

LA PÉNÉTRATION DE LA CHALEUR DANS LES PETITS RÉCIPIENTS DE

Les jus de fruits sont actuellement présentés au public en récipients très différents quant à la matière, la forme et la contenance : boîtes de fer-blanc de petit volume pour la consommation individuelle, ou boîtes plus importantes ; flacons de verre de formes très différentes, caractéristique de la marque, pour les petits volumes (12 à 15 cl), et bouteilles de forme plus classique pour les volumes plus importants (75-85-90 et 100 cl) ; enfin, depuis peu, l'industrie des jus de fruits effectue des tentatives multiples pour utiliser de nouveaux emballages, soit semi-rigides réutilisables comme les flacons, soit fermés par soudure et non utilisables (sachets, tétraèdres, parallélépipèdes).

La stabilisation.

Lorsqu'il ne s'agit pas d'une distribution rapide, le jus de fruit doit être stabilisé ; sinon, en quelques heures, si la température est suffisante, il se mettra à fermenter.

La stabilisation par le froid n'est utilisable commercialement que dans les pays assez industrialisés pour que la chaîne du froid soit complète, depuis l'écrasement des fruits jusqu'au consommateur (Amérique du Nord, Suède, Grande-Bretagne), et elle reste onéreuse. La filtration stérile n'est en usage que dans un très petit nombre d'installations ; la stérilisation par radiations ionisantes est encore du domaine de la recherche. Il ne reste donc, les procédés chimiques étant exclus, que l'action de la chaleur.

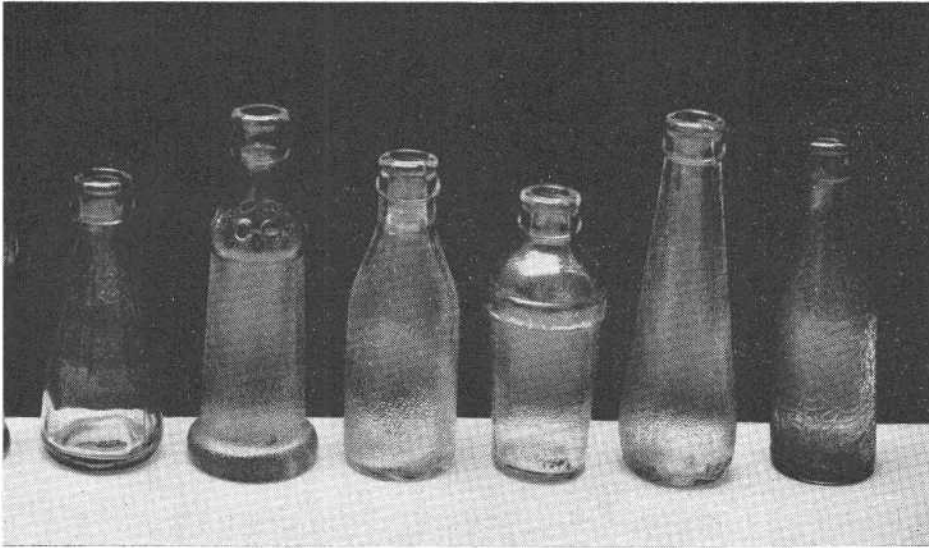
Bien que la tendance soit à l'emploi d'une température élevée produisant une vraie stérilisation, on ne procède, en général, qu'à une pasteurisation, c'est-à-dire un chauffage juste suffisant pour inactiver les germes gênants dans le cas qui nous intéresse : levures et moisissures. Les bactéries ne sont pas détruites, mais ne peuvent en général se développer dans le milieu qui est trop acide et elles finissent par disparaître. On voit ici toute la différence qui sépare le jus de fruits pasteurisé du lait pasteurisé : le premier est stable définitivement s'il n'est pas réensemencé, le second qui contient encore des germes n'a qu'une stabilité relative prolongée par la basse température.

Application de la chaleur.

Cependant, il existe deux moyens de pasteuriser les jus de fruits : soit avant, soit après le remplissage des récipients.

Dans le premier cas, le jus s'échauffe de façon continue dans un échangeur de chaleur ; il est encore chaud, en règle générale, au moment du remplissage, afin que les parois du récipient soient elles-mêmes pasteurisées à son contact. Puis, aussitôt que possible, le récipient est bouché (flacons), serti (boîtes métalliques) ou soudé (plastique souple) de façon hermétique et il ne reste plus qu'à le refroidir pour éviter que le jus reste chaud trop longtemps.

Dans le second cas, le remplissage se fait à froid, le réci-



JS DE FRUITS

par **P. DUPAIGNE,**

*Chef de laboratoire
à l'Institut français des Recherches
fruitières outre-mer.
(Division de Technologie)*

piet est clos et soumis lui-même au traitement thermique qui produit une pasteurisation de l'ensemble du récipient, bouchage, air inclus et jus de fruit.

Comme les jus de fruits sont facilement altérés par la chaleur (certains plus que d'autres, cela dépend du fruit), le meilleur traitement sera celui qui détruira les germes en produisant le moins d'effet de cuisson. Le premier procédé permet d'opérer dans les meilleures conditions, car le jus, animé d'une vitesse importante, se trouve directement en contact avec les parois chaudes de l'échangeur et s'échauffe donc rapidement ; dans le deuxième procédé, le jus est stagnant dans le récipient et la propagation de la chaleur doit se faire à travers une paroi parfois assez épaisse et isolante. Parfois, on peut accélérer l'échange par une rotation ou une agitation des récipients ; mais, en règle générale, ceux-ci sont chauffés progressivement au bain-marie ou par arrosage.

Alors, dira-t-on, pourquoi ne pas employer uniquement la pasteurisation continue suivie de remplissage à chaud ? Parce que, dans le cas des petits volumes, la quantité de chaleur apportée par le jus est insuffisante pour s'opposer à un refroidissement rapide et, par conséquent, pour obtenir la pasteurisation de l'ensemble. De plus, les récipients de verre ne résistent pas toujours à un remplissage rapide à 80° ; enfin, j'ai montré ⁽¹⁾, par des essais et des calculs,

(1) Importance du refroidissement dans la pasteurisation par remplissage à chaud. *Revue Embouteillage*, 17, 43, juin 1953.

que les petits récipients, même chauffés au bain-marie, juste avant remplissage, se refroidissaient trop rapidement, en raison de leur surface de rayonnement et d'évaporation.

Quant à la pasteurisation continue, suivie de remplissage à froid en récipients et atmosphère stérile, c'est une solution excellente, mais dont la réalisation pratique est extrêmement délicate.

En définitive, la pasteurisation des jus de fruits se fait en continu pour les récipients d'un volume suffisant : boîtes à partir du 1/2 litre, bonbonnes de verre et parfois flacons de l'ordre du litre. Pour les petits récipients, on remplit à froid et on pasteurise après.

Reste encore le problème du refroidissement qui doit être aussi rapide que possible sans occasionner de casse.

La distribution des jus de fruits en récipients fractionnaires est à l'ordre du jour depuis que l'on envisage de l'étendre aux Écoles publiques, comme les distributions de lait.

Encore faut-il que le produit soit de bonne qualité et qu'il ne soit pas dénaturé par une pasteurisation mal conduite.

Un travail d'ensemble sur la pasteurisation en récipients fermés a été publié par notre Centre en 1950 ⁽¹⁾, donnant

(1) Étude de la pasteurisation en récipients fermés. *Jus de Fruits* I, 5, 45, 1950.

une étude théorique et de nombreux résultats expérimentaux, sous forme de courbes. Le but des présents essais est

de préciser l'influence de la matière et de la forme des petits récipients sur la vitesse des échanges thermiques.

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Matériel utilisé.

Nous avons choisi, parmi les marques les plus courantes à Paris, des flacons pour jus de fruits d'une contenance de 12 à 13 cl. Ces flacons étaient tous de formes différentes, parfois compliqués et très ornements, presque toujours de surface granitée pour donner l'apparence de la buée, et de hauteurs (et par conséquent de diamètres) variables; leur seule caractéristique commune était le mode de bouchage au moyen d'une capsule couronne de 26 mm; encore la forme de la bague et le diamètre intérieur du goulot ne sont-ils pas normalisés.

On comprend alors que la vitesse de pénétration de la chaleur puisse être variable suivant le diamètre, l'épaisseur

du verre et la surface extérieure en contact avec l'eau chaude ou la vapeur.

A titre de comparaison, nous avons utilisé un flacon allemand caractéristique par sa forme élancée, une boîte de fer-blanc 1/8 d'un volume total de 14 cl (net 12,5 cl), un sachet de polyéthylène soudé contenant 10 cl, un flacon de polyéthylène semi-rigide à bouchon à vis, en forme de citron, contenant 8 cl, un autre flacon en forme d'orange, contenant 9 cl.

Les caractéristiques extérieures des flacons sont résumées dans le tableau suivant, qui les classe suivant leur hauteur; le diamètre noté est celui de la partie renflée ou, lorsqu'il s'agit d'une forme conique, le diamètre à mi-hauteur de jus.

N°	Marque	Hauteur mm	Diamètre mm	Poids vide g	Contenance cm ³	Forme
1	Verger	120	60	166	123	Piriforme, base élargie, granité
2	Uvol	122	57	190	120	Tonnelet vertical
3	Cresca	123	50	132	125	Tronc de cône arrondi en haut, granité
4	Meuse	124	54	166	122	Corps cylindrique lisse assez bas
5	Fruber	126	53	163	125	Corps cylindrique lisse assez bas, col granité
6	Joker	130	55	205	116	Cône large basse, annelé
7	Fruidam	134	52	198	121	Forme d'ananas, écailles
8	Challand	138	49	143	121	Classique, granité
9	Pampryl	147	54	215	130	Section triangulaire, granité
10	Alindret	148	45	140	128	Classique, élevé, nervuré
11	Pampre d'or	152	48	187	121	Tronconique élevé, granité
12	Ofco	155	44	212	120	Forme inverse, granité
13	Poupie	158	45	152	126	Cône élevé, granité
14	Allemand	178	48	215	133	Flûte, surface lisse
Plastiques (SOMOPA)		64 70	59 51	10, 5 11	90 80	Orange, bouchon à vis Citron, bouchon à vis

Seul le flacon n° 10 est en verre vert, de fabrication relativement ancienne; tous les autres sont en verre blanc, les plus incolores et transparents étant les n°s 1, 3, 9, 11 et 14.

A part le volume qui varie peu, on voit que ces flacons sont très différents, bien qu'ils aient tous un goulot pour le bouchage de 26 mm. Cette bague de bouchage étant assez constante, on peut admettre que le volume réel du jus pour un remplissage normal est égal à la contenance totale diminuée de 7 cm³ environ.

Essais réalisés.

Les vitesses de pénétration de la chaleur ont été étudiées par chauffage au bain-marie des divers récipients

dans lesquels était disposé un thermomètre de précision.

Au début, les flacons étaient remplis de jus de raisin, ensuite d'eau pure quand on a constaté que les courbes sont superposables; il en serait autrement avec les liquides à forte viscosité ou à capacité calorifique élevée comme certains jus pulpeux ou les concentrés de raisin, pomme ou orange.

La température du bain-marie, de fort volume, était fixée au degré près; les récipients à l'essai étaient seuls, complètement immergés et suspendus par un fil; il est certain que ces conditions sont meilleures que dans la pratique industrielle, lorsque les récipients sont nombreux et serrés les uns contre les autres laissant un passage difficile à l'eau du chauffage.

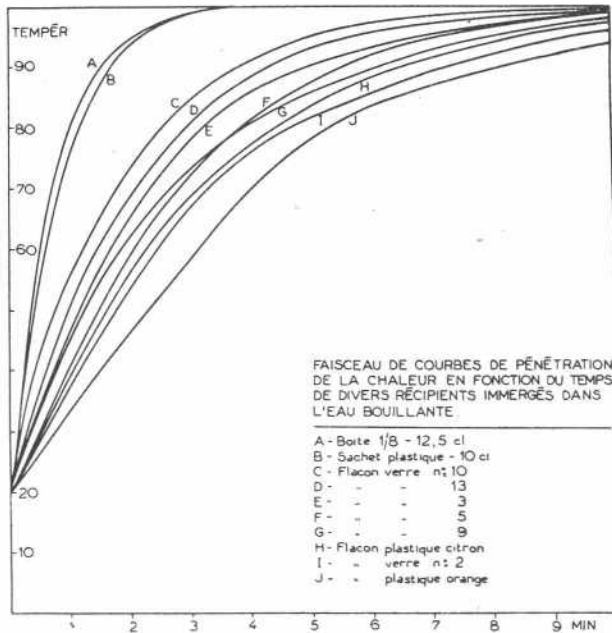
Sauf dans le cas des récipients plastiques, on a toujours laissé un espace libre normal sous le bouchon ou le cou-

vercle de la boîte pour la dilatation. Le thermomètre était fixé dans un bouchon hermétique.

La température initiale de l'eau ou du jus de raisin était 20° ; les températures du bain-marie étaient 70, 80, 90 et 100°.

Résultats.

Nous donnons ici le faisceau de courbes le plus caractéristique, celui du chauffage dans l'eau bouillante. Les températures étaient relevées toutes les 30 secondes jusqu'à 10 minutes après l'immersion ; celle-ci était brutale, mais n'a pas entraîné de casse (les dégâts viennent plus souvent d'un refroidissement trop rapide).



Les courbes sont très régulières, d'allure logarithmique (voir dans la réf. 2 le calcul de l'équation de ces courbes). On note que le retard au départ (phase d'incubation) est imperceptible ; il serait plus apparent pour une température plus basse du bain-marie.

Quelques constatations ressortent de l'examen de ces courbes, au point de vue de la vitesse de pénétration de la chaleur.

a) *Boîte de fer-blanc.* — Malgré sa forme très simple et par conséquent sa surface d'échange réduite relativement à son volume, c'est la boîte de fer-blanc qui laisse pénétrer le plus facilement la chaleur : en 2 minutes la température atteint 95° au centre de la boîte lorsqu'elle est plongée dans l'eau bouillante. Il est probable qu'une boîte d'aluminium de même format réaliserait un échange encore plus rapide.

b) *Sachet de film souple.* — Le sachet de polyéthylène soudé présente une facilité de pénétration un peu moindre ; les courbes sont proches, mais le sachet ne contenait que

100 cm³, la boîte 125. Cette pénétration encore rapide permettrait une pasteurisation facile par immersion dans l'eau chaude, suivie d'un refroidissement rapide ; le seul problème est la résistance mécanique de la soudure (Rilsan, Mylar, polyéthylène basse pression sont des plastiques supportant la chaleur). Les essais actuels sont plutôt orientés vers le remplissage à chaud suivi de soudure sous colonne de liquide, ou vers le remplissage aseptique à froid.

c) *Flacons de verre.* — Les caractéristiques des courbes données par les flacons sont très différentes puisque le temps nécessaire pour atteindre 95° au centre varie entre 5 et 10 minutes suivant la marque. Examinons de plus près les facteurs de cet échelonnement.

L'expérience montre que l'on peut classer les flacons dans l'ordre suivant, selon la facilité de pénétration de la chaleur :

n° 2 (pénétration lente), 1, 6, 14, 7, 9, 5, 11, 4, 12, 8, 3, 13, 10 (pénétration rapide).

On peut être surpris de ne pas apercevoir une relation plus nette entre ce classement et celui du précédent tableau, par ordre de hauteur, puisqu'on imagine facilement que plus un flacon est élancé, pour le même volume, plus vite la chaleur aura pénétré en son centre. En réalité, les flacons n'ont ni la même surface relative au contact avec l'eau chaude (ornements, surface lisse ou grenue), ni le même poids de verre, ni la même épaisseur.

On peut tenir compte de ces facteurs en calculant :

1° leur poids total une fois normalement remplis à 1 cm de la bague,

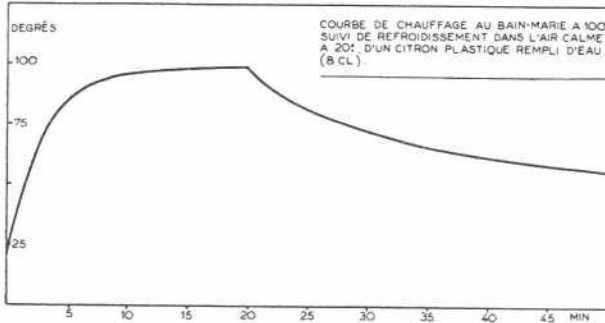
2° leur diamètre moyen pour la partie renflée, en faisant abstraction du goulot vide de jus.

En multipliant ces poids par ces diamètres, on obtient une succession de produits qui précisément décroissent à peu de chose près dans le même ordre que celui d'une pénétration de chaleur de plus en plus rapide :

Ordre de pénétration de plus en plus rapide.

N°	Marque	Coefficient calculé	Observations
2	Uvol	172	courbes très voisines
1	Verger	170	
6	Joker	164	
14	Allemand	164	courbes voisines
7	Fruidam	161	
9	Pampryl	185	coefficient aberrant (forme spéciale)
5	Fruber	149	
11	Pampre d'or	144	courbes voisines
4	Meuse	152	
12	Ofco	143	
8	Challand	126	
3	Cresca	125	
13	Poupie	122	
10	Alindret	118	

On voit que la seule anomalie notable est présentée par le flacon Pampryl ; en effet, celui-ci possède trois dépressions profondes à 120° qui permettent un meilleur échange thermique que ne le laisserait supposer son coefficient ; tous les autres flacons sont symétriques par rapport à l'axe.



Conclusion.

Ces résultats ont une portée pratique pour les industriels qui ont à faire le choix d'une forme et d'un genre de flacon :

sans entrer dans une étude physique compliquée faisant intervenir la qualité et l'épaisseur du verre, on peut comparer entre eux plusieurs modèles présentés par le verrier en calculant simplement le produit du diamètre moyen par le poids, afin de choisir de préférence celui qui permettra le meilleur échange thermique.

De ce point de vue, la comparaison des flacons en plastique semi-rigide avec les flacons classiques de verre est défavorable pour les premiers, puisque 10 g de matière plastique isolent mieux que 200 g de verre. Par contre, le plastique permet un refroidissement très brutal, ce qui peut diminuer un peu la durée totale de maintien du jus à température élevée.

Le problème de la qualité des jus pasteurisés en petits récipients n'est pas résolu par une étude de ce genre sur la meilleure manière de pasteuriser sans obtenir le goût de cuit : restent encore les questions de l'oxygène en solution ou dans l'espace libre, de la perméabilité de certains plastiques, de l'attaque du métal des boîtes, de l'activité résiduelle des enzymes oxydants ou pectiques, de l'action de la lumière. C'est dire la complexité des recherches à poursuivre.

Erratum.

Nous nous excusons d'une erreur parue dans le n° 9, Vol. 12, page 400, 3^e ligne du texte.

Au lieu de : 1^{er} juin 1957, lire : 1^{er} juin 1956.

C A R N A U D ET FORGES DE BASSE-INDRE

PARIS — 37, rue de Surène 37 — PARIS

*est à la disposition des fabricants de conserves
d'outre-mer pour l'étude de leurs problèmes
== et la fourniture de boîtes métalliques ==*