RECHERCHES SUR LA PASTEURISATION BASSE DU LAIT. UNE NOUVELLE RÉACTION POUR CONTRÔLER LA TEMPÉRATURE DU CHAUFFAGE

par le Professeur ORLA-JENSEN

D^r en philosophie et D^r es-Sciences,

avec la collaboration de C. LE DOUS, Johanne JACOBSEN
et N. C. OTTE.

(Suite et fin)

TENEUR DU LAIT EN BACTÉRIES.

Dans les essais de pasteurisation, les numérations directes des bactéries sous le microscope sont exclues, car on ne peut pas distinguer les cellules vivantes des mortes. On ne peut dans ces conditions qu'utiliser la numération sur plaques, et comme milieu alimentaire, nous avons employé la gélatine avec de la caséine peptonisée et du glucose, décrit dans ma bactériologie laitière, et qui est un milieu spécialement favorable aux bactéries du lait. Les numérations furent constamment exécutées quand les plaques étaient restées une semaine à 20° C. Pour l'ensemencement, on a également employé la méthode décrite dans ma bactériologie laitière, dans laquelle on ne mesure pas moins d' $\frac{1}{2}$ cm³ du lait ou des dilutions et jamais un certain nombre de gouttes, qui peuvent avoir des dimensions très diverses d'après la nature de la pipette, ou la façon dont on la tient.

Des essais préliminaires ont montré que lorsque la durée du chauffage n'est pas plus longue que 30 minutes, il n'y a pas de diminution sensible de la teneur en bactéries avant 47°5 C. Dans le tableau XLV, on voit comment le nombre des germes diminue au fur et à mesure que la température et la durée du chauffage augmentent.

Comme d'autres chercheurs qui se sont occupés antérieurement de l'influence de la pasteurisation sur le nombre des germes du lait, nous avons aussi calculé le pourcentage du nombre original de germes résistant à la pasteurisation. Ceci est pourtant tout à fait sans valeur, car ce nombre ne dépend pas seulement de la nature des bactéries, mais surtout et beaucoup du nombre des germes originellement dans le lait, car, dans les diverses méthodes de chauffage, nous arrivons presque toujours à la même teneur en bactéries, que le lait soit riche ou non en bactéries. Ainsi, si nous nous en tenons au lait ayant subi la pasteurisation lente habituelle (chauffage à 63° C. pendant 30 minutes), le 0/00 des survivantes n'est, d'après le tableau XLV, que 0,1 pour le plus mauvais lait (1^{re} colonne), tandis qu'il est 10, soit 100 fois plus grand pour le meilleur lait (3^e colonne). Comme pratiquement toutes les bactéries qui peuvent se développer à basse température sont tuées par la pasteurisation lente, il est tout à fait particulier que dans le lait conservé longtemps à basse température (5-10° C.) la pasteurisation agisse pour niveler le nombre des germes. Ceci ressort avec toute la clarté voulue du tableau LI. Si

TABLEAU XLV

LE LAIT. 1929

65.

Chauffage		Lait 1 après 24 heures à 18° C		Lait 1		Lait pour enfants 1		Lait 4		Lait 3		Lait de Jerseyaise 1	
		Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰
cru		29.000.000		250.000		130.000		210.000		520.000		5.200.000	
47°5 C.	pendant 5 min.	6.790.000	234	210.000	840								
»	» 30 »	4.260.000	147	150.000	600								
50°	» 5 »	6.310.000	217	170.000	680								
»	» 30 »	1.940.000	67	60.000	240								
52°5	» 5 »	5.220.000	180	100.000	400								
»	» 30 »	1.050.000	36	41.000	164								
55°	» 5 »	4.290.000	148	37.800	151								
»	» 30 »	150.000	5	25.600	100								
57°5	» 5 »	500.000	17	31.500	126								
»	» 30 »	62.200	2	15.600	62								
60°	» 5 »	160.000	5	23.700	95								
»	» 30 »	20.000	0,7	8.600	34	8.400	65	24.200	115	37.500	60	47.900	9
61°	» 30 »					5.700	44	17.600	84	18.900	36	12.600	2
62°	» 2 »	410.000	14										
»	» 5 »	63.000	2										
»	» 15 »	30.000	1			6.600	51	16.200	77	19.500	37	14.300	3
»	» 30 »	6.400	0,2			3.100	24	1.300	6	16.400	31	9.600	2
63°	» 2 »	110.000	4										
»	» 5 »	47.000	2			10.700	82	15.500	74	30.100	58	60.000	12
»	» 15 »	7.100	0,2			4.200	32	2.200	10	18.300	35	12.100	2
»	» 30 »	3.700	0,1			1.300	10	700	3	14.700	28	8.500	2
64°	» 2 »	70.000	2										
»	» 5 »	28.000	0,9			9.300	72	6.800	33	24.400	47	50.000	9
»	» 15 »	4.700	0,2			3.300	25	1.100	5	18.100	35	9.000	2
»	» 30 »	2.900	0,1			600	5	600	3	12.200	24	8.100	2
65°	» 1 »	65.500	2										
»	» 2 »	16.000	0,5										
»	» 5 »	10.000	0,3			5.000	38	2.400	11	18.800	36	41.000	8
»	» 15 »	3.800	0,1			1.200	9	900	4	10.200	20	8.300	2
66°	» 5 »					3.500	27	2.000	10	13.800	25	22.300	4
67°	» 5 »					2.000	15	1.400	7	11.600	22	17.000	3
68°	» 2 »					2.300	18	1.900	9	16.000	31	10.300	2
»	» 5 »					1.600	12	800	4	10.200	20	9.400	2
69°	» 2 »					2.000	15	1.000	5	9.100	18	10.100	2
»	» 5 »					1.400	11	400	2	8.300	16	8.200	2
70°	» 2 »					1.500	12	700	3	8.900	17	8.800	2

SUR LA PASTEURISATION BASSE DU LAIT

1033

par conséquent le lait ayant subi la pasteurisation basse est seulement conservé au froid, il se tient au moins aussi longtemps que le lait ayant subi la pasteurisation haute. Nous reviendrons plus loin sur ce point important.

On sait parfaitement que la température et la durée du chauffage lors de la pasteurisation se remplacent partiellement et mutuellement, et il est intéressant de voir que par 5 minutes de chauffage à 68° C. on arrive de très près au même nombre de germes que par 30 minutes de chauffage à 63° C. Ceci se voit nettement dans le tableau XLVII, où, ayant justement ce point en vue, nous avons essayé le lait de 40 vaches différentes. Si par conséquent on n'attache pas d'importance à la faculté de montée de la crème du lait, on peut aussi bien pratiquer la pasteurisation basse par 5 minutes de chauffage à 68°-69° C. que par 30 minutes de chauffage à 63° C. La première méthode est pratiquement plus rapide et plus commode, et peut, comme on l'a vu, être exécutée avec des appareils plus simples que celui de STASSANO. Dans la destruction de la faculté de montée de la crème, on a un moyen simple de contrôler si le lait a été pour le moins chauffé aussi fortement, mais on n'a pas, comme nous l'avons aussi dit, d'autre limite supérieure que celle que donne la réaction de STORCH, et celle-ci est un peu trop élevée.

En mentionnant notre réaction de montée de la crème, nous avons montré qu'il est possible de fixer celle-ci à 30 minutes de chauffage à 63° C. au lieu de 62° C. Il ressort du tableau XLVI que généralement nous diminuons encore le nombre de germes à la moitié en pratiquant la pasteurisation lente à 63° C. au lieu de 62° C., mais que ceci, au point de vue absolu, ne signifie pas grand'chose. On pouvait certainement craindre que ce petit supplément de chauffage ait justement quelque signification en ce qui concerne les bactéries pathogènes, mais on a été jusqu'ici plutôt trop sévère que trop modéré dans les exigences sur ce point, parce qu'au lieu de se contenter d'une mise hors d'état de nuire de ces bactéries on a désiré leur destruction complète, ce qui est tout à fait inconciliable avec la nécessité de ne pas chauffer le lait plus qu'il n'est absolument nécessaire.

Comme on le sait, le chauffage d'une culture bactérienne ne détruit pas ensemble toutes les cellules végétatives, mais quelques-unes supportent, ainsi que je l'ai montré en ce qui concerne les bactéries lactiques, tout au moins jusqu'à 15° C. au-dessus de la température qui détruit la plupart des cellules. Ce qui toutefois a plus d'intérêt à cet égard, c'est que les cellules ainsi survivantes sont généralement moins résistantes et par conséquent meurent facilement quelque temps après la pasteurisation. Nous reviendrons plus loin sur cette question. En ce qui concerne les bactéries pathogènes, elles perdent, comme on le sait, souvent leur virulence par le chauffage, et en ce qui concerne plus spécialement les bactéries de la tuberculose, je rappellerai ici que le Professeur B. BANG a montré que les bactéries de la tuberculose sont déjà tellement ébranlées fortement par 2 minutes de chauffage à 60° C., qu'elles ne peuvent plus

TABLEAU XLVI

Chauffage	Lait glacé		Lait pour enfants 1		Lait pour enfants 2		Lait pour enfants 3		Lait 1		Lait 2		Lait 3	
	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰
cru	25.300		27.500		90.000		60.000		160.000		470.000		750.000	
62° C. pendant 30 min.	200	8	200	7	400	4	200	3	500	3	2.300	5	1.500	2
63° C. pendant 30 min.	100	4	100	4	200	2	200	3	200	1	1.700	4	900	1

Chauffage	Immédiate- ment après pas- teurisation	Après 24 heures à 5° C	Immédiate- ment après pas- teurisation	Après 24 heures à 5° C	Immédiate- ment après pas- teurisation	Après 24 heures à 5° C	Immédiate- ment après pas- teurisation	Après 24 heures à 5° C	Immédiate- ment après pas- teurisation	Après 24 heures à 5° C
	Lait du soir 1		Lait du soir 2		Lait du soir 3		Lait du soir 4		Lait du soir 5	
cru	77.700	59.110	270.100	156.000	145.600	113.400	257.500	132.300	135.100	114.200
63° C. pendant 30 minutes	700	170	300	100	440	290	200	90	910	430
68° » » 5 »	700	120	200	40	500	160	100	36	890	390
	Lait du soir 6		Lait du soir 7		Lait du soir 8		Lait du soir 9		Lait du soir 10	
cru	13.400	10.800	19.600	7.600	34.700	25.100	32.500	11.340	43.800	580.000
63° C. pendant 30 minutes	190	100	180	110	590	480	280	170	170	40
68° » » 5 »	240	100	200	90	240	200	330	200	90	50
	Lait du soir 11		Lait du soir 12		Lait du soir 13		Lait du matin 14		Lait du matin 15	
cru	35.600	100.000	80.000	1.110.000	37.200	210.000	90.000	107.100	56.000	50.000
63° C. pendant 30 minutes	100	50	9.400	5.440	5.800	2.890	490	230	380	120
68° » » 5 »	40	30	8.400	4.730	9.000	3.920	420	300	250	110
	Lait du matin 16		Lait du matin 17		Lait du matin 18		Lait du matin 19		Lait du matin 20	
cru	22.200	28.700	130.000	270.000	29.400	27.500	7.600	7.100	23.800	22.900
63° C. pendant 30 minutes	200	120	2.110	430	60	20	10	6	30	20
68° » » 5 »	460	90	1.300	410	30	12	20	8	20	12
	Lait du matin 21		Lait du matin 22		Lait du matin 23		Lait du matin 24		Lait du matin 25	
cru	13.800	11.600	250.000	280.000	1.690.000	3.310.000	200.000	180.000	190.000	160.000
63° C. pendant 30 minutes	30	10	20	6	120	50	20	7	350	220
68° » » 5 »	20	6	20	8	80	60	40	6	400	290
	Lait du matin 26		Lait du matin 27		Lait du matin 28		Lait du matin 29		Lait du matin 30	
cru	210.000	120.000	340.000	540.000	310.000	790.000	290.000	250.000	80.000	110.000
63° C. pendant 30 minutes	1.200	910	8.060	6.930	280	270	300	120	90	46
68° » » 5 »	1.200	1.080	7.470	6.560	300	200	300	180	100	60
	Lait du matin 31		Lait du matin 32		Lait du matin 33		Lait du matin 34		Lait du matin 35	
cru	130.000	350.000	43.400	53.300	650.000	567.000	5.540.000	10.030.000	6.780.000	11.340.000
63° C. pendant 30 minutes	90	54	1.200	1.480	100	74	330	210	140	70
68° » » 5 »	90	56	1.700	2.100	100	54	200	150	120	70
	Lait du matin 36		Lait du matin 37		Lait du matin 38		Lait du matin 39		Lait du matin 40	
cru	7.380.000	17.800.000	2.640.000	7.200.000	72.000	110.000	210.000	70.000	630.000	1.080.000
63° C. pendant 30 minutes	24.000	10.080	490	320	60	20	910	560	80	40
68° » » 5 »	20.600	7.560	370	340	10	6	710	540	80	20

occasionner la *tuberculose par l'alimentation*, et il n'y a que cela qui soit intéressant en ce qui concerne le lait du commerce, qui normalement n'est pas employé sous la forme d'injections sous-cutanées.

Le Professeur O. BANG a confirmé par quelques recherches, qu'il a bien voulu renouveler pour moi récemment, que la virulence des bactéries de la tuberculose est ainsi ébranlée par le chauffage, avant qu'elles ne soient détruites, et je l'en remercie ici. Ces recherches ont montré que les bactéries du lait de vaches ayant la tuberculose du pis sont toutes détruites quand le lait est chauffé 5 minutes à 68° C. Les cobayes inoculés avec le même lait à l'état cru moururent tous de tuberculose généralisée en 2 mois. En même temps, on inocula une paire de cobayes avec le même lait chauffé 5 minutes à 59°4-59°7 C. Ces animaux moururent aussi de tuberculose généralisée, mais seulement après respectivement 5 et 6 mois. Le dit chauffage avait ainsi diminué considérablement la virulence des bacilles de la tuberculose.

Nous arrivons maintenant à une propriété du lait qui n'est pas sans intérêt pour la question de la pasteurisation : c'est celle de son pouvoir bactéricide.

Jusqu'à ce que j'ai découvert (1) en 1915, à l'occasion de quelques recherches de la biorisation que le pouvoir bactéricide du lait n'est pas détruit par la pasteurisation basse, la plupart des chercheurs le considéraient comme une propriété qui disparaissait peu de temps après la traite du lait. La cause en était que la propagation des bactéries du lait — et aussi celle des bactéries qui peuvent se développer à basse température — est déjà tellement bien en train peu de temps après la traite que, même si le lait à partir de ce moment est conservé à basse température, elle contre-balance l'arrêt ou les destructions que le pouvoir bactéricide produit. Autrement, si le lait, avant qu'il ne soit placé à basse température, a été chauffé à une température qui, sans détruire son pouvoir bactéricide tue la plupart de ses bactéries et spécialement les bactéries qui peuvent se développer à basse température, on observera généralement dans ces conditions une diminution bactérienne évidente dans le lait. La température de 5° C. semble ici être la température de conservation la plus favorable, parce que, généralement, elle est suffisante pour freiner la multiplication des bactéries sans arrêter entièrement l'action du pouvoir bactéricide du lait.

Dans le tableau XLVII, dont il a déjà été question à un autre point de vue, on voit l'action du pouvoir bactéricide dans le lait de 40 vaches différentes. Le lait du matin était au moment de l'examen traité depuis 3 à 4 heures, et le lait du soir depuis 15 à 16 heures. Comme au moment où les examens avaient lieu le temps était froid, le lait n'était refroidi qu'à l'air.

(1) *Mælkeritidende*, 1915, p. 483.

Comme on le voit, il y a dans le lait ayant subi la pasteurisation basse une diminution visible de bactéries quand on le laisse 24 heures à 5° C. Il n'y a que dans le lait du matin N° 32 qu'on n'ait pas observé de diminution de bactéries, mais on n'a pas non plus constaté de multiplication appréciable de bactéries. La différence dans les nombres de germes n'est pas plus grande qu'une erreur possible dans la numération des germes. Il en est autrement dans le lait à l'état non pasteurisé. Ici, nous avons environ 1/3 des échantillons de lait avec une augmentation de bactéries évidente et cela naturellement de préférence dans les échantillons les plus riches en bactéries.

La question n'est pas toujours aussi simple avec le lait du commerce, qui peut aussi de temps en temps montrer une augmentation bactérienne minime, quand on le conserve à 5° C. après la pasteurisation basse. Ceci est le cas du lait qui contient beaucoup de spores bactériennes en plus des *tétracoques* (*microcoques*) et des microbactéries, qui ne sont pas du tout touchées par la pasteurisation basse. Des essais spéciaux avec ensemencement de diverses sortes de bactéries dans du lait cru, pauvre en bactéries et avec ensuite pasteurisation basse, ont montré que pendant le repos à 5° C., ce sont spécialement les bactéries qui ont le plus souffert de la pasteurisation lente (par exemple les *colibactéries*) que le pouvoir bactéricide du lait maîtrise.

Des tableaux XLVIII et XLIX, on voit que le pouvoir bactéricide du lait n'est détruit que par un chauffage de quelques minutes à 70°-75° C. Il n'est généralement pas, comme d'autres essais nous l'ont montré, détruit dans du lait traité par le procédé STASSANO (lait instantanément chauffé à 75° C.), et d'après les essais actuels, il semble pouvoir supporter un chauffage à 68° C. pendant 30 minutes. Si nous étudions de plus près le lait qui n'a été chauffé que 30 minutes à 63° C. ou 5 minutes à 68° C., le tableau XLVIII montre que si un tel lait est conservé à 5° C., la diminution des bactéries n'est pas à son point culminant après 12 heures, et le tableau XLIX montre qu'elle est par contre maximum après 24 heures, ou en tout cas avant qu'il ne se soit écoulé 48 heures. Il s'ensuit que *la conservation, pendant quelque temps, du lait ayant subi la pasteurisation basse, ce qui, du reste, est inévitable dans la fourniture des grandes villes, n'abîme pas du tout le lait, mais le rend au contraire encore plus pauvre en germes, et même le débarrasse peut-être de bactéries de maladies encore survivantes, mais très ébranlées. La seule condition est que la conservation ait lieu à basse température.*

Nous n'avons pas réussi à déterminer ce que signifie exactement le pouvoir bactéricide du lait, ou ce qui plus exactement devrait être appelé les pouvoirs bactéricides. Qu'il ne soit pas lié entièrement à l'agglutinine ressort de ce que l'agglutinine est déjà détruite par 5 minutes de chauffage à 68° C. tandis que le lait se montre précisément fortement bactéricide après ce traitement. Le pouvoir bactéricide du lait

TABLEAU XLVIII

Chauffage	Lait 1						Lait pour enfants 1					
	Immédiatement après pasteurisation		Après 12 heures à 5° C		Après 24 heures à 5° C		Immédiatement après pasteurisation		Après 12 heures à 5° C		Après 24 heures à 5° C	
	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰
cru	5.420.000				6.830.000		1.010.000				320.000	316
63°C. pendant 30 minutes	5.100	1	1.400	0,3	900	0,2	2.700	2	600	0,6	350	0,3
68° » » 5 »	13.300	3	3.900	1	2.100	0,4	2.500	2	1.100	1	840	0,8
» » » 15 »	4.500	1	2.650	0,5	1.700	0,3	1.800	2	700	0,7	400	0,4
» » » 30 »	2.500	0,5	1.200	0,2	1.600	0,3	1.400	1	500	0,5	900	0,9
70° » » 1 »	12.900	2	12.000	2	13.000	2	3.000	3	2.900	3	3.600	3
» » » 5 »	4.000	1			5.100	1	1.200	1			1.900	2
75° » » 1 »	1.700	0,3			3.850	1	600	0,6			1.500	1
» » » 2 »	1.150	0,2			2.100	0,4	320	0,3			1.100	1
» » » 5 »	660	0,1			1.100	0,2	150	0,1			400	0,4
80° » instantanément	700	0,1			1.600	0,3	380	0,4			1.400	1
» » pendant 2 minutes	320	0,1			1.400	0,3	280	0,3			1.300	1
85° » instantanément	250	0,05			900	0,2	110	0,1			400	0,4
» » pendant 2 minutes	160	0,03			500	0,1	60	0,06			200	0,2

TABLEAU XLIX

Chauffage	Lait glacé						Lait pour enfants 1					
	Immédiatement après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C		Après 48 heures à 5° C		Immédiatement après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C		Après 48 heures à 5° C	
	Nombres de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germ.	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰	Nombre de germes	‰
cru	23.600		5.100	216			730.000		520.000	712		
63° C. pendant 30 minutes	600	25	50	2	200	9	2.400	3	400	1	600	1
68° » » 5 »	300	13	40	2	100	4	1.200	2	100	0,2	600	1
70° » » 5 »	200	9	300	13	400	17	900	1	1.100	2	3.500	5
75° » » 5 »	30	1	100	4	200	9	200	0,5	500	1	800	1
80° instantanément	100	4	100	4	300	13	500	1	400	1	900	1

ne semble pas non plus à un degré notable être lié aux leucocytes du lait, car, d'un côté, il ne diminue pas par la purification centrifuge du lait, et, d'un autre côté, il n'augmente pas non plus, même si nous augmentons considérablement la teneur en leucocytes du lait en l'additionnant de 100 fois d'autant de boue fraîche de centrifuge que le lait en sépare normalement par la centrifugation. La diminution des bactéries lors de la conservation du lait ayant été soumis à la pasteurisation basse semblait même dans ces circonstances être plus minime, ce qui peut provenir peut-être de la grande quantité de bactéries qu'on ajoute au lait avec la boue. Dans quelques cas, le lait additionné de boue a montré par contre une petite diminution de bactéries quand il était conservé après avoir été chauffé à 80° C., de même qu'un tel lait n'était pas toujours entièrement négatif à la réaction STORCH. Ceci montre que la boue protège quelque peu contre la chaleur (1).

Comme je l'ai déjà dit, les leucocytes du lait perdent petit à petit leur propriété de réduire le bleu de méthylène quand le lait est chauffé à plus de 70° C. Il était donc intéressant, en liaison avec la question analogue traitée, de voir de plus près comment le pouvoir bactéricide du lait se tenait à cette température, puisque nous savons déjà que celui-ci a presque les mêmes limites de température que les leucocytes. Malheureusement, les essais résumés dans le tableau L n'ont pas donné d'indication précise, car les échantillons de lait employés se montrèrent être extraordinairement peu bactéricides. Nous rendons néanmoins compte de ces essais, parce qu'à cette occasion nous avons aussi déterminé la durée de coagulation du lait (exprimé en jours) à 22° C. à la fois immédiatement après la pasteurisation et après les 24 heures de repos à 5° C. Cette durée de coagulation est presque une mesure de la force vitale des bactéries lactiques et des bacilles du foin existant dans le lait. On voit maintenant que la conservation du lait est augmentée quand celui-ci reste 24 heures après la pasteurisation à 5° C. ; mais ce qui est remarquable, c'est que ceci est le plus souvent également exact, aussi bien pour le lait ayant subi la pasteurisation haute que pour celui ayant subi la pasteurisation basse. Le pouvoir bactéricide du lait ne semble ainsi pas entièrement détruit dans le lait qui a été chauffé à 80° C., même si généralement dans un tel lait il n'est plus en mesure de détruire les bactéries.

Nous avons en réalité montré que le pouvoir bactéricide du lait se compose de divers composants, mais nous conservons ces recherches pour un travail spécial.

J'ai montré, il y a déjà des années (voir ma bactériologie laitière) qu'il peut se produire dans le lait placé à basse température une augmentation active

(1) Dans les bains de boue, où la boue se compose souvent de terre d'infusoires ou d'autres produits chimiquement inactifs, la seule action thérapeutique de la boue est probablement qu'elle permet aux patients de supporter une plus forte température qu'ils ne le peuvent dans l'eau pure.

TABLEAU L

Chauffage	Lait pour enfants 2				Lait 2				Lait pour enfants 1				Lait 1			
	Immédiatement après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C		Immédiatement après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C		Immédiat. après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C		Immédiatement après pasteurisation		Après 24 heures à 5° C	
	Nombre de germes	Durée de coagul.	Nombre de germes	Dur. de coag.	Nombre de germes	Durée de coag.	Nombre de germes	Dur. de coag.	Nombre de germes	Durée de coag.	Nombre de germes	Dur. de coag.	Nombre de germes	Dur. de coag.	Nombre de germes	Durée de coag.
cru	190.000	1 1/2	490.000	2	150.000	1 1/4	2.000.000	3	27.400	1 1/4	600.000	3	7.000.000	1	37.000.000	2
63° C. pendant 30 min.	4.700	5		7												
68° » » 5 »	4.100	4	4.200	4	14.700	4	9.800	5	7.500	2	6.500	3	9.400	2	8.600	3
69° » » 5 »	2.600	4	2.100	4	13.000	3	10.200	3	6.600	2	5.200	3	7.600	2	7.000	3
70° » instantané	16.700	3	15.100	7	14.900	3	14.400	3	12.000	2	11.700	3	25.000	2	23.700	3
» » pendant 1 min.					13.600	2	13.200	3	14.400	3	11.200	3	16.000	2	15.900	3
» » » 2 »					13.100	2	12.900	4	9.700	3	9.600	3	10.400	2	11.500	3
» » » 5 »	2 2.00	5	3.000	8	11.100	3	11.100	4	6.200	2	6.300	3	7.400	2	9.500	3
75° » instantané	2.300	3	4.500	3	11.000	2	11.200	3	9.700	2	9.700	3	10.200	2	11.000	3
» » pendant 1 min.					8.800	2	9.000	3	9.100	2	9.100	3	9.600	2	9.900	3
80 » instantané	900	3	1.500	3	9.400	2	9.600	3	8.700	2	9.100	3	7.200	2	7.900	3
» » pendant 1 min.					6.200	2	6.300	3	5.200	2	5.400	3	6.200	2	6.400	3

de bactéries liquéfiant la gélatine, même si le nombre total des germes diminue. Le tableau LI montre maintenant inversement que même si le lait cru qui est conservé au froid montre une augmentation nette de bactéries (une augmentation de bactéries psychrophiles), il se produit tout de même dans ce lait une destruction importante des bactéries originales. Après pasteurisation, ce lait conservé à 5° C. contenait en effet — même après 3 fois 24 heures — moins de bactéries que ne contenait le même lait pasteurisé avant le repos. Même le dernier lait (lait pour enfants 1) était plus pauvre en germes après pasteurisation quand il était resté 3 fois 24 heures à 10° C. que quand il était pasteurisé immédiatement. Ceci n'est naturellement pas synonyme de meilleure qualité, car la saveur désagréable que produisent les bactéries fluorescentes, ne disparaît pas par la pasteurisation.

TABLEAU LI

Conservation avant pasteurisation	Lait 2		Lait pour enfants 2		Lait pour enfants 1	
	cru	68° C p. 5 min.	cru	68° C p. 5 min.	cru	68° C p. 5 min.
Immédiatement	930.000	4.000	230.000	3.000	610.000	11.000
5° C. pendant 24 heures	1.010.000	3.900	190.000	1.900	2.000.000	2.600
» » 48 »	2.000.000	1.600	500.000	1.800	12.000.000	3.300
» » 72 »	85.000.000	1.900	7.000.000	2.100	87.000.000	3.900
10° » 24 »	1.300.000	4.100	410.000	2.000	12.000.000	2.600
» » 48 »	25.000.000	4.300	8.000.000	3.600	72.000.000	3.900
» » 72 »	236.000.000	5.600	96.000.000	3.900	331.000.000	4.600

Dans ces essais, où le lait devait être conservé longtemps à l'état cru, on ne pouvait pas employer une température de conservation plus élevée que 10° C., car autrement on risquait que le lait ne se coagule avant ou en tout cas pendant la pasteurisation qui suivait. Au contraire, lors des essais résumés dans le tableau LII, où nous conservions le lait à l'état pasteurisé, on a très bien pu employer une température de conservation allant jusqu'à 20° C.

Ce tableau montre que quand le lait ayant subi la pasteurisation lente, au lieu d'être conservé à 5° C., l'est à 15° C. ou 20° C., une rapide augmentation de bactéries a déjà lieu au cours des premières 24 heures, mais si on conserve le lait 24 heures de plus — bien noter que c'est à 5° C. — le nombre des bactéries diminue à nouveau. On voit que le pouvoir bactéricide du lait n'est pas encore détruit dans le lait pasteurisé, après que celui-ci a été conservé 48 heures à 15° C. ou 24 heures à 20° C. *Dans tous les cas, nos essais indiquent que le pouvoir bactéricide du lait n'a pas un caractère spécialement instable.*

TABLEAU LII

Conservation après pasteurisation	Lait glacé avec 90.000 bactérie par cm ³ , pasteur. à 63° C pendant 30 minute		Lait pour enfants 1 avec 120.000 bact. par cm ³ , pasteurisé à 63° C pendant 30 minutes		Lait pour enfants 2 avec 110.000 bact. par cm ³ , pasteurisé à 63° C pendant 30 minutes		Lait doux 2 avec 320.000 bactéries par cm ³ , pasteurisé à 63° C pendant 30 minutes	
	Après la con- serva- tion in- diquée	Après une conser- vation ultr. de 24 h. à 5° C	Après la conser- vation indiquée	Après une conser- vation ultr. de 24 h. à 5° C	Après la con- serva- tion indiquée	Après une conser- vation ultr. de 24 h. à 5° C	Après la conser- vation indiquée	Après une conser- vation ultr. de 24 h. à 5° C
Immédiatement	2.600	500	3.200	700	2.500	700	6.100	1.500
15° C. pendant 24 h.	6.000	3.800	9.500	7.800	4.500	3.500	6.900	3.800
» » » 48 h.	6.500	3.700	12.000	9.700	6.500	3.900	8.000	4.700
20° » » 24 h.	9.000	4.300	12.500	10.000	5.200	3.600	13.000	7.200
» » » 48 h.	90.000	800.000	400.000	1.000.000	580.000	1.320.000	3.000.000	8.000.000

RÉSUMÉ.

1. — Le travail actuel est un complément de recherches antérieures relatives aux modifications physiques, chimiques et bactériologiques qui ont lieu dans le lait soumis à un chauffage court ou prolongé à des températures diverses. On a spécialement étudié la possibilité d'employer des méthodes de pasteurisation basse plus rapides (telle que 5 minutes de chauffage à 68° C.) au lieu de la pasteurisation lente généralement employée (30 minutes de chauffage à 63° C.) ; mais avant que ces procédés n'aient été utilisés pratiquement, nous n'osons pas recommander de méthode nouvelle.

2. — Nous avons réussi à montrer que l'albumine du lait qui se coagule entièrement à des températures entre 80° et 90° C., se solubilise à nouveau à des températures plus élevées sous forme d'albuminate. Sous cette forme, l'albumine se trouve aussi dans le lait cuit. La coagulation de l'albumine ainsi que sa nouvelle dissolution, ont lieu dans le sérum à des températures un peu inférieures à celles auxquelles elles ont lieu dans le lait.

3. — Nous avons établi une méthode plus précise pour la détermination de la proportion d'amylase du lait.

4. — La partie la plus importante de notre étude a été la recherche d'une réaction montrant si le lait a été soumis à la pasteurisation lente, et nous avons réussi à trouver une telle réaction, basée sur la diminution de la montée de la crème que le lait subit par la chaleur ; en outre, nous avons étudié particulièrement tous les facteurs qui agissent sur la montée de la crème du lait.

5. — La réaction *crémométrique* trouvée repose sur ce que la montée de la crème est facilitée dans le lait cru, mais retardée dans le lait ayant

été soumis à la pasteurisation lente par addition d'eau. Le rapport entre la couche de crème dans le lait étendu et le lait non étendu (calculé sur la même quantité de lait) est par conséquent plus grand que 1 dans le lait cru, mais inférieur à 1 dans le lait ayant été soumis à la pasteurisation lente. Par une dilution convenable avec de l'eau, on peut obtenir que le changement de rapport corresponde exactement au mode de chauffage employé pour la pasteurisation lente.

6. — La réaction s'exécute de la manière suivante : « Le lait qui doit être étudié est d'abord chauffé à 50° C. pendant 5 minutes, puis on en aspire avec une pipette respectivement 5 et 10 cmc. qu'on transvide dans deux crémo-butyromètres de HOYBERG. Les 5 cmc. de lait sont mélangés avec soin avec autant d'eau, et les deux échantillons de lait sont placés pendant deux heures dans de l'eau courante à 12°-15° C. : on note ensuite les épaisseurs des couches de crème. »

7. — Le traitement préliminaire sus-indiqué du lait (5 minutes de chauffage à 50° C.) est nécessaire pour faire disparaître la paresse de la montée de la crème due au froid. Les causes de cette paresse de la montée de la crème due au froid et de celle due à l'individualité de la vache sont discutées en détail.

8. — Il est montré que le facteur principal de la montée spontanée de la crème du lait est une agglutinine, qui fait se réunir en masses compactes les globules de matière grasse, ce qui fait qu'ils montent beaucoup plus rapidement qu'ils ne le font quand ils sont isolés. Cette agglutinine commence déjà à être détruite après $\frac{1}{2}$ heure de chauffage à 63° C. et est presque entièrement détruite par 5 minutes de chauffage à 68° C.

9. — L'agglutinine passe dans le sérum du lait et se précipite avec la fraction de globuline. Pour agir sur les globules gras, il faut toutefois encore un facteur qui passe aussi dans le sérum, mais qui ne se précipite pas avec la fraction de globuline ou d'albumine. Ce facteur est plus résistant à la chaleur que l'agglutinine, car il n'est détruit qu'à des températures supérieures à 90° C. Donc, puisque l'agglutination exige un complément, ce phénomène est peut-être à considérer comme une congulation.

10. — Le colostrum contient 5 à 10 fois autant d'agglutinine que le lait de vache ordinaire.

11. — Les sels du lait agissent pour retarder fortement l'agglutination des globules gras, et si la montée de la crème a lieu plus facilement dans le lait cru, quand on l'étend, la toute première cause de ce phénomène est qu'on diminue ainsi sa concentration saline.

12. — La viscosité du lait est par contre d'importance secondaire pour la montée de la crème, d'où il s'ensuit que le sérum ne laisse pas monter sa crème plus facilement que le lait et que, dans le mélange crème-eau, la crème ne se sépare pas du tout si on n'ajoute pas d'agglutinine, ainsi que son complément.

13. — Si dans le lait ayant subi la pasteurisation basse, l'addition d'eau agit pour retarder la montée de la crème, c'est parce que l'agglutinine est déjà, dans un tel lait, tellement détruite, qu'une nouvelle diminution de sa quantité n'est pas supportable.

14. — Dans le lait et dans le sérum qui contiennent de l'albumine coagulée, la présence de ce produit agit au plus haut degré pour faciliter la séparation de la crème. En ce qui concerne le lait, ceci n'est, du reste, exact que quand il est additionné d'eau.

15. — Un chauffage de 5 minutes à 68° C. détruit à peu près autant de bactéries qu'une demi-heure de chauffage à 63° C. Les bactéries de la tuberculose sont rendus inoffensives par les 2 méthodes de pasteurisation.

16. — Le nombre de bactéries qui survivent à la pasteurisation basse du lait dépend surtout de l'espèce à laquelle elles appartiennent, et est presque indépendant de la teneur en bactéries originale du lait. Le pour mille des survivants qui, pour la pasteurisation lente, varie entre 0,1 et 30 est, par conséquent, une mauvaise représentation de l'effectivité de la pasteurisation.

17. — La pasteurisation basse détruit pratiquement toutes les bactéries (à l'exception de certains microcoques) qui peuvent se développer à basse température, et le lait ayant été soumis à la pasteurisation basse se conserve par conséquent presque aussi bien que le lait ayant été soumis à la pasteurisation haute, si seulement on le maintient à basse température (5° C. ou en-dessous).

18. — Les pouvoirs bactéricides du lait sont bien plus aptes à résister qu'on ne le croit généralement. Ils ne sont ébranlés que par la pasteurisation haute et sont spécialement actifs dans le lait ayant subi la pasteurisation basse, de sorte que celui-ci conservé à 5° C. peut arriver à contenir beaucoup moins de bactéries que tout de suite après la pasteurisation. Comme dans les villes, il se passe toujours quelque temps avant que le lait pasteurisé ne soit vendu, cette circonstance n'est pas sans importance pratique.

19. — Les pouvoirs bactéricides du lait semblent se composer de plusieurs composants différents, et nous nous réservons de revenir sur cette question dans une étude spéciale.

(Fin)

(Traduction C. Wolf.)

Erratum : p. 623, lire avortement épizootique au lieu de jetage des veaux infectieux.