

LE LAIT CONCENTRÉ STÉRILISÉ ET LE LAIT CONCENTRÉ SUCRÉ *

J. C. T. VAN DEN BERG**

Introduction

Le lait concentré est le produit que l'on obtient par évaporation d'une fraction de l'eau contenue dans le lait entier ou dans le lait partiellement ou totalement écrémé. Il peut être ou non additionné de sucre. Bien que ce produit soit également fourni en vrac comme matière première destinée à l'industrie alimentaire, il est surtout préparé pour la consommation directe, auquel cas, il est conditionné par petites quantités en bouteilles ou en boîtes scellées.

Dans les pays ou régions où le lait est abondant, le produit en boîtes n'est guère utilisé qu'en raison des avantages qu'offre la forme concentrée, pour les boissons par exemple; sa consommation est donc assez limitée. Mais dans les régions mal desservies et qui manquent de lait frais, il rend d'énormes services car il permet des économies considérables de conditionnement, de transport et de stockage.

Etant donné que la déshydratation partielle du lait ne suffit pas pour prévenir toute contamination bactérienne, il faut prendre des mesures autres que l'évaporation pour assurer la conservation du lait concentré.

Les deux méthodes les plus couramment appliquées sont le sucrage et la stérilisation; du choix entre l'une et l'autre dépend le produit fini:

1) lait concentré sucré, dont la pression osmotique est suffisante pour empêcher toute multiplication de micro-organismes;

2) lait concentré stérilisé (non sucré), obtenu par chauffage à haute température du produit concentré conditionné en boîtes.

Le lait concentré sucré est un produit relativement récent. C'est le Français Appert qui fut le premier à le préparer par évaporation, à titre expérimental. En 1810 fut pris en Angleterre un brevet sur la concentration du lait

* L'insertion de figures représentant certains articles manufacturés n'implique pas que ceux-ci soient approuvés ou recommandés de préférence à d'autres.

** Conseiller gouvernemental en Laiterie et Produits laitiers, Ministère de l'Agriculture et des Pêcheries, La Haye, Pays-Bas.

en cuves ouvertes suivie d'une addition de sucre servant d'agent conservateur. En 1856, l'Américain Gail Borden prit le premier brevet de préparation commerciale du lait concentré non sucré par évaporation sous vide. Mais en raison de la conservabilité restreinte du lait concentré non sucré, l'industrie de ce produit, contrairement à celle du lait sucré, ne connut pas à cette époque un grand essor.

Puis en 1884, le Suisse Meyenberg breveta une méthode qui consistait à stériliser le lait concentré non sucré en boîtes au moyen de vapeur sous pression, et qui fut à la base de l'énorme développement de l'industrie du lait concentré stérilisé.

Contrairement au beurre et au fromage, le lait concentré sucré et le lait concentré stérilisé sont principalement fabriqués par de puissantes sociétés laitières qui consacrent de grosses sommes à la recherche et lancent leurs produits sur le marché sous des marques déposées. La concurrence entre sociétés explique sans doute la rareté des publications concernant cette branche de l'industrie laitière.

Bien qu'on fabrique des laits concentrés qui diffèrent les uns des autres par leur teneur en extrait sec (E.S.) et en matières grasses (M.G.), les fabricants adoptent généralement les normes indiquées ci-après.

NORMES RELATIVES AU LAIT CONCENTRÉ

Type de lait	Teneur en M.G. (%)		Teneur en E.S. non dégraissé (%)	
	Royaume-Uni	Etats-Unis d'Amérique	Royaume-Uni	Etats-Unis d'Amérique
Entier non sucré	9,0	7,9	31,0	25,9
Entier sucré	9,0	8,5	31,0	28,0
Ecrémé non sucré	—	—	20,0	20,0
Ecrémé sucré	—	—	26,0	24,0

Parfois l'étiquette indique le volume de lait normal correspondant au contenu de la boîte. La quantité d'eau à ajouter pour obtenir un lait reconstitué type (dont la teneur en M.G. peut être précisée) est spécifiée.

Pré-traitement du lait ¹

Le lait cru doit satisfaire à des conditions très rigoureuses, notamment du point de vue de la stabilité de ses colloïdes. Cette stabilité dépend, entre autres facteurs, de l'acidité et de la salinité. Le moyen le plus simple de déterminer la stabilité du lait frais est de le soumettre à l'épreuve de l'alcool: un mélange à volumes égaux de lait et d'alcool à 75-80° ne doit pas cailler. Mais la corrélation entre cette stabilité et celle du produit concentré n'est pas bonne, si bien que cette épreuve ne permet pas de prévoir convenablement la stabilité thermique de ce lait pendant la stérilisation ni sa tendance à l'épaississement par vieillissement.

¹ Voir également l'article de Barber, p. 309.

D'autres critères permettent également de juger le lait cru : odeur, goût et réduction du bleu de méthylène (il est recommandé que le temps de réduction excède 2,5 heures). L'odeur et la saveur doivent être celles du lait naturel ; une légère odeur de fourrage n'est pas gênante, mais il faut proscrire les relents d'acidité. L'acidité titrable ne doit pas excéder les valeurs normales dans la région de production, l'aspect ne doit pas présenter d'anomalies : flocons, caillots, grumeaux ou débris d'insectes ; les tests de sédimentation sur disque étalon ne doivent pas donner un dépôt pesant plus de 0,3 mg. Pour le lait concentré sucré, le temps de réduction du bleu de méthylène doit dépasser 3,5 heures et le test d'une heure à la résazurine doit fournir une lecture de 5,5 ou moins ; la numération directe des agglutinats au microscope ne doit pas excéder 10^6 /ml. Ces normes peuvent sembler peu rigoureuses comparées à celles qui sont applicables au lait frais, mais il faut signaler que plus la production du lait est l'objet de soins minutieux, meilleure est la qualité du produit final.

Pré-chauffage

Pour prévenir toute détérioration, les arrivages sont pasteurisés ou refroidis dès leur réception. La pasteurisation, outre qu'elle réduit la population bactérienne, doit détruire toutes les bactéries pathogènes éventuellement présentes et les enzymes qui peuvent provoquer des transformations indésirables du produit.

A ce sujet, il convient d'observer que, contrairement au lait concentré non sucré, le lait concentré destiné à être sucré n'est pas stérilisé après avoir été pasteurisés.

Le pré-chauffage, outre qu'il est important pour détruire les micro-organismes et les enzymes, influe sur les qualités physiques du produit final, notamment sur sa viscosité et sa stabilité. La viscosité du lait concentré, sucré ou non sucré, doit être suffisante pour que le produit donne au consommateur une impression de richesse en éléments nutritifs.¹ En outre, elle ne doit pas varier selon les lots ni avec la durée de stockage.

La tendance du lait concentré à s'épaissir en vieillissant peut être prévenue par un choix convenable de la température de pré-chauffage, qui doit être supérieure à 80°-85°C, niveau nécessaire pour espérer détruire les micro-organismes les plus dangereux, les germes non sporulants et les enzymes.

En choisissant cette température, il ne faut pas oublier que l'épaississement par vieillissement est en rapport étroit avec les fluctuations saisonnières de la composition du lait. Le pré-chauffage à plus de 100°C diminue cette tendance à l'épaississement, alors qu'à une température moindre la garantie n'est pas absolue. Mais comme le chauffage à une température trop élevée peut avoir un effet inverse — c'est-à-dire une fluidification par vieillissement — la température de pré-chauffage doit être choisie en fonction de

¹ Récemment a été observée chez certains consommateurs une tendance à préférer du lait concentré assez fluide.

la stabilité naturelle du lait: pendant les périodes où cette stabilité est faible il faut pré-chauffer à une température plus élevée qu'en période de grande stabilité.

Quand on veut fabriquer du lait concentré non sucré, il faut tenir compte de plusieurs facteurs pour déterminer la durée et la température du pré-traitement, de manière à obtenir un produit final de viscosité suffisante, qui ne caille pas pendant la stérilisation et qui soit suffisamment thermo-stable. En règle générale, une pasteurisation de courte durée à haute température donne une stabilité thermique plus grande qu'une pasteurisation prolongée à basse température. Le but n'est toutefois pas d'obtenir une stabilité thermique maximale, car le produit serait alors insuffisamment visqueux. On choisit des températures inférieures au point d'ébullition — par exemple 90°-100°C pendant 10-25 minutes — des températures supérieures à ce point — par exemple 100°-120°C pendant 3-10 minutes et même 120°C pendant une demi-minute ou moins. Récemment, une très brève pasteurisation à haute température a été proposée. Le produit fini présente alors une très bonne stabilité thermique mais, à moins de précautions spéciales, manque de consistance.

Normalisation

Pour obtenir un produit concentré de composition donnée, le lait frais doit être normalisé de telle façon que le rapport de ses matières grasses à son extrait sec dégraissé soit le même que celui que l'on souhaite avoir dans le produit fini. Deux éventualités peuvent se présenter: a) la teneur en matières grasses du lait frais est trop faible: on ajoute de la crème; b) la teneur en M.G. du lait frais est trop forte: on ajoute du lait écrémé.

Il faut évidemment veiller à ce que le lait écrémé ou la crème ainsi utilisés soient d'une qualité hygiénique aussi élevée que le lait auquel on les ajoute.

Pour procéder à cette normalisation, on peut se servir de la formule:

$$O_s = 100 \frac{V_d \cdot D - 100 V}{100 V_s - V_d \cdot D_s}$$

dans laquelle:

- O_s = Poids (kg) de crème ou de lait écrémé à ajouter à 100 kg de lait frais
- V = Teneur en M.G. (%) du lait frais
- D = Teneur en E.S. (%) du lait frais
- V_d = Rapport des M.G. à l'E.S. dans le produit fini
- V_s = Teneur en M.G. (%) de la crème ou du lait écrémé ajoutés au lait frais
- D_s = Teneur en E.S. (%) de la crème ou du lait écrémé ajoutés au lait frais

Addition de sucre

Hunziker (1949) recommande d'employer du saccharose cristallisé de très bonne qualité pour la fabrication des conserves; il estime que la présence de dextrose favorise le brunissement et l'épaississement par vieillissement, surtout si le traitement se fait à haute température. Hunziker déclare toutefois que dans le lait concentré destiné à la fabrication des crèmes glacées ou de la pâtisserie, il paraît possible de remplacer en partie le saccharose par du dextrose. Dans tout ce qui suit, le terme sucre s'entend du saccharose.

Le sucre utilisé doit être bactériologiquement et chimiquement pur; il doit être convenablement emballé et stocké à l'abri des poussières, des rongeurs, des insectes et de l'humidité.

Pour éviter toute souillure bactérienne, l'eau que contient le lait concentré doit être très chargée de sucre. Hunziker (1949) pense que la concentration ne doit pas être inférieure à 63,5%, mais il note que cela ne constitue pas une garantie absolue contre certains défauts provenant d'une forte contamination par des levures qui font fermenter le saccharose, par des moisissures et par d'autres bactéries nuisibles à la qualité du produit. Il est donc indispensable que la préparation se fasse dans de bonnes conditions d'hygiène (pasteurisation et prévention de toute contamination).

Mais si la protection assurée est meilleure lorsque la teneur en sucre est élevée, celle-ci ne doit toutefois dépasser une certaine limite, car le sucre risquerait de cristalliser à basse température. Hunziker recommande donc de ne pas dépasser 64,5%, ce qui correspond à $(100-31) \frac{64,5}{100} = 44,5\%$ de sucre dans le lait concentré, en admettant que la teneur en E.S. total soit de 31%.

La quantité de sucre à ajouter au lait frais peut être calculée par la formule:

$$K = \frac{D(100-Dc) S}{100 Dc}$$

dans laquelle:

- K = Poids (kg) de sucre à ajouter à 100 kg de lait frais normalisé
- D = Teneur en E.S. (%) du lait frais normalisé
- Dc = Teneur en E.S. (%) du produit fini
- S = Teneur en sucre (%) souhaitée dans l'eau du lait.

Le sucre peut être ajouté à divers stades du procédé. Mais sa présence durant le pré-chauffage accroît les risques d'épaississement par vieillissement du produit fini. On peut donc ne l'ajouter qu'à la fin du processus de concentration sous forme d'une solution concentrée chaude à 60%-80% préalablement filtrée pour la débarrasser de toutes substances étrangères.

Quant le lait concentré est préparé en vrac pour l'industrie, le sucre peut être dissous dans le lait pasteurisé chaud, car la durée de stockage du lait concentré en vrac est plus brève et (ou) les conditions de stockage mieux

contrôlées que dans le cas du lait conditionné pour la vente au détail à l'intention des ménagères.

Parfois le pré-chauffage est effectué en deux étapes: 1) le lait est d'abord chauffé à 50°-60°C, puis additionné de sucre; 2) lorsque celui-ci est entièrement dissous, on achève le pré-chauffage.

Concentration du lait

Le lait est concentré par évaporation. Celle-ci pourrait être obtenue par ébullition du lait à l'air, mais la température serait trop élevée. Par ailleurs en chauffant moins fort pendant plus longtemps, on nuirait à la qualité du lait, surtout s'il est concentré.

Pour parer à cet inconvénient, et accélérer l'évaporation, on concentre le lait sous pression réduite, ce qui abaisse sa température d'ébullition. On ne fait ainsi aucune économie de calories mais on peut utiliser la vapeur d'échappement ou installer des dispositifs de récupération de vapeur.

Les usines de lait concentré comprennent essentiellement les parties suivantes:

- 1) le chauffe-lait
- 2) le séparateur de vapeur
- 3) le condenseur
- 4) la pompe de soutirage et la pompe à vide.

Le chauffe-lait

La chaleur nécessaire à l'évaporation est transmise au lait de telle façon qu'une partie de l'eau puisse s'évaporer. Les premiers appareils consistaient en un bac peu profond doté d'une chemise où circulait la vapeur; cette chemise fut ensuite remplacée par un serpentin. Les chauffe-lait modernes sont faits de tubes fixés dans une chaudière à vapeur; mais on utilise encore des appareils à plateaux. Le condensat qui se forme dans le circuit de vapeur est continuellement éliminé par une pompe spéciale.

Le séparateur de vapeur

La chaleur communiquée au lait fait évaporer l'eau; les buées formées se rendent dans un séparateur assez vaste pour qu'elles y circulent à faible vitesse, ce qui permet de récupérer les gouttelettes de lait qu'elles avaient pu entraîner. Le lait est redirigé vers la chaudière et chauffé à nouveau.

Le condenseur

La vapeur abandonnée dans le séparateur doit être constamment évacuée. C'est cette évacuation que doit assurer le condenseur qui est relié au séparateur de vapeur par un large tube; la vapeur est condensée par passage à travers de l'eau froide atomisée (condenseur à atomisation) ou par contact avec des surfaces métalliques froides (condenseur à ruissellement). Dans le

cas des condenseurs à atomisation, l'eau de refroidissement et la vapeur condensée sont évacuées au moyen d'un drain barométrique (condenseur barométrique) ou d'une pompe à vide noyée. Les gaz non condensables comme l'air, qui accèdent au bac par des fuites et se dissolvent dans le lait, doivent être éliminés pour éviter que le vide ne diminue graduellement.

Types d'évaporateurs à vide

Scott (1952) a décrit le principe des principaux types d'évaporateurs utilisés dans l'industrie laitière. L'évaporateur de Borden est encore employé, mais sous une forme améliorée, surtout pour les produits sucrés. Il consiste en une cuve à vide dont la partie inférieure sert de chaudière et la partie supérieure de séparateur de vapeur (voir fig. 1).

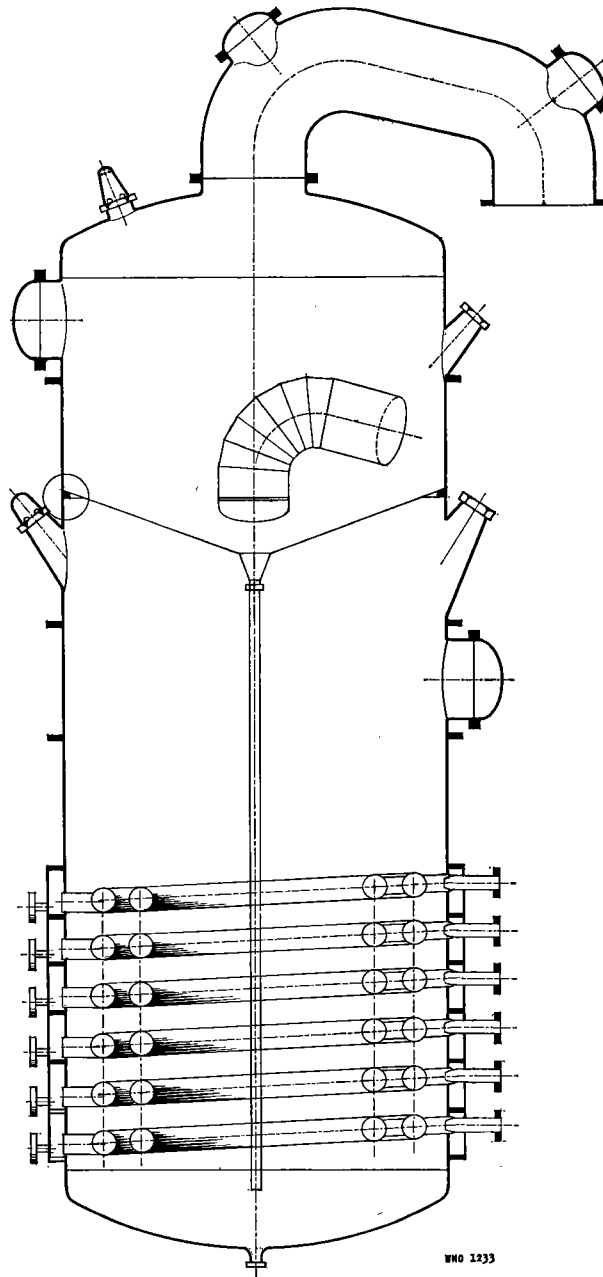
Comme surface de chauffe on peut avoir une chemise de vapeur ou des serpents à circulation de vapeur; on peut aussi noyer les tubes à lait dans une marmite à vapeur. La surface de chauffe transmet au lait la chaleur transportée par la vapeur. Le lait chaud, plus léger que le lait froid, monte en surface et libère la vapeur formée. Par suite de cette évaporation, il s'alourdit et tombe au fond de la cuve où il se trouve de nouveau chauffé avant de remonter encore à la surface. Pour compenser la réduction de volume due à l'évaporation, on admet constamment du lait frais. La teneur en E.S. du lait dans l'évaporateur augmente progressivement; on interrompt le processus quand elle atteint la valeur souhaitée. Ce manque de continuité constitue un inconvénient.

On réussit à obtenir la production continue de lait concentré en soutirant constamment le lait concentré à l'aide d'une pompe et en alimentant continuellement l'appareil en lait frais de telle façon que la teneur en E.S. reste constante. Cette méthode est rarement utilisée dans la fabrication du lait concentré sucré (voir p. 334).

Les évaporateurs à marche continue ont été ensuite améliorés par la fixation du séparateur de vapeur à proximité de la chaudière (voir fig. 2). Dans ce cas, le lait chauffé sort du haut de la chaudière vers le séparateur, où il libère des buées avant de retourner à la base de la chaudière où il est chauffé et monte de nouveau. Dans certains systèmes, le lait et les buées sont déjà séparés dans la chaudière et le lait plus dense descend par de larges tubes. Dans ce cas, seule une petite quantité de lait entraînée par les buées atteint le séparateur.

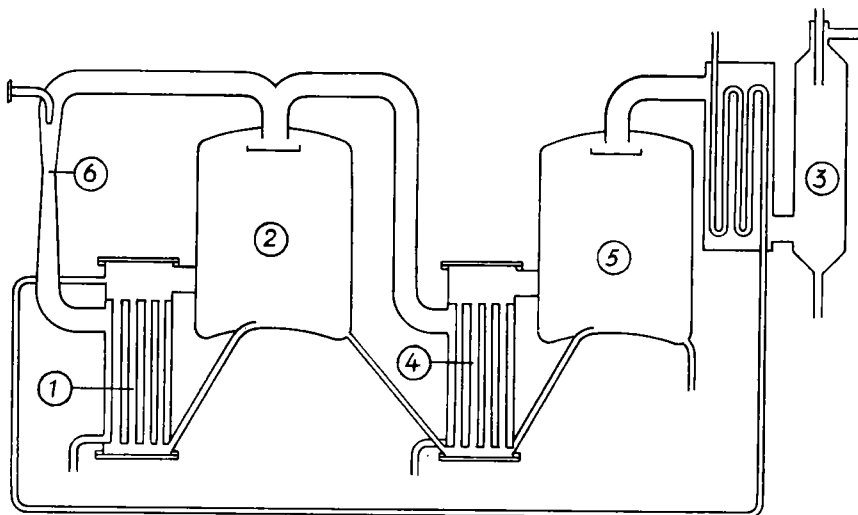
Les évaporateurs décrits ci-dessus consomment beaucoup (1 à 1,2 kg de vapeur pour 1 kg de buées) et la quantité de vapeur qui arrive au condenseur est considérable. Pour utiliser l'énergie thermique de cette vapeur, plusieurs appareils ont été conçus: l'évaporateur à effet multiple, l'évaporateur à thermo-compression et l'évaporateur mécanique à compression de vapeur. L'évaporateur à effet multiple comprend plusieurs sections dont chacune comporte une chaudière et un séparateur. De la première section sort du lait partiellement évaporé qui est dirigé vers la seconde section et

FIG. 1
ÉVAPORATEUR DISCONTINU



WNO 1233

FIG. 2
ÉVAPORATEUR À DOUBLE EFFET



- 1 = Chauffage (1^{er} effet)
- 2 = Séparateur de vapeur (1^{er} effet)
- 3 = Condenseur
- 4 = Chauffage (2^e effet)
- 5 = Séparateur de vapeur (2^e effet)
- 6 = Thermo-compresseur

ainsi de suite. Les buées produites dans la première section servent à chauffer le lait dans la seconde, etc. Comme la température de la vapeur utilisée pour le chauffage dans une section donnée doit être plus élevée que celle à laquelle le lait bout dans cette section, l'évaporateur se fait à des températures décroissantes de section en section — par exemple à 65°C dans la première, à 48°C dans la seconde, etc. La vapeur produite dans la dernière section est envoyée dans un condenseur.

Dans un autre système, une partie des buées est mélangée à la vapeur de chauffe dans un thermo-compresseur. La température du mélange buées-vapeur est alors suffisamment élevée pour porter le lait qui se trouve dans la chaudière de la même section à l'ébullition. La fraction des buées qui n'a pas été comprimée avec de la vapeur est envoyée au condenseur.

Pour évaporer 1 kg d'eau dans un évaporateur à double effet ou à simple effet avec thermo-compression, il faut 0,6 à 0,7 kg de vapeur. On peut également combiner les deux systèmes. On utilise beaucoup l'évaporateur à double effet avec thermo-compression. La consommation de vapeur est alors d'environ 0,40-0,45 kg. Outre une économie de vapeur, les systèmes décrits ci-dessus permettent des économies d'eau de refroidissement car le condenseur reçoit moins de vapeur.

La vapeur peut également être comprimée dans un thermo-compresseur mécanique dont l'énergie sert à augmenter la température de la vapeur. Ce

système, qui n'est économique que si on dispose d'énergie à bon marché, permet d'utiliser toute la vapeur pour chauffer le lait; il n'y a pas besoin de condenseur.

Tous les systèmes examinés ci-dessus exigent que le volume de liquide dans l'évaporateur soit grand et, par conséquent, que le lait y séjourne en moyenne assez longtemps. Tel n'est pas le cas dans les évaporateurs à flot tombant ou à grimpage construits pour fonctionner en continu.

L'évaporateur à flot tombant comprend une marmite à vapeur munie de tubes relativement longs. Le lait est réparti convenablement au sommet de la chaudière et ruisselle sur les parois de ces tubes où il est chauffé et se déshydrate. A la base se trouve un séparateur d'où le lait et la vapeur partent par des canalisations distinctes. Le fonctionnement de cette installation est principalement caractérisé par la faible quantité de lait dans les conduites et dans le séparateur, et par le fait que le lait ne passe qu'une fois, si bien qu'il ne séjourne que très peu de temps dans l'évaporateur. On accroît encore l'économie de chaleur en disposant en série plusieurs groupes (voir fig. 3, 4).

L'évaporateur à grimpage contient, lui aussi, très peu de lait. Les buées libérées poussent le lait de bas en haut dans les tubes longs et étroits dont est garnie la chaudière.

Dans le cas des évaporateurs à plaques, le lait est chauffé dans un échangeur à plaques. Ces appareils peuvent être conçus pour fonctionner par recirculation ou par passage unique.

Fonctionnement de l'évaporateur sous vide

L'évaporateur est passé à la vapeur avant l'admission du lait; puis, le condenseur et la pompe à vide où les éjecteurs sont mis en service. Quand le vide est suffisamment poussé, le lait est introduit à la température de pasteurisation. (Toutefois, si ce lait a été préchauffé à haute température — par exemple, au-dessus de 95°-100°C — il peut être souhaitable de le refroidir au préalable.) Dès que toute la surface de chauffe est couverte de lait, on admet la vapeur et l'évaporation proprement dite commence. On peut opérer en continu ou en discontinu.

Fonctionnement en discontinu. Dès que le lait bout régulièrement, on alimente continuellement l'appareil en lait frais de façon que la quantité de liquide reste constante dans l'évaporation. Normalement, la quantité totale de lait à introduire doit, après concentration à la composition souhaitée, emplir exactement la cuve. Lorsque tout le lait — sucre compris s'il s'agit de lait concentré sucré — a été introduit, la concentration est presque terminée. On maintient l'ébullition un temps assez bref de manière à éliminer ce qui reste d'eau.

A la fin de l'évaporation, la concentration s'élève rapidement et le produit devient très visqueux, surtout s'il est sucré. Cette forte viscosité peut être à l'origine d'une formation d'agglomérats sur les surfaces chauffantes et

FIG. 3
ÉVAPORATEUR À FLOT TOMBANT, TRIPLE EFFET

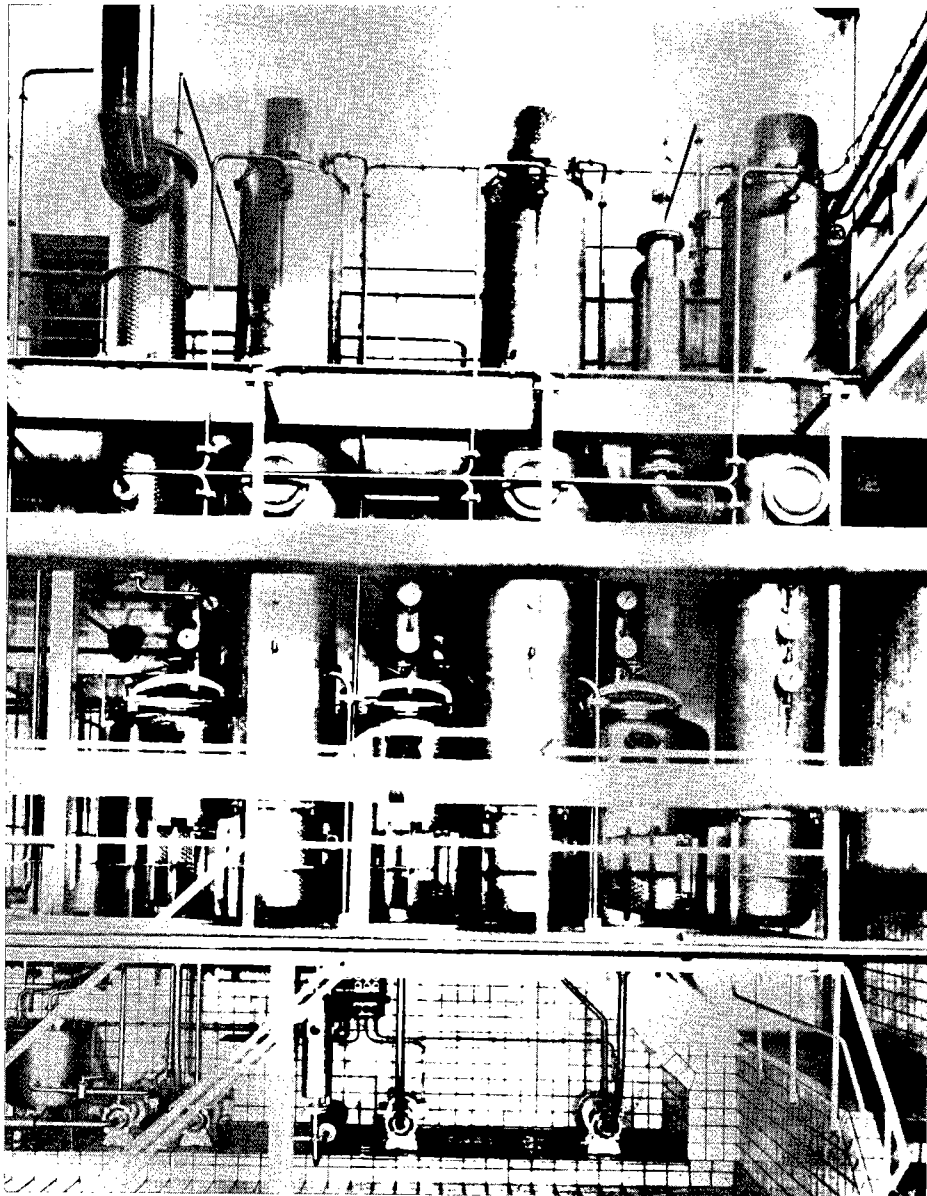
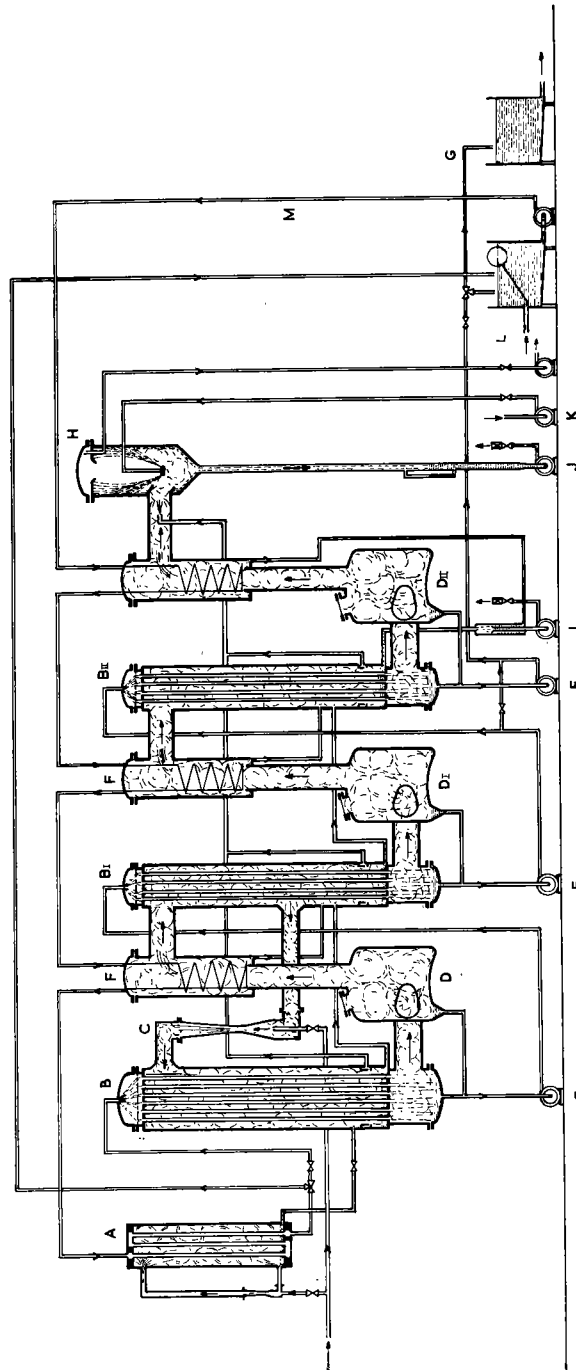


FIG. 4
ÉVAPORATEUR CONTINU À FLOT TOMBANT, TRIPLE EFFET



- A = Pasteurisateur
- B = Réchauffeur (I), (II), etc.
- C = Thermo-compresseur
- D = Séparateur de vapeur (I), (II), etc.
- E = Pompe à lait
- F = Pré-réchauffeur de buées
- G = Soufflage
- H = Condenseur
- I = Pompe du condensat
- J = Pompe de l'eau résiduaire
- K = Pompe de l'eau de réfrigération
- L = Pompe à vide
- M = Entrée du lait

provoquer ainsi de la surchauffe. C'est pourquoi on réduit parfois la pression de vapeur à la fin de l'opération, ce qui diminue aussi la vitesse d'évaporation et évite le danger d'un excès de condensation. En raison de toutes ces difficultés, et surtout de celle que présente l'obtention de la teneur voulue en E.S., le fonctionnement en continu convient assez mal à la préparation du lait concentré sucré. Aussi, pour profiter des avantages des évaporateurs continus à effet multiple, le lait est-il parfois concentré dans des évaporateurs de ce type, puis porté à ébullition dans des évaporateurs discontinus jusqu'à obtention de la teneur voulue en E.S. (voir fig. 1, p. 332).

Fonctionnement en continu. Ce système est surtout appliqué à la préparation de lait non sucré et à la préconcentration de lait sucré. Lorsque dans l'évaporateur sous vide le lait est parvenu à la composition souhaitée, on soutire des volumes de lait concentré et on introduit des quantités de lait frais telles que la composition du produit reste constante.

Refroidissement du lait concentré sucré

Après l'évaporation, le lait concentré doit être refroidi aussi vite que possible, car la conservation prolongée à température relativement élevée favorise l'épaississement par vieillissement et la décoloration du produit. Du point de vue bactériologique, la rapidité du refroidissement est également souhaitable. Par suite d'un mauvais refroidissement, un produit onctueux peut devenir granuleux au bout de 12 à 24 heures, généralement par formation de gros cristaux de lactose.

A la température d'évaporation, l'eau du lait concentré forme une solution saturée de lactose. Quand le lait est refroidi, la solution devient de plus en plus sursaturée et la cristallisation du lactose finit par être inévitable. Si le refroidissement se fait lentement, l'excès de lactose n'augmente que peu à peu et il ne se forme que relativement peu de cristaux de lactose qui grossissent et finissent par atteindre une forte taille. La cristallisation pourrait être accélérée par un refroidissement rapide à très basse température provoquant une forte sursaturation, mais la viscosité, en augmentant avec la baisse de température, exerce un effet retardateur. La condition optimale de cristallisation est atteinte vers 30°C. Aussi, dès que le lait sort du circuit sous vide, on le refroidit rapidement à cette température. On ajoute une faible quantité (0,1%-0,3%) de très fins cristaux de lactose, qui déclenchent la cristallisation du lactose de sursaturation. Simultanément, on agite vigoureusement, ce qui provoque la formation de nombreux noyaux cristallins (environ 400 000/ml pour obtenir un produit onctueux). Pendant la cristallisation qui s'achève généralement en une heure, la température de la masse en mouvement est maintenue constante; elle est ensuite réduite à 15°C et l'agitation poursuivie pendant longtemps.

Les cristaux de lactose servant de germes cristallins doivent être très fins et anguleux. Trop gros, ils risqueraient de donner au lait une texture

sableuse et il faudrait en ajouter un plus grand nombre, donc augmenter la quantité de lactose. Comme germes, on peut utiliser soit un lactose spécial d'ensemencement, soit un lactose courant passé au broyeur colloïdogène, soit encore une petite quantité du produit préparé la veille et dont le lactose est déjà cristallisé.

Evenhuis (1957) décrit une nouvelle méthode selon laquelle on ajoute au lait concentré sucré autant de germes cristallins qu'on souhaite en avoir dans le produit fini (c'est-à-dire au moins 400 000/ml); le processus ne dépend plus, dès lors, de la formation de germes pendant le refroidissement, et les conditions de refroidissement peuvent être moins rigoureuses. Les cristaux ajoutés doivent naturellement être très petits (moins d'un micron cube). Les brevets britanniques 683 007 (1952) et 696 287 (1953) exposent les procédés de préparation de ce matériau ténu.

Le lait concentré est refroidi dans des réfrigérants discontinus ou continus. L'appareil discontinu consiste en une cuve chemisée cylindrique, dotée d'un agitateur rotatif muni de racleurs. L'agitateur, qui peut tourner à différents régimes, remue violemment le contenu de la cuve et déloge continuellement le lait froid des parois. La vitesse de refroidissement dépend de la quantité et de la température de l'eau qui circule dans la chemise.

Pour traiter de plus grandes quantités, on utilise des refroidisseurs tubulaires dans lesquels le lait circule sous haute pression (10-15 atmosphères) et à grande vitesse. Les tubes sont refroidis par l'eau. Une couche de lactose cristallisé se dépose contre la paroi du réfrigérant etensemence le lait frais évitant ainsi l'addition de nouveaux germes. A la fin de la journée, on conserve le réfrigérant plein jusqu'au lendemain. Par recirculation, on refroidit cette quantité résiduelle et on y forme des cristaux. Mais la recirculation exige une très haute pression initiale car le lait est très visqueux. La couche de lactose cristallisé déposée sur les parois des tubes augmente progressivement, de sorte que la lumière de l'appareil s'amenuise. Il faut donc vider et nettoyer périodiquement le réfrigérant. Après nettoyage, on alimente l'appareil en lait concentré riche en cristaux pour fournir le matériau d'ensemencement.

On emploie également des associations de réfrigérants discontinus et tubulaires.

Le réfrigérant sous vide repose sur un principe entièrement différent. Il consiste en une cuve munie d'un agitateur. Dans cette cuve où l'on peut faire un vide très poussé, on introduit une cuvée entière de lait concentré sucré. Sous l'influence de ce vide, obtenu à l'aide d'un condenseur d'évacuation des buées et, généralement, d'éjecteurs à effet multiple pour l'élimination des gaz non condensables, le lait concentré se met à bouillir. La chaleur nécessaire à cette ébullition est fournie par le lait lui-même qui, de ce fait, se refroidit, et d'autant plus que le vide est plus poussé. Lorsque la température est tombée à 30°C environ, onensemence le lait et on l'agite violem-

ment à cette température pendant 30 minutes environ, avant de le refroidir à la température ambiante. Etant donné que par ce procédé le lait est violemment agité mécaniquement, l'ébullition lui fait perdre assez d'eau par évaporation; il faut donc en tenir compte.

Normalisation du lait concentré sucré

Après refroidissement, le lait concentré est conservé dans des cuves. A ce stade, il est encore possible d'en vérifier la composition. Si le lait est surconcentré, on peut le normaliser par addition d'eau. Il faut opérer avec grand soin pour que l'eau soit uniformément répartie dans la masse, sinon certaines parties du lot, outre que leur composition sera mauvaise, seront plus altérables en raison d'une trop faible teneur en sucre.

On peut également procéder à la normalisation en mélangeant plusieurs lots.

Conditionnement du lait concentré sucré

Le matériel de conditionnement étant relativement coûteux, il pourrait sembler avantageux de concentrer le lait jusqu'à obtenir une teneur en E.S. très élevée. Mais on se heurte alors à deux inconvénients: d'abord le danger de certains défauts, notamment d'un épaississement par vieillissement, ensuite le risque de donner au consommateur l'impression qu'il est lésé en quantité.

Pour le conditionnement du lait destiné à l'industrie, on utilise généralement des récipients tels que des fûts d'acier à couvercle réutilisables.

Pour la vente au détail, on conditionne en boîtes hermétiques qui sont fournies prêtes à l'usage par des ferblanteries ou fabriquées directement à l'usine de concentration, ce qui n'est d'ailleurs rentable que pour les installations importantes. La plupart des boîtes vides sont livrées ouvertes et le couvercle est serti après remplissage. Les boîtes sont remplies par des machines automatiques dont certaines ont un débit considérable. Les remplisseuses sont habituellement à plongeur de capacité réglable. Les boîtes doivent être remplies au maximum afin que le volume d'air résiduel soit minime. Les boîtes courantes contiennent 340 g de lait écrémé ou 400 g de lait entier, concentré sucré.

Pour éviter toute contamination du lait pendant l'opération de remplissage, celle-ci doit se faire dans une salle hygiénique distincte, dont l'air doit être filtré et la température maintenue voisine de 16°C. Les boîtes et couvercles doivent être stérilisés soit à la flamme de brûleurs à gaz, soit par de la vapeur surchauffée, soit par rayonnement ultraviolet. Après remplissage et obturation, les boîtes sont étiquetées automatiquement.

Elles sont emportées jusqu'à l'entrepôt par des convoyeurs, les mêmes que ceux qui entraînent les boîtes vides jusqu'à la remplisseuse, les boîtes pleines ouvertes jusqu'à la sertisseuse, les boîtes pleines fermées jusqu'à l'étiqueteuse.

Défauts bactériologiques du lait concentré sucré

Etant donné qu'après le préchauffage, le lait concentré sucré n'est plus soumis à aucun traitement thermique, les plus grands soins d'hygiène possibles s'imposent. Les appareils et les conduits doivent être entièrement nettoyés et désinfectés après chaque période de production. Leur disposition doit être conçue de façon à éviter les risques de fuite par les valves, les poches de lait chaud dans le circuit, etc... car c'est là que la contamination pourrait se produire. De nombreux points de l'installation sont difficiles à nettoyer et, en raison des températures auxquelles certains d'eux sont portés, des dépôts de lait surcuit peuvent se former. Un rinçage complet à l'eau chaude, suivi d'un traitement d'abord acide puis au détergent alcalin est extrêmement utile pour éviter la formation de ces dépôts après le nettoyage, un traitement à la vapeur ou un rinçage chloré (à 600 p.p.m.) laissent l'évaporateur convenablement assaini. Il faut veiller tout spécialement à l'état sanitaire de la remplisseuse (qui, si elle n'est pas lavée, traitée à la vapeur et séchée chaque jour, peut constituer un foyer important de contamination) et à celui des boîtes vides.

Toutefois, quelles que soient les précautions prises, le produit fini contient toujours quelques micro-organismes. L'examen bactériologique de ce produit en conditionnement final est donc une phase importante du contrôle d'hygiène du lait concentré sucré. A cette fin, on ouvre les boîtes en conditions d'aseptie et on prélève avec soin des échantillons qui seront soumis à une numération bactérienne totale et au dénombrement des coliformes, des levures et des moisissures — ce dénombrement étant particulièrement important car, en cas d'altération du produit, ce sont souvent ces trois types de germes qui sont à incriminer. L'examen microscopique direct peut être précieux. (On prépare des lames du produit dilué avec cinq fois son volume d'eau distillée, de manière à éviter que des cristaux de sucre ne nuisent à la coloration.) Le produit n'étant pas stérile, la numération totale peut aller de quelques centaines à plus de 100 000 germes/g, et on peut trouver des levures, des moisissures, des microcoques, des colibacilles et des aérobies sporulants. La flore présente peu de temps après la préparation peut être considérée comme un bon indice de l'effet bactéricide du préchauffage et des conditions d'hygiène pendant la production. Au cours du stockage, la numération bactérienne peut croître ou diminuer; il arrive qu'elle commence par croître puis diminue assez rapidement. Outre la température de stockage, la teneur en sucre joue un rôle important; elle doit être suffisamment élevée, car plus elle est faible, plus les groupes de micro-organismes capables de se développer sont nombreux et les risques d'altération considérables. Il convient toutefois de noter que les altérations dépendent non seulement du nombre de micro-organismes qui se multiplient, mais aussi de leur nature, car tous les types de germes ne sont pas nuisibles au produit.

Selon Hammer & Babel (1957), qui ont fait une compilation de la littérature à ce sujet, les défauts bactériologiques les plus communs sont le dégagement gazeux, l'épaississement et les moisissures.

Dégagement gazeux

Du gaz peut soudainement se former dans le produit — parfois au bout d'une dizaine de jours, mais généralement après quelques semaines. Ce dégagement est généralement dû à une levure, *Torulopsis lactis-condensi*: il peut être assez important non seulement pour provoquer un renflement des extrémités de la boîte mais encore pour faire sauter les soudures. L'oxygène nécessaire au développement des levures provient de l'air enfermé dans la boîte. On conçoit donc la nécessité de remplir les boîtes au maximum.

Etant donné que les levures résistent mal aux températures du préchauffage, elles ne peuvent provenir que d'une postcontamination. On a constaté que le sucre — surtout s'il est humide — peut être à l'origine de cette contamination.

Moisissures

Comme celui des levures, le développement des moisissures exige de l'oxygène. On l'évite donc par manque d'oxygène et on l'inhibe en stockant le produit à basse température. Parfois, apparaissent des colonies (1 cm de diamètre et même plus) rendues nettement visibles par la coagulation du lait et appelées «boutons». Lorsque les moisissures ont cessé de se développer, par suite du manque d'oxygène, ces boutons continuent à grossir, par activité enzymatique. De coloration noire ou brunâtre, ils sont généralement désagréables au goût. Les moisissures les plus communes appartiennent au groupe *Aspergillus*.

Épaississement

L'épaississement d'origine bactérienne s'accompagne le plus souvent d'un goût désagréable. La littérature spécialisée énumère de nombreuses espèces de bactéries, y compris des microcoques et des germes sporulants, qui ont été trouvées dans le lait concentré sucré épaissi par vieillissement. Sauf lorsque la teneur en sucre est faible, les conditions de croissance sont plutôt défavorables et l'épaississement ne progresse que lentement. L'épaississement d'origine bactérienne peut être accompagné d'un aigrissement.

Autres défauts du lait concentré sucré*Présence de cristaux*

La texture «sableuse» est due à la présence de gros cristaux de lactose qui piquent le bout de la langue. Le produit manque d'onctuosité. La cause en est un refroidissement défectueux.

On trouve aussi parfois des cristaux de saccharose. Dans ce cas, la teneur en saccharose de l'eau du lait est supérieure à 64,5%, d'où sursaturation et cristallisation. Les cristaux trop volumineux sédimentent. On peut freiner le phénomène en augmentant la viscosité du produit.

Épaississement par vieillissement

C'est un très grave défaut du lait concentré sucré: la viscosité croît peu à peu et finit par atteindre celle d'un pouding épais, parfois en quelques semaines, parfois en plusieurs années. Cet épaississement peut être imputable à:

1) *La composition du lait.* La stabilité du lait, y compris sa tendance à l'épaississement, dépend d'influences saisonnières. Au printemps surtout, mais aussi en automne, elle est faible. Bien que l'augmentation de la teneur en protéines du sérum puisse jouer un certain rôle, le principal facteur semble être l'équilibre salin.

La stabilité est maximale pour un certain rapport entre chaux plus magnésium et phosphates plus citrates. Toute modification de cet équilibre peut réduire la conservabilité. Malgré certaines variations, il y a généralement excès de calcium et de magnésium. On ajoute donc parfois des stabilisants comme le citrate de sodium avant le préchauffage, de manière à modifier l'équilibre salin. On voit ainsi que l'épreuve à l'alcool sur le quai de réception ne permet guère de prévoir la tendance à l'épaississement par vieillissement.

2) *La teneur en extrait sec dégraissé.* La tendance à l'épaississement croît avec la teneur du lait en extrait sec dégraissé. Il ne faut donc pas concentrer le lait au-delà des limites prescrites. De même que l'évaporation à haute température, l'addition de saccharose avant le préchauffage réduit la stabilité. L'excès d'acidité a aussi un effet préjudiciable. On peut lutter contre la tendance à l'épaississement en conservant le produit à basse température.

3) *La température de préchauffage.* Cette température est le facteur primordial (voir p. 327). Son augmentation diminue la tendance à l'épaississement, mais si elle est excessive elle peut avoir l'effet inverse, une fluidification par vieillissement qui fait croire au consommateur que le produit manque de richesse et qui, de plus, augmente la tendance à la séparation des matières grasses et à la sédimentation des cristaux.

Défauts divers

Conservé à température trop élevée, à 30°C par exemple, le lait concentré sucré peut prendre une coloration brune qui fonce quand la température augmente. A 15°C, on n'observe pratiquement aucune altération de couleur.

Lorsque les globules gras sont trop gros, surtout si la viscosité est faible, les M.G. peuvent se séparer.

Pour lutter contre l'apparition du goût de «suif», le plus souvent dû à la présence de cuivre dans le lait, on construit l'équipement laitier en acier inoxydable.

Homogénéisation et refroidissement du lait concentré non sucré

Homogénéisation

Entre l'évaporation et le refroidissement du lait concentré non sucré prend place l'homogénéisation destinée à stabiliser la dispersion des graisses et à éviter leur séparation dans le produit fini. En outre, l'homogénéisation accroît la viscosité du produit fini, ce qui renforce encore la stabilité de la dispersion des graisses. L'accroissement de la viscosité est d'autant plus grand que la pression d'homogénéisation est plus élevée.

Mais l'homogénéisation sous forte pression peut provoquer la formation d'agglomérats graisseux et, plus tard, leur séparation. On y remédie en procédant à une seconde homogénéisation sous une pression beaucoup plus faible, qui redisperse les agglomérats graisseux.

Si le lait a été bien homogénéisé, la taille des globules de graisse ne doit pas dépasser 2 microns. Pour la première homogénéisation, la pression varie de 175 à 250 atmosphères; pour la seconde, 50 atmosphères suffisent.

Refroidissement et normalisation

Après homogénéisation, le lait est refroidi, de préférence dans des réfrigérants continus à ruissellement. Avant de le mettre en boîtes, on le conserve froid dans des cuves munies d'agitateurs. Si le stockage est prolongé, il faut maintenir la température assez basse pour éviter des transformations enzymatiques.

Dans les cuves de stockage, le lait concentré peut être normalisé; certains fabricants le surconcentrent légèrement de telle façon qu'il puisse être amené à la teneur voulue en E.S. par simple addition de la quantité d'eau nécessaire calculée avec précision. Mais il ne faut pas oublier que l'eau de reconstitution du lait concentré peut être une source de contamination et que ce lait peut alors se gâter même s'il est réfrigéré. On peut dissoudre dans cette eau des stabilisateurs chimiques. Avant évaporation, le lait frais doit être normalisé au rapport souhaité entre M.G. et E.S. dégraissé.

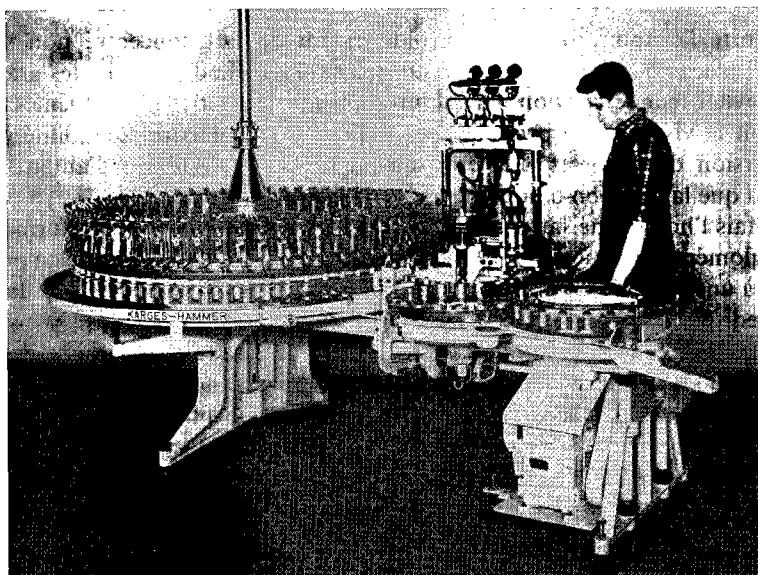
Conditionnement du lait concentré non sucré

La majeure partie du lait concentré non sucré est conditionnée en boîtes à l'usage domestique; une petite quantité est mise en bouteilles de verre.

Au cours de la stérilisation, il peut y avoir des différences de pression considérables entre l'intérieur et l'extérieur de la boîte. Bien que, dans les stérilisateurs modernes, ces différences aient été pratiquement éliminées, les boîtes doivent être capables de les supporter et, surtout, doivent être scellées hermétiquement.

On utilise toute une gamme de contenances, les plus courantes étant de 410 ou 450 grammes. Généralement on se sert des boîtes fermées simplement dotées d'un trou qui permet de les remplir à l'aide d'un appareil entièrement

FIG. 5
REPLISSAGE ET OBTURATION AUTOMATIQUES DES BOÎTES



automatique (voir fig. 5). Le trou est soudé automatiquement. Les boîtes sont ensuite contrôlées par immersion dans de l'eau chaude et celles qui fuient sont ressoudées manuellement.

Stérilisation du lait concentré non sucré

La stérilisation n'a pas seulement pour objet de détruire les micro-organismes et les enzymes, mais aussi d'amener le produit à un certain degré de viscosité. La température nécessaire à l'ajustement de la viscosité est généralement suffisante pour détruire les enzymes et les bactéries. Le chauffage ne doit pas être trop intense pour ne provoquer ni coagulation ni altération de couleur. En moyenne, la durée de stérilisation doit être de 15 à 20 minutes à 115°C ou plus. On peut adopter l'association: 15 minutes, 115°-116°C.

De même que la durée du traitement à la température de stérilisation, les périodes de chauffage et de refroidissement influent sur la qualité du produit final. Habituellement, ces périodes sont fixées.

On peut utiliser des stérilisateur discontinus ou continus. Les premiers conviennent surtout aux petites installations qui utilisent des boîtes de toutes tailles; ils exigent beaucoup de main-d'œuvre.

Les seconds n'équipent que les grandes usines; ils ne demandent que peu de main-d'œuvre, mais ne sont utilisables qu'avec quelques types de boîtes.

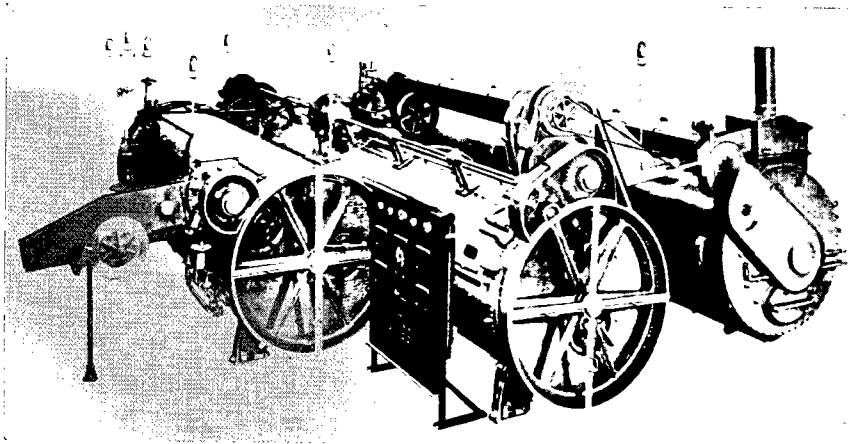
Stérilisateurs discontinus

Le stérilisateur discontinu est composé d'un grand autoclave horizontal à châssis tournant. Les boîtes sont disposées soit dans des paniers que l'on place sur le châssis, soit dans des tiroirs portés par le châssis. Le chauffage, le traitement et le refroidissement ont tous trois lieu dans cet appareil. Pour assurer un chauffage et un refroidissement uniformes, le châssis est animé d'un mouvement de rotation autour de son axe longitudinal et la vapeur est introduite sur toute la longueur de l'autoclave par un tube convenablement perforé. Pour obtenir le refroidissement, un long tube également perforé, disposé à la partie supérieure de l'autoclave permet de pulvériser de l'eau. Pendant le chauffage et le traitement thermique, l'autoclave peut être partiellement rempli d'eau chaude de telle façon que toutes les boîtes soient immergées une fois à chaque tour. On peut régler la vitesse de rotation du châssis. Cette rotation, outre qu'elle diminue la période de chauffage, permet d'assurer au contenu de toutes les boîtes un traitement thermique égal et uniforme.

Stérilisateurs continus

L'installation de stérilisation continue comporte trois sections (voir fig. 6): un réchauffeur, un stérilisateur et un réfrigérant; les boîtes passent automatiquement de l'une à l'autre par des vannes. Chaque section comporte un tambour cylindrique horizontal dans lequel un moulinet entraîne les boîtes suivant une trajectoire en spirale. Il y a un logement pour chaque boîte, si bien que la période de traitement est égale pour toutes. Après stérilisation, toutes les boîtes sont contrôlées automatiquement du point de vue des fuites et du poids.

FIG. 6
GROUPE STÉRILISATEUR CONTINU
(PRÉCHAUFFEUR, STÉRILISATEUR ET RÉFRIGÉRANT)



Stérilisation HTST

Les propriétés naturelles du lait sont mieux préservées par l'application de hautes températures de stérilisation pendant peu de temps que par un traitement prolongé à basse température. Cette observation a conduit à la mise au point de la stérilisation HTST, qui remplace maintenant l'ancien traitement: 115°C pendant 20 minutes.

La stabilité thermique, c'est-à-dire la stabilité pendant la stérilisation, est bien meilleure par le procédé HTST que par la méthode classique, à tel point même que le produit fini manque de viscosité, de consistance et accuse une tendance à la séparation des matières grasses. Par ailleurs, la stabilité à la conservation est relativement faible, c'est-à-dire qu'il peut se produire une gélatinisation à bref délai. Mais la stérilisation HTST diminue la tendance au goût de cuit et au brunissement.

Tarassuk (1959) a décrit deux méthodes de stérilisation HTST, à savoir:

- 1) en boîtes à 127°-132°C pendant 120 à 40 secondes;
- 2) en stérilisateur continu à 145°C ou plus, pendant quelques secondes, avec conditionnement aseptique ultérieur.

Pour accroître la viscosité du produit fini et réduire l'épaississement par vieillissement, plusieurs méthodes ont été proposées, qui consistent généralement à prolonger la durée de stérilisation ou à faire précéder ou suivre la stérilisation d'un traitement thermique supplémentaire, par exemple pendant le préchauffage ou le refroidissement.

Gammack & Weckel (1957) proposent de maintenir les boîtes à 113°C pendant 10 minutes après la stérilisation HTST conduite à 127°C.

Hegarty (1958) stérilise le lait concentré dans un échangeur thermique à 135°-150°C pendant 3 secondes; puis il interrompt le refroidissement à 85°-92°C et maintient le lait à cette température pendant un temps déterminé par une épreuve préalable. Il homogénéise alors le lait à 245-280 kg/cm², le refroidit à 20°C environ puis le conditionne aseptiquement.

Bien que la stérilisation HTST soit suffisante pour obtenir un produit stérile, le traitement thermique supplémentaire est nécessaire pour assurer la stabilité de conservation du produit fini; il est donc probable que l'on ne bénéficie pas totalement des avantages de la stérilisation HTST.

Défauts bactériologiques du lait concentré non sucré

Le lait concentré non sucré doit être stérile. Si tel n'est pas le cas, il se gâte lorsqu'il est placé dans des conditions favorables aux bactéries qu'il contient. On peut habituellement éviter cette altération en conservant le lait à basse température.

Selon Davis (1955) le manque de stérilité provient d'une insuffisance de chauffage ou d'un manque d'étanchéité des boîtes. L'association température-durée peut avoir été défectueuse ou des modifications accidentelles

s'être produites par rapport au programme de stérilisation adopté — par exemple une chute momentanée de la température de stérilisation au cours du traitement thermique. Il se peut aussi que la distribution de la chaleur dans le stérilisateur n'ait pas été uniforme, et que toutes les boîtes n'aient pas été soumises au même traitement. Ce risque est accru dans le cas de la stérilisation HTST.

Lorsque le manque de stérilité est dû à une insuffisance de chauffage, il peut y avoir prolifération microbienne, en particulier de bactéries thermophiles et sporulantes thermorésistantes. Les principaux défauts qui peuvent alors apparaître, selon Hammer & Babel (1957) qui ont passé en revue la littérature spécialisée, sont la coagulation bactérienne, la formation de gaz et des altérations de goût.

Coagulation bactérienne

Elle peut se traduire par l'apparition d'un goût sucré ou acide. Dans le premier cas, l'altération est due à une bactérie sporulante qui provoque l'apparition d'agglomérats douceâtres, telle que *B. subtilis*. Le coagulat formé peut se trouver digéré; il se forme alors un liquide brunâtre en même temps qu'apparaît un goût amer désagréable.

La coagulation acide est due à des bactéries, par exemple à *B. coagulans*. Le lait coagule par acidification. Le goût sur rappelle parfois celui du fromage. Au même groupe appartiennent les bactéries d'acidification, celles qui font surir le lait sans dégagement gazeux et, par conséquent, ne provoquent aucun gonflement des boîtes.

Dégagement gazeux

Ce défaut est généralement dû aux bactéries anaérobies sporulantes. Le dégagement gazeux s'accompagne généralement d'une coagulation du lait et d'odeurs très désagréables.

Certaines souches sporulantes provoquant une altération, telles que *B. coagulans* acidifiante et *Plectridium foetidum* productrice de gaz, peuvent résister à 118°C pendant 15 minutes. On aurait donc tort, quand on choisit du lait frais, de négliger la qualité bactériologique en tablant exagérément sur la stérilisation. En outre, le chauffage doit être d'autant plus élevé que la numération bactérienne initiale est plus importante; on conçoit ainsi que la plus grande hygiène doive être observée à la fabrique.

Altération bactériologique résultant du manque d'étanchéité des boîtes

L'altération peut être provoquée par des bactéries non sporulantes et non thermorésistantes (on trouve généralement une flore complexe). Elle peut être due à la coagulation et à la formation de gaz.

Au cours du refroidissement il faut maintenir des rapports manométriques convenables pour éviter le gonflement des boîtes. Si les soudures cèdent, le

produit fini peut être contaminé par l'eau de refroidissement, car la diminution de la pression interne provoquée par le refroidissement du contenu des boîtes provoque une aspiration de l'eau (avec ses bactéries).

Bien que le lait concentré non sucré puisse être considéré comme un produit stérile et stocké sans réfrigération pendant de longues périodes, il devient une fois la boîte ouverte, aussi périssable que le lait frais et s'il n'est pas consommé immédiatement il doit être conservé au réfrigérateur. Dans les conditions normales, les microbes s'y développeraient rapidement.

Autres défauts du lait concentré non sucré

Viscosité et coagulation thermique

Le produit fini doit présenter un certain degré de viscosité pour donner au consommateur une impression de produit riche et pour éviter la séparation des matières grasses pendant la période de conservation.

L'évaporation accroît la viscosité, mais la stérilisation l'augmente davantage. En fait, cet épaississement est dû à une coagulation des protéines.

Cette coagulation ne doit pas atteindre des proportions telles qu'il y ait formation d'un produit granuleux ou même d'une sorte de caillé qui ne pourrait plus être dilué par addition d'eau. La mesure dans laquelle le lait concentré non sucré résiste à cette coagulation irréversible représente sa stabilité thermique. Celle-ci dépend des caractéristiques du lait autant que du procédé de fabrication. A une acidité élevée correspond une stabilité thermique faible; la neutralisation par le bicarbonate de sodium n'est pas à conseiller car elle peut provoquer un brunissement. Un lait à forte teneur en albumine, tel que celui qui est produit dans les jours qui suivent le vêlage est plus sujet qu'un autre à la coagulation thermique. Dans ce cas, l'équilibre salin influe également sur la stabilité thermique, surtout au printemps et, dans une moindre mesure, en automne. En règle générale, l'équilibre est modifié par un excès de calcium et de magnésium par rapport aux phosphates et au citrate de sodium. On peut rétablir l'équilibre en ajoutant du phosphate disodique ou du citrate sodique. La quantité optimale peut être déterminée par préparation de lots expérimentaux pilotes. Les stabilisateurs peuvent être dissous dans l'eau qui sert à normaliser le lait après concentration.

La concentration et, plus encore, le préchauffage provoquent habituellement une modification de l'équilibre salin en faveur des phosphates. Ainsi, le préchauffage peut avoir un effet stabilisant lorsqu'il y a excès de calcium.

Plus le lait est concentré, plus la stabilité thermique est faible. Lorsque la teneur en E.S. dépasse 30 %, il devient difficile d'empêcher la coagulation. L'homogénéisation sous haute pression peut aussi accroître le danger de coagulation, surtout celle du lait de faible stabilité thermique; il faut donc éviter de stériliser ce lait sous des pressions supérieures à 200 kg/cm².

Le préchauffage peut affecter la stabilité thermique: celle-ci est meilleure lorsque le préchauffage a été effectué à haute température mais pendant

moins longtemps (voir p. 327). Mais il ne faut pas obtenir la stabilité thermique aux dépens de la viscosité.

En règle générale, le lait concentré non sucré augmente de fluidité par stockage et le processus est d'autant plus rapide que la température est plus élevée. Parfois, au cours d'un stockage prolongé, des phénomènes de gélification accroissent la viscosité.

Défauts divers

On peut observer une séparation des matières grasses lorsque l'homogénéisation n'a pas été convenablement conduite ou que le produit manque de viscosité, ce qui est le cas s'il y a fluidification par vieillissement.

Une coloration brune peut apparaître — surtout pendant la stérilisation — par suite d'un chauffage intense, mais sous ce rapport, un chauffage prolongé à température relativement basse est plus nuisible que la stérilisation HTST. En outre, pendant le stockage, la couleur du produit fonce en fonction de la température et de la durée de conservation.

Enfin, dans le lait concentré non sucré se forme parfois un dépôt composé surtout de cristaux de citrate de calcium et de sels minéraux.

BIBLIOGRAPHIE

- Davis, J. G. (1955) *A dictionary of dairying*, London, L. Hill, p. 277
Evenhuis, N. (1957) *Ned. Melk- en Zuiveltijdschr.*, **11**, 184
Gammack, D. B. & Weckel K. G. (1957) *J. Dairy Sci.*, **40**, 1570
Hammer, B. W. & Babel, F. J. (1957) *Dairy bacteriology*, 4th ed., New York, Wiley, p. 327
Hegarty, A. (1958) *Dairy Ind.*, **23**, 3, 197
Hunziker, O. F. (1949) *Condensed milk and milk powder*, La Grange, The Author, 103, South Seventh Avenue, Ill.
Scott, J. K. (1952) *N. Z. Engng.*, **7**, 325
Tarassuk, N. P. (1959) *Ned. Melk- en Zuiveltijdschr.*, **13**, 55
-