

LES ASPECTS SANITAIRES DU TRAITEMENT DU BEURRE, DU FROMAGE, DES LAITS AROMATISÉS ET FERMENTÉS ET DES CRÈMES GLACÉES

FRANKLIN W. BARBER, B.S., M.S., Ph.D. *

Le contrôle sanitaire de tout produit laitier, qu'il s'agisse de lait liquide ou de l'un quelconque de ses dérivés, dépend de la qualité du lait cru utilisé et des conditions dans lesquelles celui-ci a été produit. Il convient donc de considérer que les renseignements présentés dans d'autres chapitres de la présente monographie sont indispensables à l'exposé suivant.

Etant donné que le contrôle sanitaire de la production est traité à la page 309, et que les tests de contrôle de la qualité sont examinés par Johns dans l'article consacré au contrôle du lait à la réception (voir p. 225), le présent exposé sera limité à l'étude des problèmes de contrôle sanitaire que pose le traitement des divers produits et sous-produits laitiers.

L'idéal serait que le lait cru destiné à la production de ces produits et sous-produits soit de la même qualité que le lait destiné à être consommé liquide. L'industrie laitière doit viser à la production de lait cru de qualité supérieure, quel que soit l'emploi auquel il est destiné, car meilleur est le produit initial, meilleurs sont les produits finals.

Beurre

Le beurre est essentiellement composé de matières grasses, d'eau et d'une petite quantité de produits solides; il peut contenir aussi du sel d'adjonction. La composition du beurre salé commercial est d'environ 80,5% de matières grasses, 16,5% d'eau, 2,0% de sel et 1,0% d'extrait sec. Dans le beurre doux, la quantité de matières grasses ou d'eau (ou des deux) peut être légèrement supérieure. Un bon beurre doit *a)* être exempt de micro-organismes pathogènes et de toute substance toxique, *b)* avoir une valeur nutritive élevée, *c)* être exempt de matières étrangères indésirables, et *d)* avoir un arôme et une consistance agréables. En raison du caractère de dureté ou de semi-dureté du produit, de sa forte teneur en matières grasses, de sa faible teneur

* Assistant Research Manager, Research and Development Division, National Dairy Products Corporation, Glenview, Ill., Etats-Unis d'Amérique.

en eau et de la présence de sel, la multiplication des micro-organismes y est assez restreinte. Mais la délicatesse de son arôme le rend particulièrement sensible aux légères modifications que peuvent causer des micro-organismes contaminants. Aussi, le contrôle sanitaire de sa fabrication s'impose-t-il si l'on veut obtenir un produit de qualité élevée.

Le beurre peut être fabriqué à partir de crème fraîche, de crème acide neutralisée ou de crème acidifiée. La première est généralement séparée du lait frais entier à la crèmerie et pasteurisée (habituellement vers 68°-71°C pendant 30 minutes). La crème pasteurisée est alors soit barattée immédiatement pour produire du beurre doux, soitensemencée à l'aide de cultures spéciales. La crème produite à la ferme est généralement acide; lorsqu'elle est expédiée à une crèmerie centrale, elle y est neutralisée, puis pasteurisée et finalement barattée. La crèmeensemencée est de la crème fraîche pasteurisée à laquelle ont été ajoutées des cultures spéciales. Celles-ci peuvent être utilisées de plusieurs façons: *a*) on ajoute la culture à la crème pasteurisée que l'on maintient ensuite à 10°C pendant plusieurs heures ou toute une nuit, ou que l'on fait maturer à 21°C aussi longtemps, avant de la baratter; *b*) on ajoute la culture à la crème au moment du barattage; *c*) on ajoute la culture au moment où des globules de beurre commencent à se former et on la malaxe avec celui-ci.

Approvisionnements en crème. Comme dans le cas de tous les produits laitiers, meilleure est la crème, meilleur est le beurre. Le beurre préparé à partir de crème fermière pose des problèmes de contrôle spéciaux. Tel est particulièrement le cas quand l'écémage a été effectué par gravité, car le produit peut se contaminer dans les récipients peu profonds où il séjourne. Il faut donc prendre les plus grandes précautions pour éviter la pollution par des poussières ou par des récipients et filtres malpropres. De bonnes méthodes de production à la ferme sont essentielles et le fermier doit particulièrement veiller au bon nettoyage des seaux, seilles, machines à traire, etc. Quand on utilise une écrémeuse, il faut la laver soigneusement après chaque emploi et la désinfecter à l'eau bouillante ou avec une solution chlorée avant sa remise en service. Les bidons à crème doivent toujours être nettoyés et désinfectés. Le matériel propre doit être entreposé dans une zone propre et sèche à l'abri des poussières. Etant donné que la crème devient généralement acide avant d'être rassemblée ou livrée à la crèmerie, le personnel peut avoir tendance à négliger la propreté du matériel utilisé, alors qu'il convient au contraire de multiplier les précautions puisque des germes indésirables peuvent encore se développer dans la crème surie.

Lorsqu'on écrème le lait entier à la crèmerie centrale, l'écrémeuse peut devenir un foyer de contamination si elle n'est pas convenablement et minutieusement nettoyée. De même les cuves et réservoirs doivent être nettoyés et désinfectés pour éviter la contamination de la crème. Celle-ci doit présenter l'odeur et l'arôme d'un produit sain. La présence d'une odeur putride,

aigre ou rance révèle une crème de mauvaise qualité. On pratique couramment des tests de sédimentation, mais ceux-ci ne font qu'indiquer le soin apporté par le fermier à la manipulation du lait et de la crème; ils sont insuffisants pour indiquer la qualité de la crème du point de vue de la prolifération bactérienne et de la décomposition.

La détection de moisissures filamenteuses n'est, elle aussi, que de valeur restreinte, car elle ne peut se faire que sur des crèmes de mauvaise qualité dans lesquelles une multiplication importante a déjà eu lieu.

La crème acide contient normalement de nombreuses bactéries, mais lorsque les conditions sanitaires à la ferme sont satisfaisantes, ce sont généralement des ferments lactiques. Les neutralisateurs commerciaux ne contiennent pas de micro-organismes en quantités appréciables et ne sont pas considérés comme une source potentielle de contamination. Mais il faut utiliser une bonne eau potable pour préparer les solutions neutralisantes.

Cultures. Quand on enseme la crème, il convient de prendre à l'égard des ustensiles et du matériel en général, les précautions décrites dans la section traitant des levains pour laits fermentés (voir p. 423).

Traitement. Il existe divers types de matériel et de barattage. Dans de nombreuses régions, on emploie des barattes en bois qui exigent un soin particulier, faute duquel elles deviendraient des foyers de contamination pendant le barattage. Il peut se produire des fissures et crevasses qui deviennent autant de points d'accumulation de matière organique et de multiplication ultérieure de micro-organismes. Après le barattage, il faut rincer la baratte en la faisant tourner pendant 10 minutes après l'avoir emplie au tiers d'eau à près de 50°C; on la lave ensuite, pendant 15 à 20 minutes, avec de l'eau à 60°C additionnée d'un détergent et d'un séquestrant. Après égouttage, on introduit de l'eau à 88°C et on fait un deuxième rinçage en faisant tourner pendant 15 minutes, puis on égoutte soigneusement. On laisse la baratte ouverte, avec l'ouverture supérieure couverte d'une étamine. Juste avant la remise en service, on désinfecte avec une solution chlorée à 200 p.p.m.

Les barattes métalliques sont les plus faciles à entretenir et à désinfecter. Dans les installations de fabrication en continu, les précautions habituelles de propreté et de désinfection de tout le matériel s'imposent pour empêcher la contamination de la crème pendant le barattage.

Au cours de celui-ci, l'eau utilisée pour laver les granules de beurre peut être une source importante de germes polluants. C'est pourquoi les approvisionnements en eau doivent être contrôlés pour déterminer leur salubrité et l'absence de bactéries psychrophiles qui peuvent provoquer l'apparition d'odeurs étrangères et putrides dans le beurre stocké. Aucune eau contenant de tels micro-organismes ne doit donc être utilisée.

Pendant toute la fabrication du beurre et surtout pendant le malaxage et le conditionnement, il faut éviter de souiller le beurre avec les mains (voir fig. 1). Les germes présents lors de ces opérations, même s'ils sont peu

FIG. 1
FABRICATION HYGIÉNIQUE DU BEURRE



Remarquer le port de gants de caoutchouc.

Reproduction obligeamment autorisée par les United Dairies, Ltd., Londres, W.2, Angleterre

FIG. 2
EMBALLAGE HYGIÉNIQUE DU BEURRE



Reproduction obligeamment autorisée par les United Dairies, Ltd., Londres, W.2, Angleterre

nombreux, peuvent être de ceux qui plus tard provoqueraient l'apparition d'odeurs et d'arômes étrangers. Le beurre doit être conditionné d'une façon hygiénique dans des emballages suffisamment étanches pour éviter toute contamination du produit fini (voir fig. 2).

Contrôles bactériologiques. Le beurre devant être le plus souvent conservé très longtemps avant la vente, il est nécessaire que sa conservabilité soit bonne. Or les tests bactériologiques classiques n'indiquent pas toujours cette conservabilité. Certaines épreuves permettent toutefois d'apprécier la qualité du beurre dès que sa fabrication est achevée. La numération des levures et moisissures doit être normalement inférieure à 10 par gramme; elle indique le soin apporté au nettoyage et à la désinfection du matériel pendant la fabrication. La numération des coliformes est considérée comme utile dans le cas du beurre, car la présence de ces germes révèle une contamination post-pasteurisation. De plus, la recherche spécifique des bactéries protéolytiques et lipolytiques à l'aide de milieux de culture spéciaux indique si les germes sont présents en nombre suffisant pour provoquer une dégradation.

L'industrie laitière cherche depuis longtemps un test qui permette de prévoir la conservabilité du beurre. Les tests actuels (Naylor & Guthrie, 1940) sont bons mais ne sont pas entièrement satisfaisants. Ils consistent à placer les échantillons de beurre dans des récipients de verre, à les incuber à 37°C pendant 48 heures ou à 21°C pendant 7 jours, puis à observer l'odeur, le goût et la consistance. A partir de ces observations, on essaie d'estimer la conservabilité.

Le beurre fait de crème convenablement pasteurisée ne contient pas de bactéries pathogènes. Mais on a montré que des germes pathogènes peuvent survivre dans ce produit (Wilson & Tanner, 1945) et, par conséquent, toutes les précautions doivent être prises pour empêcher sa contamination après pasteurisation de la crème et pendant la fabrication. Le beurre ne doit pas être préparé à partir de crème crue, sauf pour des usages culinaires au cours desquels il subit un traitement thermique suffisant. Cela souligne encore l'importance d'une pasteurisation convenable de la crème et de l'emploi de techniques modernes de désinfection tout au long de la fabrication.

Fromage

Le fromage est un agglomérat de lait caillé employé en alimentation. On en connaît plus de 400 variétés que l'on peut rattacher à environ 19 types généraux de fromages connus dans le monde entier. La plupart de ces types peuvent être préparés à partir d'un même lot de lait simplement en ajoutant des micro-organismes, des enzymes, différents sels et en variant la température pendant la fabrication et la maturation. On peut classer les fromages naturels en deux groupes principaux: *a)* les fromages à pâte molle non fermentés à teneur faible ou élevée en matières grasses et à forte teneur en eau et *b)* les fromages fermentés à teneur en humidité variable (fromages à râper

comme le Romano, à pâte dure comme le Cheddar, à pâte semi-dure comme le Roquefort et à pâte molle comme le Camembert).

Il n'est ni nécessaire, ni d'ailleurs possible, dans une discussion sur le contrôle hygiénique de la fabrication des fromages, de décrire en détail la préparation de chaque produit. Mais, heureusement, le contrôle sanitaire d'un procédé de fabrication est applicable à tous.

Approvisionnements en lait. La plupart des fromages sont faits de lait de vache, entier ou écrémé, mais dans diverses régions on utilise le lait d'autres animaux. Le lait doit provenir de vaches en bonne santé et être de qualité bactériologique satisfaisante. Celle-ci se détermine souvent par l'épreuve de réduction de la résazurine ou du bleu de méthylène. Certains pays emploient un test de fermentation (Markin & Gumpertz, 1959) qui permet de déterminer si le lait peut produire ou supporter la fermentation souhaitée et de déceler la présence de micro-organismes qui pourraient provoquer la formation d'un caillé indésirable. Le lait doit être exempt de substances inhibitrices naturelles ou provenant de la croissance de bactéries productrices d'antibiotiques, ou encore constituées des résidus d'antibiotiques venant du traitement de la mammite.

Récemment, l'attention a été attirée sur la présence de souches de staphylocoques toxigènes dans le lait destiné à la fabrication du fromage. On a constaté que, s'ils trouvent des conditions favorables dans le lait, ces germes peuvent produire une toxine dont la présence dans le fromage qui en est issu pose un problème. Le contrôle des conditions à la ferme doit donc être tel que ces micro-organismes ne puissent pas passer dans le lait, ou tout au moins ne puissent s'y trouver qu'en très petit nombre (voir le chapitre rédigé par Kaplan et al., p. 11).

Traitement. Après réception du lait à l'usine de transformation, il convient de le refroidir rapidement ou de le traiter immédiatement, suivant que le fromage doit être fait de lait entier ou de lait écrémé, on clarifie ou on écrème le lait utilisé; dans certaines installations on normalise sa teneur en matières grasses. Le traitement thermique auquel on le soumet est variable. Il est souhaitable de pasteuriser tous les arrivages pour détruire les germes pathogènes. Cependant, si presque tous les fromages peuvent être préparés à partir de lait pasteurisé, leur maturation est beaucoup plus lente et, selon certains experts, les produits faits de lait pasteurisés n'acquièrent jamais la même consistance et le même arôme que les fromages faits de lait cru. Dans certaines régions, un traitement thermique partiel suffisant pour détruire les staphylocoques a été recommandé. Tout fromage fait de lait qui n'a pas été convenablement pasteurisé doit être conservé 60 jours au moins avant d'être consommé. Dans tous les cas, l'équipement utilisé pour la clarification, l'écrémage et la pasteurisation exige les mêmes soins de nettoyage et de désinfection que celui qui sert à la fabrication des autres produits laitiers. En

outré, les conduites, cuves, bacs et les divers ustensiles doivent être minutieusement nettoyés et désinfectés chaque jour.

Le lait est ensuite pompé dans des cuves de divers types selon le type de fromage à préparer, puis il est chauffé à la température désirée et additionné des cultures nécessaires. Autrefois, les fabricants de fromages ne pouvaient compter que sur les bactéries normalement présentes dans le lait pour produire l'acidité requise dans le fromage. A l'heure actuelle, la plupart des producteurs recourent à l'addition de cultures spéciales. Les techniques de culture des levains sont décrites dans la partie qui traite de la préparation des laits fermentés (voir pp.422-423), à laquelle le lecteur pourra se reporter.

Il faut utiliser une culture active et de bonne qualité, s'assurer notamment qu'elle n'est pas contaminée, que les micro-organismes sont actifs et qu'il s'agit bien de ceux qui conviennent au type de fromage à produire.

Dans certains fromages, on utilise également de la présure pour favoriser la formation du caillé. Cette présure doit être de première qualité afin qu'elle ne risque pas d'introduire des organismes indésirables. Pendant toute la durée du caillage, le lait doit être protégé de la contamination par l'atmosphère.

Lorsque le caillé est devenu suffisamment ferme, on le découpe rapidement en petits cubes de manière à faciliter l'égouttage du sérum. Les opérations varient ensuite suivant le type de fromage à préparer. Toute possibilité de contamination doit être évitée (voir fig. 3, 4). Les couteaux agitateurs, étamines, presses, moules, etc. doivent être manipulés d'une façon hygiénique et nettoyés et désinfectés à la fin de chaque journée de travail.

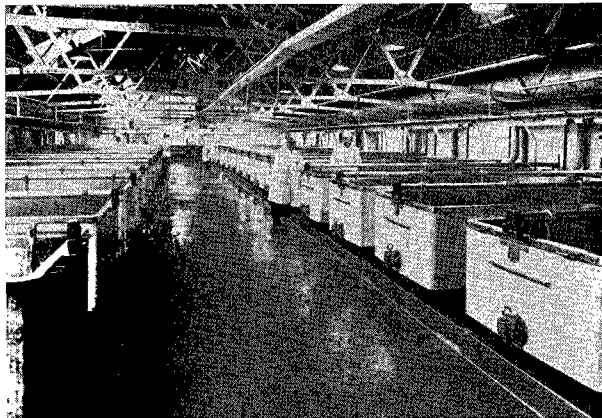
Les fromages frais à pâte molle non maturés sont très périssables et leur conservation est limitée même dans les meilleures conditions de stockage. Le cas du fromage blanc, en particulier, mérite d'être examiné en détail. Au cours de la fabrication, il est essentiel qu'une acidité suffisante se développe car, si le pH est trop élevé, les micro-organismes qui contaminent toujours le produit à un certain degré peuvent se multiplier rapidement et le gâter totalement. L'eau utilisée pour laver le caillé contient souvent des types de *Pseudomonas* qui ultérieurement peuvent provoquer la dégradation du fromage. La contamination par des levures et moisissures provenant de l'atmosphère ou de récipients mal désinfectés peut également susciter des difficultés. Les *Pseudomonas*, levures et moisissures sont, parmi les micro-organismes, ceux qui provoquent le plus souvent la dégradation du fromage blanc. Il faut limiter autant que possible cette contamination; le plus grand soin dans le nettoyage et la désinfection du matériel: cuves et bacs, couteaux, agitateurs, râteliers et récipients facilitent la lutte contre ces germes. Dans certaines installations, on a constaté que l'eau qui se condense au plafond ou sur les canalisations situées au-dessus des cuves peut être une source de *Pseudomonas*; on peut y remédier par pulvérisation ou brumisation de solutions chlorées. Le stockage à basse température (réfrigérateurs) est essentiel pour assurer une conservabilité maximale; il est préférable de maintenir le produit entre 4° et 7°C qu'à 10°C ou plus.

FIG. 3
FABRICATION HYGIÉNIQUE DU FROMAGE



Remarquer le port de gants.
Reproduction obligeamment autorisée par les United Dairies Ltd.,
Londres, W.2, Angleterre

FIG. 4
FROMAGERIE



Reproduction obligeamment autorisée par les United Dairies Ltd.,
Londres, W.2, Angleterre

On notera que plus le fromage est dur (c'est-à-dire plus sa teneur en eau est faible), meilleure est sa conservabilité. Certains fromages à pâte semi-dure ne se conservent pas très bien. Cela peut être dû, en partie, à l'action prolongée des germes maturateurs qui, au-delà d'un certain temps, donnent un fromage trop fait. Mais nombre de fromages à pâte dure s'améliorent en vieillissant car les germes ou enzymes qui produisent l'arôme et dont dépend la consistance agissent lentement. Pendant la maturation, les salles de stockage doivent être maintenues à la température et à l'humidité qui conviennent à la variété de fromage souhaitée; elles doivent toujours être en parfait état d'hygiène et exemptes d'insectes (voir fig. 5, 6).

On protège nombre de fromages à pâte dure par une couche de paraffine qui empêche la contamination et la perte d'humidité pendant le stockage. Dans certains cas on obtient une protection analogue par la formation d'une croûte. L'aspect de cette couche protectrice varie selon le type de fromage; les produits à pâte dure sont ainsi moins périssables que les fromages à pâte molle ou semi-molle.

Produits laitiers liquides

Laits aromatisés

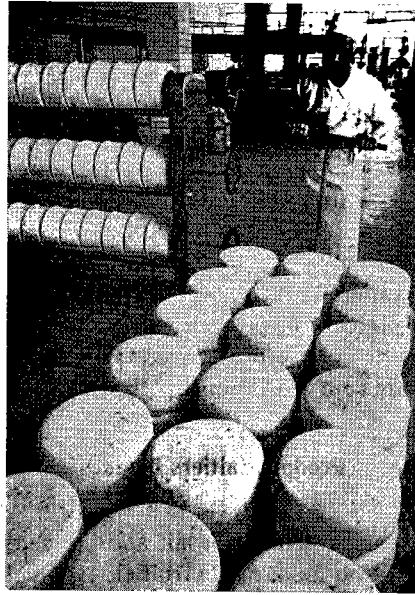
Ce sont des boissons contenant du lait additionné d'un produit comme le chocolat, une essence ou un sirop de fruit et, éventuellement un colorant. Le lait utilisé est généralement en partie ou totalement écrémé; on emploie aussi du lait reconstitué à partir de poudre de lait. La boisson obtenue peut être pasteurisée ou stérilisée; sur place on peut la préparer avec du lait pasteurisé.

Le contrôle sanitaire de ce genre de produit impose que tous les ingrédients satisfassent aux mêmes exigences que le lait liquide. En outre, l'état sanitaire et bactériologique des produits aromatiques, des sirops et des colorants doit être vérifié afin d'éviter toute contamination du produit fini. Seul est autorisé l'emploi de colorants et de produits aromatiques approuvés par les services de santé.

Le produit doit donc être fabriqué dans des installations parfaitement équipées et convenablement surveillées. Il doit être pasteurisé à une température légèrement supérieure à celle à laquelle on soumet le lait liquide. Pour faire du lait chocolaté, par exemple, on recommande environ 63°C pendant 30 minutes ou 74°C pendant 15 secondes. Les produits distribués dans les régions où les réfrigérateurs familiaux sont rares doivent être de préférence stérilisés en bouteilles. Les produits préparés sur place dans les «milk-bars» et autres établissements ne doivent l'être qu'avec un lait convenablement stérilisé et des additifs de qualité supérieure. Les ustensiles et les appareils utilisés doivent en tout temps être impeccablement propres et désinfectés.

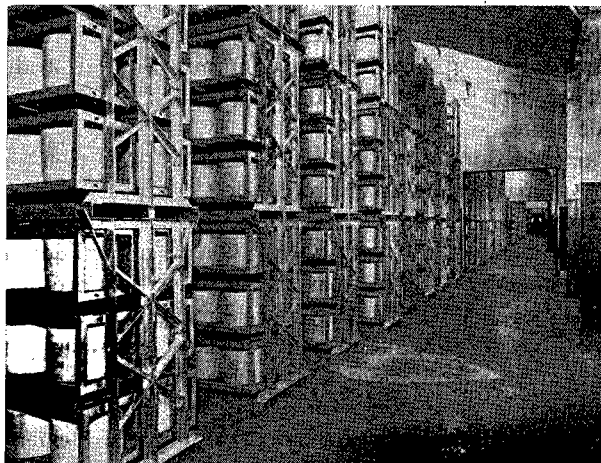
Tous ces produits doivent être soumis aux mêmes contrôles bactériologiques rigoureux que le lait liquide. La qualité bactériologique des additifs

FIG. 5
FABRICATION DU FROMAGE



Reproduction obligamment autorisée par le professeur P. Solberg, Collège norvégien d'Agriculture, Vollebakk, Norvège

FIG. 6
STOCKAGE DU FROMAGE



Reproduction obligamment autorisée par les United Dairies Ltd., Londres, W.2, Angleterre

doit être contrôlée avant emploi. L'épreuve des coliformes est particulièrement utile. Les normes bactériologiques à appliquer sont les mêmes que pour le lait liquide.

Laits fermentés

De tout temps l'homme a su que le lait surit plus ou moins rapidement selon la température à laquelle il est maintenu. Il a depuis longtemps mis à profit cette propriété pour préparer d'innombrables formes savoureuses de lait acide ou fermenté. Dans toutes les régions, des méthodes particulières de préparation de ces produits ont été mises au point, si bien qu'il existe un grand nombre de laits fermentés, ayant chacun leur dénomination et dont les caractéristiques varient légèrement. Bien que plusieurs de ces produits soient de nos jours préparés commercialement, on connaît mal la microbiologie de nombre d'entre eux, surtout de ceux qui sont préparés dans les foyers ou dans des régions reculées où chaque lot estensemencé avec une portion du lot précédent. Mais, en fait, tous ces produits sont aigris par des ferments lactiques; en outre, certains sont traités par fermentation alcoolique (levure de bière).

Les laits fermentés préparés à l'échelon commercial le sont tous sensiblement de la même façon; les divers produits ne varient que par certains détails. Le lait écrémé, partiellement écrémé ou entier, et parfois le lait concentré ou le lait reconstitué à partir de poudre, sont soumis à des traitements thermiques généralement plus sévères que la pasteurisation, dont la gamme va de la pasteurisation au passage à l'autoclave. Après refroidissement à la température d'incubation souhaitée, le lait estensemencé avec les micro-organismes voulus et incubé jusqu'à l'obtention de l'acidité, de l'arôme et de la consistance caractéristiques du produit à préparer. Celui-ci est alors refroidi et conditionné pour la distribution.

Approvisionnement en lait. De tous les sous-produits laitiers, les laits fermentés sont peut-être ceux pour lesquels la sélection du lait initial doit être la plus rigoureuse. Tel est particulièrement le cas pour la production commerciale de ces produits, car les pertes dues à une insuffisance de développement des ferments seraient importantes. Les approvisionnements doivent être de qualité supérieure, d'odeur saine et exempts de substances telles qu'antibiotiques, inhibiteurs naturels ou résidus de désinfectants. Il est généralement conseillé de contrôler fréquemment ces approvisionnements pour déterminer leur aptitude à la fermentation par les germes utilisés. De même, si l'on enrichit le lait en extrait sec ou si l'on utilise du lait reconstitué à partir de poudre, le produit solide doit être contrôlé du point de vue de son aptitude à la fermentation par les micro-organismes voulus.

Le traitement de la mammite par les antibiotiques a suscité bien des difficultés dans la fabrication des laits fermentés. Si le fermier ne s'abstient pas pendant 72 heures après le traitement de livrer le lait des vaches traitées,

les approvisionnements laitiers peuvent contenir suffisamment d'antibiotiques pour inhiber les levains. Certains antibiotiques (la pénicilline en particulier) ne sont pas complètement inactivés par les traitements thermiques appliqués. On a signalé que des résidus de pénicilline avaient été décelés dans l'extrait sec dégraissé du lait à des concentrations suffisamment élevées pour inhiber la croissance des ferments lactiques. L'absence de substances inhibitrices de la fermentation dans le lait liquide et la poudre de lait doit donc être contrôlée fréquemment.

Installation. L'état sanitaire de l'installation est d'une importance primordiale pour la fabrication des laits fermentés. Tout le matériel doit être minutieusement nettoyé et désinfecté, mais il faut prendre garde qu'aucun résidu bactéricide ne contamine le lait; il faut, en particulier, que celui-ci soit exempt de composés d'ammonium quaternaire, car on a constaté que ceux-ci peuvent inhiber la production d'acide par *Streptococcus lactis* dès que leur concentration atteint 5 p.p.m. (Curry & Barber, 1952). L'eau chaude à 82°C est considérée comme un bon désinfectant ainsi que les solutions chlorées, si elles sont convenablement utilisées.

Bactériophages. Les bactériophages (ou «phages») sont des éléments perturbateurs dans la préparation des laits fermentés et de divers types de fromages, ainsi que de toute fabrication reposant sur l'action de bactéries sensibles. Ces phages peuvent être introduits avec le levain, se multiplier dans des instruments mal nettoyés où s'accumulent des dépôts laitiers, ou être véhiculés par l'air; on en trouve aussi dans le lactosérum. Dans les régions où le sérum est renvoyé au fermier dans ses propres bidons, les risques de contamination sont grands car, à moins que le fermier ne désinfecte les bidons à l'eau bouillante ou à l'aide d'un produit germicide avant de les remplir de lait frais, celui-ci se trouve contaminé par le phage et peut à son tour contaminer le centre fromager. La rotation des levains est recommandée car chaque phage est spécifique d'une souche. Cette rotation prévient l'installation d'un phage dans l'usine.

Des travaux récents ont révélé la possibilité d'éviter la propagation des phages dans les cultures en utilisant un nouveau type de milieu de culture. Des chercheurs britanniques (Reiter, 1956; Tybeck, 1959) ont mis au point un milieu dénommé «Cockade», pauvre en calcium, qui, paraît-il, prévient le développement de phages dans les cultures qu'il porte. Aux Etats-Unis, des chercheurs (Hargrove, 1959; Department of Agriculture, 1959) ont signalé que l'addition de phosphates serait de nature à faciliter la lutte antiphages.

Bien qu'il soit généralement admis que la principale source de phages puisse être le levain même, on sait qu'une installation peut se trouver contaminée à tel point que se pose un problème difficile à résoudre. Le matériel doit être minutieusement nettoyé et désinfecté pour empêcher cet envahissement. Dans certaines régions, l'aménagement d'un dispositif de filtration de l'air est considéré nécessaire pour éviter la contamination par des phages

aéroportés. Lorsqu'une installation a été contaminée, un nettoyage complet est toujours indispensable et doit être suivi par la pulvérisation d'une solution chlorée forte (2000 p.p.m.).

Dans toute installation où l'on utilise des cultures bactériennes pour la préparation de laits fermentés ou de différents types de fromages (en particulier de fromage blanc), il est recommandé de prévoir, pour l'entretien des cultures, un secteur distinct des locaux de fabrication. En principe, ce secteur devrait être entièrement isolé du reste de l'usine, et même se trouver dans un bâtiment spécial. Quelles que soient les dispositions prises, il ne faut jamais oublier que les levains demandent des conditions et des soins spéciaux anti-contamination.

Levains. Les techniques de conservation et de préparation des cultures doivent être suivies avec rigueur si l'on veut disposer pour la fermentation de bons levains actifs. On trouve dans le commerce des levains à l'état sec, liquide ou congelé. Le lait utilisé pour la culture des levains doit être soigneusement sélectionné, c'est-à-dire de qualité supérieure et exempt de toute substance inhibitrice; il peut être entier, écrémé ou reconstitué, selon le type de produit à fabriquer. On emploie habituellement du lait entier quand on souhaite obtenir un fort arôme de beurre; on le préfère généralement quand on enseme avec des cultures mixtes contenant des acidifiants et des aromatisants. Toute la verrerie (bouteilles et pipettes) doit être propre et stérile. On stérilise habituellement le lait à l'autoclave; dans certaines usines, toutefois, on le traite à 82°-88°C pendant une heure. Le lait chauffé est refroidi à la température d'incubation voulue, ensemené et incubé jusqu'au degré d'acidité souhaité. Le volume des cultures croît en passant de la culture mère à la culture intermédiaire puis au levain en vrac et finalement à la culture en cuve. Chaque transfert doit être effectué avec soin, à l'aide d'un matériel convenablement nettoyé et désinfecté, et d'un lait sélectionné. Les températures et les durées d'incubation doivent être soigneusement contrôlées, non seulement celles de la culture mère et de la culture intermédiaire, mais aussi celles du levain en vrac dans la cuve.

Traitement. On a vu que le lait destiné à la fabrication de laits fermentés est généralement soumis à un traitement thermique quelque peu plus poussé qu'une pasteurisation normale. Ce traitement thermique, outre qu'il inactive complètement les micro-organismes pathogènes, réduit le nombre de tous les germes qui pourraient rivaliser avec les levains.

Après le traitement thermique, le lait est le plus souvent pompé dans de grandes cuves, ajusté à la température d'incubation voulue et ensemené avec la ou les cultures choisies. La température d'incubation doit être maintenue à la valeur adéquate pendant toute la fermentation, de telle sorte que les micro-organismes puissent se développer convenablement et produire l'acidité et l'arôme désirés. Aussitôt que ces deux conditions sont réalisées, on refroidit rapidement le produit pour arrêter la multiplication bactérienne.

Le lait fermenté est alors mis en bouteilles ou conditionné avec un minimum d'agitation pour éviter de modifier les caractéristiques de consistance du produit. Il faut conserver le lait fermenté à des températures de réfrigération, sous risque de voir les cultures continuer à se développer et produire trop d'acide, communiquant au produit un goût désagréable; de plus, à moins d'avoir évité toute contamination du lait par d'autres micro-organismes, diverses altérations indésirables peuvent survenir.

Dans le contrôle du produit final, l'épreuve des coliformes est fréquemment utilisée pour juger du soin apporté à la production des laits fermentés. Ceux-ci étant préparés à partir de lait convenablement pasteurisé, la présence de coliformes donne à penser que le produit lui-même n'a pas été bien pasteurisé ou qu'il a été recontaminé après le traitement thermique, chacune de ces deux éventualités signifiant un produit indésirable pour le consommateur.

Crèmes glacées

Les crèmes et préparations glacées sont très appréciées aux Etats-Unis et dans bien d'autres pays. Le terme «crème glacée» s'entend généralement d'un aliment pur, propre, congelé, fait de divers produits laitiers, de glucose à l'état solide ou liquide, de saccharose ou de sucre de maïs et d'eau. A la préparation sont souvent incorporés un produit aromatique, parfois des fruits ou des noix ainsi que, dans bien des cas, un colorant alimentaire. D'autres variétés de desserts glacés contiennent des œufs ou des produits à base d'œufs; dans la plupart sont ajoutés des stabilisants et des émulsifiants. Toutes ces préparations ont été classées suivant leur composition, par exemple crèmes simples, aux noix, aux fruits, à la crème fouettée, aux biscuits, fourrées, aux œufs, glaces, sorbets, etc. Les normes de composition ne seront pas examinées ici car elles varient d'une région à l'autre.

Dans toute discussion du contrôle sanitaire de ces desserts glacés, il convient d'examiner les normes de qualité établies par les services compétents. Le principal but de ces normes est d'assurer la livraison au consommateur d'un produit sain, inoffensif. Les normes du Service de la santé publique des Etats-Unis visent à uniformiser et à assurer un degré d'efficacité élevé dans le contrôle sanitaire des desserts glacés. Les règlements bactériologiques adoptés dans de nombreuses régions prévoient les numérations bactériennes maximales suivantes:

Mélange	50 000/g (10 coliformes/g)
Crème pasteurisée.	100 000/ml
crue.	400 000/ml
Lait concentré pasteurisé.	50 000/ml
cru	200 000/ml

Toutes les crèmes et autres desserts glacés sont pasteurisés. En général, les normes de pasteurisation sont: 68,3°C pendant 30 minutes; 79,3°C pendant 25 secondes et 87,8°C selon le procédé instantané ou sous vide. On a

également examiné l'influence de températures plus élevées et de durées plus brèves et on a proposé 93,3°C pendant 3 secondes. Tous ces traitements de pasteurisation ont été minutieusement étudiés afin de s'assurer qu'ils suffisent à détruire tous les organismes pathogènes. Ceux-ci n'ont pas eux-mêmes été utilisés dans les recherches récentes, mais les durées et températures précitées ont été déterminées sur des organismes thermorésistants (Barber, 1951; Speck, 1950).

Dans la production de desserts glacés, l'état bactériologique du mélange dépend de la qualité des ingrédients. On part le plus souvent de produits pasteurisés pour faire le mélange, ce qui n'empêche que dans tous les cas celui-ci doit être pasteurisé avant d'être congelé.

Crème. Il est conseillé d'utiliser comme source de matière grasse de la crème fraîche de qualité supérieure, non neutralisée. Sa population bactérienne ne doit pas dépasser 100 000 germes/ml si elle est pasteurisée, 400 000 germes/ml si elle est crue. Il faut avoir soin de prendre une crème exempte d'odeurs étrangères qui pourraient se retrouver dans la crème glacée. A moins qu'elle ne soit produite et transformée dans les meilleures conditions d'hygiène, la crème peut être à l'origine d'une numération bactérienne élevée, en grande partie due à la présence d'organismes thermorésistants. Les autres sources possibles de matières grasses sont la crème congelée, le beurre fondu liquide et, dans certaines régions, les graisses végétales.

Laits concentrés et laits en poudre. La teneur en extrait sec des crèmes glacées est généralement fournie par du lait concentré ou du lait en poudre. Ces derniers produits ne doivent pas avoir une numération supérieure à 50 000 germes/ml, et doivent avoir été produits dans des conditions d'hygiène parfaites. L'emploi de produits à forte numération bactérienne peut contribuer pour une large part à la contamination du produit fini.

Sucre et édulcorants. On peut utiliser pour la fabrication des crèmes glacées des produits sucrés liquides ou solides, selon les besoins et l'équipement des usines. Tous ces produits doivent être de qualité supérieure et de numération bactérienne peu élevée. La concentration en sucre du produit fini est faible; ce produit ne peut donc pas être à l'origine d'une forte pollution. Mais il convient néanmoins de souligner que les cuves de stockage et les conduites de transport du sucre liquide doivent être nettoyées et désinfectées avec le plus grand soin pour éviter la croissance de levures osmophiles et de germes thermophiles sporulants dans l'installation et les jus.

Stabilisants. Bien que les stabilisants ne s'utilisent qu'à très faible concentration dans les desserts glacés, il est indispensable que leur population bactérienne soit faible. La gélatine, par exemple, fréquemment utilisée comme stabilisant, ne doit pas contenir plus de 10 000 germes/g.

Fruits et noix. Ils peuvent constituer des sources importantes de contamination, d'autant plus qu'ils sont ajoutés au produit après pasteurisation et

immédiatement avant congélation. De plus, les fruits ne reçoivent la plupart du temps aucun traitement thermique au cours du traitement, en raison de leur fragilité, et par souci de préserver l'arôme délicat du fruit frais. Aussi, les fabricants doivent-ils prendre toutes les précautions possibles pour s'assurer que les produits qu'ils utilisent sont frais et sains et qu'ils seront manipulés avec le plus grand soin au cours du traitement. Mais la contamination par l'eau, les ramasseurs, les manipulateurs, le sol, les insectes étant inévitable, il faut veiller à la réduire au minimum. Quant à la qualité de l'eau et aux conditions d'hygiène de l'installation de préparation des fruits, elles demandent une surveillance constante. Si l'on utilise des fruits congelés dans une fabrique de crèmes glacées, il importe de prévenir la contamination et la multiplication consécutive des micro-organismes dans le produit dégelé.

Les noix, pour leur part, peuvent être stérilisées par un mélange de gaz carbonique et d'oxyde d'éthylène, qui est efficace contre les insectes, les levures, les moisissures et les bactéries. On peut aussi les griller, traitement qui réduit la contamination sans toutefois la supprimer totalement. L'addition de ces produits à la crème glacée demande des précautions spéciales pour ne pas introduire de contamination supplémentaire.

Les fruits et les noix sont généralement soumis à un contrôle bactériologique: numération bactérienne totale et numération des coliformes, levures, moisissures et streptocoques β -hémolytiques. La présence de coliformes est généralement considérée comme l'indication d'une contamination par l'homme, le sol, les ustensiles ou l'eau. Les streptocoques β -hémolytiques peuvent être dus à une contamination d'origine humaine. Enfin, la quantité de levures et de moisissures indique jusqu'à un certain point le degré de maturité des fruits et des noix et le soin apporté à leur manipulation, notamment au cours des opérations de traitement.

Colorants et aromatisants. Seuls doivent être utilisés des additifs approuvés par les services de santé. Etant donné qu'ils sont, eux aussi, généralement introduits après la pasteurisation du mélange, ces ingrédients peuvent, s'ils ne sont pas convenablement préparés et manipulés, constituer une source de contamination. Dans l'ensemble, ils ne présentent, au moment de la réception, qu'une faible numération bactérienne. Mais les colorants risquent de se contaminer lorsqu'on en abandonne des solutions diluées à la température ambiante dans des récipients souillés. Il convient donc de ne préparer que la quantité de solution à utiliser immédiatement, ou de faire une solution fraîche chaque jour. Le contrôle microbiologique des colorants et aromatisants doit comporter: la numération microbienne totale et la numération des coliformes, levures et moisissures, ainsi que, dans certains cas, des streptocoques β -hémolytiques.

Produits à base d'œufs. On trouve dans le commerce des produits frais, congelés ou en poudre qui, s'ils n'ont pas été préparés dans de bonnes conditions d'hygiène, peuvent être une source de pollution bactérienne des crèmes

glacées. Ils doivent donc être soigneusement contrôlés: numération bactérienne totale et numération des coliformes, levures, moisissures, germes anaérobies putréfiants, streptocoques β -hémolytiques et *Salmonella*. Bien qu'il n'existe pas de normes officielles pour les produits à base d'œufs, la numération bactérienne totale ne doit pas excéder 10 000/g.

Traitement. Une fois tous les composants rassemblés, la fabrication des crèmes glacées implique de nombreuses opérations: mélange des ingrédients, pasteurisation, homogénéisation, refroidissement, stockage (quand on laisse reposer le mélange), addition des fruits, noix, aromatisants et colorants, congélation, conditionnement, durcissement et enfin distribution. Tout au long de ces opérations, il importe de veiller à l'hygiène du matériel. Si tous ses éléments ne sont pas convenablement nettoyés et désinfectés, l'installation peut devenir un foyer de contamination du produit.

La pasteurisation est une phase critique, car c'est le seul traitement thermique auquel est soumis le produit. Les installations de pasteurisation doivent être exploitées de telle manière que chaque particule du mélange soit convenablement chauffée. Les durées et températures doivent être réglées avec précision et fréquemment contrôlées. Pour la pasteurisation en cuves (traitement de longue durée), il faut prévoir des réchauffeurs de mousse au sommet de la cuve, car la couche de mousse jouerait un rôle isolant qui empêcherait que le mélange ne reçoive le traitement thermique nécessaire. Les temps opérationnels doivent être soigneusement contrôlés afin d'éviter la formation de dépôts dans l'installation. Les pasteurisateurs ne doivent être utilisés que pendant des temps soigneusement contrôlés (afin d'éviter la formation de dépôts) et doivent être nettoyés avec le plus grand soin. Lorsque le matériel est convenablement nettoyé et désinfecté, la numération bactérienne du produit n'augmente pas au cours des opérations ultérieures. Toutefois, l'injecteur qui sert à l'introduction des fruits et noix juste avant la congélation peut constituer un point de contamination s'il n'est pas tenu en parfait état de propreté. Les récipients qui servent à la préparation des fruits et noix avant leur addition à la crème glacée doivent, eux aussi, être nettoyés et désinfectés avant usage. En résumé, toute possibilité de contamination doit être évitée.

Contrôle de la qualité. Après le traitement, on prélève généralement des échantillons pour faire des contrôles de qualité. Au laboratoire, on fait fondre la crème glacée et on en dilue dans l'eau des poids déterminés avant de faire un ensemencement. Les contrôles bactériologiques comprennent la numération bactérienne totale et la numération des coliformes, des levures et des moisissures. De toutes ces déterminations, la numération des coliformes est souvent considérée comme la plus précieuse pour déceler les traces de contamination après pasteurisation. Mais, dans le cas des crèmes glacées aux fruits, elle doit être interprétée avec précaution, car ces produits donnent souvent des épreuves faussement positives (Barber & Fram, 1955). Celles-ci

sont dues à la présence de micro-organismes non coliformes qui font partie de la flore normale de nombreux fruits et qui, en présence de la faible concentration en sucre qui existe dans la crème glacée, se multiplient sur le milieu solide en formant des colonies typiques de bactéries coliformes. La technique de la membrane filtrante permet l'élimination de ces fausses lectures (Nutting et al., 1959). Elle consiste à diluer l'échantillon de la manière habituelle, puis à le chauffer à 45°C, à ajouter alors une solution détergente et à filtrer le mélange sur une membrane. Un milieu différentiel permet la croissance des seuls coliformes sur la membrane; l'élimination du sucre par filtration empêche la croissance des pseudo-coliformes.

Lorsque la numération des coliformes est élevée, il est souvent nécessaire de faire des contrôles en différents points de l'installation pour identifier le lieu de contamination. On prélève donc des échantillons en ces points pendant la fabrication, ainsi que des échantillons de tous les constituants. On cultive ensuite les échantillons par ensemencement; les résultats permettent de localiser la source contaminante. Il n'est pas rare que l'on constate ainsi la nécessité d'améliorer le nettoyage et la stérilisation du matériel pour ramener les numérations bactériennes à des valeurs normales.

Bien que sans rapport direct avec la production de crèmes glacées, les possibilités de contamination de ces produits dans les établissements qui en servent méritent une mention spéciale. Il est malheureusement fréquent que la propreté des ustensiles de manipulation fasse l'objet d'un soin insuffisant. Les cuillers et couteaux ne sont souvent que rincés à la hâte dans une eau lourdement contaminée par des résidus de crème. Ces conditions sont éminemment favorables à la prolifération des bactéries, et celles-ci contaminent les instruments et, partant, les portions individuelles, ainsi que la masse de crème glacée dans laquelle ceux-ci sont plongés. Il est donc recommandé de veiller à ce que des instructions précises soient données pour que ces desserts glacés soient servis dans de bonnes conditions d'hygiène. Les ustensiles doivent être soigneusement lavés et désinfectés à l'eau chaude. Si l'usage d'un récipient de rinçage pour les cuillers et couteaux est nécessaire, l'eau doit y couler fraîche et propre en permanence, ou être changée assez souvent pour éviter la prolifération des micro-organismes.

BIBLIOGRAPHIE

- Barber, F. W. (1951) *J. Milk Tech.*, **14**, 170
 Barber, F. W. & Fram, H. (1955) *J. Milk Techn.*, **18**, 88
 Curry, J. C. & Barber, F. W. (1952) *J. Milk. Techn.*, **15**, 298
 Hargrove, R. E. (1959) *J. Dairy Sci.*, **42**, 906
 Markin, L. & Gumpertz, M. W. (1959) In: *Proc. XV Int. Dairy Congr., Lond.*, **3**, 1878
 Naylor, H. B. & Guthrie, E. S. (1940) *Bull. Cornell agric. Exp. Sta.*, N° 739
 Nutting, L. A., Lomot, P. C. & Barber, F. W. (1959) *Appl. Microbiol.*, **7**, 196
 Reiter, B. (1956) *Dairy Industr.*, **21**, 533

Speck, M. L. (1950) *J. Milk Techn.*, **13**, 275

Tybeck, E. (1959) In: *Proc. XV Int. Dairy Congr., Lond.*, **2** (sect. 3), 611

United States Department of Agriculture, Dairy Products Laboratory (1959) *Bull. CA-E-19*

Wilson, F. L. & Tanner, F. W. (1945) *Food Res.*, **10**, 122
