

LA PASTEURISATION DU LAIT,

par le PROFESSEUR D^r ORLA JENSEN.

(Ecole Polytechnique de Copenhague).

(SUITE ET FIN).

Dans la pratique, il sera le plus sûr et le plus sanitaire d'effectuer dans des bouteilles closes la pasteurisation basse du lait de ville. A cet effet, on pourra avec avantage se servir des appareils utilisés en Danemark pour la pasteurisation de la bière. De cette façon, on obtiendrait ce double avantage de ne point faire perdre au lait son acide carbonique et d'effectuer en même temps la pasteurisation des bouteilles. Comme aux températures peu élevées dont il s'agit, le lait ne cède pas son acide carbonique demi-fixe, il ne se produira guère de pression dans les bouteilles. On aura soin tout de même de les munir d'une fermeture hermétiquement ajustée, sans quoi elles absorberont de l'eau pendant le refroidissement. Si la pasteurisation basse est pratiquée dans des réservoirs — auquel cas il faut avoir soin d'agiter le lait légèrement et avec prudence, afin d'éviter la formation de pellicules — il est indispensable de stériliser préalablement les bouteilles employées, à moins que l'on ne préfère, suivant la proposition d'AYERS et JOHNSON(1), embouteiller le lait à l'état encore chaud (ce qui doit se faire dans un local bien chauffé) pour l'y laisser refroidir lentement. De cette façon les bouteilles se trouveront pasteurisées par le lait, et les germes qui pourraient s'y glisser pendant l'embouteillage périront ordinairement. Ce dernier procédé est le plus économique, mais aussi, ce me semble, moins sûr, attendu que, pour éviter le développement dans le lait de germes résistants à la chaleur, il importe précisément de le refroidir aussi vite que possible au-dessous de 14°, ou plutôt au-dessous de 10°.

Ainsi donc, après les faits que nous venons de signaler, la seule bonne manière de pasteuriser le lait de ville consiste à le chauffer pendant une demi-heure vers 63°. Il est à regretter que la législation de plusieurs pays ne permette pas de qualifier de pasteurisé le lait pasteurisé par le seul procédé rationnel. La désignation de lait pasteurisé est réservée au lait chauffé fortement, au point de ne plus donner la réaction de STORCH. Une modification de la loi s'impose dans

(1) U. S. Department of Agriculture, Bureau of Animal Industry, Bulletin 250, 1915.

le plus bref délai possible, et il faut notamment faire une distinction entre le lait pasteurisé à haute température et celui pasteurisé à température basse. Pour vérifier si tel lait a réellement subi la pasteurisation basse, il suffirait d'en faire l'inspection aux lieux de production, ce qui ne comporterait point de difficultés si l'on voulait bien se décider à n'accorder qu'aux grandes sociétés jouissant d'une haute réputation, l'autorisation de mettre en vente du lait pasteurisé à température basse. La vérification peut cependant s'effectuer aussi à l'aide de l'épreuve de la réductase, qui demande pour un lait dépourvu de la plupart de ses germes une longue durée de décoloration. On arriverait ainsi à faire d'une pierre deux coups, puisqu'il n'y a que le *lait nouvellement pasteurisé* — et c'est ce que doit être tout lait offert en vente sous le nom de lait pasteurisé — qui contienne seulement un petit nombre de germes. Quant aux laits pasteurisés déjà anciens ou mal conservés, ils sont plus dangereux que le lait cru et, partant, n'ont pas le droit de se prévaloir de leur qualité de laits pasteurisés.

Les laits pasteurisés à température haute et débités actuellement à Copenhague, sont souvent aussi riches en bactéries que le lait cru et, en raison de leur teneur relativement élevée en bacilles butyriques et en bactéries pseudo-lactiques (*coli* et *aérogènes*), ils donnent toujours un fort dégagement gazeux dans l'épreuve de fermentation. La présence de cette dernière catégorie de bactéries pseudo-lactiques est probablement due aux réfrigérants ouverts et aux bouteilles non stérilisées. Dans ces conditions, les laits pasteurisés n'ont rien de bon, et quiconque redoute la contagion fera mieux d'acheter du lait cru et de le faire bouillir chez lui-même.

En ce qui concerne particulièrement le lait destiné aux nourrissons, on le fait bouillir ordinairement dans une casserole ou dans un appareil de SOXHLET. Or, on pourra facilement se rendre compte que ce procédé ne s'accorde nullement avec les principes que nous venons d'établir ; aussi est-ce un fait connu de tout le monde que bien des enfants ne supportent pas le lait bouilli qu'on leur offre. C'est pourquoi M. FREUDENREICH et moi, avons proposé dès 1905 un nouvel appareil de ménage pour la pasteurisation basse du lait d'enfants, appareil qui cependant, grâce à l'esprit conservateur des médecins d'enfants, ne s'est guère répandu (1). Cet appareil consiste simplement en un bain-marie de dimension telle que, si après l'avoir porté à 70°, on cesse subitement la chauffe, la température ne descendra pas pendant la demi-heure qui suit au-dessous de 65°. On peut aussi s'arranger de

(1) L'appareil est maintenant en vente chez M. V. DEHLHOLM, propriétaire de la Pharmacie dite « Vaisenhus » à Copenhague.

façon à mélanger dans l'appareil même de l'eau chaude et de l'eau froide jusqu'à obtention d'une température de 78°, pour y plonger ensuite les bouteilles, qu'on laissera alors en repos pendant une heure. Un séjour de cinq minutes dans le bain marie suffira pour donner au lait une température de 67°, et en même temps celle de l'eau se sera abaissée au même niveau. Il importe d'avoir soin que les bouteilles restent plongées sous la surface de l'eau. Comme elles demeurent fermées durant le chauffage, on évite toute formation d'écume et de pellicule. De même que dans le cas d'emploi des bouteilles SOXULET, la fermeture peut être obtenue par un bouchon en caoutchouc *ad-hoc*. Inutile d'ajouter que, une fois pasteurisé, le lait doit être conservé à froid.

Nous en arrivons maintenant à la troisième application de la pasteurisation, celle qui vise à l'amélioration des produits de laiterie. Nous pouvons ici nous expliquer en peu de mots. De ce que nous avons déjà dit, il résulte que le lait pasteurisé à température basse se prête mieux à la fabrication de fromage que celui soumis à des températures élevées. Au contraire, pour ce qui est de la crème destinée à la production de beurre, il convient, en vue d'assurer la bonne conservation de celui-ci, d'employer les plus hautes températures de pasteurisation : pourvu qu'on ait soin de refroidir rapidement, on peut très bien monter jusqu'à 95°, sans que le beurre prenne un goût de cuit.

Il nous reste encore à mentionner, comme une autre application de la pasteurisation qui se rattache de près à la fabrication de beurre, celle qui a pour objet de débarrasser de ses germes le lait qui sert à cultiver les bactéries destinées à l'acidification de la crème. Si je crois devoir m'arrêter un peu à cette question d'ordre purement technique, la raison en est que mes recherches sur ce sujet m'ont permis d'apporter une contribution à l'approfondissement de la question de la pasteurisation en général. En effet, le problème se pose ici sous un aspect nouveau : comment faut-il s'y prendre pour pasteuriser le « lait Starter » ? et la réponse que nous obtenons, la voici : il faut procéder de manière à fournir aux bactéries lactiques qu'on va ajouter les conditions de développement les plus favorables. D'après les anciennes manières de voir, les bactéries lactiques prospéraient le mieux dans le lait cru parce que celui-ci contient l'albumine à l'état dissous ; la pasteurisation basse serait ainsi à préférer. D'un autre côté, il y a bien des considérations qu'on pourrait faire valoir en faveur de la pasteurisation haute, qui permet de mieux venir à bout des bactéries étrangères, et qui, d'autre part, détruit les substances bactéricides du lait, susceptibles de gêner les bactéries utiles tout aussi bien que celles qui sont nuisibles.

TABLEAU II.

TEMPÉRATURE de la pasteurisation	BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	B				BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	A		B				BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	A		B							
		Après 18 heures		Après 28 heures			Aspect	Acidité	Après 18 heures		Après 18 heures			Après 28 heures		Aspect	Acidité	Après 18 heures		Après 18 heures		Après 28 heures	
		Aspect	Acidité	Aspect	Acidité				Aspect	Acidité	Aspect	Acidité		Aspect	Acidité			Aspect	Acidité	Aspect	Acidité	Aspect	Acidité
cru	Nulle	g ₁	32	g ₁	36	Nulle	g ₁	34	g ₁	38	g ₁	38	Nulle	s ₃	30	s ₃	29	s ₃	35				
60°		l	7	l	9	l	8	l	14	g ₁	24	»	27	g ₁	31	»	36						
65°		»	7	»	7	»	7	»	11	l	22	»	26	»	32	»	35						
70°		»	7	»	7	»	8	»	10	»	19	»	13	»	21	»	34						
75°		»	7	»	8	»	8	»	6	»	12	»	11	l	18	c ₁	31						
80°		»	7	»	8	»	7	»	7	»	7	»	»	8	»	8	l	8					
85°		»	7	»	7	»	7	»	7	»	7	»	»	8	»	8	»	8					
90°		»	7	»	7	»	7	»	7	»	7	»	»	8	»	8	»	14					
95°		»	7	»	7	»	7	»	6	»	7	»	»	8	»	8	»	8					
stéril	20°	»	8	»	8	30°	»	8	»	8	»	8	40°	»	8	»	8	»	8				
cru	Nulle	l	13	c ₁	14	Streptococcus cremoris	g ₂	34	g ₃	38	g ₃	40	Streptococcus thermophilus			s ₂	28	c ₂	35				
60°		»	11	l	12		g ₂	25	g ₁	27	g ₁	36		»	27	»	»	33					
65°		»	7	»	10		l	15	l	21	»	36		»	25	»	»	30					
70°		»	9	»	13		»	11	»	20	»	33		l	19	s ₃	24						
75°		c ₁	15	c ₁	17		»	10	»	11	l	18		»	19	s ₁	24						
80°		g ₁	16	g ₁ c ₁	16		»	10	»	11	g ₁	33		g ₁	29	»	34						
85°		»	15	g ₁	17		»	10	»	11	»	31		»	29	g ₁	33						
90°		»	14	»	16		»	12	»	18	»	28		g ₁ c ₁	30	g ₁ c ₁	33						
95°		»	14	»	15		»	15	»	22	»	33		g ₁	33	»	36						
stéril	64°	l	8	l	8	30°	»	20	»	29	»	34	40°	g ₁	37	g ₁	40						

TABLEAU II (Suite).

TEMPÉRATURE de la pasteurisation	BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	B				BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	A		B				BACTÉRIES ensemencées et température de la conservation	A		B				
		Après 18 heures		Après 28 heures			Aspect	Acidité	Aspect	Acidité	Aspect	Acidité		Aspect	Acidité	Aspect	Acidité	Aspect	Acidité	
		Aspect	Acidité	Aspect	Acidité															Aspect
cru																				
60°					Streptococcus lactis	g ₁	34	g ₃	38	g ₂	40	Thermobacte- rium helveticum	s ₃	34	s ₁ f	39	s ₁ c ₁	60		
65°					»	»	16	g ₁ s ₁	27	g ₁ s ₁	34	»	l	30	»	33	s ₁	43		
70°					»	»	16	»	26	»	33	»	l	26	»	35	s ₁ c ₁	50		
75°					»	»	15	g ₁	29	g ₁	35	»	»	9	l	20	g ₁ s ₁	43		
80°					»	»	14	»	32	»	37	»	l g ₁	21	s ₁ f ₁	36	c ₁	63		
85°					»	»	17	»	34	»	39	»	l	12	l	16	g ₂	44		
90°					»	»	17	»	35	»	39	»	»	12	»	26	g ₁	30		
95°					»	»	14	»	33	»	36	»	»	13	»	16	g ₁ s ₁	36		
stéril					30°	»	14	»	33	»	37	»	»	13	»	16	g ₂	21		
						»	19	»	35	»	38	40°	»	22	»	35	»	60		
cru					« Starter » vigoureux	g ₁	41	g ₁	36	g ₁	40	Thermobacte- rium bulgaricum	g ₂	71	g ₁ f ₁	64	g ₃	80		
60°					»	»	40	»	34	»	39	»	l	15	g ₁	51	g ₁	64		
65°					»	»	41	»	35	»	41	»	»	16	g ₁ f ₁	41	»	48		
70°					A 30°	»	41	»	35	»	42	»	»	19	l	18	s ₂	27		
75°					»	»	42	»	34	»	41	»	»	19	»	20	g ₁ s ₁	28		
80°					B 20°	»	44	»	36	»	42	»	»	18	g ₁	19	c ₁	27		
85°					»	»	40	»	35	»	40	»	»	19	»	20	»	31		
90°					»	»	42	»	32	»	41	»	g ₁	19	»	21	g ₁	30		
95°					»	»	43	»	33	»	41	»	»	21	»	21	g ₁	30		
stéril					»	»	43	»	35	»	42	40°	»	24	»	36	g ₂	39		
						»	43	»	35	»	42	»	»	63	»	60	»	70		

l = liquide ; g = gélatineux ; s = spongieux ; c = caséux.

L'acidité est celle de Soxhlet-Henkel. L'acidité originale du lait cru était 7 et celle du lait stérilisé 8.

Dans le but d'éclaircir ces questions j'ai entrepris quelques essais sur des laits chauffés durant une demi-heure à des températures différentes. Ces essais ont été réalisés simultanément avec deux sortes de lait écrémé, dont l'une (A) était assez pauvre en bactéries, tandis que l'autre (B) était un lait ordinaire du commerce. Je les aiensemencées de 1^o/₁₀ d'une culture en lait des bactéries expérimentées.

Dans le Tableau II, se trouve indiquée d'abord la manière dont se comporte le lait non ensemencé lorsqu'on l'abandonne à lui-même. Conformément à ce fait que les bactéries résistantes à la chaleur ne croissent que lentement à la température ordinaire, on remarque que, conservé à 20°, le lait pasteurisé est demeuré inaltéré même après 28 heures de repos, tandis que celui conservé à 40° a subi assez promptement l'altération ; d'autre part — et ceci se trouve d'accord avec cet autre fait que les bactéries lactiques résistant à la chaleur supportent bien le chauffage à 75°, mais succombent à 80, — nous constatons à cette limite de température une interruption subite dans l'augmentation de l'acidité. Les recherches faites au microscope confirment l'exactitude de ces résultats : alors que dans le lait chauffé à 75° on voit encore pulluler les streptocoques, on n'en observe point dans celui chauffé à 80° ou au-delà (1). La conclusion s'impose donc que *nous ne pouvons être sûrs d'éviter dans notre lait pour l'acidification de la crème le développement de bactéries lactiques étrangères qu'à la condition* — d'ailleurs prescrite par la loi relative à la pasteurisation — *de porter le lait à acidifier à une température de 80° au minimum*. Les recherches microscopiques montrent en outre que les bacilles du foin atteignent leur développement le plus exubérant à 75°, température qui, en effet, s'est trouvée être celle à laquelle les substances bactéricides du lait étaient détruites intégralement. Ce fait se manifeste d'une façon particulièrement nette dans le lait conservé à 64° : il s'y développe exclusivement des bactéries thermophiles, lesquelles ne sont pas gênées le moins du monde par la pasteurisation, et qui en revanche paraissent assez sensibles aux substances bactéricides du lait. Nous voilà donc en présence de ce fait assez curieux que dans ces conditions-ci le lait ayant subi une chauffe à 75° ou même davantage est celui qui s'altère le plus vite.

Dans le lait ensemencé, nous voyons les choses se compliquer d'une façon encore plus extraordinaire. En effet, dans le lait cru aussi bien que dans celui pasteurisé à 70°, 75°, 80°, il se livre une lutte acharnée contre les bacilles du foin, qui au début remportent souvent la victoire. Enfin il faut tenir compte de ce fait que, plus fortement le lait

(1) On trouve cependant des microcoques vivants même dans le lait pasteurisé à 80°. Les espèces de ce genre se développent le mieux vers 20°.

aura été chauffé, plus il sera devenu pauvre en oxygène. Attendu que les diverses espèces de bactéries lactiques se comportent différemment vis-à-vis des divers facteurs que nous venons de signaler, nous ne saurions établir aucune règle générale pour la pasteurisation. C'est ainsi que nous voyons le *Streptococcus cremoris* et son proche parent le *Streptococcus thermophilus* prospérer le moins bien dans le lait pasteurisé à 75° (la seconde espèce toutefois aussi dans le lait chauffé à 70°), alors que le *Streptococcus lactis* présente un minimum d'acidification très peu prononcé, il est vrai, dans le lait pasteurisé à température basse qui a encore conservé son pouvoir bactéricide. Notons ce fait d'un intérêt tout particulier : il est à remarquer que le « starter » vigoureux (1) n'est affecté que d'une façon extrêmement faible par le mode de traitement subi par le lait (peut-être le lait soumis à 80° présente-t-il un maximum d'acidification). Par contre, les deux thermobactéries anaérobies sont extrêmement sensibles au mode de traitement du lait : on peut le reconnaître non-seulement au taux d'acidité produite, mais, pour ce qui regarde la *Thermobacterium bulgaricum* (bâtonnets du Yoghourt), on peut le constater directement par l'examen microscopique. Toutes les deux prospèrent le mieux dans le lait cru, où l'oxygène est vite consommé par d'autres microorganismes, ainsi que dans le lait nouvellement stérilisé, qui est tout à fait exempt d'oxygène. Le *Thermobacterium helveticum* présente, en outre, un maximum d'acidification bien marqué dans le lait pasteurisé à 75°, dans lequel les principes bactéricides ont été détruits, mais qui renferme encore une faible dose d'albumine à l'état dissous. Parmi toutes les bactéries lactiques examinées sous ce rapport, celle-ci est la seule qui pousse mieux dans un lait donnant la réaction d'albumine ; toutes les autres prospèrent mieux lorsque le lait a été porté à 80° ou même au-dessus.

Les constatations qui précèdent permettent de conclure que rien ne s'oppose à une pasteurisation radicale du lait acidifié. Seulement on aura soin d'éviter qu'il ne se roucisse ou brunisse, ce qui aurait pour effet de rendre plus difficile l'appréciation de l'arôme formé. L'expérience a montré qu'une heure de pasteurisation à 85° donne de bons résultats.

(1) Composés du *Streptococcus cremoris* et du *Streptococcus lactis*.