avec du jus frais dans le rapport 1,9 : 1 (soit, environ 8,9 : 1 par rapport aux matières sèches) de façon à obtenir un concentré enrichi en substances aromatiques.

Celui-ci est ordinairement précongelé dans un « Votator » où se forment 7 à 10 % de glace [4], et ensuite envoyé dans la chambre d'entreposage à — 17° à — 18° C pour la congélation finale. Au lieu de l'évaporateur à trois stades avec un film tombant, souvent chauffé au moyen des vapeurs d'ammoniac se condensant [5], on pourrait peut-être utiliser un évaporateur LUWA à couche mince ou un autre type d'appareil convenable qui élimine, de façon constante, la couche limite laminaire et oblige le concentré à circuler dans l'évaporateur. La faiblesse du procédé de Floride provient de ce que l'on ne peut ajouter qu'une quantité limitée de jus frais si l'on veut conserver un degré de concentration admissible. Il est justifié quand de petites quantités de toutes les substances aromatiques ajoutées au concentré, où sont restés d'ailleurs les composés à haut point d'ébullition, donnent un arôme complet. Cela semble être le cas avec des jus d'agrumes, quoique le procédé de Floride soit moins satisfaisant avec des fruits à arôme faible du début de la récolte et reste toujours inférieur aux procédés par congélation [6]. Ce procédé ne convient pas aux concentrés de jus de pomme [7]. Examinons maintenant le procédé 3 b utilisé pour ces jus.

Procédé 3 b.

Comme on voit dans la figure 5, 10 % à 30 % du jus de fruit (selon l'espèce) sont évaporés (3) et après cela on sépare le préconcentré de la vapeur (5) (8). Le préconcentré est privé de pectine (9) et évaporé sous vide jusqu'à 68,5 % de matières sèches. Une évaporation à 54° C suffirait pour le jus de pomme [7] (1). Les distillats sont rectifiés dans une colonne à fractionnement (20), envoyés dans un réfrigérant à reflux (21) et dans un condenseur (26) ; il faut alors refroidir la partie gazeuse (23) et, éventuellement, la laver, puisqu'elle peut encore contenir des qualités considérables de matières très volatiles. Les essences sont finalement ajoutées au concentré (19). Ce procédé n'est pas applicable au jus d'agrumes, car les essences ne donnent pas l'arôme du fruit frais, mais plutôt un arôme « abricot », à moins qu'après la colonne de rectification on n'emploie de très basses températures pour récupérer les fractions les plus volatiles dans le cycle gazeux (23) [9]. Le procédé se révèle applicable aux concentrés de pomme et de raisin, mais il faut s'attendre à trouver aux jus, après dilution, un goût de « gelée » plutôt qu'un goût de jus frais. L'entreposage du concentré

(1) D'après d'autres résultats, il ne faudrait pas dépasser une température de 24° C pour les jus d'orange et d'ananas, tandis que les jus de raisin supportent 54° C.

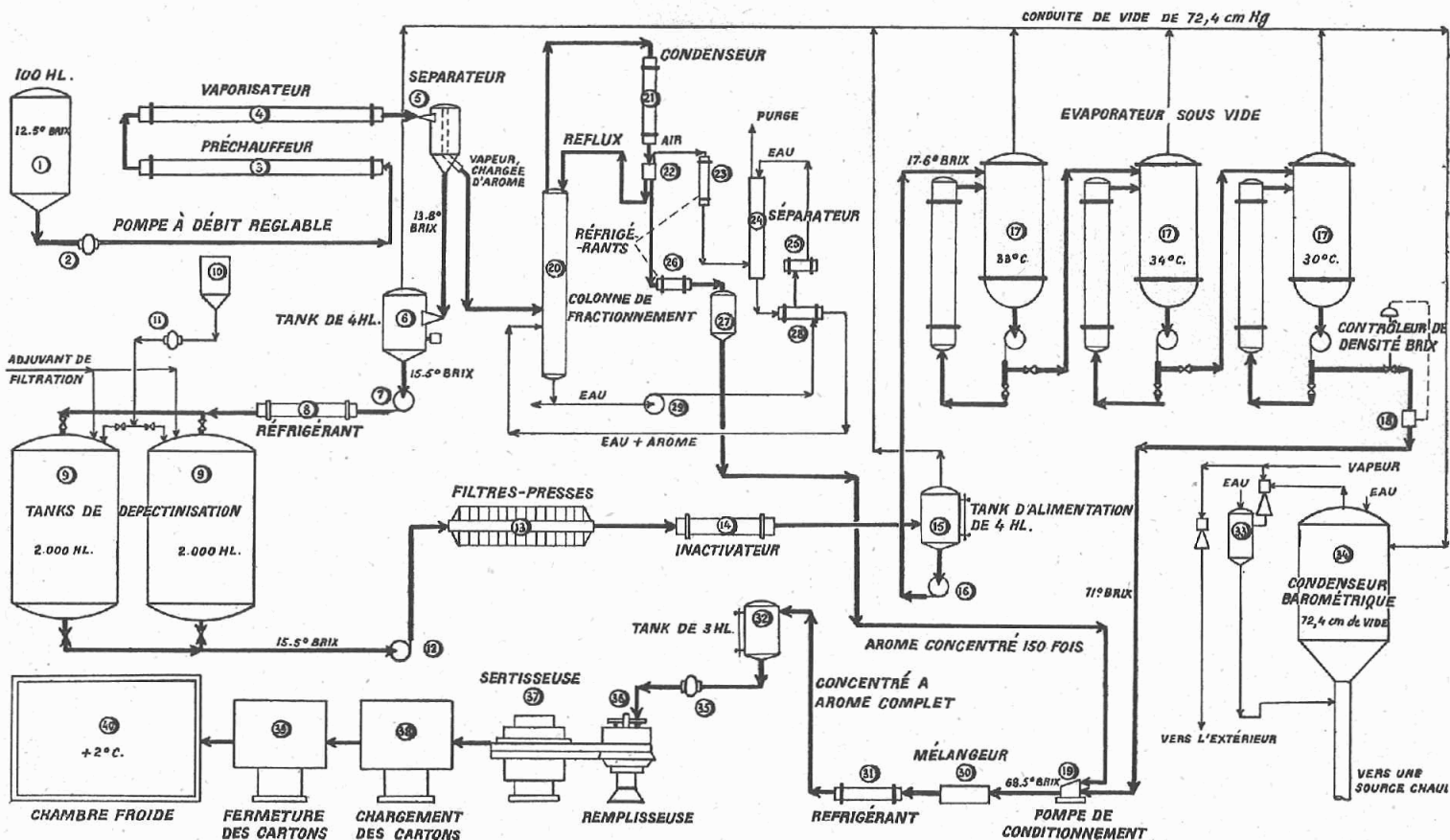


FIG. 5. — Schéma de la concentration du jus de pomme par évaporation et rectification, selon le procédé du *Southern regional Research Laboratory*. Dans le texte, au paragraphe *procédé 3 b*, les numéros mis entre parenthèses renvoient aux numéros indiqués sur cette figure.

septuple se fait à 0° C. Le coût de la concentration est compensé par l'économie sur l'emballage et sur les frais de transport.

Discussion.

La question se pose de savoir lequel de ces procédés de concentration est le plus favorable à la qualité, et quel procédé d'entreposage est le mieux adapté. En ce qui concerne la méthode 3 b on peut penser que les nombreuses opérations subies nuisent à la qualité du produit ; le concentré dilué à nouveau n'aura pas un goût de jus frais, ceci malgré la conservation de l'arôme.

L'auteur a fait des recherches préliminaires comparatives sur la conservation de l'arôme des jus de fruits dans lesquelles on oxydait les substances aromatiques au moyen de bichromate sulfurique ; la quantité de bichromate de potassium utilisée servait à estimer la teneur en substances aromatiques. De cette façon, on

a constaté que du jus de pomme concentré par congélation de 27 à 48 % de matières sèches conservait 83 % de son arôme ; le même jus, concentré par évaporation, sous 0,1 mm de mercure, de 52 à 72 % de matières sèches en retenait 88 %. Du jus de poire, dont la concentration était amenée de 51 à 77 % de matières sèches, conservait en moyenne 60 % de son arôme [10]. Du jus d'orange, qui avait été concentré par congélation en deux stades de 12 à 39,3 % de matières sèches, conservait 60 % de son arôme, et du jus de *grape-fruit* 80 %. Par comparaison, le procédé de Floride (42 % de matières sèches) permettait une rétention de l'arôme de 26 % dans le jus d'orange et de 43 % dans le jus de *grape-fruit* ; la rétention n'était donc environ que la moitié de celle obtenue par congélation [10]. Tous ces résultats n'ont qu'un caractère préliminaire ; la teneur en arôme n'est jugée que dans son ensemble ; on ne peut évaluer de façon certaine quelles différences de concentration de ces arômes peuvent être distinguées à la dégustation.

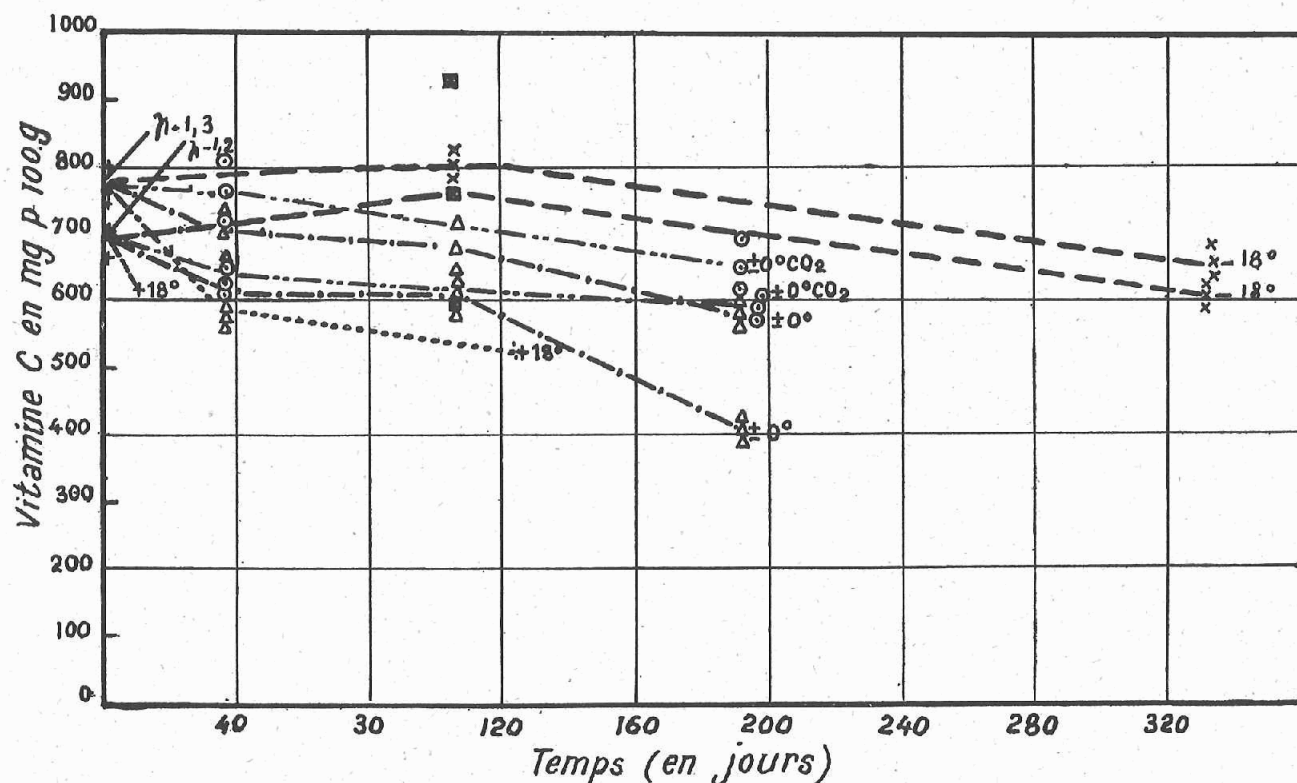


FIG. 6. — Rétention de la vitamine C dans des jus de cassis (poids spécifiques : 1,2 et 1,3), à diverses températures, avec ou sans saturation de gaz carbonique.

Entreposage.

L'idée première selon laquelle on pourrait obtenir, par concentration seulement, des jus épais stables aux températures élevées ne se confirme pas. Même en faisant abstraction du danger de la formation des micelles par la pectine ou de la cristallisation du sucre, il faudrait obtenir une teneur en matières sèches de 78 % à 80 % pour empêcher le développement des moisissures et des levures à 20°C. Indépendamment du fait qu'un tel degré de concentration ne peut être obtenu ni par le procédé 1 ni par le procédé 3 b, on sait qu'une concentration excessive augmente les pertes d'arôme ; de plus, l'optimum économique et commercial de concentration serait probablement entre 40 et 60 % de matières sèches. Tandis que la teneur en vitamine C dans les concentrés d'orange est conservée, même à 20°C, il en est bien autrement du goût et de la couleur. Lorsque la concentration des groupements aldéhydes libres des sucres réducteurs et celle des groupements aminés des protéines augmente, le danger des réactions de brunissement s'accroît, surtout aux températures élevées. Pour cette raison, on ne peut pas obtenir de con-

centré stable, bactériologiquement et chimiquement, à la température ambiante sans l'aide d'anhydride sulfureux. Ces faits sont, en substance, responsables de ce que l'on préfère laisser les jus de fruits concentrés dans la chaîne du froid ; à moins que l'on n'obtienne, comme dans le procédé 3 b, des concentrations si élevées qu'il soit possible d'appliquer sans risque des températures voisines de 0°C pour un entreposage plus prolongé. D'après des essais propres à ce sujet [10], les concentrés de cassis, de poire, de coing, de citron, de groseille et de rhubarbe d'un poids spécifique de 1,3 (environ 60 % de matières sèches) se conservent au moins six mois (et même un an), tandis que les concentrés d'orange, de pomme et de framboise se gardent un peu moins longtemps. La rétention de la vitamine C est également satisfaisante à 0°C (fig 6) Si le concentré est vendu à l'état congelé on a l'avantage, si appréciable dans les pays chauds, d'obtenir une boisson très fraîche par simple mélange avec de l'eau. A l'état dégelé, à 18°C, on peut conserver un concentré à 60 % de matières sèches entre 10 jours (framboise) et 20 jours (groseille, rhubarbe, cassis, orange) ; de nombreux concentrés tels que ceux de pomme, de ci-

tron et, en particulier, de cerise aigre, de poire et de coing se conservent beaucoup plus longtemps [10]. Quoi qu'il en soit, la distribution en dehors de la chaîne du froid est possible de cette manière.

Conclusions.

Si l'on considère le problème de la concentration des jus de fruits dans son ensemble, on voit que les États-Unis sont arrivés à des réalisations extraordinaires dans le domaine de la concentration, mais que ces développements reposent encore sur des bases fragiles du point de vue de la qualité, d'autant plus que chacun de ces procédés est limité à une catégorie bien déterminée de fruits. Des procédés de concentration par

congélation et par évaporation aux basses pressions doivent donc, sans aucun doute, être utilisés (malgré le succès économique extraordinaire du procédé de Floride) pour la conservation du bouquet, au moins pour les aromes délicats, et pour les clients exigeants. Si l'Europe veut rattraper l'avance américaine dans ce domaine, il faudra bien en venir à comparer les procédés connus, en fonction des résultats obtenus avec les différentes sortes de fruits, dans un seul et même laboratoire ou dans une seule et même entreprise industrielle, où les estimations subjectives devraient rester au premier plan tant que les méthodes objectives destinées à juger de la qualité ne seront pas améliorées.

(Traduction de l'auteur).

BIBLIOGRAPHIE.

- [1] HEISS, R. et SCHACHINGER, L. *Kältetechnik*, 1, 216 (1949) et *Food Technol.*, 5, 211 (1951); GANE, R. *Food Manufacture*, 21, 519 (1946); 23, 282 (1948); LAWLER, F. K., *Food Engng.*, 23, 68 (1951/10); RIEDEL, R., *Kältetechnik*, 8, 195 (1950); SOCIÉTÉ DAUBRON, *Br. Fr.*, n° 777, 929 (1936); DALOZ, M. *Br. Fr.*, n° 855.060; Ges. LINDE et KRAUSE, G. A., *D. R. P.*, n° 669.185 (1936); KRAUSE, G. A., *D. R. P.*, n° 595.265 (1937).
- [2] BURTON, L. V. *Food Ind.*, 19, 107 (1947); SCHWARZ, H. W. et PENN, F. E. *Ind. Engng. Chem.*, 40, 938 (1948); SCHROEDER, A. L. et COTTEN, R. H. *Ind. Engng. Chem.*, 40, 804, (1948).
- [3] ATKINS, C. D., WENZEL, F. W., FEHLBERG, E. et SLATER, L. E. *Food Ind.*, 22, 1521 (1950); *Western Canner and Packer*, 41, 13 (1950/11); CLAUER, H. R. *Food Ind.*, 22, 1891 (1950); PRASCHAN, V. C. *Chem. Engng. Progr.*, 6, n° 47, 325 (1951).
- [4] BOLANOWSKI, A. et LINEBERRY, D. D. *Ind. Engng. Chem.*, 44, 657 (1952).
- [5] ANONYME « Flowsheet », cf. *Food Ind.*, 23, 104 (1951).
- [6] KAUFMAN, C. W. et CAMPBELL, H. A. *Food Technol.*, 3, 395 (1949).
- [7] WALKER, L. H., NIMMO, C. C. et PATTERSON, D. C. *Food Technol.*, 5, 148 (1951).
- [8] ESKEW, R. K., PHILLIPS, G. W. M., HOMILLER, R. P., REDFIELD, C. S. et DARIES, R. A. *Canner*, 13, n° 16, p. 12; n° 17, p. 12 (1951). ESKEW, R. K., CLIFFORDS, H., EISENHARDT, J. B., CLAFFEY and N. C. ACETO, *U. S. Den. Agriculture*, AIC-342, sept. 1952.
- [9] RICE, R. G., KELLER, G. J. et BEAVENS, E. A. *Food Technol.*, 6, 35 (1952).
- [10] Résultats inédits de l'auteur.

