

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

- W. DORNER et A. WIDMER. — Rancissement du lait par l'homogénéisation 545
- K. E. WRIGHT et O. R. OVERMAN. — Action du cuivre, de l'acide lactique et de la température sur l'auto-oxydation de la matière grasse du beurre et du saindoux 564
- BENDANOU. — L'industrie beurrière chez les pasteurs nomades du Sud-Algérien .. 570
- G. BELLE. — Recherches sur la croissance des mammifères. — Ses relations avec la composition chimique du lait de la mère (*à suivre*) 580

Revue :

- G. GÉNIN. — La constitution physico-chimique de la poudre de lait desséché 589

Bibliographie analytique :

- 1^o Livres 597
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 602
- 3^o Brevets 625

Bulletin bibliographique :

- 1^o Livres 627
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 630
- 3^o Brevets 635

Documents et informations :

- M. BEAU. — La situation laitière 636
- Ch. PORCHER. — La crise actuelle et le lait 641
- Le soin du lait à la maison 655
- La consommation du lait dans les écoles à Paris 661
- Les nouveaux appareils en laiterie. — XII. — Le meuble réfrigérant 670
- Le marché du lait en Angleterre 672
- Une nouvelle affiche pour le lait 678
- Une exposition de produits laitiers à la gare Saint-Lazare . 679
- La consommation quotidienne du lait ici et là 682
- Une notice pour le lait du « Service de santé » de la ville de Chicago 691
- Pourquoi les enfants doivent-ils boire du lait pendant la récréation 693
- Au Chili 694
- Dans l'« Animateur des temps nouveaux » 696
- Les précieux services que peut rendre l'inspection des étables 697
- Aux Etats-Unis 699
- Le professeur Ch. Porcher en Roumanie 700
- A la Chambre des Députés 701
- La répression des fraudes en Suisse 702
- Une nouvelle Association des coopératives laitières 703

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

RANCISSEMENT DU LAIT PAR L'HOMOGENÉISATION

par le Dr W. DORNER et A. WIDMER, ingénieur-agronome
du laboratoire de l'Établissement fédéral d'industrie laitière et de bactériologie
à LIEBEFELD-BERNE.

Directeur : M. le Prof. Dr R. BURRI.

A. INTRODUCTION.

Au cours de certaines recherches, nous avons fait l'observation

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

que du lait cru devient distinctement rance peu d'heures après avoir été soumis à l'homogénéisation. Cette observation nous a paru inédite et nous n'avons trouvé aucune indication à ce sujet dans la littérature. Il se peut que ce manque d'information soit dû au fait que les machines à homogénéiser le lait sont dans la règle aux mains d'entreprises commerciales qui ne publient pas leurs expériences. L'observation relatée plus haut paraissant présenter un certain intérêt et promettant de faire avancer notre connaissance du lait, nous avons décidé de l'étudier d'un peu plus près. Nous tenons à remercier ici M. le Prof. A. PETER, directeur de l'Ecole de laiterie de Rütli-Zollikofen, qui a bien voulu nous permettre d'utiliser la machine à homogénéiser de son institution.

B. EXPÉRIENCES ET OBSERVATIONS.

Observation fondamentale.

Du lait cru devient rance peu de temps après l'homogénéisation. — Lorsqu'on homogénéise du lait cru peu d'heures après la traite, il devient dans la règle distinctement rance d'un quart d'heure à deux heures après l'opération. L'acidité du lait augmente en même temps que la rancidité. L'emploi d'homogénéisateurs à pointe d'agate ou de métal donne le même résultat.

1^{re} Expérience.

Influence de la température du lait à l'homogénéisation sur la rancidité. — Du lait tenu 24 h. à 5° C. et homogénéisé à cette température ne devient pas rance. Si, par contre, ce lait est chauffé à 40° avant l'homogénéisation, il prend rapidement un goût et une odeur rances.

Du lait fraîchement trait rancit même s'il est homogénéisé à 5° C. L'explication de cette observation curieuse est la suivante : L'homogénéisation ne se fait réellement que si la graisse du lait est liquide. C'est le cas pour du lait refroidi, mais trait depuis peu de temps, parce que la graisse reste assez longtemps à l'état de surfusion. C'est aussi le cas pour du lait chauffé à 40° C. Dans du lait tenu à basse température pendant longtemps, la graisse est, au contraire, à l'état solide. Par conséquent, l'homogénéisation ne se fait pas et la rancidité manque. L'examen microscopique du lait qui a passé à la machine à homogénéiser prouve que tel est le cas. Dans toutes les expériences qui suivent, le lait a été porté à 40° C. avant l'homogénéisation.

2^e Expérience.

Influence de la pression à l'homogénéisation sur le rancissement du lait. — Du lait de mélange cru est homogénéisé à différentes pressions. Il en a été de même pour le lait des vaches *Lerch* et *Nuggi*,

Après l'homogénéisation, le lait a été conservé à 20° C. environ. Les résultats de cette expérience sont rassemblés dans le tableau I. L'acidité est indiquée en degrés Dornic, soit en 1/10 de grammes d'acide lactique par litre.

TABLEAU I.

Influence de la pression à l'homogénéisation sur le rancissement du lait.

Désignation du lait	Pression à l'homogénéisation en atmosphères	Rancidité après			Acidité en degrés Dornic après		
		1 h. 1/2	7 h. 1/2	33 h.	1 h. 1/2	7 h. 1/2	33 h.
De mélange	témoin 0	— (1)	—	—	15,9	16,3	16,8
	50	—	+	++	15,9	17,7	18,2
	100	+	++	+++	17,2	18,6	20,0
	150	++	+++	++++	17,7	19,5	21,8
	200	++	+++	++++	17,2	20,0	20,9
Lerch	50	+	++	++	15,0	16,8	17,7
	200	++	+++	++++	15,0	17,2	19,1
Nuggi	50	—	—	+	8,9	9,1	9,5
	200	—	—	++	10,4	11,8	13,2

(1) Le signe — indique que le lait n'est pas rance. Nous avons cherché à exprimer le degré de rancidité par le nombre de +.

Les résultats du tableau I indiquent clairement que la rancidité du lait augmente avec la pression appliquée lors de l'homogénéisation. Dans toutes les expériences qui suivent, l'homogénéisation a donc été faite à 200 atmosphères. Les microphotographies, correspondant aux laits de mélange du tableau I, prouvent aussi que la rancidité est d'autant plus forte que les globules gras sont plus petits.

3^e Expérience.

Le rancissement est-il influencé par le refroidissement du lait après l'homogénéisation ? — Du lait homogénéisé a été refroidi à 2°-5° C. immédiatement après cette opération et maintenu à cette température. Un lait témoin n'a pas été refroidi et est resté à la température du laboratoire. Les résultats de deux essais de ce genre sont rapportés au tableau II.

MICROPHOTOGRAPHIES DE LAITS HOMOGÉNÉSÉS
A DIFFÉRENTES PRESSIONS.

Préparations à la nigrosine, grossissement 500 fois.

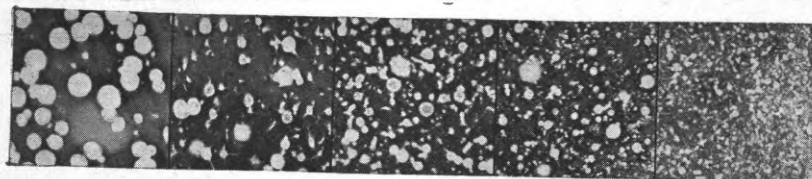


Photo Dr W. Staub.

Pression en atmosphères

0

50

100

150

200

TABLEAU II.

Influence de la température sur le rancissement du lait.

Traitement du lait	Acidité en degrés Dornic après					Rancidité après			
	0 h.	8 h.	9 h.	26 h.	51 h.	8 h.	9 h.	26 h.	51 h.
Essai N° 1 :									
Lait refroidi	15,9	16,3		17,7	20,0	—		+	+++
Lait refroidi puis mis à 20° C. après 8 h.	15,9	16,3	18,2	21,8	—	—	+	+++	
Lait non refroidi	15,9	20,9	—	—	—	+++		+++	
Essai N° 2 :					72 h.				72 h.
Lait refroidi	16,3	16,3	—	19,1	20,9	—		++	+++
Lait non refroidi	16,3	20,0	—	—	—	+++			

Ces expériences prouvent clairement que le rancissement progresse bien plus lentement dans le lait refroidi que dans le lait tenu à la température du laboratoire. Si la température du lait homogénéisé est maintenue au-dessous de 5° C., il faut au moins 24 h. pour obtenir le degré de rancidité que l'on trouve après 30 à 60 minutes dans le même lait non refroidi après l'homogénéisation. En conséquence, dans toutes les expériences qui suivent, le lait a été maintenu à la température du laboratoire après l'homogénéisation.

4^e Expérience.

Le lait de toutes les vaches devient-il rance après homogénéisation ? — Un litre du lait de la traite du soir de chaque vache a été mis à la glacière, puis homogénéisé le lendemain matin. L'acidité du lait a été déterminée avant l'homogénéisation, 3 h. et 7-8 h. après. Les laits ont été dégustés après 7-8 h. Les résultats de ces recherches sont rapportés dans les tableaux III et IV.

Les résultats des tableaux III et IV démontrent que, sans exception, le lait de 40 vaches, prises au hasard, est devenu rance après homogénéisation. Par contre, le degré de rancidité atteint par le lait des différentes vaches varie grandement. En effet, le lait d'une vache (Nuggi, au tableau I) n'est devenu rance qu'après 33 h. tandis que le lait d'autres sujets était déjà distinctement rance 15 minutes après l'homogénéisation. Il est intéressant de noter que dans la grande majorité des cas le degré de rancissement constaté à la dégustation correspondait à l'augmentation en acidité. Plus le goût du lait était rance, plus l'acidité avait augmenté. Les quelques cas dans lesquels cette règle s'est trouvée fautive portent sur des laits particulièrement

TABLEAU III.
Effet de l'homogénéisation sur les laits individuels.
 Echantillons de l'étable N° 1.

Nom de la vache	Acidité en degrés Dornic				Rancidité 7 h. après l'homogénéisation
	avant l'homog.	3 h. après	7 h. après	augmen- tation en 7 h.	
Baron	14,5	18,2	22,7	8,2	+++
Baron U	15,0	19,1	23,6	8,6	+++
Falk	15,4	18,6	23,2	8,4	+++
Adler	13,2	19,5	22,3	9,1	+++
Amsel	15,9	19,1	23,2	7,3	+++
Wachtel	19,5	21,4	25,5	6,0	++
Gritli	16,3	18,6	21,4	5,1	++
Star	13,2	15,4	17,7	4,5	++
Mädi	15,0	18,2	20,0	5,0	++
Hirsch	15,0	17,7	20,9	5,9	++
Hirz	14,1	16,8	19,5	5,4	++
Wirtli	18,2	21,4	25,5	7,3	++
Mizza	15,4	17,7	20,4	5,0	++
Mai	14,5	18,2	21,4	6,9	++
Junker	17,3	19,1	21,8	4,5	++
Schägg	14,5	16,8	19,1	4,6	++
Rosi	16,3	19,1	23,6	7,3	++
Türck	14,1	16,3	18,6	4,5	+
Bär	13,6	15,0	17,7	4,1	+
Flori	13,6	15,4	15,9	2,3	+
Schwalbe	13,2	15,9	16,3	3,1	+

doux. Il semble que la douceur du lait arrive, dans une certaine mesure, à couvrir la rancidité.

En comparant la rancidité du lait avec le temps nécessité pour la décoloration du bleu de méthylène formolé, il semble qu'il n'existe aucune relation entre la teneur du lait en enzyme de Schardinger et sa faculté de devenir rance.

5^e Expérience.

Y a-t-il une relation entre le degré de rancidité atteint par le lait après homogénéisation et sa faculté de coaguler à l'addition de présure ? — La raison pour laquelle nous nous sommes posé cette question, découle d'une observation faite au cours de la 2^e expérience, où il a été démontré que le lait de la vache Nuggi ne rancit que lentement et faiblement. Or, il était établi que le lait de cette vache coagule d'une manière très paresseuse à l'addition de présure. D'autre part,

TABLEAU IV.

Effet de l'homogénéisation sur les laits individuels.

Echantillons de l'étable N° 2.

Nom de la vache	Acidité en degrés Dornic			Décoloration du bleu de méthylène formolé (Scharldinger) par le lait non homogénéisé	Grandeur des globules gras	Rancidité après 8 h.
	avant l'homogénéisation	8 h. après	augmentation en 8 h.			
Vera	13,2	25,9	12,7	1'37''	normale	+++
Leu	18,2	29,6	11,4	2'37''	»	+++
Dori	13,6	24,5	10,9	2'42''	»	+++
Zusi	14,5	24,1	9,6	—	»	+++
Wanda	17,3	26,8	9,5	4'38''	»	+++
Olga	14,1	21,8	7,7	3'22''	plus grands	++
Fürst	15,9	23,2	7,3	3'04''	normale	+++
Quintli	16,8	23,6	6,8	3'41''	plus grands	++
Carmen	16,3	22,7	6,4	3'36''	»	++
Lerch	14,1	20,4	6,3	2'25''	normale	++
Tubi	16,3	22,7	6,4	2'23''	»	+++
Flora	13,6	20,0	6,4	1'57''	»	++
Drossel	15,9	21,8	5,9	3'40''	»	+++
Gritli	13,6	19,1	5,5	3'33''	plus grands	++
Nixe	13,2	18,6	5,4	2'38''	normale	++
Berna	17,3	22,7	5,4	4'32''	»	+++
Gäbel	13,2	18,2	5,0	—	»	++
Drusa	18,2	22,7	4,5	4'27''	»	++

KOESTLER, ROADHOUSE et LOERTSCHER (1) ont prouvé qu'au contraire le lait de certaines vaches qui devient rance sans homogénéisation, coagule très rapidement par la présure. Ces faits suggéraient l'hypothèse que du lait, sans cela normal mais coagulant difficilement à l'addition de présure, ne doit pas rancir rapidement après homogénéisation. Afin de mettre cette hypothèse à l'épreuve, nous avons soumis à l'homogénéisation un lait normal, mais ne coagulant pas par la présure. Sept heures après l'opération, le lait était fortement rance. Son acidité avait augmenté de 15° à 23°6 Dornic. Il semble donc qu'il n'existe pas de relation directe entre la faculté du lait de coaguler par la présure et celle de devenir rance après homogénéisation.

6^e Expérience.

Y a-t-il une relation entre la réaction du lait et sa faculté de rancir après homogénéisation? — Le rancissement lent et faible du

(1) KOESTLER G., ROADHOUSE C. L. & LOERTSCHER W., *Landw. Jahrbuch der Schweiz* 1928, p. 937.

lait de la vache *Nuggi* (2^e expérience), qui présente en même temps un degré d'acidité extrêmement bas (8°9), pouvait faire supposer que du lait neutralisé ou alcalinisé ne rancit pas du tout ou rancit lentement. Afin d'examiner cette question, des quantités croissantes de soude caustique $\frac{n}{4}$ et d'acide chlorhydrique 2 n ont été ajoutées à du lait de mélange, qui a été homogénéisé ensuite. Les résultats de cet essai sont rapportés dans le tableau V.

TABLEAU V.

Influence de la réaction du lait sur le rancissement après homogénéisation.

Traitement du lait	Acidité en degrés Dornic				Rancidité après		
	avant l'homog.	2 h. après	7 h. après	augmen- tation en 7 h.	2 h.	7 h.	24 h.
Témoin sans addition	15,9	20,4	20,9	5,0	++	+++	++++
60 cm ³ de soude $\frac{n}{4}$ par litre	4,5	10,0	12,3	7,8	+	+++	++++
70 cm ³ de soude $\frac{n}{4}$ par litre	2,2	9,0	12,3	10,1	+	+++	++++
100 cm ³ de soude $\frac{n}{4}$ par litre	— 4,2 ¹	0,0	3,6	7,8	+	+++	++++
10 cm ³ de HCl 2n	22,7	23,0	24,7	2,0	—	—	+
15 cm ³ de HCl 2n	30,4	30,9	30,9	0,5	—	—	—
20 cm ³ de HCl 2n	36,4	36,4	36,4	0,0	—	—	—

¹ Degrés d'alcalinité correspondant aux degrés d'acidité selon Dornic.

De cette expérience, il découle clairement qu'entre la faculté au rancissement du lait après l'homogénéisation et sa réaction, il existe une relation bien marquée. Seulement, elle ne joue pas dans le sens qui paraissait probable tout d'abord. C'est du côté acide que le rancissement est empêché ou retardé et non du côté alcalin. Le rancissement lent et faible du lait de la vache *Nuggi* ne se produit pas par suite de la réaction anormale de ce lait.

7^e Expérience.

Les bactéries jouent-elles un rôle dans le rancissement du lait après homogénéisation ? — Etant donné que la majorité des bactéries de la mamelle sont douées d'un pouvoir lipolytique marqué, il ne serait pas surprenant que ces dernières jouassent un rôle dans le rancissement du lait. Nous avons fait un certain nombre

d'essais dans le but d'examiner cette possibilité. Dans le premier essai, du lait stérilisé, contenu dans 3 matras, a été traité de la manière suivante :

Matras n° 1. — Témoin sans ensemencement.

Matras n° 2. — A reçu les bactéries, qui se sont développées en 10 jours à la surface de 2 tubes d'agar penché ensemencés de lait qui avait ranci à l'homogénéisation.

Matras n° 3. — A reçu 3 grandes anses d'une culture de corynebactéries lipolytiques.

Les matras ont été placés à 20° C. pendant 48 h., pour permettre aux bactéries de se développer. Leur contenu a été ensuite soumis à l'homogénéisation. Aucun des trois échantillons de lait n'était rance 30 h. plus tard. Le lait, spécialement celui du matras n° 2, était très mauvais, mais ne présentait pas trace de rancidité. Par conséquent, nous croyons que les bactéries ne sont pas la cause du rancissement du lait étudié dans ce travail.

Un autre fait de nature à soutenir cette opinion, est le suivant : Du lait trait et homogénéisé aussi aseptiquement que possible (la machine à homogénéiser était remplie d'alcool à 70 %, 12 h. avant l'emploi, et rincée à l'eau bouillante pour éloigner l'alcool avant qu'on s'en serve) qui contenait moins de 10.000 bactéries au cm³ est devenu rance aussi rapidement que du lait traité à la manière ordinaire.

L'expérience cruciale, qui démontre formellement que les bactéries ne jouent aucun rôle, est la suivante :

Deux échantillons de lait, dont l'un avait été homogénéisé et l'autre non, ont reçu environ 2 gr. par litre de thymol. Etant donné l'impossibilité de procéder à la dégustation de ces laits, seule la détermination de l'acidité a servi de critérium pour mesurer l'intensité du rancissement. Les résultats sont indiqués ci-après, au tableau VI.

TABLEAU VI.

Rancissement du lait, le développement microbien étant entravé par le thymol.

Traitement du lait	Acidité en degrés Dornic			
	0 h.	8 h.	26 h.	33 h.
Homogénéisé	15,9	20,9	23,6	24,7
Non homogénéisé	15,9	16,3	16,3	16,8

Il s'ensuit que les bactéries ne jouent pas de rôle dans le rancissement du lait après homogénéisation.

Les faits rapportés à la 3^e expérience peuvent être interprétés de

la même manière. Lorsque du lait rancit en 26 h. à une température de moins de 5° C. et que sa teneur bactérienne est tout le temps au-dessous de 10.000 par cm³, on peut admettre que les bactéries n'y sont pour rien.

8^e Expérience.

L'agent du rancissement est-il détruit par la chaleur ? — Trois échantillons de lait ont été traités comme suit :

- N° 1. — Homogénéisé seulement.
- N° 2. — Homogénéisé, puis bouilli immédiatement.
- N° 3. — Bouilli, puis homogénéisé.

Seul l'échantillon n° 1 est devenu rance. Il en découle que l'agent du rancissement peut être détruit par la chaleur.

9^e Expérience.

A quelle température et après combien de temps l'agent du rancissement est-il détruit ? — Afin de répondre à cette question, du lait a été chauffé à différentes températures par injection de vapeur. Le lait y a été maintenu pendant un temps variable en utilisant un bain d'eau de température adéquate. Ensuite, le lait était refroidi immédiatement à 40° C. environ en le versant dans un grand récipient froid en métal. De cette manière, le chauffage et le refroidissement prenaient chacun moins d'une minute. Le chauffage du lait sur la flamme aurait pris au moins 15 minutes et aurait faussé complètement les résultats. Les résultats obtenus dans cette expérience sont rapportés au tableau VII. Le lait employé pour cet essai était un lait de mélange de la ferme de Liebefeld. Des expériences conduites avec des laits individuels ont prouvé que, là aussi, la destruction de l'agent du rancissement se fait selon la même règle.

Du tableau VII, il découle que l'agent du rancissement est détruit à des températures relativement basses. Même la plus basse des températures essayées, 50° C., a eu un effet retardateur marqué.

10^e Expérience.

Le lait chauffé à 75° peut-il devenir rance par addition de lait cru ? — Du lait, tenu à 75° pendant 5 minutes, refroidi, puis homogénéisé a été mis dans des matras à raison de 200 cm³ par unité, puis additionné de différentes quantités de lait cru. Un échantillon du même lait cru a été homogénéisé comme témoin. Les résultats sont rapportés au tableau VIII.

Cet essai prouve que de faibles quantités de lait cru rendent à du lait chauffé la faculté de devenir rance. Il est probable que cette action est d'ordre quantitatif. Ce n'est pas, semble-t-il, une régénération de la faculté du lait chauffé de rancir. C'est simplement la

TABLEAU VII.
Influence de la chaleur sur l'agent du rancissement.

Chauffage		Rancidité après		
Degrés C.	Minutes	0 h.	6 h.	30 h.
Tém. non chauff.		—	+++	++++
50	30	—	+	++
53	30	—	—	+
55	30	—	—	—
56	30	—	—	—
57	30	—	—	—
58	30	—	—	—
60	30	—	—	—

50	20	—	+	+
55	20	—	—	—
56	20	—	—	—
57	20	—	—	—
58	20	—	—	—
59	20	—	—	—

55	10	—	—	++
58	10	—	—	+
59	10	—	—	—
60	10	—	—	—
63	10	—	—	—

61	5	—	—	+
63	5	—	—	—
65	5	—	—	—
75	5	—	—	—

61	1	—	+	++
65	1	—	+	++
70	1	—	—	—
75	1	—	—	—
80	1	—	—	—
85	1	—	—	—
90	1	—	—	—

quantité de l'agent du rancissement ajoutée avec le lait cru qui fait sentir son action.

11^e Expérience.

Du lait chauffé à 75° C. peut-il devenir rance par addition de petit-lait ? — Il se pourrait que l'agent du rancissement soit contenu

TABLEAU VIII.

Influence de l'addition de lait cru à du lait chauffé et homogénéisé.

Désignation du lait	Rancidité après		
	0 h.	6 h.	30 h.
Lait chauffé, témoin.	—	—	—
» » avec 1 % de lait cru	—	—	+
» » avec 5 % »	—	—	+
» » avec 10 % »	—	+	+
» » avec 20 % »	—	+	+
Lait cru, témoin.	—	+++	+++

dans le petit-lait et que par conséquent un mélange de lait chauffé et de petit-lait devienne rance. Afin d'étudier cette question, du lait a été tenu à 75° C. pendant 5 minutes. Une partie de ce lait a été homogénéisée, puis mélangée dans la proportion de 1 : 1 avec du petit-lait. Pour d'autres échantillons, l'addition de petit-lait a eu lieu avant l'homogénéisation. Cette expérience a été faite avec deux sortes de petit-lait, à savoir : du petit-lait résultant de la préparation du fromage d'Emmental, et du petit-lait de fromage maigre centrifuge. Le premier a été porté 55 minutes à 53° C. durant la fabrication du fromage. Il est donc probable que là aussi, l'agent du rancissement ait été détruit. Le petit-lait du fromage maigre a été chauffé à 43° seulement, et pourrait, le cas échéant, contenir l'agent du rancissement à l'état actif.

Les résultats ont été négatifs sur toute la ligne. Le rancissement n'est intervenu dans aucun cas. Donc le petit-lait ne contient pas l'agent du rancissement.

12^e Expérience.

Du lait chauffé à 75° C. devient-il rance par addition de lait écrémé cru ? — Cette expérience a été conduite exactement comme la précédente, le petit-lait étant remplacé par du lait écrémé à la centrifuge. Les résultats sont rapportés au tableau IX.

Les résultats de cette expérience sont concluants : le lait écrémé contient l'agent du rancissement.

13^e Expérience.

La crème crue devient-elle rance après homogénéisation comme le lait ? — Cette expérience a été conduite avec trois sortes de crème, à savoir :

1° de la crème montée sur les baquets de lait restés 12 h. au repos ;

2° de la crème centrifuge de petit-lait de fromage d'Emmental et

TABLEAU IX.

Influence de l'addition de lait écrémé cru à du lait chauffé homogénéisé.

Genre de lait	Acidité en degrés Dornic après					Rancissement après			
	0 h.	2 h.	8 h.	24 h.	aug- men- tation en 24 h.	0 h.	2 h.	8 h.	24 h.
Lait entier cru témoin	15,9	20,0	23,2	30,5	14,6	—	++	+++	++++
Lait écrémé cru tém. . .	14,5	14,1	13,6	13,6	— 0,9	—	—	—	—
Lait entier chauff. tém.	15,6	15,6	15,8	16,2	0,6	—	—	—	—
Lait chauffé + lait écrémé cru mélangés 1 : 1 avant l'homogénéisation	15,0	16,8	17,2	20,9	5,9	—	+	++	+++
Les mêmes mélangés 1 : 1 après l'homogénéisation	15,0	16,3	17,2	19,5	4,5	—	+	++	+++

3° de la crème centrifuge de petit-lait de fromage de Münster.

Ces différents échantillons de crème ont été traités comme il est indiqué pour le lait. Les résultats sont rapportés au tableau X.

TABLEAU X.

Influence de l'homogénéisation sur le rancissement de la crème.

Genre de crème	Acidité en degrés Dornic après					Rancidité après			
	0 h.	2 h.	8 h.	24 h.	aug- men- tation en 24 h.	0 h.	2 h.	8 h.	24 h.
Crème des baquets .	18,1	20,0	25,5	30,5	12,4	—	+	+	++
Crème de petit-lait de fromage d'Em- mental	6,3	6,3	7,7	8,2	1,9	—	—	—	—
Crème de petit-lait de fromage de Münster	10,4	10,5	11,1	12,5	2,1	—	—	—	—

Il découle clairement de cette expérience que la crème de lait rancit tandis que les deux sortes de crème de petit-lait ne rancissent pas après homogénéisation. Le fait que la crème de petit-lait résultant de la fabrication de fromage de Münster ne rancit pas est très important. Si, pour la crème de petit-lait de fromage d'Emmental qui a été chauffé à 54° C. pendant une heure, une réaction négative n'est

pas étonnante, il en est autrement pour la crème du Münster qui a été chauffé à 37° C. seulement. Cette réaction négative de la crème de petit-lait du fromage de Münster signifie que la graisse du lait ne contient pas l'agent du rancissement. Elle confirme, en outre, les résultats de l'expérience 11^e, selon lesquels le petit-lait ne contient pas non plus cet agent.

14^e Expérience.

Le colostrum devient-il rance comme le lait après homogénéisation ? — Un échantillon de colostrum provenant d'une vache ayant vêlé 48 h. auparavant a été soumis à l'homogénéisation. Ce lait était jaunâtre et présentait, à l'état frais, une acidité de 27°2. Trois heures après l'homogénéisation, le degré d'acidité était de 30° et le lait était faiblement rance. Après 8 h., le lait était fortement rance et présentait une acidité de 35°9 Dornic. Le colostrum devient donc rance tout comme le lait normal. Cette constatation est intéressante si l'on considère que le lait qui devient rance sans homogénéisation est généralement produit par des vaches se trouvant vers la fin de la période de lactation. Le rancissement de cet échantillon de colostrum est encore intéressant à cause de l'acidité initiale de ce dernier. Il a été démontré en effet, à l'expérience n° 6, que du lait présentant une acidité initiale de 22°7 Dornic ne rancissait que très lentement. Vu qu'il s'agissait là d'un lait additionné d'acide chlorhydrique, il est probable qu'il présentait un pH beaucoup plus bas que celui du colostrum qui a ranci.

15^e Expérience.

Le lait naturellement rance se comporte-t-il comme du lait ordinaire à l'homogénéisation ? — On remarque assez fréquemment que le lait de certaines vaches a une odeur distinctement rance peu de temps après la traite. Contrairement aux laits qui deviennent rances après homogénéisation, c'est surtout l'odeur et non le goût qui est rance. Nous nous sommes demandé si un tel lait deviendrait plus fortement et plus rapidement rance après homogénéisation. L'expérience a prouvé que tel n'était pas le cas. Le lait rance dès le commencement est devenu fortement rance au bout de 24 h. Sa rancidité n'était cependant pas supérieure à celle qu'on trouve dans les laits ordinaires. Une observation du plus haut intérêt a été faite au cours de cette expérience : le lait témoin, non homogénéisé, ainsi qu'un échantillon porté 5 minutes à 70° C. immédiatement après homogénéisation sont devenus rances distinctement au cours de 24 h. Leur rancidité était cependant d'un autre genre que celle obtenue par l'homogénéisation de laits crus. C'était une rancidité aromatique ne rappelant en rien la rancidité âcre et amère des laits homogénéisés. De cette expérience, il découle qu'il existe peut-être deux espèces de rancidité bien diffé-

rentes. L'agent de l'une serait très sensible à la chaleur, tandis que l'agent de l'autre y résisterait relativement bien. De même, l'action de ce dernier donnerait de préférence naissance à des produits volatils, tandis que le premier attaquerait la graisse tout entière. Le temps nous a manqué pour pousser cette question plus à fond.

16^e Expérience.

L'oxygène dissous dans le lait joue-t-il un rôle dans le rancissement du lait par homogénéisation ? — Cette question s'est posée à la suite des résultats obtenus à l'expérience 9. La température très basse à laquelle l'agent du rancissement est détruit nous a fait supposer un moment que ce rancissement n'était autre qu'un effet de l'oxygène, qui ne se fait plus dans du lait chauffé parce que le chauffage l'en chasse en plus grande partie.

Une expérience très simple devait prouver si tel était le cas. 4 matras de verre épais, contenant chacun 1 litre de lait, furent placés dans un bain d'eau à 40° C. Par l'effet du vide produit par une trompe à eau, le lait de ces matras a été amené à l'ébullition pendant 30 minutes pour éloigner l'air dissous aussi complètement que possible. Le lait fut ensuite homogénéisé, puis amené à l'ébullition pendant 2 h. comme précédemment, immédiatement après l'homogénéisation. Les matras ont été bouchés afin d'y maintenir un vacuum très grand et n'ont été ouverts que 4, 24 et 30 h. plus tard. Un témoin a été homogénéisé à la manière usuelle. Le résultat de cet essai a été très concluant. Même tenu à l'abri de l'air et après en avoir évacué tout l'oxygène par l'ébullition prolongée dans le vacuum, le lait était rance distinctement après 4 h. et fortement après 24 et 30 h. L'acidité du lait avait passé respectivement de 15,9 à 19,1, 26,5 et 30°9 Dornic. Le témoin homogénéisé avait ranci fortement et présentait à peu près le même degré d'acidité que le lait maintenu à l'abri de l'air. Le témoin non homogénéisé avait une acidité de 16,8 au bout de 30 h.

Un autre essai, conduit d'une manière analogue mais dans lequel tout contact avec l'air a été évité en saturant à basse température le lait évacué avec du gaz CO² et en recueillant le lait dans une atmosphère de gaz carbonique à sa sortie de la machine à homogénéiser, a donné un autre résultat. Ce lait n'est pas devenu rance même après 24 h. Le degré d'acidité que présentait ce lait à l'origine permet d'expliquer ce phénomène. De l'expérience 6, il ressort que du lait acide rancit beaucoup plus lentement. Or, le lait saturé d'acide carbonique avait une acidité de 50° Dornic, soit plus du double de l'acidité initiale relevée à l'expérience 6. Il est donc compréhensible que ce lait ne soit pas devenu rance.

C. DISCUSSION DES RÉSULTATS.

Les résultats des expériences décrites plus haut appellent encore

quelques commentaires. On doit se poser tout d'abord la question : Quelle est la cause du rancissement du lait après homogénéisation ? Nous pensions d'abord que le rancissement pourrait être causé par des sels métalliques provenant de l'homogénéiseur. Cette hypothèse a dû être écartée, parce que du lait chauffé ne rancit pas. Nous avons établi à l'expérience 7 que le rancissement étudié dans ce travail ne saurait provenir d'une action microbienne. Nous avons également établi dans l'expérience 16 qu'il ne s'agissait pas d'un phénomène où l'oxygène de l'air avait part.

Il faut donc admettre, étant donné encore la thermolabilité de l'agent du rancissement, que ce dernier est causé par une lipase sécrétée par la mamelle. Les expériences de RICE et MARKLEY (1), ainsi que celle de NAIR (2), ont du reste établi que le lait contenait toujours une lipase susceptible d'en occasionner le rancissement. Seulement, dans leurs expériences, il fallait attendre plusieurs jours et même des mois pour que la rancidité devienne manifeste. Nos expériences confirment donc celles de RICE. Il reste encore un point obscur : Pourquoi le lait rancit-il plus vite après homogénéisation que lorsqu'il n'est pas soumis à cette opération ? L'effet de l'homogénéisation est de réduire la grandeur des globules gras du lait. Or, toute réduction du diamètre des corpuscules, le volume total restant le même, entraîne nécessairement une augmentation de la surface. Dans le cas qui nous occupe, la surface de la graisse après homogénéisation peut être de 10 à 30 fois plus grande que celle de la graisse du lait non homogénéisé. *La surface de la graisse étant plus grande dans le lait homogénéisé, la lipase pourra l'attaquer d'autant mieux.* C'est là l'hypothèse que nous émettons pour expliquer le rancissement rapide du lait homogénéisé. Les résultats des expériences 1 et 2 sont entièrement de nature à la confirmer. Mieux l'homogénéisation se fait, plus les globules gras sont ténus, plus vite le rancissement intervient. En principe, l'homogénéisation ne ferait qu'accélérer grandement un processus qui se produit dans tout lait conservé cru. L'augmentation d'acidité dans un tel lait empêche cependant la rancidité de devenir manifeste assez tôt pour qu'on l'observe. Le lait se gâte avant qu'il ait eu le temps de devenir rance. Nous ne savons pas si l'augmentation de la surface de la graisse du lait telle qu'elle est réalisée par l'homogénéisation est suffisante pour motiver entièrement la rapidité du rancissement. Des recherches plus poussées devront établir s'il n'existe pas là une sorte d'autocatalyse de l'action de la lipase.

Une autre question importante se pose : La lipase est-elle soluble

(1) Frank E. RICE & Alton L. MARKLEY : *Journal of Dairy Science* V (1922), p. 64.

(2) John H. NAIR : *Ind. & Eng. Chemistry* 22 (1930), pp. 42-45. — *Analysé in Chem. Zentralblatt*, 1930, I, p. 2180.

dans la graisse du lait, dans le sérum, ou accompagne-t-elle l'albumine ou la caséine ? Les expériences n^{os} 11, 12 et 13 jettent quelque lumière sur ce point. A l'expérience n^o 11, nous avons établi que le petit-lait, même provenant de fromage chauffé au maximum à 43° C., ne pouvait transmettre la faculté du rancissement à du lait homogénéisé et chauffé. Nous en tirons la conclusion que la lipase n'est attachée ni à l'albumine ni à la globuline et qu'elle n'est pas dissoute dans le sérum du lait. De l'expérience n^o 2 découle que la lipase ne saurait être en solution dans la graisse du lait. Si tel était le cas, l'homogénéisation n'aurait pas d'effet, car la lipase, étant contenue dans la graisse, agirait aussi vite dans de gros globules que dans des petits. L'influence de l'homogénéisation semble permettre la conclusion que la lipase se trouve hors des globules gras. L'expérience n^o 13 parle dans le même sens. Si la lipase était soluble dans la graisse, la crème centrifuge de petit-lait de fromage de Münster aurait ranci. L'expérience 12 permet de situer la lipase dans le lait. Puisqu'elle n'est ni dans la graisse ni dans les composants du petit-lait, la lipase doit accompagner la caséine. C'est ce que prouve l'expérience n^o 12. Le lait écrémé rend du lait chauffé et homogénéisé rance. Il ne contient plus guère de graisse et a une seule chose en plus de ce que contenait le petit-lait : la caséine. Donc la lipase accompagne la caséine (1).

Quelle est maintenant la signification des divers faits établis dans le travail qui précède ? Au point de vue méthodique, il y en a deux qui sont particulièrement importants. C'est d'abord que l'homogénéisation ouvre des perspectives nouvelles pour l'étude des lipases du lait en simplifiant de beaucoup les procédés de recherche. En utilisant une petite machine à homogénéiser dont les cylindres et la tubulure contiennent seulement quelques décilitres de lait, il est possible, en travaillant sur des échantillons d'un litre, de recueillir une quantité de lait homogénéisé assez grande pour la plupart des expériences. La simplicité du procédé est grande. L'emploi de produits destinés à empêcher le développement microbien est inutile dans la plupart des cas. Le rancissement du lait homogénéisé est tellement rapide qu'en prenant certains soins, l'addition de produits microbicides peut être évitée. Nous avons pu, en employant les méthodes très simples décrites plus haut, confirmer pleinement les résultats obtenus par les auteurs déjà cités. Nous avons été plus loin et nous sommes arrivés à déterminer assez exactement la température à laquelle la lipase est détruite. Du lait tenu 20 minutes à 55° C. ne rancit plus après homogénéisation. On peut se demander s'il n'existe pas là un parallèle avec l'inactivation du complément dans le sérum sanguin tel qu'on la pra-

(1) Nos expériences ne nous permettent pas de décider si ce fait est réel ou apparent, si c'est la lipase elle-même ou un produit qui l'active que nous voyons accompagner la caséine.

tique couramment en sérologie. L'inactivation de la lipase à 55° C. peut servir à déceler le chauffage du lait à des températures égales ou supérieures à celles-ci. Ce n'est pas évidemment là le procédé idéal pour déterminer si le lait a été soumis à la pasteurisation basse ou non. Ce procédé est encore à trouver. L'homogénéisation peut cependant rendre certains services dans ce sens. Selon nos résultats, il ne semble pas exister de corrélation entre la teneur du lait en lipase et en enzyme de Schardinger. Ce fait est digne d'être relevé, étant donné que tous deux sont des diastases sécrétées par la mamelle et que, selon Burri, l'effet réducteur du lait dépend de l'état de la matière grasse.

L'application de l'homogénéisation pour la détermination de la lipase dans le lait ouvre des perspectives nouvelles pour le contrôle de celui-ci. On en sait trop peu sur la teneur en lipase du lait pour pouvoir formuler dès maintenant les conséquences que peut avoir l'étude de ce problème. Il est possible que la teneur en lipase constitue un des facteurs que l'on rassemble sous la dénomination de prédisposition fermentative du lait, faute de pouvoir les différencier clairement. Il se pourrait aussi que par la teneur en lipase, on arrive à suivre et à expliquer mieux que jusqu'ici certains problèmes relatifs à la formation du lait dans la mamelle.

Il y a peut-être lieu de rappeler incidemment ici que certains pédiâtres sont opposés à l'emploi du lait homogénéisé, parce qu'ils prétendent qu'il se forme trop d'acides gras dans l'intestin des bébés qui en sont nourris. Cette observation trouve une explication très simple dans l'accélération de la décomposition de la graisse lorsqu'elle est finement divisée par l'homogénéisation.

Au point de vue pratique, la découverte de l'accélération du rancissement du lait par l'homogénéisation entraîne un certain nombre de conséquences que les industriels et les centrales laitières feront bien de considérer. On peut les résumer en quelques mots :

1° Le lait et la crème crus deviennent rances après l'homogénéisation. Par conséquent, il faut veiller à ce que les liquides à homogénéiser soient préalablement pasteurisés.

2° Le lait et la crème homogénéisés et pasteurisés deviennent rances à l'addition de lait entier ou écrémé cru ou encore de crème crue. Par conséquent, il y a lieu de ne jamais mélanger des produits laitiers homogénéisés avec des produits crus.

3° Les machines de laiterie qui occasionnent une sorte d'homogénéisation, une dispersion des globules gras dans le lait cru, sont susceptibles d'en causer le rancissement plus ou moins rapide. Il y a lieu de tenir compte de ce fait lors de la construction des machines laitières et en cherchant les raisons du rancissement du lait.

Pour la fromagerie d'Emmental ou de Gruyère, l'observation

rapportée à l'expérience 9 et selon laquelle la lipase du lait normal est détruite à des températures de 55° C. et fortement entravée à 50° C. déjà, implique, puisque durant la fabrication on dépasse pendant souvent plus d'une heure des températures de 52 à 56° C., que le rancissement du fromage que l'on observe quelquefois ne provient probablement pas de l'espèce de lipase étudiée dans ce travail. La rancidité des fromages du genre suisse provient donc dans la règle, soit d'une lipase microbienne, soit d'une autre lipase correspondant peut-être à celle qui résiste à 70° C., dont nous avons signalé l'existence possible à l'expérience n° 15.

D. RÉSUMÉ.

L'homogénéisation rend la crème de lait et le lait crus distinctement rances au bout de quelques heures. Il a été établi que pour un même lait la rancidité allait proportionnellement à la grandeur des globules gras. Cette rancidité n'est pas d'origine microbienne, elle est causée par une lipase animale. Dans du lait normal, cette lipase ne peut agir que lentement, si bien qu'on ne se rend pas compte de son effet sans prendre des mesures spéciales. L'homogénéisation augmente considérablement la surface de la graisse du lait et permet ainsi à la lipase d'attaquer sur un front plus large et d'amener une dégradation rapide de la graisse. Il a été démontré que la lipase en question se trouvait dans tous les laits examinés, soit plus de 40 laits individuels, un échantillon de colostrum et un certain nombre de laits mélangés. La quantité de lipase présente variait assez fortement d'une vache à l'autre. Il a été démontré que la lipase était très sensible à la chaleur et qu'un chauffage du lait à 55° C. pendant 20 minutes la détruisait. De ce fait, on peut utiliser l'homogénéisation pour démontrer si un lait a été chauffé à cette température ou au-dessus pendant ce temps. Faute de mieux, ce procédé pourrait servir dans une certaine mesure à contrôler le lait pasteurisé à basse température. Un certain nombre d'essais ont établi que la lipase accompagnait la caséine dans le lait. Elle ne semble pas être contenue ni dans la graisse ni dans le petit-lait. La lipase est inactive lorsque le lait a une acidité trop élevée, mais elle agit à réaction franchement alcaline. Il existe des faits qui font supposer qu'il peut y avoir dans le lait deux lipases bien distinctes. Il semble que celle qui s'y trouve toujours et qui fait l'objet du présent travail soit inactivée ensuite du chauffage pendant la fabrication et dans le milieu acide du fromage. Elle ne saurait donc causer la rancidité du fromage observée de temps en temps.

Au point de vue pratique, il découle du présent travail que sous peine de voir les produits rancir, il faut éviter d'homogénéiser du lait ou de la crème crus ou de les mélanger après homogénéisation à ces mêmes produits non pasteurisés. En outre, il faut veiller à ce que

les machines de laiterie n'agitent pas le lait trop violemment. Il peut en résulter une homogénéisation partielle qui peut entraîner une rancidité plus ou moins prononcée.

Au point de vue théorique, ce travail ouvre un certain nombre de perspectives pour une meilleure connaissance du lait et des facteurs à la base de sa formation. Il ne semble pas qu'il existe une relation entre la teneur du lait en lipase et sa faculté de coaguler par la présure.

ACTION DU CUIVRE, DE L'ACIDE LACTIQUE ET DE LA TEMPÉRATURE SUR L'AUTO-OXYDATION DE LA MATIÈRE GRASSE DU BEURRE ET DU SAINDOUX (1)

par K. E. WRIGHT (2) et O. R. OVERMAN (3)

INTRODUCTION.

Il y a de nombreuses années qu'on sait en industrie laitière que des saveurs suiffeuses et rances dans les produits laitiers peuvent être attribuées à certaines conditions dans lesquelles les produits sont fabriqués. Le stade suiffeux de la détérioration a été observé dans le lait condensé et était, dans ce cas, souvent associé à la fabrication dans des vacuums en cuivre. On a souvent observé que l'acidité de la crème a une forte influence sur la qualité du beurre qui en provient. On a aussi compris que la chaleur est un de ces facteurs, qu'elle favorise spécialement l'hydrolyse due aux bactéries, quoique son effet direct ne soit pas entièrement connu. On admet que la saveur suiffeuse est une détérioration d'oxydation accompagnant le développement de la rancidité. Alors que l'effet de ces trois facteurs : chaleur, acidité et cuivre, sûr par oxydation, est partiellement connu, la connaissance de leurs effets relatifs est loin d'être complète.

Lorsque les matériaux différents servant à la construction des appareils, tels que le verre, les alliages et le cuivre, auront été étudiés pour leurs qualités relativement à ce point de vue, cette étude sera utile parce qu'elle donnera une représentation graphique des effets séparés ci-dessus mentionnés. Il sera également utile d'essayer d'établir la méthode la plus convenable de fabrication du beurre, étant donné les différentes méthodes en usage. C'est la nécessité de cette connaissance qui nous a conduits à déterminer l'influence relative de quelques-uns des facteurs de la détérioration des produits laitiers.

Quand une graisse, telle que la matière grasse du beurre ou le saindoux, contenant des acides gras non saturés, comme l'acide

(1) Cette étude est extraite de la thèse soumise par K. E. WRIGHT à la « Graduate School » de l'Université d'Illinois pour le titre de « Master of Science » en Economie Laitière, 1927.

(2) Professeur adjoint, Recherches laitières, Station d'Essais agricoles, Amherst (Mass.).

(3) Professeur adjoint de Chimie Laitière, Université de l'Illinois, Urbana (Ill.).