LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

- J. PIEN. — Problèmes actuels de la technologie des conserves de lait 1
- G. BISERTE, A. BRETON et G. FONTAINE. — Les produits du lait 9
- P. DOPFER. — La recherche d'antibiotiques, seuls ou associés dans le lait 20

REVUE :

- G. GÉNIN. — Le lait dans le monde 25

Supplément technique :

- G. GÉNIN. — Les peintures à l'oléo-caséine et leur emploi dans la signalisation routière 32

Bibliographie analytique :

- 1^o Les livres 48

- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 57

Bulletin bibliographique :

- 1^o Les livres 105
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 106
- 3^o Brevets 115

Documents et informations :

- Hygiène alimentaire 118
- Problèmes de technique laitière 122
- Le petit-lait destiné aux porcs 124
- Développement du contrôle laitier en France 126
- Contrôle du lait aux Pays-Bas 127
- Machines automatiques de vente du lait 127
- Les produits laitiers et le pouvoir d'achat 128
- Communiqué 128

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

PROBLÈMES ACTUELS DE LA TECHNOLOGIE DES CONSERVES DE LAIT (2)

par

JEAN PIEN

Ingénieur Chimiste Docteur ès-Sciences

Directeur des Laboratoires de la Laiterie des Fermiers Réunis

Saint-Ouen (France)

La question des conserves de lait est actuellement dominée par le problème du lait stérilisé liquide.

Les données particulières de ce problème difficile lui confèrent une place à part dans l'industrie des conserves et expliquent, en

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) Rapport présenté au III^e Congrès International de la Conserve (Rome-Parme, 24-30 septembre 1956).

grande partie, le caractère encore imparfait et provisoire des solutions actuellement appliquées.

Le but de cette note est d'exposer, en les précisant, ces données particulières du problème du lait stérilisé liquide, puis d'en déduire les techniques susceptibles d'être utilisées avec succès et de procéder à un examen critique des méthodes présentement en usage. La conclusion qui se dégagera de cet exposé tentera d'indiquer les voies dans lesquelles cette industrie devra, à notre avis, s'engager dans un proche avenir.

LES DONNÉES DU PROBLÈME

Le fait essentiel autour duquel gravitent toutes les notions relatives à la stérilisation du lait est le suivant : le lait soumis à l'action de la chaleur subit un certain nombre de modifications de nature physico-chimique qui se traduisent par une altération plus ou moins profonde de ses caractères organoleptiques (couleur, saveur, odeur), et même par une diminution de sa valeur alimentaire.

Ces altérations, surtout celles qui concernent l'aspect et la saveur du lait, sont d'une importance pratique considérable. En effet, si elles sont suffisamment prononcées, elles rendent le produit invendable, sinon inconsommable, et il n'est pas exagéré de dire que la longue stagnation de l'industrie du lait stérilisé liquide n'a pas d'autre origine. Ces inconvénients ne se présentent pas à l'occasion de la préparation de la majorité des conserves alimentaires. Les rares cas où ce problème se pose en conserverie correspondent, fort heureusement, à des produits dont les caractères physico-chimiques naturels (pH) permettent l'application de conditions de chauffage moins sévères pour une même efficacité bactéricide, d'où il résulte que ces inconvénients peuvent être évités. Les données du problème se trouvent ainsi déplacées dans le sens d'une solution plus facile.

Malheureusement, dans le cas du lait, ces circonstances favorables n'existent pas. Le lait présente le double caractère d'être presque neutre (pH : 6,6-6,7) et de constituer un milieu de culture équilibré, complet, très favorable à la croissance d'innombrables espèces microbiennes (y compris les sporulés les plus résistants) de sorte que sa stérilisation requiert des conditions de chauffage très sévères, susceptibles d'entraîner les désagréables altérations que nous venons d'évoquer.

Étant donné la grande importance de ce problème, nous croyons devoir insister quelque peu sur la cause et le mécanisme de ces modifications.

1° Altération de la couleur du lait.

Lorsqu'on chauffe du lait pendant un temps suffisamment long à des températures suffisamment élevées, on constate qu'il prend une coloration jaune, puis brune de plus en plus foncée. Ce phénomène est fonction à la fois du degré de température atteint et de la durée de chauffage.

La cause de ce brunissement a été établie en 1933, par RAMSEY et ses collaborateurs [1] : il s'agit d'une réaction du type Maillard entre le lactose et les groupements aminés libres des protéines du lait, réaction qui donne naissance à des complexes protéine-sucre de coloration plus ou moins foncée. D'autres travaux plus récents [2], [3], [4], concernant plus spécialement le brunissement des poudres de lait au cours de la fabrication et du stockage, ont fait l'objet d'une brève mais excellente revue au cours du II^e Congrès International de la Conserve (Paris, 1951) [5].

Il faut arriver en 1953-1954, avec les travaux de GRIMBLEBY [6], et surtout de BURTON et collaborateurs [7], [8], pour parvenir à une meilleure connaissance du mécanisme de cette réaction.

GRIMBLEBY montre, notamment, que l'acidification du lait sous l'influence du chauffage est liée au brunissement : jusqu'à 80°, l'acidité du lait croît progressivement sans qu'il en résulte de brunissement ; il se produit alors une combinaison lactose-protéine réversible, non colorée. Au-dessus de 80°, ce complexe se transforme en un composé brun, semblable à l'humine, qui ne se décompose plus en ses éléments et peut être dosé colorimétriquement. L'acidité augmente au fur et à mesure de la formation de ce produit brun.

BURTON apporte des précisions très importantes sur la cinétique du brunissement.

Il démontre :

- que la progression du brunissement du lait en fonction de la durée du chauffage (pour une température donnée) est pratiquement linéaire ;

- que la progression du brunissement en fonction de la température (pour une durée de chauffage donnée) est d'allure logarithmique. Le logarithme de la vitesse de brunissement en fonction de la température est une ligne droite. Donc le coefficient de température de la réaction est constant, pour une durée de chauffage donnée, dans l'intervalle de températures expérimenté (100-115°). Le Q_{10} (facteur de multiplication de la vitesse d'une réaction pour une élévation de température de 10°) est constant et, calculé d'après les résultats expérimentaux, présente une valeur de 2,44. Cette valeur est en accord avec celle du Q_{10} de la plupart des réactions chimiques qui est égale à 2.

Les déterminations de BURTON ont été effectuées, d'une part par jugement visuel du brunissement, d'autre part, par la mesure au spectrophotomètre de la quantité de lumière réfléchie par le lait ayant subi les traitements thermiques. L'expérience montre, en effet, que le chauffage du lait se traduit par une réduction de la réflexion des courtes longueurs d'onde (bleu). BURTON a utilisé ce phénomène pour la mesure du brunissement et les résultats ainsi obtenus sont en accord avec ceux de l'observation subjective. (Les valeurs de Q_{10} correspondant à la mesure de la lumière réfléchie pour diverses longueurs d'onde de la zone bleu-vert se situent entre 2,4 et 2,75).

En résumé, une double notion ressort des travaux de BURTON et de ses collaborateurs ; ce brunissement est linéairement proportionnel à la durée du chauffage et le coefficient de température de la réaction est constant ($Q_{10} = 2,44$).

Il en résulte que, plus nous aurons à élever la température et (ou) à prolonger la durée du chauffage au cours de la stérilisation, plus les phénomènes de brunissement seront à redouter.

Une question se pose immédiatement : étant donné qu'il est possible de stériliser de différentes manières (températures élevées pendant des temps très courts ou températures relativement modérées pendant des temps plus longs), comment varie le brunissement en fonction des différentes combinaisons temps-température ?

L'expérience a depuis longtemps répondu à cette question. Nous allons néanmoins essayer de résoudre ce problème mathématiquement.

Considérons d'une manière très schématique, l'évolution de la vitesse de destruction des spores en fonction de la température. Les travaux de RAHN [9] et surtout ceux de CLEGG [10] ont montré que le Q_{10} de la destruction des spores était de l'ordre de 8-10. Adoptons cette valeur, bien qu'elle ne soit pas généralisable à toutes les spores et à toutes les températures, et utilisons-la au calcul de l'évolution du brunissement en fonction des combinaisons températures-durées utilisées dans la stérilisation.

Prenons comme unité de température, l'intervalle de 10° et appelons t_0 t_1 t_2 t_3 les températures T $T+10$ $T+20$ $T+30$.

Si nous soumettons du lait à ces différentes températures (toutes choses égales d'ailleurs) la vitesse de destruction des spores sera V_0 V_1 V_2 V_3 et si nous prenons $Q_{10} = 9$ (valeur moyenne), nous aurons :

$$V_1 = 9 V_0 \qquad V_2 = 9^2 V_0 \qquad V_3 = 9^3 V_0$$

La durée de séjour du lait aux différentes températures t_0 t_1

t_2 t_3 pour obtenir la stérilité variera évidemment comme l'inverse des vitesses de stérilisation. Ces durées D_0 D_1 D_2 D_3 seront donc telles que :

$$D_1 = \frac{D_0}{9} \quad D_2 = \frac{D_0}{9^2} \quad D_3 = \frac{D_0}{9^3}$$

D'autre part, le brunissement croît, suivant la température, avec un $Q_{10} = 2,44$ de sorte que l'intensité du brunissement, pour une égale durée de séjour, atteindra, aux diverses températures t_0 t_1 t_2 t_3 les valeurs B_0 B_1 B_2 B_3 telles que :

$$B_1 = 2,44 B_0 \quad B_2 = 2,44^2 B_0 \quad B_3 = 2,44^3 B_0$$

Enfin, nous savons que le brunissement est linéairement proportionnel à la durée de chauffage pour une température donnée. En passant successivement aux différentes températures t_0 t_1 t_2 t_3 et en maintenant le lait à ces températures pendant des durées égales à D_0 D_1 D_2 D_3 nous aurons pour B (intensité du brunissement) :

— d'une part, *accroissement de B* proportionnellement aux puissances successives du Q_{10} du brunissement ($B = 2,44^n B_0$) ;

— d'autre part, *diminution de B* proportionnellement aux vitesses de stérilisation, c'est-à-dire à l'inverse des durées de stérilisation aux diverses températures, c'est-à-dire finalement à l'inverse des puissances successives du Q_{10} de la destruction des spores ($B = \frac{1}{9^n} B_0$).

Au total :

$$B = \frac{2,44^n}{9^n} B_0 = \left(\frac{2,44}{9} \right)^n B_0 = (0,271)^n B_0$$

Application pratique

1. Variation de la *vitesse* de la stérilisation et du brunissement en fonction de la température (pour une durée de séjour fixe).

	<i>Stérilisation</i>	<i>Brunissement</i>
Pour température T	$V_0 = 1$	$V_0 = 1$
Pour température T + 10	$V_1 = 9$	$V_1 = 2,44$
Pour température T + 20	$V_2 = 81$	$V_2 = 5,95$
Pour température T + 30	$V_3 = 729$	$V_3 = 14,52$

(Voir graphique n° 1.)

2. Variation des *durées* de séjour correspondant à l'efficacité de la stérilisation et à l'apparition du brunissement en fonction de la température.

Fig. 1

I. Variation de l'efficacité (vitesse) de la stérilisation en fonction de la température.

II. Variation de la rapidité de brunissement en fonction de la température.

Fig. 2

I. Variation de la durée d'efficacité de la stérilisation en fonction de la température.

II. Variation de la durée de chauffage nécessaire à l'apparition du brunissement en fonction de la température.

Fig. 3

Variation de l'intensité du brunissement en fonction des températures de stérilisation (appliquées pendant la durée d'efficacité).

	<i>Stérilisation</i>	<i>Brunissement</i>
Pour température T	$D_0 = 100$	$D_0 = 100$
Pour température T + 10	$D_1 = 11,1$	$D_1 = 40,98$
Pour température T + 20	$D_2 = 1,23$	$D_2 = 16,80$
Pour température T + 30	$D_3 = 0,14$	$D_3 = 6,88$

(Voir graphique n° 2.)

3. Variation de *l'intensité du brunissement* en fonction des températures de stérilisation appliquées pendant la durée stricte d'efficacité.

	<i>Intensité du brunissement</i>
A la température T (durée D_0)	$B_0 = 100$
A la température T + 10 (durée D_1)	$B_1 = 27,1$
A la température T + 20 (durée D_2)	$B_2 = 7,35$
A la température T + 30 (durée D_3)	$B_3 = 1,99$

(Voir graphique n° 3.)

Ces chiffres montrent d'une manière saisissante, que le brunissement sera d'autant plus faible que l'on aura adopté, pour la stérilisation, des températures aussi élevées (et par conséquent, des durées de séjour aussi brèves) que possible.

Ainsi, un calcul simple montre que le brunissement obtenu en 7 à 8 secondes à 140° est 13,6 fois moindre que celui obtenu en 10 minutes à 120°.

La conclusion de ce qui précède se résume à ceci : pour éviter le brunissement du lait au cours de la stérilisation, il faut s'adresser à des techniques de chauffage à haute température et de courte durée.

La pratique avait, par avance, confirmé cette déduction théorique et certains travaux scientifiques avaient déjà montré le bien fondé de ce point de vue [11].

2° Altération de la saveur du lait.

Le chauffage du lait dans les conditions de la stérilisation classique lui fait prendre (en même temps qu'une coloration plus ou moins prononcée), une saveur anormale que l'on désigne sous le nom de « goût de cuit » ou « goût de brûlé » (suivant l'intensité du défaut). On note aussi, le plus souvent, un « goût de caramel » qui semble différent des précédents et qui n'a pas le même caractère désagréable. (Dans certains produits de la confiserie, la saveur de « caramel » est même parfois recherchée et obtenue en chauffant le lait pendant très longtemps à une température inférieure à 100°. Il semble que l'on soit là en présence de deux altérations différentes de la saveur du lait.)

Quoi qu'il en soit, il convient de noter que le brunissement dû au chauffage s'accompagne toujours du « goût de cuit » ou du

«goût de brûlé». Cependant, ces saveurs anormales semblent apparaître avant le brunissement. Un lait presque blanc peut présenter un fort «goût de caramel». D'où l'on pourrait déduire que le goût de caramel n'est qu'un stade moins avancé de l'altération qui conduit au goût de brûlé.

Il convient donc, en général, de dissocier l'examen de la saveur du lait, de celui de la couleur.

L'étude du «goût de brûlé» montre que la nature et le mécanisme en sont très différents de ceux du brunissement. Cette saveur serait liée à la formation d'hydrogène sulfuré à partir de la cystine; mais, comme le brunissement, elle est le résultat d'un chauffage du lait trop prolongé.

Notons que, étant donné son origine, ce défaut peut être corrigé par le dégazage du lait sous vide ou le traitement du lait par la vapeur ou encore par oxydation. (Dans le procédé WINGER [12] qui consiste à stériliser chimiquement le lait par addition de peroxyde d'hydrogène suivie d'un traitement à la catalase, le goût de cuit, s'il existait au préalable, se trouve totalement éliminé.)

Il faut seulement retenir de cette question de l'altération du goût du lait stérilisé, que, bien que procédant d'un mécanisme très différent du brunissement, elle lui est étroitement liée en ce qui concerne les conditions thermiques de son apparition. Les conclusions précédentes sont valables ici et leur intérêt s'en trouve renforcé.

3° Diminution de la valeur alimentaire.

Au cours du brunissement thermique, avons-nous dit, il se produit une réaction entre les sucres réducteurs et les groupements aminés libres des protéines. Or, ces groupements aminés libres, dans la plupart des protéines, sont surtout les fonctions aminées terminales des chaînes latérales de lysine (l'analyse confirme que la lysine s'est effectivement combinée au sucre). Ultérieurement, d'autres acides-aminés, comme l'arginine et l'histidine, réagissent aussi avec le sucre et, comme ils sont tous indispensables à la croissance normale du jeune animal, il en résulte, qu'en définitive, l'aliment peut perdre ainsi une part notable de sa valeur nutritive [5]

Plusieurs importants travaux [13] [14] [15] [16] cités par LEA [5] sur cette grave question permettent de penser que certains acides aminés sont définitivement perdus en ce sens qu'ils ne peuvent pas être récupérés, même par l'hydrolyse complète, acide ou alcaline, de la protéine et que certains autres sont seulement inactivés par blocage dans un complexe d'où ils ne peuvent pas être libérés par hydrolyse enzymatique (mais sont récupérables par hydrolyse acide). Nous pensons, avec BALDWIN [16], que le test biologique

sur les mammifères est essentiel si l'on veut que les résultats aient une valeur, car, comme l'ont montré les travaux d'ORLA-JENSEN, les composés de lactose et d'acides-aminés qui se forment au cours de la stérilisation auraient une action stimulante sur un grand nombre de bactéries lactiques (mais défavorable sur d'autres).

Nous sommes donc en présence d'une question complexe où il est cependant permis de dire que le brunissement du lait s'accompagne d'un blocage-d'acides-aminés préjudiciable à la croissance du jeune mammifère et, qu'en conséquence, toute technique de stérilisation conduisant au brunissement du lait doit être considérée comme défavorable à la valeur nutritive de cet aliment.

Les données du problème de la stérilisation du lait sont donc bien différentes de celles de la stérilisation de la plupart des autres conserves alimentaires. A la condition impérative commune d'obtenir un produit aussi exempt de germes que possible, se superpose ici la nécessité absolue de réaliser cette stérilisation dans des temps aussi brefs que possible — donc à température aussi élevée que possible — pour éviter ou réduire au maximum des altérations de la couleur, de la saveur et des propriétés nutritives qui nuisent à la valeur commerciale et alimentaire du produit.

(A suivre.)

LES PROTIDES DU LAIT (1)

par

GÉRARD BISERTE, ANDRÉ BRETON et GUY FONTAINE

Le lait, aliment exclusif du nouveau-né et du jeune nourrisson, possède un système protéique complexe, dont les constituants appartiennent à deux types principaux : la caséine et les protéines du lactosérum, globulines et albumines.

La répartition de ces groupes de protéines est très différente suivant l'origine du lait : dans le lait de vache, les quatre-cinquièmes sont constitués par de la caséine et le cinquième restant est présent dans le lactosérum. Dans le lait de femme, au contraire, le rapport caséine protéine du lactosérum est sensiblement de 1. Ceci est très important, compte tenu de la valeur nutritive de la fraction albumine.

Cette « hétérogénéité de base » révélée par les méthodes chimiques, s'est encore accrue avec l'utilisation des techniques modernes

(1) Travail du Laboratoire de Biochimie de la Faculté de Médecine et de Pharmacie de Lille (Professeur P. Boulanger). *La Semaine des Hopitaux*, 1955, **31**, n° 73-7, 393.