

intimement, on opère comme pour le lait frais avec le butyromètre à lait et l'acide sulfurique à 1.820, mais il faudra centrifuger jusqu'à volume constant de la colonne graisseuse et multiplier le résultat soit par 4, soit par 5 suivant le mélange effectué.

Avec cette méthode, le butyromètre de GERBER n'est pas à conseiller.

Pour le lait concentré non sucré, le mélange d'eau et de lait peut être fait en toutes proportions; il faudra toutefois multiplier le résultat obtenu par 2, 3, 4 ou 5 suivant le mélange effectué. Avant de faire la lecture définitive, il faudra avoir soin de chauffer et centrifuger à 3, 4 et même 5 reprises différentes et à 1.200 tours à la minute, afin d'avoir un volume constant, car le lait concentré non sucré est homogénéisé, d'où une séparation plus difficile de la graisse.

Les dosages de matière grasse effectuée ci-dessus ont été faits avec de l'acide sulfurique à 1.820-1.825. Dans le dosage de la graisse du lait concentré sucré avec un mélange de 4 parties d'eau et une partie de lait, la lecture de la colonne de la graisse est encore un peu délicate et quelquefois le noircissement est très accentué.

Si l'on emploie de l'acide sulfurique de densité 1.765-1.770, on a l'avantage :

1° D'obtenir une colonne de matière grasse *non charbonnée*, très nette et des plus claires.

2° De faire un mélange de seulement 50 % d'eau et 50 % de lait, c'est-à-dire permettant de multiplier les résultats par 2 au lieu de 5. ce qui diminue les chances d'erreur et d'avoir une colonne de matière grasse plus longue, d'où plus facile à lire.

3° Enfin, d'utiliser le butyromètre à produit du Docteur GERBER (On met dans le godet spécial 5 grammes de lait concentré sucré, on ajuste le godet sur son butyromètre, puis on met 8 à 9 cm³ d'eau, on mélange intimement le tout, on laisse couler 10 cm³ d'acide sulfurique à 1.765-1.770 et, enfin, on met 1 cm³ d'alcool amylique; le reste se fait comme pour le lait frais. Les résultats donnent le pourcentage direct de graisse).

LES PRINCIPES D'UNE TECHNIQUE RATIONNELLE EN INDUSTRIE LAITIÈRE.

Le rôle des microorganismes en laiterie (suite),

par G. GUITTONNEAU,

Directeur de la Station centrale d'agronomie à l'Institut des Recherches Agronomiques.

Les laits secs. — En poussant jusqu'à son extrême limite, l'idée de réduire le volume du produit à conserver, on devait en arriver à

éliminer du lait la plus grande partie de l'eau qu'il contient, c'est-à-dire à le *sécher* (Appert, 1813).

Cette dessiccation était d'autant plus intéressante à réaliser, qu'ainsi ramené à un taux d'humidité de 4 à 5 %, le lait, comme les autres produits secs, devient, nous l'avons vu, à peu près inaltérable du fait des microorganismes. Ceux-ci, en effet, n'y peuvent plus alors proliférer, n'y trouvant plus, en quantité suffisante, l'eau qui est indispensable à leur vie.

La méthode de séchage du lait sur *cylindres fortement chauffés* (140°) (*Procédé Just Halmaker*) est d'une simplicité qui en a assuré le succès. Les poudres de lait, ainsi obtenues ont cependant un inconvénient indéniable. Lorsqu'on les délaie dans l'eau, même chaude, il en reste toujours une partie importante, dite *insoluble*, qui ne se gonfle que fort lentement et ne peut entrer en suspension colloïdale dans le liquide, dont elle se sépare par précipitation.

A vrai dire, lorsqu'il s'agit de *poudres écrémées* utilisées en boulangerie, pâtisserie, confiserie, cet inconvénient n'est guère gênant, puisque les produits dans lesquels elles entrent sont solides.

Il n'en est pas de même pour les *poudres dites grasses, demi-grasses*, etc... avec lesquelles, en général, on se propose de reconstituer un lait se rapprochant, autant que possible, par ses qualités, du produit naturel.

D'ailleurs, il est fort vraisemblable que la coagulation puisse modifier certaines qualités alimentaires des albuminoïdes. Or, il n'est pas douteux que l'insolubilisation de la caséine, au cours du séchage, soit déterminée par sa *coagulation*, sous l'action de la chaleur.

L'action de la chaleur sur le lait est, en effet, violente, dans cette méthode. Elle s'exerce tout d'abord, pendant l'ébullition prolongée qui concentre le liquide à la partie supérieure des cylindres, jusqu'à un degré tel que ceux-ci puissent l'entraîner, sous forme d'une mince pellicule. Cette pellicule elle-même, au contact de la surface surchauffée à laquelle elle adhère (140°), subit, pendant quelques secondes, le commencement d'une véritable cuisson.

On conçoit que, dans de telles conditions, l'action anticoagulante du *bicarbonate de soude*, employé à dose modérée (saturation de l'acidité libre, insolubilisation des sels de chaux), ne puisse avoir qu'une efficacité très réduite. Il y a, dès lors, intérêt à interdire rigoureusement son emploi, dans ce cas comme dans tous les autres, pour éviter d'ouvrir une porte à tous les abus.

C'est seulement en atténuant l'action de la chaleur, qu'on peut remédier aux inconvénients qu'elle entraîne. On y arrive, dans une faible mesure, en *concentrant* le lait dans le *vide*, à 40-45°, au 1/3 de son volume, avant de le sécher. La période d'ébullition sur les cylindres

se trouve ainsi, considérablement réduite. A un autre point de vue, cette technique est, d'ailleurs, économiquement avantageuse. Elle substitue, en effet, une évaporation dans le vide à une évaporation à l'air libre, faite dans des conditions de rendement déplorable (chauffage par une petite partie seulement de la surface des cylindres).

Mais il est clair que les *sécheuses à cylindres*, qui travaillent elles-mêmes *dans le vide* et, par conséquent, à basse température, sont les seules machines de cette catégorie qui pourront faire face aux exigences de l'avenir (*Système Milne and Sons, Système Eckenberg*).

BEVENOT et NEVEU avaient préconisé, voilà déjà longtemps, de sécher le lait en le *pulvérisant*, à l'état de fines gouttelettes, dans un *courant d'air sec et chaud*. Le principe de cette méthode est excellent. Les gouttelettes liquides ne sont ainsi portées qu'à une température peu élevée, qui ne dépasse pas 50-60° lorsque l'air est insufflé à 120°. La vaporisation de leur eau de constitution absorbe, en effet, une notable partie de la chaleur qu'elles reçoivent.

Cette chaleur leur est, d'ailleurs, fort mal transmise par l'air. Et il est économique, là encore, de n'envoyer au séchage que du lait préalablement *concentré dans le vide*.

Au cours d'un tel mode de séchage, les éléments constitutifs du lait ne sont jamais portés à une température capable de les altérer. Aussi, les *poudres* ainsi obtenues sont-elles remarquablement *blanches*. Elles se dissolvent dans l'eau, même à froid le plus souvent, en reconstituant un liquide parfaitement homogène, dont l'aspect est identique à celui du lait.

Cette conception a fait l'objet de plusieurs adaptations pratiques. L'une des mieux étudiées est réalisée dans le *procédé Krause*, adopté, ces toutes dernières années, dans un nombre important d'usines de l'Europe septentrionale (*Procédé Krause, Metallbank und Metallurg. Gesellschaft., Frankfurt-am-Mein*).

On a quelquefois prétendu que les poudres obtenues à température élevée, sur cylindres, qui se trouvent *stérilisées* par l'action même du fort chauffage qu'elles doivent subir, sont susceptibles d'une meilleure conservation que les autres.

En fait, nous savons que la *conservation* des laits secs est assurée par leur état même de *siccité*. Quand ils reprennent de l'humidité, jusqu'à un degré suffisant, tous s'altèrent sous l'action des germes vivants qu'ils contiennent encore, ou qu'ils reçoivent du dehors, et qui peuvent alors s'y multiplier.

Les poudres de lait doivent donc être soigneusement gardés *au sec*, car elles sont très hygroscopiques.

Cette condition est nécessaire et suffisante pour en assurer une

longue conservation, quand elles ne renferment plus de matière grasse (*poudres écrémées*).

L'oxydation de la matière grasse au contact de l'air communique, petit à petit, aux poudres qui en contiennent encore (*poudres grasses, demi-grasses, etc.*), un goût *suiiffeux*. Si on a soin de les enfermer dans des boîtes métalliques hermétiquement closes, on peut cependant, les garder assez longtemps en bon état.

La pasteurisation. — Ce n'est qu'une conservation beaucoup plus courte du lait, se réduisant pratiquement à un certain nombre d'heures, que l'on cherche à obtenir par la *pasteurisation*.

Dans cette opération en effet, on ne fait agir la chaleur sur les produits qu'avec ménagement, de manière à n'en altérer que le moins possible la qualité.

On ne peut avoir la prétention de détruire ainsi tous les germes vivants susceptibles de se développer dans le lait, et le nombre seul de ceux que l'on détruit effectivement n'a, par lui-même, aucune signification précise. Pour bien définir la valeur du travail, il faut, avant tout, connaître les espèces dont on désire se débarrasser. Ce sont surtout :

1° Les *microbes pathogènes*, en particulier ceux de la diphtérie, du choléra, de la dysenterie, de la fièvre typhoïde, etc..., sans oublier celui de la tuberculose qui est plus résistant.

2° Les *pseudo-ferments lactiques* (*B. lactis ærogenes* et *B. Coli*), les *levures*, les *champignons*, beaucoup d'*espèces putréfiantes* et, d'une manière générale, les microorganismes susceptibles de produire en industrie des accidents de fabrication. Ceux dont les spores résistent même à des températures supérieures à 100° échappent, bien entendu, à l'action stérilisante de la pasteurisation (*B. subtilis*, *Ferments butyriques*, *certaines putréfiants*).

3° Parmi les *ferments lactiques*, certaines espèces, sans être sporulées, sont cependant assez résistantes à l'action de la chaleur (1). Suivant THOLSTRUP PEDERSEN (2), elles résistent jusqu'à une température de 85°, et, pour O. JENSEN (3), au-dessous de cette température, on ne peut s'en débarrasser complètement que par un chauffage d'une demi-heure à 77-82°. Mais ces espèces n'évoluent que très lentement aux températures ordinaires et on n'a pas, en général à s'en préoccuper.

Au contraire, on doit considérer comme gênantes pour la conservation du lait celles qui, se multipliant rapidement à ces températures,

(1) AYERS et JOHNSON. — *Journ. of Agricult., Reseank*, 1914, n° 4, vol. II.

(2) *Maelkeritidende*, 1915.

(3) *Le Lait*, 1921, n° 3, p. 111.

provoquent son acidification, puis sa coagulation. C'est de celles-là que la pasteurisation doit, et peut facilement, venir à bout.

La pasteurisation répond donc, à la fois, à un *besoin hygiénique*, à un *besoin industriel* et à un *besoin commercial*.

Les conditions dans lesquelles elle doit être effectuée, pour y satisfaire, ont soulevé de longues discussions, au cours de ces dernières années.

O. JENSEN (1) en a fait dans *Le Lait* une étude fort documentée. Des résultats cités par cet auteur et de quelques autres, on peut conclure que la destruction microbienne envisagée peut être obtenue d'une matière suffisante :

1° Par un chauffage rapide (1 ou 2 minutes) à 80-85° (2), effectué dans un pasteurisateur continu, du type danois : c'est la *pasteurisation haute*.

2° Par un chauffage brusque à 75° seulement effectué sur le liquide finement pulvérisé : c'est la *biorisation*, qui est également continue.

3° Par un chauffage à 60-70°, prolongé de 10 à 30 minutes (3), comme dans la méthode américaine, qui est discontinue : c'est la *pasteurisation basse*.

A. — La *pasteurisation haute* par la méthode danoise, est rapide, simple et pratique. Elle est à conseiller chaque fois qu'on ne redoute pas particulièrement les méfaits d'une température un peu élevée. C'est elle qui donne les meilleurs résultats en *beurrerie*, pour la pasteurisation de la crème, que l'on peut sans inconvénient pousser jusqu'à 90-95°, à la condition de la faire suivre d'une réfrigération rapide et énergique. Elle est également tout indiquée quand il s'agit d'un *sous-produit* (Lait écrémé).

Mais, *l'action de la chaleur*, telle que la comporte cette méthode, c'est-à-dire violente, est *préjudiciable au lait*, dont certains éléments, ou certaines propriétés, sont, en effet, assez vite altérés par le chauffage.

1° Au-dessus de 70°, une notable proportion de l'albumine du lait est coagulée (39 % à 80°, 71 % à 90°) (4).

2° Dans les mêmes conditions, la caséine se trouve altérée et devient plus difficilement coagulable par la présure. Outre l'inconvénient qu'entraîne ce fait en fromagerie, il marque, vraisemblablement, une modification dans la digestibilité de cette protéine. On

(1) *Le Lait*, n° 3, 1921, p. 105 et suiv. et n° 4, 1921, p. 177 et suiv.

(2) HARDING et ROJERS. — *New-York Experimental Station Bull.*, 172, 1899.

(3) AYERS et JOHNSON. — *Jour. Of. Agri. Re.*, 1915, vol. III, n° 5. — BARTHEL et STEMSTRÖM. *Maddelande*, n° 117 et 118, fran Centralanstalten för försöksväsendet pa jordbruks området, 1915.

(4) O. JENSEN. — *Le Lait*, 1921, n° 3, p. 109.

sait, en effet, que la coagulation représente le premier terme de sa digestion.

3° A ces modifications, vient souvent s'adjoindre un goût de cuit plus ou moins marqué, surtout si l'on dépasse 85°.

4° Des recherches de O. JENSEN (1) et de THOLSTRUP PEDERSEN (2), il semble résulter qu'au-dessus de 70-75°, disparaisse une propriété naturelle du lait frais, encore assez mal définie, grâce à laquelle il peut se défendre, dans une certaine mesure, tout au moins pendant les premières heures qui suivent la traite, contre l'envahissement des microorganismes. La destruction de ce *pouvoir bactéricide du lait* place celui-ci dans des conditions défavorables à sa conservation.

5° Dans le lait chauffé au dessus de 63-65°, la séparation de la crème ne se fait plus aussi facilement (3). Il est vrai qu'en réalité, cela ne présente pas d'inconvénient bien sérieux.

C'est donc, surtout, à partir de 70° que l'action de la chaleur devient préjudiciable au lait.

B.— Pour cette raison, on s'est posé pour règle de ne pas dépasser cette température, dans la *pasteurisation basse*. Mais il a fallu, pour que l'opération gardât une efficacité suffisante, compenser cet abaissement de la température, par une prolongation de la durée du chauffage.

La pasteurisation basse est celle qui convient le mieux au traitement des *laits* destinés à être *consommés en nature*, puisque c'est elle qui, dans les meilleures conditions, en assure la bonne conservation.

Mais, comme le fait, fort judicieusement, remarquer O. JENSEN (4), elle ne peut donner de garanties sérieuses, au point de vue hygiénique, qu'autant qu'elle est effectuée dans les bouteilles mêmes servant à la livraison. Les bouteilles doivent alors être chauffées à 63° pendant 30 minutes, refroidies ensuite, aussi vite que possible, au-dessous de 40°, et mises en vente dans un délai très court.

On ne doit pas oublier, en effet, qu'on a toujours à redouter le développement des germes qui ont résisté à l'action de la chaleur. (*B. subtilis*, *Ferments butyriques*, *Ferments lactiques résistants*), dans le lait pasteurisé.

Si ce lait a subi des transvasements ou toute autre manipulation, à l'air, après son chauffage et sa réfrigération, il se trouve, en outre,

(1) *Mælkeritidende*, 1915, p. 483.

(2) *Mælkeritidende*, 1916, p. 231.

(3) WEIGMANN, *Mitt. des Deutschen Milchwirtschaftlichen Vereins*, 1914. — BURRI, *Schweizerische Milchzeitung*, 1915, nos 42 et 43.

(4) *Le Lait*, 1921, n° 4, p. 177.

contaminé par tous les germes qu'y introduisent ces opérations. Il arrive alors au consommateur beaucoup plus malsain, en général, que s'il n'avait subi aucun traitement, parce que les ferments lactiques actifs aux températures ordinaires ont, momentanément tout au moins, cessé de le défendre contre les espèces les plus dangereuses. C'est pourquoi, il est toujours prudent de le considérer comme suspect, et de ne le faire consommer aux enfants et aux malades qu'après ébullition.

En *fromagerie*, il ne peut être question, non plus, d'un autre mode de pasteurisation (action de la présure).

Le chauffage peut être effectué dans de grands bacs à double paroi (bains-marie), sous agitation très lente, pour éviter la formation de mousse qui, isolant certains germes, peut les soustraire à l'action destructive de la chaleur. Le travail est alors discontinu, à moins qu'on ne dispose d'un nombre de bacs suffisants pour qu'il ne soit jamais nécessaire de l'interrompre.

Il est beaucoup plus simple d'avoir recours aux pasteurisateurs ordinaires, du type danois, qui sont répandus à peu près partout à l'heure actuelle, et d'adapter entre le caléfacteur et le réfrigérant, un bac de capacité telle qu'il puisse retenir tout le lait débité pendant le temps que l'on s'est fixé pour la durée de la pasteurisation. Si l'on dispose convenablement l'arrivée et le départ du lait, et si, entre les deux, on intercale un système de chicanes, qui évite les courants directs et favorise les mélanges, on obtient avec ce dispositif, une régularité de travail très suffisante en pratique.

Le chauffage du lait à 65°, pendant 10 minutes, donne de bons résultats pour la fabrication des fromages. Il est inutile de prolonger davantage l'action de la chaleur. On sait, en effet, que la presque totalité des germes destructibles à cette température est déjà détruite au bout de ce temps, 99 % (1). L'ensemencement en ferments lactiques, qui est à la base de toutes les fabrications, apporte une entrave au développement de ceux qui ont résisté (*B. subtilis*, *ferments butyriques putréfiants*).

C. — La *biorisation* donnerait, d'après O. JENSEN qui l'a expérimentée, des résultats analogues à ceux de la pasteurisation basse. Elle a, en outre, l'avantage d'être continue et rapide. Elle constituera donc une méthode de travail intéressante le jour où l'appareil qui permet de la réaliser aura été mis au point.

Le lait concentré sucré. — L'expérience a montré qu'il est possible de conserver le lait, comme on conserve la confiture, en l'enrichis-

(1) WEIGMANN, WOLFF, FRENCH et STEFFEN, *Centralblatt f. Bakt.*, 2 Abt. Bd XLV, p. 63.

sant suffisamment en sucre et en le concentrant jusqu'à consistance d'une pâte épaisse, mais homogène.

La *concentration* du lait sucré, jusqu'au tiers environ de son volume initial, se fait dans le vide, sous une dépression de 680 à 700 mm. de mercure et à une température qui ne doit pas dépasser 45°-46°. Le produit est ensuite refroidi et mis en *boîtes*, en *bidons* ou en *tonnelets*.

Cette fabrication est donc, en principe, extrêmement simple. Mais elle a, en pratique, à tenir compte de quelques difficultés sérieuses.

La *consistance* du lait concentré sucré a une grande importance au point de vue commercial. Trop clair, il donne l'impression d'être insuffisamment riche; trop épais, il est d'un aspect peu appétissant. Dans ce dernier cas, il est souvent *sableux* à la dégustation, par suite d'une cristallisation trop nourrie du lactose; quelquefois même il s'y forme de gros cristaux de saccharose.

Cette consistance dépend, évidemment, du degré de concentration du produit et, par conséquent, du moment auquel est *arrêtée la cuite*. Or, ce moment est difficile à déterminer exactement. C'est encore l'aspect que prend, à l'écoulement, la masse pâteuse qui donne, à un œil exercé, la meilleure indication (*arrêt à la cuiller, formation de la boule*). On peut, cependant, contrôler cette indication par une prise rapide de la *densité* effectuée sur une dilution.

La détermination exacte de cette densité, faite après coup pour chaque fabrication, sert de guide pour les opérations suivantes. Elle doit varier de 1290 à 1320 environ. A cette indication précise vient utilement s'adjoindre celle que fournit le *viscosimètre*.

La *cristallisation du lactose* est inévitable en raison de sa faible solubilité dans l'eau. On cherche seulement à l'obtenir très diffuse en l'amorçant (addition de lactose déjà cristallisé) et en soumettant le produit à une agitation lente et continue, au cours de son refroidissement.

Le *saccharose* cristallise de cette solution complexe avant que se trouve atteint son point de saturation propre. Pratiquement, sa cristallisation est à redouter, chaque fois que le rapport $\frac{\text{saccharose}}{\text{eau}}$ dépasse la valeur $\frac{180}{100}$. C'est cette valeur qui détermine la limite supérieure à assigner au taux du sucrage.

On doit régler le *taux du sucrage*, au-dessous de cette limite, de manière à obtenir un lait concentré, dont la teneur en matière grasse reste toujours voisine de 9 à 10 %, quelle que soit la richesse des laits employés. Partant de cette base, on peut établir, par un calcul simple, qu'à des laits normaux d'industrie, titrant de 35 à 40 grammes de beurre, on doit ajouter de 16 à 17 kilos de sucre pour

100 litres de lait, si on désire les ramener à une teneur en eau de 20 à 25 $\frac{0}{100}$. Après concentration, ces laits sucrés contiennent alors de 40 à 45 $\frac{0}{100}$ de saccharose.

Les *accidents les plus graves*, qu'ait à redouter l'industrie du lait concentré sucré, sont dûs au *développement des microorganismes*, et, en particulier, comme nous l'avons vu, de certaines *levures* capables de faire fermenter le sucre à cette haute concentration.

Le produit n'est d'ailleurs jamais stérile. On y trouve presque toujours des *ferments lactiques résistant à l'action de la chaleur*, qui produisent sur gélose des colonies blanches ou jaunes. A côté d'eux, on peut s'attendre à trouver, et on trouve effectivement, dans la plupart des cas, des bactéries sporulées (*B. subtilis* et *ferments butyriques*). Tous ces microorganismes, gênés par la forte concentration saccharine du milieu, ne s'y développent que lentement et n'en déterminent pas, en général, une avarie rapide. Il en est de même des moisissures (*Aspergillus repens*), qui manquent d'oxygène dans les boîtes fermées, et dont nous avons indiqué le mode d'évolution.

Mais, pour que le lait concentré sucré présente toutes les garanties de conservation désirables, et pour qu'il garde quelque valeur hygiénique, il doit, autant que possible, être privé de germes microbiens.

Si l'on recherche l'origine de ceux qui le peuplent, on se rend compte, sans peine, qu'ils ne peuvent provenir que des contaminations au cours du travail, des sucres ou du lait.

Les *contaminations au cours du travail* sont supprimées, là où les opérations sont exécutées automatiquement, à l'abri de l'air, dans des appareils clos et d'une désinfection facile. Or, il est possible de se placer dans de telles conditions, au cours de toutes les phases de la fabrication. Il en est forcément ainsi dans le *vacuum*. Pour la réfrigération, les *tournettes* sont à abandonner, sans aucune hésitation. Elle doit se faire dans de *grands bacs*, munis d'agitateurs mécaniques, à faible vitesse de rotation, et *parfaitement fermés*. Les *emboîteuses automatiques* peuvent s'alimenter sur ces bacs eux-mêmes ou sur d'autres semblables. Elles remplissent, aussi complètement que possible, des boîtes, préalablement stérilisées, qui sont aussitôt fermées, automatiquement dans les installations modernes.

Le *passage* du produit, de l'un à l'autre de ces appareils, doit se faire également à l'abri de l'air par gravitation (dispositif en cascade) et, s'il comporte des élévations, avec le secours de monte-jus ou par l'action du vide.

Il y a grand intérêt, d'ailleurs, à soumettre dans tous les cas le lait concentré à cette *action du vide*, avant son emboitage, pour le priver, le mieux possible, de l'air qu'il garde émulsionné, en quantité

importante, après l'agitation prolongée de la réfrigération. Cet air ne peut que nuire à sa bonne conservation en oxydant sa matière grasse (*goût suiffeux*), et en favorisant le développement des micro-organismes aérobies (*Subtilis*, *Levures*, *Moisissures*). La mise en boîte sous le vide est même, très certainement, à recommander.

On supprime tous les *germes du sucre* en le stérilisant à l'*autoclave*, à 110-115°, pendant 15 minutes, sous forme de sirops, préparés avec de l'eau très pure pour éviter le brunissement au chauffage. Si l'addition de lactose, pour amorcer la cristallisation, semble indispensable et que ce sucre ne soit pas à peu près pur de germes, il faut le purifier par l'alcool ou en le faisant recristalliser, à l'abri de l'air, d'une solution stérilisée.

On ne peut songer à stériliser le lait parce que, après concentration, sa coloration en brun apparaîtrait beaucoup trop marquée. Elle est déjà sensible, bien que peu accentuée, si le chauffage est poussé jusqu'au voisinage du point d'ébullition et quelque peu prolongé. Le goût de cuit est, par contre, peu à redouter, parce qu'il est masqué par l'édulcoration. Comme il est essentiel de se débarrasser, autant que possible, des microorganismes thermophiles capables de proliférer au cours de la concentration (45°), on soumettra donc le lait, sans inconvénient sérieux, à une *pasteurisation énergique et prolongée* (85-95°) pendant 15-20 minutes.

On ne peut parvenir à détruire ainsi les bactéries à spores résistantes (*B. subtiles* et *Ferments butyriques*). Ce sont des ennemis contre lesquels la technique moderne de la fabrication reste désarmée. Il est donc essentiel de les éviter, et cela rentre dans le programme, si important, des améliorations à réaliser par le *Service des ramassages*.

Ajoutons enfin qu'il est facile de déceler toute contamination et d'en déterminer l'origine au moyen d'un *contrôle bactériologique*, fort simple, que chaque usine peut effectuer par ses propres moyens. On arrive ainsi à corriger, en temps utile, les erreurs commises et à s'éviter de gros déboires pour l'avenir.

De ce que nous avons dit, il ressort qu'au point de vue bactériologique, la *valeur hygiénique* du lait concentré sucré est sensiblement la même que celle du lait pasteurisé. Mais, dans une fabrication bien conduite, la concentration et le sucrage fixent, en quelque sorte, pour un temps assez long, la pureté microbienne du lait, au point où la laisse la pasteurisation. D'autre part, le produit cesse d'être salé à partir du moment où il est enfermé dans les boîtes. Il ne faut pas oublier, cependant, que les germes vivants qu'il contient commencent à se multiplier dès qu'on le dilue. C'est pourquoi la *reconstitution* ne doit être effectuée qu'au moment même de la consommation (alimentation des enfants).

A un autre point de vue, une question se pose aujourd'hui, au sujet de la *valeur nutritive* de ce produit de conservation, aussi bien d'ailleurs, que des autres précédemment étudiés. Il s'agit de savoir s'ils sont capables de déterminer des maladies *par carence*, faute de rester suffisamment pourvus en *vitamines*.

La conservation du lait et la question des vitamines. — De nombreux travaux ont mis en lumière, en effet, depuis une dizaine d'années, le rôle capital que semblent jouer dans la nutrition certains éléments dont la nature nous reste encore inconnue.

On leur a donné, improprement, le nom de *vitamines* (FUNK, 1911) ou mieux de *facteurs accessoires de l'alimentation* (HOPKINS, 1911) ou encore de *facteurs accessoires de la croissance et de l'équilibre* (Mc COLLUM et DAVIS). Or, ces éléments sont plus ou moins facilement détruits par le chauffage, et certains d'entre eux ne résistent pas à la dessiccation.

La question des carences présente une gravité particulière quand il s'agit de l'aliment consommé, d'une manière exclusive, par l'enfant. C'est sous ce jour qu'elle se pose pour ce qui concerne les laits stérilisés, les laits secs, les laits concentrés, sucrés ou non, et les laits pasteurisés.

A ce sujet, on a écrit beaucoup de choses fort contradictoires, où une inspiration commerciale, plus que scientifique, se devine souvent.

On peut, s'en tenant aux résultats enregistrés par la Commission anglaise de savants (1) spécialement chargée de l'étude de ces questions, retenir ce qui suit des expériences réalisées jusqu'à ce jour.

1° Le *facteur B*, soluble dans l'eau ou *facteur antinévritique*, se trouve toujours dans le lait ; il résiste bien à l'action de la chaleur et de la dessiccation. On n'a donc pas à s'en préoccuper pratiquement.

2° Le *facteur A*, soluble dans les graisses ou *facteur antirachitique*, est, en général, lui aussi, suffisamment représenté dans le *lait entier* provenant d'animaux convenablement nourris. Il se retrouve à peine atténué dans les laits secs bien préparés (séchage à basse température) et il est, en partie seulement, détruit par l'ébullition et même par la stérilisation, pratiquée dans les conditions que nous avons précisées. C'est sur le beurre qu'il reste fixé (*facteur liposoluble*) et il fait défaut là où manque cet élément.

En ce qui concerne le *facteur A*, la Commission anglaise classe les produits que nous avons envisagés, dans l'ordre de préférence suivant, pour l'alimentation des enfants :

(1) *Report on the present state of knowledge concerning accessory food factors* (Vitamines) *Special Report Series*, N° 38, London, 1919. Le Comité chargé de cette étude par l'Institut Lister et le *Medical Researchs Committee* est composé de F.-G. HOPKIN, A. HARDEN E. MALLAMBY, J.-C. DRUMMOND et Hariette CHIK.

- a) Le lait entier cru, quand il est sain.
- b) Les laits secs non écrémés.
- c) Le lait concentré non sucré.

Elle recommande, en outre, de compléter cette alimentation le plus tôt possible par une petite quantité de feuilles vertes (*laitue, épinards, choux*) crues ou cuites, quelques minutes seulement, à la vapeur; ou par leur jus d'expression. Dès qu'apparaissent les troubles rachitiques (*Arrêt de la croissance. Xérophthalmie*), l'huile de foie de morue est indiquée.

3^o Le lait est mal pourvu en *facteur C*, soluble dans l'eau, ou *facteur antiscorbutique*. Ce facteur est à peu près totalement détruit par la dessiccation et d'autant plus fortement atteint par le chauffage que celui-ci est plus énergique et plus prolongé.

Beaucoup de médecins admettent, en conséquence, que l'alimentation des enfants, au moyen des produits de conservation qui nous intéressent ici, mérite une certaine surveillance.

On peut considérer pratiquement, qu'il ne faut pas faire d'exception, à ce sujet, pour les laits pasteurisés qui ont déjà subi, à l'usine, un chauffage dont on ignore l'intensité et la durée, et qu'on est, en outre, obligé, par prudence, de faire bouillir avant usage. Quant aux laits concentrés sucrés, nous savons qu'ils ont été, le plus souvent, pasteurisés à température élevée (95°).

La commission anglaise recommande d'ajouter à ces aliments un complément végétal antiscorbutique (*Jus de raisin, d'orange, de citron, de rutabaga, de navel, etc.*).

De toutes ces observations, se dégage une conclusion : L'action stérilisante de la chaleur, ou l'action préservatrice du séchage ont l'inconvénient, d'altérer plus ou moins profondément, certaines propriétés physiologique du lait.

Le *froid*, au contraire, les laisse toutes intactes, et les méthodes de conservation où il est utilisé, nous apparaissent ainsi, en principe, comme étant les plus parfaites.

La conservation par le froid du lait et de ses dérivés. — C'est un fait bien connu, que la multiplication des bactéries est considérablement ralentie, et peut même être complètement paralysée, aux basses températures. On sait, d'autre part, que le *froid* ne détermine que très difficilement la mort de ces êtres vivants. Il n'altère donc pas la constitution de leur substance et il respecte, de même, celle des matières alimentaires, soumises à son action conservatrice.

Si on maintient la température du lait au-dessous de 10°, on entrave efficacement son acidification. Ainsi que nous l'avons vu, il est dès lors possible de le transporter, dans d'excellentes conditions, des

centres de refroidissement à l'usine où il doit être travaillé. Certaines Sociétés laitières ont, de même, réussi à *approvisionner de grandes villes en lait frais*, sans lui faire subir d'autre traitement de préservation qu'une ou deux réfrigérations à $+ 3^{\circ} + 4^{\circ}$ (Europe septentrionale). Cette méthode, excellente dans son principe, suppose des contrôles vétérinaires et médicaux de la production, qu'il n'est pas toujours facile de réaliser, dans l'état actuel des choses.

Il ne faut pas croire, cependant, que les germes, contenus dans le lait, restent absolument inertes, à de telles températures.

O. JENSEN (1) a trouvé qu'un lait renfermant à l'origine, par cm^3 84.000 germes dont 2.000 liquéfiant, en contenait, après 48 heures de conservation à 0° , 252.000 dont 60.000 liquéfiant. Dans le même échantillon, le nombre total des germes était tout d'abord tombé, au bout de 24 heures, à 52.000 dont 18.000 liquéfiant. On ne peut attribuer cette réduction momentanée du nombre des microorganismes vivants qu'au *pouvoir bactéricide du lait* qui n'est, par conséquent, nullement touché par l'action du froid.

Mais ces chiffres montrent, qu'à 0° ce sont surtout les germes liquéfiant qui prolifèrent.

CONN et ESTEN (2), ARTHUR WOLFF, LUXWOLDA (3) et O. JENSEN ont étudié l'évolution des microorganismes dans le lait de 0° à 40° et au-dessus. Pour ce qui nous intéresse ici, il résulte de leurs travaux :

1^o Qu'à 0° , ce sont les *bactéries fluorescentes* qui prennent la prédominance.

2^o Qu'entre 5° et 10° , viennent s'y joindre des *proteus*, des *microcoques*, des *bactéries alcalinisantes* et certaines *bactéries*, signalées tout d'abord par BEIJERINCK, qui produisent des *arômes rappelant ceux des fruits*.

Or, tous ces germes sont nuisibles. Certains développent dans le lait de mauvais goûts (*Goût de navet*, dû au *Bactérium fluorescens liquefaciens* ; *goût de savon*, dû aux *bactéries productrices d'ammoniaque*, etc.). Les *Proteus* peuvent même être dangereux (Conservation du lait au-dessous de 5°).

Pratiquement, il ne faut donc jamais conserver le lait cru par le froid, plus de 24 ou 48 heures, sous sa forme liquide.

Lorsqu'on désire une conservation de plus longue durée, on doit avoir recours à sa *congélation*. Il en est de même pour la crème.

La *crème congelée* est fort employée en Amérique pour la préparation de l'« *ice cream* ». On peut aussi, paraît-il, la faire entrer, après décongélation et émulsification, dans la reconstitution de laits.

(1) *Dairy Bacteriology*, p. 64.

(2) *Ann. Rep. Storrs Exp. Station*, 1904.

(3) *Centralblatt f. Bak.*, 2 Abt., 1911, Cd. XXXI, p. 129.

où les poudres écrémées apprêtent les autres éléments de l'extrait sec. Ainsi pourrait être tournée la difficulté qu'on éprouve à conserver le lait entier sous la forme de poudre grasse (oxydation de la matière grasse).

Chacun sait, aujourd'hui, que les *frigorifiques* permettent de mettre en réserve, au cours de l'été, à 7-10°, des quantités importantes de *beurre* qu'on retrouve intactes pour la consommation d'hiver. L'opération ne réussit bien qu'avec des beurres de bonne qualité ne renfermant, autant que possible, que des ferments lactiques. Pour cette raison, ceux qui proviennent de crèmes pasteurisées et ensemencées avec des cultures pures de ces ferments, sont particulièrement indiqués pour la congélation (beurres hollandais, beurres danois).

Lorsqu'il s'agit de *fromages dont la maturation peut se prolonger* pendant plusieurs mois, on se contente, pour les conserver, de les maintenir à une température assez basse, pour que les phénomènes microbiens et diastasiques évoluent lentement (+10° + 12°). Les Hollandais à Leeuwarden, les Suisses à Zollikofen ont réalisé de fort belles installations, conçues dans cet esprit. On en trouve aujourd'hui quelques-unes, analogues, en France (*Cantal*).

A *Roquefort*, on sait, maintenant, conserver les fromages à basse température.

Il serait bien facile d'opérer d'une manière analogue, en ce qui concerne les *fromages frais*.

La question de la conservation des *fromages moisiss*, par le froid, mérite une étude. Il s'agit, surtout, de déterminer le moment opportun du refroidissement. Vraisemblablement, ce sont les premières phases de l'évolution microbienne qu'il faut ralentir, car les diastases, une fois formées, peuvent continuer leur action, même à basse température.

La laiterie a donc beaucoup à attendre du *froid artificiel*. Nombre d'usines modernes sont cependant dépourvues d'installations frigorifiques. D'autres, qui traitent des quantités considérables de lait, ne disposent que de petites machines à glace, qu'on ne peut s'empêcher de trouver ridicules, quand on songe aux services qui devraient leur être demandés.

La désinfection des locaux et du matériel en laiterie. La stérilisation des eaux de lavage. — Nous savons tout l'intérêt qu'il y a à éviter les contaminations du lait au cours des ramassages. Il n'est pas moins important de le mettre à l'abri de celles qui le menacent, lors des manipulations qu'il subit à l'usine.

Or, dans le milieu souillé de matières organiques, où se déroulent les diverses opérations de la fabrication, les microorganismes pul-

lulent toujours. Parmi ces microorganismes, ceux qui sont utiles au travail sont largement représentés et leur propagation naturelle rend, en pratique, d'inappréciables services (*ensemencements lactiques dans le lait, ensemencement des microbes de surface sur les fromages*). Mais, aux bonnes espèces, s'en associent souvent de mauvaises, et nous avons dit combien sont capricieux, dans leurs effets, tous les ensemencements spontanés.

En cas d'accidents (*Noir, gonflements divers et putréfaction des fromages ; mauvais goût des crèmes et des beurres ; fermentation des laits concentrés sucrés, etc.*), il devient nécessaire de détruire, aussi complètement que possible, toute cette flore microbienne de l'usine, dans l'espoir qu'une meilleure viendra s'y substituer, ce qui n'arrive pas toujours. Il est beaucoup plus rationnel et beaucoup plus sûr, de la supprimer, à peu près radicalement, après chaque fabrication, pour la remplacer par des bons éléments, apportés sous la forme de ferments sélectionnés.

Dans ce but, l'action stérilisante de la chaleur, depuis longtemps mise à profit en pratique, ainsi que nous l'avons vu, peut rendre de réels services. Elle intervient dans l'ébouillantage de tout le matériel qui se prête bien à ce traitement (*chaudières, bacs à crème, bacs à emprésurer, petit matériel, etc.*). Elle intervient aussi dans les *chambres étuves*, que les Hollandais installent dans toutes leurs fromageries modernes. Ce sont de petites constructions en maçonnerie, à parois très épaisses et à fermeture hermétique, dans lesquelles on fait arriver de la vapeur détendue, jusqu'à ce qu'y soient atteintes des températures d'environ 85-90°. C'est dans ces étuves que sont désinfectés les moules à fromage.

De telles opérations n'ont jamais qu'une efficacité relative, puisqu'elles sont sans action sur les microorganismes à spores résistantes (*B. subtilis, ferments butyriques*). Elles donnent lieu à un travail d'exécution assez long et assez délicat, et, si celui-ci n'est pas très consciencieusement fait, le but visé n'est jamais atteint. Il y a, d'ailleurs, toute une partie du matériel à laquelle elles ne peuvent s'appliquer (*tables, étagères, etc.*)

Aussi, est-il indiqué de compléter l'action stérilisante de la chaleur, et même de la remplacer totalement, par celle des *antiseptiques*.

On connaît un nombre considérable de ces substances qui peuvent être employées avec succès. En principe, il faut cependant éviter celles qui sont *toxiques pour l'homme* et celles qui peuvent communiquer aux produits de la laiterie des *odeurs* de quelque nature que ce soit.

En pratique, il faut également faire entrer en ligne de compte le *prix* de l'antiseptique. A efficacité égale, on préférera toujours le moins cher.

L'eau oxygénée est souvent recommandée pour aseptiser la poterie de ramassage et, jusqu'à la dose de 0 gr.,050 par litre, on tolère même son addition au lait (1), à la condition que celui-ci soit ensuite pasteurisé, et qu'on n'en retrouve aucune trace dans le produit livré au commerce. Cette tolérance constitue, à notre avis, une porte ouverte aux abus, et elle ne semble nécessaire, dans bien des cas, qu'en raison de la mauvaise organisation du travail. Si on en arrive — ce qu'il faut souhaiter — à la supprimer, l'emploi de l'eau oxygénée, comme simple agent de désinfection du matériel, est trop dispendieux.

Il en est de même pour le *formol*. Sous forme de vapeurs, il peut cependant rendre de grands services, lorsqu'on veut stériliser des espaces clos, difficilement accessibles (*vacuum des condenseriers*).

D'une manière générale, les *hypochlorites* sont les antiseptiques les plus intéressants en laiterie. L'eau de Javel est d'un emploi particulièrement commode,

Après un minutieux nettoyage à l'eau carbonatée chaude, tout le matériel, qui n'a pas à en souffrir, doit être aseptisé par de l'eau fortement javellisée (*Tables, Barattes, Malaxeurs, Moules, Toiles à fromages, Clayons, Planches à saler, Bacs à réfrigération des condenseriers avec leurs agitateurs, Poterie de ramassage, etc., etc.*), Les parois lavables et le sol des locaux doivent subir exactement le même traitement.

La solution javellisée doit renfermer une quantité de chlore sulfisante pour qu'elle en contienne encore, la désinfection une fois terminée. Cet élément agit, en effet, par oxydation de la matière organique et disparaît au fur et à mesure que se poursuit la stérilisation. Son odeur en révèle facilement la présence. Elle doit persister, bien marquée, dans la laiterie, lorsque les nettoyages sont terminés. Au bout de peu de temps, elle disparaît, et toutes les autres avec elle. Aucun des locaux, où est traité le lait, ne doit, en effet, sentir mauvais. Seules les pièces de la fromagerie, où se poursuit la maturation, conservent l'odeur qui caractérise les diverses phases du phénomène (*Hâloirs, Caves de maturation*).

La concentration des solutions désinfectantes est donc difficile à fixer ; elle dépend de l'usage qu'on en veut faire. On peut prendre comme base une teneur en chlore actif de 0 gr.,1 par litre, et ne pas hésiter à augmenter cette dose si elle paraît insuffisante (odeur).

L'eau qui sert à tous les lavages provient, en général, de puits ou de sources superficielles, situées au voisinage de la laiterie. Elle est

(1) Rapport de E. BONJEAN au Conseil Supérieur d'Hygiène de France : Emploi de l'eau oxygénée pour retarder l'altération du lait et permettre son transport. *Annales des falsifications*, 1909, p. 411.

très souvent *contaminée* par les infiltrations ou le ruissellement des eaux résiduaires. Il est prudent de la stériliser par javellisation, à la dose qu'indique son *test de chlore*. Ce *test* ne peut être déterminé, avec précision, que par des dosages chimiques du chlore, avant et après absorption. Il varie suivant les saisons, et souvent d'un jour à l'autre. La seule chose qu'on en puisse dire est qu'avec des eaux claires, pratiquement considérées comme propres, 0 gr.,001 de chlore actif par litre suffit largement, en général. Il y a tout avantage à faire usage de l'eau ainsi traitée pour laver le beurre dans la baratte.

Rappelons, enfin, que le *sulfate de cuivre* ajouté, à raison de 2 $\frac{0}{10}$, aux laits de chaux destinés à badigeonner les murs et les plafonds de tous les locaux, ainsi que le matériel en bois des hâloirs, a une excellente action destructive sur les champignons, dont on cherche à se débarrasser (*Penicillium glaucum*).

(A suivre).

REVUE GÉNÉRALE

LE LAIT ET L'AVORTEMENT ÉPIZOOTIQUE DES BOVIDÉS.

VIRULENCE ET NOCUITÉ DU LAIT

par M. le Professeur L. PANISSET,

de l'Ecole Vétérinaire d'Alfort.

L'avortement épizootique des bovidés est une maladie infectieuse localisée due à la pullulation d'un microbe spécifique *Bacillus abortus* de Bang. La localisation à peu près exclusive des altérations et la présence de l'agent de la maladie, au cours de la gestation, au niveau des organes génitaux et de leur contenu, d'une part, les connexions anatomiques et les relations physiologiques de l'appareil génital et de la mamelle suggèrent l'idée d'une influence possible de l'évolution de l'avortement sur la sécrétion lactée. C'est seulement avec les travaux de SCHROEDER et COTTON, deux expérimentateurs nord-américains, que cette suggestion a reçu la consécration de l'expérience et qu'elle est devenue la source d'un grand nombre de travaux que nous nous proposons de passer en revue.

Présence du bacille de l'avortement dans le lait des vaches infectées. — Au cours d'une série d'inoculations à des cobayes pour mettre en évidence la présence du bacille tuberculeux dans le lait