HAL
open science

INFLUENCE DU TRAITEMENT THERMIQUE ET DE LA LUMIÈRE SUR LA COMPOSITION ET LA QUALITÉ DU LAIT

S. K. Kon

To cite this version:

S. K. Kon. INFLUENCE DU TRAITEMENT THERMIQUE ET DE LA LUMIÈRE SUR LA COMPOSITION ET LA QUALITÉ DU LAIT. Le Lait, 1959, 39 (381_382), pp.1-20. hal-00928231

HAL Id: hal-00928231

https://hal.science/hal-00928231

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

39e Année (Tome XXXIX). Janvier-Février 1959 Nos 381-382

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

S. K. Kon. — Influence du traitement thermique et de la lumière sur la composition et la qualité du lait 1

J. Hermier, J. Verge et G. Grosclaude. — Détermination de la durée de chauffage dans un appareil de stérilisation du lait à très haute température . . 20

J. C. Godfrain, P. Bertrand et Léonce Liandier. — Dosage néphélocolorimétrique du lactose . 32

Supplément technique :

G. Génin. — L'emploi de la formaldéhyde dans le traitement de la caséine destinée à la fabrication des peintures 37

Bibliographie analytique :

1° Les livres 53

2° Journaux, Revues, Sociétés savantes 58

3° Brevets 116

Bulletin bibliographique :

1° Journaux, Revues, Sociétés savantes 118

2° Brevets 120

Documents et informations :

Arrêté relatif à la désacidification des laits et des crèmes destinées à la fabrication des fromages et du beurre 122

L'herbe ne suffit pas à l'alimentation de certaines vaches laitières 123

Le coin de l'agriculteur . . . 126

Résultats du contrôle du lait en Allemagne fédérale . . 127

Ve Symposium sur les matières étrangères dans les aliments 127

Congrès National de la Presse Agricole 128

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

INFLUENCE DU TRAITEMENT THERMIQUE ET DE LA LUMIÈRE SUR LA COMPOSITION ET LA QUALITÉ DU LAIT (2)

par

S. K. KON

National Institute for Research in Dairying Shinfield, Reading Angleterre

INTRODUCTION

Le lait des mammifères domestiques, si largement utilisé dans l'alimentation humaine, est spécialement adapté à la nutrition du jeune animal et sa composition varie d'une espèce à l'autre

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) Rapport présenté à la Fédération Internationale de Laiterie (Commission pour la production du lait en relation avec l'hygiène et la qualité).

suivant les exigences particulières de la croissance du jeune, dans chaque espèce. Le lait des mammifères domestiques ne représente donc pas pour le nourrisson humain un aliment naturel et il ne représente pas pour les enfants et les adultes un aliment plus naturel que la viande, les farineux, les légumes et autres aliments qui composent ordinairement la ration mixte de l'espèce humaine.

Mais un fait subsiste : le lait est probablement le meilleur aliment complet et, dans de nombreux pays du monde, son rôle est considérable en tant que facteur d'amélioration et d'équilibre du régime alimentaire de l'homme.

Comme c'est le cas pour bien d'autres aliments, le lait doit être collecté, traité et transporté de manière à rester agréable à boire et salubre jusqu'au moment où il atteint le consommateur. Même s'il est produit dans les conditions hygiéniques les plus sévères, le lait cru subit rapidement une altération d'origine microbienne et il peut être, en outre, un agent vecteur de maladies infectieuses. Un traitement par la chaleur est donc essentiel pour tout le lait destiné à la consommation en nature et un tel traitement représente aussi une des étapes fondamentales des procédés de préparation du lait, condensé ou en poudre.

Le lait est le mélange complexe et instable que forment une émulsion de graisse, une suspension colloïdale de protéines et une solution sucrée dont le sucre est le lactose. A ces principaux constituants s'ajoutent différentes substances minérales notamment le calcium et le phosphore, des vitamines, des enzymes et différents composés organiques présents en plus petite quantité, l'acide citrique, par exemple. Certains de ces composés organiques mineurs sont constitués par des substances azotées. Enfin le lait renferme des gaz dissous : anhydride carbonique, azote et oxygène.

Le lait commence à se modifier dès qu'il a quitté la mamelle. Les modifications se poursuivent au cours de son passage dans les seaux à traire, les bidons et autres ustensiles de laiterie et aussi du fait de l'exposition à la lumière. Ces altérations dans la composition du lait sont accentuées, au cours du traitement par la chaleur, du transport, de la distribution et finalement pendant la conservation au domicile du consommateur, et de nouvelles altérations peuvent même venir s'ajouter aux précédentes.

L'importance et la nature de ces modifications sont sensiblement les mêmes pour le lait des principales espèces domestiques : vache, bufflonne, chèvre, et brebis. Nous disposons cependant d'informations techniques et scientifiques beaucoup plus détaillées au sujet du lait de vache et c'est surtout du lait de vache que traitera la discussion présentée dans ce rapport.

C'est seulement dans l'allaitement artificiel des enfants que nous

ne pouvons envisager ici, que le lait constitue le régime presque exclusif de l'espèce humaine. Mais, dans la plupart des autres utilisations alimentaires, il faut le considérer en tenant compte des autres composants de la ration. Ses qualités intrinsèques et sa valeur nutritive, aussi bien que les modifications qu'elles subissent au cours du traitement doivent être considérées en fonction de la place occupée par le lait dans le régime mixte.

Cette manière de voir les choses fait bien ressortir l'importance de certains éléments nutritifs du lait et permet d'évaluer, par exemple, la contribution (tableau I) qu'apporte une pinte (568ml.) de lait de vache cru produit en été, aux rations alimentaires d'un enfant âgé de deux à six ans, et d'un adulte fournissant un travail moyen, telles que les préconise l'Association Médicale Britannique [1]

TABLEAU I

POURCENTAGE APPROXIMATIF DE LA CONTRIBUTION APPORTÉE PAR UNE PINTE DE LAIT D'ÉTÉ AU RÉGIME RECOMMANDÉ POUR UN ENFANT ET POUR UN HOMME FOURNISSANT UN TRAVAIL MOYEN

Eléments nutritifs	Enfant 2-6 ans	Homme travail moyen
Calories (moitié fournie par les graisses)	24	12
Protéine	34	22
Fer	2	1
Calcium	67	84
Vitamine A (dans les graisses)	24	15
Vitamine D (dans les graisses)	3	—
Thiamine	39	20
Acide nicotinique	8	4
Riboflavine	97	49
Vitamine C	78	58

On voit que, pour une bonne part, l'importance du lait réside dans les protéines, le calcium, la riboflavine, la vitamine A et la thiamine qu'il contient. En fait, une étude des régimes nationaux montre que dans les communautés humaines où le lait et les produits laitiers représentent une part importante du régime habituel, ces produits fournissent de 15 à 20% des protéines totales, souvent plus de 50% de la ration totale de calcium, jusqu'à 20% de la vitamine A et de 40 à 50% de la ration totale de riboflavine. Bien que le lait soit susceptible de fournir aussi des quantités considérables de vitamine C, les effets nocifs marqués des manipulations,

effets qui seront discutés plus loin, rendent cette contribution en vitamine C aléatoire.

Grâce en sa teneur en graisse et en lactose, le lait apporte aussi une contribution appréciable à la valeur énergétique du régime, mais un tel apport énergétique peut être obtenu facilement en faisant appel à d'autres sources.

C'est comme aliment « protecteur » que le lait doit d'abord être considéré. Les chiffres cités dans le tableau I mettent en relief deux insuffisances du lait : sa faible teneur en vitamine D et sa faible teneur en fer.

Les chiffres donnés dans la composition du lait ne rendent pas un compte exact de sa contribution en ce qui regarde les protéines et la vitamine A. Les protéines du lait ont une haute valeur biologique, car leur composition en acides aminés est telle qu'elles sont efficacement utilisées pour la synthèse et la régénération des tissus organiques. De plus, elles possèdent une très nette valeur de supplémentation vis-à-vis des protéines des céréales et des principaux féculents.

L'activité vitaminique A du lait est due largement à la vitamine A elle-même alors que dans les autres composants des régimes mixtes habituels, l'activité vitaminique A est due au carotène, précurseur de la vitamine A qui est moins bien utilisé par l'organisme. Il convient d'observer ici, que, si le lait de vache contient à la fois du carotène et de la vitamine A, le lait de chèvre, de brebis et de bufflonne des Indes contient presque uniquement de la vitamine A et seulement des traces de carotène. En dehors des différences dans la teneur en matière grasse et en extrait dégraissé, les races de vaches laitières présentent encore des différences marquées en ce qui concerne le rapport carotène/vitamine A dans le lait. Les races des îles de la Manche sont bien connues pour la teinte jaune de leur lait, relativement riche en carotène. Donc la coloration du lait ne doit pas être considérée comme un indice de son activité vitaminique A.

Le lait est un produit variable et, en dehors des différences de composition dues à l'espèce, on observe encore des fluctuations liées au tempérament individuel de l'animal, à la race, à l'alimentation, à la saison, au nombre de lactations et au stade de la lactation en cours. Dans certaines espèces animales, notamment dans l'espèce humaine, qui produisent du lait uniquement pour leurs petits, les insuffisances ou les déséquilibres du régime alimentaire de la mère se reflètent dans la quantité de lait produite plutôt que dans les variations des principaux constituants. Chez les ruminants qui sont spécialisés pour la production laitière et en particulier chez la vache, la teneur en matière grasse du lait peut diminuer de

façon appréciable quand l'animal reçoit une alimentation de haute valeur énergétique mais pauvre en foin ou autres matières cellulosiques. La teneur en extrait sec dégraissé peut également baisser lorsque la valeur énergétique de la ration est insuffisante.

Dans l'espèce humaine, la teneur en vitamines du lait est sous la dépendance directe des apports en vitamines provenant du régime alimentaire. Chez les ruminants producteurs de lait, la teneur du lait en vitamines du complexe B subit assez peu les influences du régime, en raison de la régulation physiologique liée à la synthèse microbienne de ces facteurs dans le rumen. Au contraire de ce qui se passe chez l'homme, ces espèces font aussi la synthèse de la vitamine C au sein de leurs tissus et la quantité assez constante sécrétée avec le lait n'a aucune relation avec celle contenue dans les aliments. Pour ce qui concerne les vitamines liposolubles, carotène, vitamines A et D, ces espèces animales dépendent autant que l'homme des sources extérieures, c'est-à-dire pour les deux premières vitamines, de l'alimentation et pour la vitamine D de l'alimentation combinée avec l'action du soleil. De là découlent les variations saisonnières bien connues du lait en carotène et en vitamine A.

Ces observations sur la composition et la qualité du lait soulignent suffisamment l'inexactitude des généralisations et cependant on ne peut baser des considérations sur l'influence des traitements subis par le lait que sur des généralisations. Avec le lait de mélange provenant d'animaux à différents stades de lactation et souvent d'animaux de différentes races, certaines différences sont nivelées. Il reste cependant que ce rapport présente une vue générale et ne peut pas donner un reflet exact de certaines circonstances spécifiques ou étroitement définies. C'est dans cet esprit que sont présentées dans les tableaux II et III quelques données relatives à la composition du lait chez plusieurs espèces laitières. Ces données se rapportent au lait sécrété par des animaux bien nourris, par exemple la vache au pâturage. Elles supposent également que le lait arrive au stade du traitement dans un état convenable et n'envisagent pas le cas où des modifications d'origine microbienne auraient pu provoquer l'acidification, le caillage ou des défauts analogues.

MODIFICATION DU LAIT AVANT TRAITEMENT

Dès que le lait est exposé à l'air, des échanges gazeux très actifs se produisent. L'anhydride carbonique est libéré dans l'atmosphère, de l'oxygène est absorbé, si bien que, lorsque l'équilibre est atteint, la teneur en anhydride carbonique est descendue aux deux-tiers de sa valeur primitive de 6 ml. 6 CO_2 par 100 ml. de lait, tandis que

TABLEAU II

VALEURS CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES ÉLÉMENTS CONSTITUTIFS DANS UN LAIT DE BONNE QUALITÉ PRODUIT PAR DIFFÉRENTES ESPÈCES DE FEMELLES LAITIÈRES

Espèces	Matière grasse (gr./100 gr.)	Substances non grasses (gr./100 gr.).	Protéine (N x 6,38) (gr./100 gr.)	Lactose (anhydre) (gr./100 gr.)	Calcium (gr./100 gr.)	Energie physiologique (Cal./100 gr.)
Femme	4,62	8,97	1,23	6,94	0,03	73
Vache Frisonne	3,50	8,65	3,25	4,60	0,115	62
Vache Guernesey	4,65	9,10	3,65	4,70	0,130	75
Bufflonne des Indes	7,45	9,32	3,78	4,90	0,190	100
Chèvre	4,5	8,7	3,3	4,4	0,13	71
Brebis	7,5	10,9	5,6	4,4	0,2	105
Jument	1,6	8,5	2,2	6,0	0,09	47
Anesse	1,5	8,6	2,1	6,2	0,08	46
Chamelle	4,2	8,7	3,7	4,1	—	70
Yak	7,0	10,9	5,2	4,6	—	100
Lama	3,2	10,8	3,9	5,3	—	65
Renne	22,5	14,2	10,3	2,4	—	250

Un tiret indique les renseignements qui sont insuffisants ou l'absence de renseignement.

TABLEAU III

VALEURS CARACTÉRISTIQUES DE CERTAINES VITAMINES DANS UN LAIT DE BONNE QUALITÉ PRODUIT PAR DIFFÉRENTES ESPÈCES DE FEMELLES LAITIÈRES

Espèces	Vitamine A (μ g./g. matière grasse)	Caroténoïdes (1) (μ g./g. matière grasse)	Vitamine A activité (2) (U.I./100 gr.)	Vitamine D (U. I./100 gr.)	Thiamine (μ g./100 gr.)	Riboflavine (μ g./100 gr.)	Acide nicotinique (μ g./100 gr.)	Acide pantothénique (μ g./100 gr.)	Vitamine B6 (μ g./100 gr.)	Acide folique (μ g./100 gr.)	Biotine (μ g./100 gr.)	Vitamine B12 (μ g./100 gr.)	Acide ascorbique (mgr./100 gr.)
Femme ..	10	4	160	1,4	17	40	170	200	10	0,2	0,4	0,03	4
Vache :													
Frisonne .	8	7	125	1,8	40	150	80	350	35	0,1	2	0,5	2
Guernesey.	6	16	190	2,3	40	200	80	350	35	0,1	2	0,5	2
Bufflonne des Indes.	8	Trace	200	—	50	100	80	—	—	—	—	0,3	2,5
Chèvre ...	8	Trace	120	2,3	50	120	200	350	—	0,2	1,5	0,1	2
Brebis ...	8	0,4	200	—	70	500	500	350	—	0,2	9,0	0,3	3
Jument ..	8	3 (3)	45 (4)	—	30	20	50	300	30	0,1	—	0,3	10
Anesse ...	—	— (5)	—	—	60	30	90	—	—	—	—	—	10
Chamelle .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	6
Yak	—	— (6)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Lama	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Renne ...	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

Un tiret indique les renseignements qui sont insuffisants ou l'absence de renseignement.

(1) Carotènes actifs représentant 1/4 des caroténoïdes totaux dans le lait humain et 4/5 des caroténoïdes totaux dans le lait des autres animaux.

(2) Activité de la vitamine A : 1 μ gr. vitamine A = 3,3 U. I. ; 1 μ gr. carotène = 1,67 U. I.

(3) Des valeurs jusqu'à dix fois plus fortes ont été observées chez les juments Kirgiz.

(4) Selon certains auteurs l'activité est semblable à celle du lait de vache.

(5) Matière grasse de couleur jaune-orange.

(6) Lait de couleur jaune foncé.

la teneur en oxygène atteint le quintuple, c'est-à-dire 0 ml.5 par 100 ml. Plus tard cet oxygène intervient dans différents processus d'oxydation, que l'on peut éviter en grande partie par une manipulation convenable.

La teneur en fer du lait, quand il quitte la mamelle, est de l'ordre de 0,3 μgr./gr. La traite mécanique, le refroidissement du lait sur des réfrigérants métalliques et la conservation ultérieure du lait dans des bidons peuvent facilement doubler ce chiffre. Il est encore plus important de noter que, lors de l'emploi de récipients en cuivre étamé usagés, la teneur en cuivre du lait peut dépasser considérablement la valeur initiale de 0,07 μgr./gr. environ. La contamination par le cuivre doit être évitée à tous les stades de la manipulation du lait en nature, en raison de l'effet catalytique très important de ce métal dans l'oxydation des graisses, et dans la production d'odeurs ou de saveurs indésirables.

L'exposition à la lumière, en particulier à la lumière directe, du soleil, a trois effets principaux sur les éléments nutritifs du lait.

Riboflavine

Cette vitamine, qui est une substance jaune foncé, donne sa teinte caractéristique au lactosérum, elle absorbe la lumière visible dans la zone bleue du spectre et elle est détruite par la lumière. C'est ainsi que le lait exposé à la lumière directe du soleil pendant une heure peut perdre 20 à 80% de sa riboflavine, selon l'intensité de la lumière, la température et le volume de la bouteille. Des précautions convenables au cours des manipulations permettent de réduire fortement ces pertes. Les pertes, qui surviennent au cours du transport et de la distribution, seront discutées plus loin.

Vitamine C (acide ascorbique)

La vitamine C est une substance incolore, qui n'absorbe pas la lumière visible et n'est pas directement affectée par la lumière, en tant que telle.

Dans le lait exposé à la lumière, elle est cependant rapidement détruite par une réaction photochimique dans laquelle la riboflavine agit comme sensibilisateur. La réaction a lieu en deux stades. Dans le premier stade l'acide ascorbique subit en présence d'oxygène une oxydation réversible qui le transforme en acide déhydroascorbique, substance possédant encore des propriétés antiscorbutiques. Dans le second stade, la décomposition de l'acide déhydroascorbique se continue même à l'obscurité. Cette réaction est notablement accélérée par des traces de cuivre et elle est très rapide lors de tous les traitements thermiques. Les produits, formés au cours du deuxième stade de la réaction, n'ont plus d'activité

antiscorbutique. L'acide ascorbique sous sa forme réduite est relativement thermostable et n'est pas affecté par les températures de pasteurisation.

Le premier stade du processus, l'oxydation réversible est extrêmement rapide : ainsi, lorsque le lait est placé en pleine lumière, toute la quantité de vitamine C originellement présente, sous forme réduite peut être, en moins d'une heure, transformée en forme déhydro.

Dans le lait de jument, la vitamine C est relativement stable à la lumière, probablement en raison de la teneur faible de ce lait en riboflavine et aussi en raison du fait que la riboflavine y existe sous forme combinée (flavine adeninedinucleotide), beaucoup moins affectée par la lumière que la forme libre.

Formation des odeurs et saveurs indésirables

Des odeurs et saveurs indésirables se développent facilement dans le lait exposé à la lumière. On attribue maintenant l'odeur désignée par les auteurs anglo-saxons sous le nom de « Sunlight flavour » — littéralement : saveur produite par la lumière solaire — qui est une forme particulière de la saveur oxydée, à la formation de méthional (β-méthylmercaptopropionaldehyde). L'apparition de ce corps résulte probablement d'une interaction entre la riboflavine et un acide aminé : la méthionine, l'acide déhydroascorbique étant également susceptible d'intervenir [2]. Une odeur ou saveur de carton liée à l'oxydation des graisses et que l'on attribue à des aldéhydes non saturées [3] apparait aussi dans le lait exposé à la lumière du soleil, en particulier si ce lait contient du cuivre. Cette faute rend le lait difficilement acceptable, surtout par les enfants.

Par conséquent, il est clair que plusieurs caractères importants du lait peuvent être influencés de façon désavantageuse dès les tout premiers stades de la manipulation et que l'on doit considérer comme des exigences primordiales, pour la qualité finale du produit, d'éviter toute exposition inutile à la lumière et toute contamination par les métaux lourds.

A l'encontre de ces désavantages, le traitement peut améliorer la qualité du lait en éliminant des produits odorants volatiles qui ont leur origine dans certains aliments absorbés par la vache. Sous ce rapport, le Vacreateur ou des appareils similaires ou encore les systèmes de désaération, qui font partie intégrante de certains traitements par la chaleur, jouent un rôle très utile.

EFFETS DU TRAITEMENT PAR LA CHALEUR

Les effets de divers traitements thermiques sur la valeur nutritive du lait en nature ont été largement étudiés pendant de nom-

TABLEAU IV

COMPOSITION DE DIFFÉRENTES SORTES DE LAIT DE VACHE LIQUIDE ET PERTE EN VALEUR NUTRITIVE AU COURS DU TRAITEMENT

Pour simplifier, on a indiqué des valeurs arrondies bien typiques d'un lait cru et on a supposé que toutes les autres sortes de lait avaient été obtenues à partir de ce lait cru

Sortes de lait	Eau %	Protéines (N x 6,38) %	Matières grasses %	Hydrates de carbone %	Calcium %	Vitamine A activité		Vitamine D		Thiamine		Riboflavine	
						Quantité (U. I. /100 gr.)	Perte %	Quantité (U. I. /100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr. /100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr. /100 gr.)	Perte %
Cru	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	—	2	—	45	—	150	—
Pasteurisé :													
Past. basse ..	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	40	10	150	néant
Past. haute ..	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	42	10	150	néant
Stérilisé :													
en flacons bouchés à 107°2 C.	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	30	35	150	néant
en flacons bouchés à 111° C.	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	25	45	150	néant
U.H.T. simple	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	42	10	150	néant
U.H.T. suivie par stérilisation en flacons bouchés à 107°2 C. pendant 20 min. .	87,6	3,3	3,6	4,7	0,12	150	néant	2	néant	25	45	150	néant

TABLEAU IV (suite)

Pour simplifier, on a indiqué des valeurs arrondies bien typiques d'un lait cru et on a supposé que toutes les autres sortes de lait avaient été obtenues à partir de ce lait cru

Sortes de lait	Acide pantoténique		Acide nicotinique		Vitamine B6		Biotine		Vitamine B12		Vitamine C (1)	
	Quantité (μ gr./100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr./100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr./100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr./100 gr.)	Perte %	Quantité (μ gr./100 gr.)	Perte %	Quantité (mgr./100 gr.)	Perte %
Cru	350	—	100	—	25	—	1,5	—	0,3	—	2,0	—
Pasteurisé :												
Past. basse ..	350	?	100	néant	25	néant	1,5	néant	0,27	10 ?	1,6	20
Past. haute ..	350	?	100	néant	25	néant	1,5	néant	0,3	10	1,8	10
Stérilisé :												
En flacons bouchés à 107°2 C.	350	?	100	néant	25	(2)	1,5	néant	trace	90	1,0	50
en flacons bouchés à 111° C.	350	?	100	néant	25	(2)	1,5	néant	trace	90	1,0	50
U.H.T. simple	350	?	100	néant	25	néant	1,5	néant	0,24	20	1,8	10
U.H.T. suivie par stérilisation en flacons bouchés à 107°2 C. pendant 20 min. .	350	?	100	?	25	(2)	1,5	néant	trace	90	1,0	50

? Indique la possibilité d'une légère perte.

(1) La vitamine C subsiste plus ou moins, selon la quantité originellement présente dans le lait cru : une teneur de 2 mgr./100 gr. correspond à un lait tel qu'il sort de la mamelle.

(2) Perte appréciable de disponibilité biologique.

breuses années à l'Institut National de Recherches laitières de Shinfield, en Angleterre. Les valeurs citées au tableau IV pour divers éléments nutritifs sont basées en grande partie sur les résultats de ces travaux. On a indiqué également, dans ce tableau, aux endroits où cela paraissait nécessaire, des détails complémentaires, ainsi que les informations concernant des procédés qui n'ont pas été étudiés à Shinfield.

Pasteurisation

Pasteurisation basse. — Des expériences de laboratoire utilisant un équipement industriel ont montré que, dans la pasteurisation basse (30 minutes à 60-65° C.) le lait perd environ 20% de la vitamine C qu'il contient au moment de son entrée dans l'usine. Comme nous l'avons déjà fait remarquer, cette dernière quantité varie avec la durée d'exposition du lait à la lumière avant le traitement, et aussi selon l'importance de la contamination par le cuivre. Le lait de vache, sécrété par des animaux bien portants, contient environ 20 milligrammes d'acide ascorbique par litre et, si cette quantité pouvait être intégralement conservée dans le lait de consommation, le lait pourrait être une source importante d'acide ascorbique dans l'alimentation humaine. Le lait prélevé directement au pis, et non exposé à la lumière, peut être pasteurisé sans aucune perte de vitamine C ; d'autre part, l'extraction de l'oxygène du lait empêche l'action nocive de la lumière. Les choses étant ce qu'elles sont en pratique, des contrôles effectués dans la région de Reading ont montré que le lait cru contenait, au moment de la livraison au consommateur, environ les deux tiers de la quantité originellement présente, tandis que le lait ayant subi la pasteurisation basse n'en contenait qu'un tiers, c'est-à-dire 6 à 7 milligrammes par litre.

Il est évident que cette différence entre le lait cru et le lait chauffé n'est pas entièrement due à la pasteurisation elle-même. L'explication la plus plausible est que le lait chauffé subit davantage de manipulations que le lait cru et — comme il se conserve mieux — il est livré moins rapidement au consommateur, ce qui souligne à nouveau l'importance des soins à apporter au traitement et à la distribution du lait.

Comme on peut le voir dans le tableau III, les laits de jument, d'ânesse et de chamelle, sont beaucoup plus riches en vitamine C que le lait de vache, ce qui met en relief leur importance comme source de vitamine C dans certaines régions.

C'est dans les produits animaux que l'homme trouve la vitamine B12, antidote de l'anémie pernicieuse, bien que l'origine première de cette vitamine découle des activités microbiennes. Il

ne faut pas négliger le lait comme source de cette vitamine. La vitamine B12 subit quelques pertes, environ 10%, dans la pasteurisation basse. Cette constatation est, à première vue, surprenante, puisque la vitamine B12 est, en elle-même, relativement thermostable. Des recherches sur la cause de cette perte ont montré que l'acide ascorbique, les sulphydryles libérés par l'altération des protéines du lait et le glutathion peuvent tous intervenir dans la destruction de la vitamine B12, qui se produit lorsque le lait est chauffé [4]. L'extraction de l'oxygène du lait, avant le traitement, prévient la perte de vitamine B12 et aussi, comme nous l'avons déjà fait remarquer, la perte de vitamine C. Les méthodes de désaération sont donc recommandées au point de vue nutritionnel.

Parmi les autres vitamines étudiées, la thiamine aussi diminue de quelques 10% au cours de la pasteurisation basse. Il s'agit là d'un effet thermique dû à la fragilité intrinsèque de la vitamine et qui peut difficilement être évité.

Ces transformations mises à part, les propriétés nutritives du lait ne sont pas altérées par la pasteurisation basse, notamment en ce qui concerne la valeur nutritive totale mesurable sur l'animal, le coefficient d'assimilation du calcium et la valeur des graisses. De même la valeur biologique des protéines reste inchangée.

Les expériences sur l'alimentation des enfants qui ont été conduites sur une large échelle en Angleterre, il y a vingt ans, par le Comité de Nutrition spécialisé dans la question du lait [5], apportent la meilleure preuve de l'équivalence du lait cru et du lait soumis à la pasteurisation basse dans les régimes mixtes. Dans ces expériences, on a observé des accroissements statistiquement significatifs de la taille, du poids et du périmètre thoracique des enfants, à la suite de l'addition d'un supplément de lait à leur régime. Mais le lait pasteurisé ne se distinguait pas du lait cru à cet égard.

Pasteurisation haute. — Les nombreuses variantes de ce procédé dans lequel le lait est chauffé à 71-73° C. pendant au moins quinze secondes, n'exercent sur la valeur nutritive du lait qu'un effet encore plus réduit que celui de la pasteurisation basse. Dans des circonstances favorables, la perte directe de vitamine C ne doit pas dépasser 5 à 10% ; celle de la thiamine et de la vitamine B12 reste inférieure à 10%.

On peut dire en général que les effets sur les constituants labiles du lait sont moins importants à une température élevée maintenue pendant peu de temps qu'à une température plus basse et pendant une plus longue durée de chauffage.

Homogénéisation

Dans l'homogénéisation, les globules gras sont dissociés mécaniquement ; leur volume est considérablement réduit avec une augmentation correspondante de leur surface et ils offrent, par conséquent, un terrain plus favorable aux actions chimiques et enzymatiques. C'est pourquoi tout lait homogénéisé doit être pasteurisé en vue de détruire la lipase qui, autrement, rendrait en quelques heures le lait impropre à la consommation du fait de l'apparition de défauts d'amertume et de rancidité. Beaucoup de personnes estiment que le lait homogénéisé est d'un goût plus agréable que le lait pasteurisé ordinaire. Pour le reste, les propriétés nutritives sont celles du lait pasteurisé.

Stérilisation

Stérilisation en bouteilles. — La stérilisation en bouteilles, avec diverses modifications, a été appliquée industriellement au lait depuis cinquante ans. Ce traitement est assez brutal puisqu'il comprend l'homogénéisation suivie d'un chauffage à une température de 104 à 112° C. pendant une durée de vingt minutes à une heure. Dans le tableau IV on donne les résultats des traitements à 107°2 et 111° C. pendant une demi-heure, tels qu'ils sont appliqués en Angleterre. Les constatations faites dans d'autres pays, et notamment aux Pays-Bas [6] [7] sont en accord complet avec ces observations. Ces traitements détruisent au moins la moitié de la vitamine C présente dans le lait au moment où celui-ci pénètre dans le circuit de stérilisation ; il y a une perte d'environ 30% de la thiamine à la température de stérilisation la plus basse et une perte de 40% à la température la plus élevée. La vitamine B12 est presque complètement détruite dans les deux cas. Le cas de la vitamine B6 n'est pas encore éclairci. Le problème est compliqué du fait qu'il existe trois formes de cette vitamine, la forme alcoolique (pyridoxine), la forme aldéhydique (pyridoxal), la forme aminée (pyridoxamine). Dans le lait cru une grande partie de la vitamine B6 est sous forme de pyridoxal ou sous une forme étroitement apparentée. Dans le lait qui a été chauffé pendant quelque temps au-dessus de 100° C., la pyridoxamine ou une forme voisine sont prédominantes. Le dosage, par les méthodes microbiologiques ou par les essais sur animaux, est compliqué par ces différentes formes sous lesquelles se présente la vitamine B6 et par une incertitude en ce qui concerne l'étalon à adopter pour une comparaison correcte. A l'heure actuelle, l'ensemble des observations faites indique qu'il y a une certaine perte de vitamine B6 aux températures de stérilisation, mais les spécialistes ne sont pas d'accord sur son importance. Le problème a pris un regain d'intérêt il y a quelques années

à la suite de rapports parus dans la littérature médicale et faisant état de signes de carence en pyridoxine chez des enfants qui recevaient certains types de lait stérilisé évaporé [8] [9] [10] [11]. Cependant tout récemment HUNT [12] a fait remarquer que les enfants présentant ces signes de carence ne constituaient qu'un petit groupe parmi ceux qui recevaient le produit suspect. Il croit que ces enfants pouvaient ou bien avoir des exigences en vitamine B6 dépassant la normale ou bien souffrir d'un désordre du métabolisme de la vitamine B6 et qu'on ne possède donc pas de preuve satisfaisante de la responsabilité du lait dans les accidents constatés.

Le traitement n'a pas d'effet sur la vitamine A, le carotène, la riboflavine et l'acide nicotinique. Son effet est douteux sur les autres vitamines étudiées.

La stérilisation abaisse la valeur biologique des protéines de quelques unités pour cent, probablement en raison d'une partielle inactivation ou destruction de la lysine [13]. Beaucoup de farines de céréales sont déficientes en lysine et c'est surtout grâce à l'apport de cet amino-acide essentiel que le lait exerce son rôle de supplémentation des régimes mixtes. La teneur du lait en lysine a donc une grande importance, mais la perte au cours de la stérilisation n'est pas assez considérable pour affecter la valeur nutritive totale du lait administré comme régime exclusif à des rats. Les auteurs hollandais [7] ont également trouvé que le lait stérilisé était presque aussi bon que le lait cru, dans des expériences sur la croissance des porcelets.

Il n'y a aucun signe d'effet défavorable sur les autres principes nutritifs.

Stérilisation à très haute température. — Ces méthodes, qui sont maintenant employées dans la pratique industrielle, sont basées sur un traitement continu dans lequel le lait est chauffé pendant quelques secondes à une température de 135 à 150° C. On donne dans le tableau IV les résultats obtenus avec du lait traité par échange thermique à travers des parois métalliques dans une installation A.P.V. (dont on trouvera la description dans la référence 14). Il est certain que les effets sont beaucoup moins prononcés que ceux de la stérilisation en bouteilles et qu'ils difèrent, en fait, peu de ceux de la pasteurisation, comme le confirme la destruction relativement faible de la vitamine B12. Celle-ci en raison de sa grande labilité au cours du traitement, peut être considérée comme une mesure de la sévérité de ce traitement.

L'upérisation, qui représente le type des traitements basés sur un échange thermique entre la vapeur et le lait, a probablement les mêmes qualités de préservation, bien que BERNHARD et ses colla-

borateurs [15] en Suisse aient trouvé dans le lait ainsi traité, une plus grande perte de thiamine que dans le lait pasteurisé. Comme on pouvait s'y attendre, puisque l'upérisation comporte nécessairement une désaération, la vitamine C est largement protégée ; de même, d'après FORD et GREGORY [16] la vitamine B12 n'est pas attaquée. Il va sans dire que les vitamines les plus stables, vitamine A, vitamine D et riboflavine sont à peine affectées. FRANÇOIS et HERMIER [17] ont examiné le procédé Laguilharre et n'ont pas décelé de pertes en vitamine A, ni en carotène, thiamine et acide ascorbique.

Des expériences sur le rat ont montré que la stérilisation à température très élevée n'a pas d'influence sur la valeur biologique des protéines. Il est toutefois intéressant de noter que les expériences poursuivies à Shinfield, nous ont indiqué une légère infériorité du lait traité par le procédé U.H.T. (1) par rapport au lait cru en ce qui concerne la nutrition des veaux aussitôt après la naissance. Le veau représente évidemment l'animal le plus sensible pour la détection de changements de cette nature dans son alimentation naturelle. Ces recherches se poursuivent et on ne sait pas encore jusqu'à présent dans quelle mesure on observerait les mêmes modifications si l'on effectuait des essais analogues, avec du lait soumis à d'autres procédés de traitement par la chaleur. Il est possible qu'il s'agisse d'une dénaturation de certaines protéines solubles du lactosérum. En tout état de cause, il n'y a aucun doute que le traitement U.H.T. du lait donne un produit de haute valeur nutritive avec l'avantage complémentaire qu'il est possible d'obtenir par ce procédé une stérilité intégrale.

Sauf dans le cas où le procédé de traitement est combiné avec un embouteillage aseptique, ces très réels avantages sont perdus lors de la stérilisation ultérieure en bouteilles, que l'on doit encore souvent appliquer. Il est évident, comme le montre le tableau IV, que le traitement U.H.T. combiné à la stérilisation en bouteilles ne donne pas un produit supérieur à celui que l'on obtient avec la stérilisation en bouteilles seule.

La stérilisation en bouteilles confère au lait un goût de cuit. Le consommateur s'habitue souvent avec facilité à ce goût et même le recherche. Le lait stérilisé a une couleur et une consistance plus « flatteuses » que celles du lait pasteurisé. Avec le traitement U.H.T., la couleur du produit fini est peu différente de celle du lait homogénéisé pasteurisé, mais il existe une diversité d'opinions en ce qui regarde les modifications de goût qui, sans conteste, sont beaucoup moins accusées que lors de la stérilisation en bouteilles.

(1) U. H. T. : Ultra high temperature ; en français : très haute température.

Entreposage ou conservation du lait stérilisé

Dans les conditions normales, le lait stérilisé n'est pas destiné à subir un long entreposage. On sait cependant que lors d'une conservation prolongée à l'obscurité, il n'y a pas de perte en carotène et vitamine A ou en riboflavine ; que la teneur en vitamine C décroît assez rapidement ; la teneur en thiamine plus lentement. Les pertes s'accélèrent par l'exposition à la lumière. Elles deviennent alors également importantes pour la vitamine A et la riboflavine [6]. Au cours d'une conservation prolongée, il y a aussi le risque d'une inactivation progressive de la lysine à la suite d'une réaction de Maillard entre les groupes aminés de la lysine et le lactose.

LAIT VITAMINÉ

Dans plusieurs pays, on ajoute des vitamines aux laits traités, mais bien souvent on n'a que peu de raison d'ajouter autre chose que la vitamine D. Dans plusieurs villes allemandes, le lait est enrichi en vitamine D par irradiation aux ultra-violets. Avec les procédés modernes, l'irradiation n'a que des effets secondaires négligeables, elle n'atteint ni la vitamine A ni le carotène, ni le complexe vitaminique B ; mais il peut y avoir une légère perte en vitamine C qui s'ajoute à l'effet du traitement par la chaleur. Très fréquemment aussi, le lait est enrichi en vitamine D par addition d'une solution de vitamine D2 ou D3 au stade convenable du traitement. Mis à part l'enrichissement en vitamines ces additions n'affectent en aucune façon la qualité du lait.

ENZYMES DU LAIT

Les divers enzymes du lait : xanthine oxydase, phosphatase alcaline et acide, lactoperoxidase, catalase, lipase, amylase, protease et aldolase, ne font pas réellement partie de la sécrétion lactée en ce sens qu'elles diffusent probablement à partir du sang, ou sont libérées par la destruction des cellules mammaires au cours de la lactation. Leur signification nutritionnelle est problématique, car elles sont en grande partie détruites ou inactivées au cours de leur passage à travers le tube digestif. Deux d'entre elles cependant, sont spécialement importantes en égard aux conditions de traitement du lait. La phosphatase alcaline possède une valeur bien connue comme indicateur de l'efficacité de la pasteurisation, et cela ne demande pas d'autres commentaires. La lipase doit être détruite par chauffage, particulièrement si le traitement du lait comporte une homogénéisation, sinon le lait devient rapidement rance et amer.

EFFETS DU TRANSPORT ET DE LA LIVRAISON

Après avoir quitté l'usine de traitement, le lait de consommation est exposé aux risques inhérents à l'enlèvement, au transport, à la livraison et aux manipulations que lui fait subir la ménagère qui tous peuvent avoir un effet sur la qualité. Le plus grand danger en ce qui concerne la perte possible d'éléments nutritifs, réside comme avant le traitement dans l'exposition des bouteilles à la lumière et particulièrement à la lumière solaire directe, pendant la livraison. Aux Etats-Unis, on a constaté une perte moyenne de 3% de riboflavine au cours des opérations commerciales de distribution. En Angleterre, les valeurs observées vont de 4 à 8%. Mais ces pertes varient beaucoup suivant les conditions ; par exemple, nous avons trouvé des pertes s'élevant à 15% au moins, dans des casiers de bouteilles de lait livrées à des écoles et qui n'avaient pas été enlevées avant quelques heures.

Les pertes en acide ascorbique dépassent les pertes en riboflavine ; mais il est probable que la « Sunlight-flavour » (1) est plus importante que ces deux autres inconvénients. Ce goût anormal est remarqué par tous les observateurs sur le lait exposé à la lumière pendant quelques temps. La durée de l'exposition, l'intensité de la lumière, la température ambiante et la capacité des bouteilles sont autant d'éléments qui jouent un rôle dans l'intensité des altérations, et des précautions simples peuvent beaucoup pour les réduire. Ces précautions se résument à ceci : livraison rapide du lait refroidi dans des camions couverts ; ne pas laisser séjourner la bouteille de lait sur le seuil de la porte et, une fois le lait à la maison, le conserver au frais et à l'abri de la lumière.

TYPES DE RÉCIPIENTS

Puisque les effets de la lumière sur le lait sont dûs principalement à la zone bleue du spectre visible et sont liés à l'intensité du rayonnement lumineux dans cette zone, il est évident que la lumière transmise à travers les parois du récipient, ainsi que la couleur de ce dernier, sont les principaux facteurs susceptibles d'intervenir dans le phénomène. On dispose de nombreuses données montrant que les cartons ont une valeur protectrice marquée et que leur efficacité dépend de l'épaisseur, donc de l'opacité du carton. Les bouteilles en verre brun ou rouge et, à un moindre degré, les bouteilles en verre ambré, offrent une protection encore meilleure et, dans ces bouteilles, le lait peut être exposé à une lumière vive sans qu'il en résulte un effet nocif sur le goût ou sur la valeur nutritive. On emploie traditionnellement des bouteilles en verre blanc pour le lait, mais il ne fait aucun doute qu'il y aurait

(1) Voir page 9.

avantage à les changer contre les bouteilles à bière classiques, en verre brun. Il est possible qu'une telle modification soit jugée comme trop révolutionnaire et peu souhaitable à d'autres points de vue que celui qui nous préoccupe ici, mais il est certain qu'un emploi plus large des cartons spéciaux mérite d'être sérieusement envisagé.

CONCLUSION

Le traitement par la chaleur fait partie intégrante de la préparation d'un lait sain et de goût agréable, pour la consommation en nature. Tout traitement de cette sorte implique une certaine perte de la valeur nutritive. Si l'on applique intelligemment les méthodes modernes, ces pertes deviennent négligeables, pourvu que le lait soit associé à un régime mixte judicieusement équilibré et la valeur du lait en tant qu'aliment protecteur demeure ainsi pratiquement inchangée.

La qualité du lait de consommation dépend non seulement du traitement par la chaleur, mais encore des conditions dans lesquelles ce lait est manipulé avant et après traitement. Ce n'est que grâce à l'attention méticuleuse accordée à chaque étape du circuit, qui s'étend depuis la vache laitière jusqu'à la table du consommateur, que le lait pourra atteindre, et conserver intacte, la qualité que la technique moderne permet d'obtenir.

RÉFÉRENCES

[1] British Medical Association (1950). *Report of the Committee on Nutrition.* London : British Medical Association.

[2] S. Patton. *Journal Dairy Sci.*, **37**, 446, 1954.

[3] D. A. Forss. *Aust. Journal Dairy Techn.*, **12**, 120, 1957.

[4] J. E. Ford, *Journal Dairy Res.*, **24**, 360, 1957.

[5] Milk Nutrition Committee. *Milk and Nutrition*, Part. 4. Reading : National Institute for Research in Dairying. 1939.

[6] L. P. Van der Mijll Dekker et C. Engel. *Ned. melk. en Zuiveltijdschr.*, **6**, 104, 1952.

[7] A. P. de Groot et C. Engel. *Journal Dairy Res.*, **23**, 257, 1956.

[8] O. A. Bessey, D. J. D. Adam, D. R. Bussey et A. E. Hansen. *Fed. Proc.*, **13**, 451, 1954.

[9] C. J. Molony et A. H. Parmelee. *Journal Amer. med. Ass.*, **154**, 405, 1954.

[10] D. B. Coursin. *Journal Amer. med. Ass.*, **154**, 406, 1954.

[11] A. E. Hansen, H. F. Wiese, D. J. D. Adam, D. R. Bussey et A. G. Worsham. *Fed. Proc.*, **13**, 460, 1954.

[12] A. D. Hunt Jr. *Amer. Journal Clin. Nutr.*, **5**, 561, 1957.

[13] A. Z. Hodson et G. M. Krueger. *Arch. Biochem.*, **10**, 55. 1946.

[14] H. Burton. *Journal Dairy Res.*, **25**, 75. 1958.

[15] K. Bernhard, L. Gschaedler et A. Sarasin. *Bull. Schweiz. Akad. Med. Wiss.*, **9**, 312. 1953.

[16] J. E. FORD et M. E. GREGORY. *Rep. Nat. Inst. Dairy*, p. 109. 1957.
[17] A. FRANÇOIS et J. HERMIER. *Résumés des Communications. IVe Congrès International de Nutrition.* Paris, p. 147. 1957.

DÉTERMINATION DE LA DURÉE DE CHAUFFAGE DANS UN APPAREIL DE STÉRILISATION DU LAIT A TRÈS HAUTE TEMPÉRATURE

par

J. HERMIER, J. VERGE et G. GROSCLAUDE

Station centrale de Microbiologie et Recherches laitières
Jouy-en-Josas (Seine-et-Oise) France

I. — INTRODUCTION

Dans les procédés de fabrication du lait stérilisé actuellement en usage, le lait est, avant la mise en bouteilles, chauffé dans un « préstérilisateur » à 130-145° C., pendant 1 à 20 secondes, puis refroidi à la température d'embouteillage (65-70° C.). Puisque cette opération, dite « préstérilisation », a pour but de détruire les spores que pouvait contenir le lait cru, il paraît nécessaire de connaître les caractéristiques de l'action sporicide du préstérilisateur. Celles-ci ne peuvent être évaluées que si l'on connaît les caractéristiques du traitement thermique : durée du traitement, évolution de la température pendant le traitement, distribution des vitesses d'écoulement.

Au point de vue du traitement thermique, les préstérilisateurs (ou appareils de stérilisation à très haute température) peuvent se classer en deux catégories :

— *Préstérilisateurs à chauffage indirect* (type A.P.V., Stork), où le lait est séparé du fluide chauffant (vapeur) ou refroidissant (eau froide) par une paroi métallique. La montée en température du lait est d'environ 20 secondes, le chambrage de 2 à 16 secondes, la descente en température d'environ 20 secondes. Il faut donc tenir compte de l'effet léthal de la chaleur non seulement pendant le chambrage, mais aussi pendant la montée et la descente en température. Ce problème complexe vient d'être traité par BURTON [1].

— *Préstérilisateurs à chauffage direct* (type Upérisateur et appareil Laguilharre) : le lait est en contact avec la vapeur dans la section de chauffage ; l'eau condensée pendant le chauffage est séparée du lait par détente sous vide du mélange eau-lait dans la section de refroidissement. La montée et la descente en température sont instantanées et l'effet léthal de la chaleur ne se produit que pendant le chauffage. Il suffit donc de connaître la durée du chauffage