LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

E. SANDBERG, E. HAGLUND et Chr. BARTHEL. — L'analyse du jus de fromage comme moyen de déterminer le degré de la maturation	1
L. SPOLVERINI. — Recherches sur la physico-chimie colloïdale du lait et leurs conséquences dans la pratique alimentaire des enfants	21
C. C. CHRISTEN. — Réaction presque aussi rapide et facile que la réaction de Storch pour distinguer du lait cru, un lait de pasteurisation basse ou un lait stassanisé	32
O. LAXA et J. PROKS. — Essais effectués avec la machine à traire « Alfa » (fin)	35
CH. PORCHER. — Le lait au point de vue colloïdal. Recherches sur le mécanisme de l'action de la présure (suite)	47

Bibliographie analytique :

1 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes	69
2 ^o Brevets	87

Bulletin bibliographique :

1 ^o Journaux, Revues, Sociétés savantes	88
2 ^o Brevets	92

Documents et informations :

J. DE GIBON. — La production des fromages en Danemark ..	94
W. DORNER. — De l'influence du pâturage sur l'arome du lait.	100
Le transport des laits par chemin de fer	102
La production du lait propre ...	105
Le lait humanisé	106
La vente des beurres humides ..	107
Exportation du beurre suédois ..	108
Le contrôle du beurre en Lettonie	109
Aux Etats-Unis	112

MÉMOIRES ORIGINAUX

L'ANALYSE DU JUS DE FROMAGE COMME MOYEN DE DÉTERMINER LE DEGRÉ DE LA MATURATION

Travail des sections de bactériologie et de laiterie de la Station Centrale d'Expériences Agricoles à Experimentalfältet, Stockholm.

par E. SANDBERG, E. HAGLUND et Chr. BARTHEL.

INTRODUCTION

La méthode généralement employée jusqu'ici en vue de suivre les décompositions successives (l'hydrolyse) de la paracaseïne pendant la maturation des fromages, repose principalement sur les travaux de BONDZYNSKI (1), ORLA-JENSEN et PLATTNER (2) et BARTHEL et SANDBERG (3) Cette méthode consiste essentiellement dans la détermination de l'azote total du fromage, ainsi que de l'azote d'un extrait aqueux de celui-ci, de l'azote aminé et parfois aussi de l'azote ammoniacal du

même extrait. Finalement les différents chiffres d'azote obtenus sont exprimés en pourcent de l'azote total.

Cette méthode a sans doute été d'une grande utilité quand il s'agissait d'obtenir une idée générale du procédé de la maturation chez des fromages différents, et on peut, à l'aide de cette méthode, trouver des indications très utiles au sujet de « l'étendue » et de la « profondeur » de la maturation chez différents fromages, selon les termes employés par BONDZYNSKI. Par « l'étendue », on entend alors la quantité de l'azote « soluble » formé, tandis que la « profondeur » signifie le degré de décomposition des produits de l'hydrolyse, c'est-à-dire la quantité d'azote aminé et d'azote ammoniacal.

Il est évident que l'extraction à l'eau de la masse du fromage doit altérer l'équilibre physico-chimique de celle-ci, ce qui ne doit pas être sans effet sur le résultat de l'analyse. Si, par exemple, il y a dans le fromage des quantités considérables de NaCl, la paracaséine devient plus soluble dans l'eau. Nous avons aussi observé que chez quelques fromages il se forme pendant la maturation des substances protéiques ayant le caractère des globulines, qui sont en solution dans le jus de fromage, mais qui sont précipitées à l'extraction par l'eau.

Les effets de la température et du mode d'agitation pendant l'extraction sont d'autres sources d'erreur. VAN DAM (4) a montré l'influence de ces facteurs, mais jusqu'ici on n'a pas standardisé ces détails importants. Le temps de l'extraction est fixé à 24 heures, mais quant à la température, c'est celle du laboratoire, et au sujet de l'agitation pendant l'extraction il n'y a rien de prescrit. On ne tient pas non plus compte de la diminution de volume causée par la matière grasse du fromage et de la partie non dissoute de la paracascéine. Cette diminution est la cause des chiffres trop élevés que l'on obtient pour l'azote soluble. Il est vrai qu'en général dans ces recherches il s'agit de fromages ayant la même teneur en matière grasse, ce qui diminue beaucoup l'importance de cette source d'erreur. Par contre, ce détail joue un grand rôle s'il s'agit de fromages de teneurs différentes en matière grasse.

Il s'ensuit de ce qui précède qu'une détermination du degré d'hydrolyse dans le fromage doit être plus exacte si on l'exécute directement sur le jus contenu dans le fromage, que si l'on examine un extrait aqueux de celui-ci.

OBTENTION DU JUS DE FROMAGE POUR LA DÉTERMINATION ANALYTIQUE DU DEGRÉ DE LA MATURATION

Dans un mémoire antérieur (5), nous avons décrit d'une façon détaillée comment nous procédons pour obtenir le jus de fromage au moyen d'une forte pression d'un mélange de fromage et de sable fin.

Quand on veut employer le jus de fromage pour en faire l'analyse

chimique, il faut prendre certaines précautions afin d'empêcher la souillure du jus et pour éviter l'évaporation pendant le pressage.

La toile de pressage est bouillie dans de l'eau pour ôter l'apprêt, desséchée à l'étuve à 105° et ensuite conservée à l'exciccateur sous acide sulfurique jusqu'au moment de l'utilisation. Le sable employé contient un peu de chaux, provenant des débris de coquillages. A cause de cela il est traité par de l'acide chlorhydrique étendu, et lavé ensuite plusieurs fois à l'eau, pour être enfin séché à l'étuve. Les dimensions des grains ressortent de l'analyse par tamisage dans les proportions ci-dessous :

0,1 $\frac{m}{m}$ < grains de sable < 0,2 $\frac{m}{m}$	9,61 %
0,2 $\frac{m}{m}$ < grains de sable < 0,3 $\frac{m}{m}$	69,01 %
0,3 $\frac{m}{m}$ < grains de sable < 0,5 $\frac{m}{m}$	21,60 %
	<hr/> 100,22 %

La pureté du sable, au point de vue chimique, ressort des analyses ci-dessous, exécutées au laboratoire de chimie de notre station centrale d'expériences agricoles :

	Sable A.	Sable B.
H ₂ O	0,0090 %	0,0380 %
Cl	0,0004 %	0,0008 %
CaO	0,0084 %	0,0498 %
Fe ₂ O ₃ + Al ₂ O ₃	0,0206 %	0,1780 %

Comme il résulte de ces chiffres, le jus de fromage ne peut pas être souillé d'une façon appréciable par le sable.

Pendant le pressage, le jus est recueilli au moyen d'une pipette au fur et à mesure qu'il découle du pressoir, pour éviter l'évaporation.

Au pressage, le jus qui s'écoule contient les substances dissoutes et de la matière grasse. Le liquide obtenu ressemble donc à de la crème plus ou moins grasse ou bien même au beurre, quand il s'agit de fromages très gras. Pour enlever la graisse ainsi qu'un peu de caséine qui sort aussi au travers de la toile, on centrifuge dans des tubes de verre pendant 10 minutes à une vitesse de 3.000 tours. Pour certains fromages, surtout des fromages très gras, il est un peu difficile d'enlever ainsi la graisse de l'émulsion, mais cette difficulté est facilement évitée en chauffant préalablement à 30-35°.

L'INFLUENCE DU VOLUME POREUX DU SABLE SUR LE RENDEMENT EN JUS DU FROMAGE

Dans notre mémoire précédent, nous avons déjà démontré que la proportion la plus avantageuse entre le fromage et le sable est de $\frac{1}{2}$. Dans ces conditions-là, il ne sort que de très petites quantités de fromage à travers la toile. Le sable agit comme un filtre, qui retient la caséine dans ses pores. Si l'on emploie trop peu de sable, on obtient

davantage de caséine dans le jus et si l'on emploie trop de sable on réduit la quantité de jus obtenue.

Cependant, la proportion optimum entre fromage et sable varie un peu pour les différents fromages, vu les différences chez ceux-ci de la teneur en eau et en matière grasse. La proportion optimum est aussi dépendante de la grandeur des grains de sable. Ainsi la proportion de $\frac{1}{2}$ que nous avons trouvée la meilleure, l'est seulement pour les grandeurs des grains employées par nous.

Pour déterminer la grandeur du volume des pores entre les grains de sable, nous avons saturé d'eau une quantité déterminée de sable, qui fut ensuite pressé dans le pressoir et pesé de nouveau. Le sable avait alors retenu 21 % de son poids en eau. Le volume des pores entre les grains dans 1 kg. de sable peut ainsi être calculé à 210 cm³.

Si, maintenant, on emploie, par exemple, un fromage maigre avec 50 % d'eau environ, on prend 0, kg. 5 du fromage et on le mélange à 1 kg. de sable. Le volume de la caséine peut être évalué à environ 200 cm³, parce qu'une partie de la substance sèche du fromage reste dissoute dans l'eau. Au pressage, le jus sort, et la caséine reste enfermée dans les pores entre les grains de sable. Cet exemple confirme ce que nous avons trouvé déjà au sujet de la proportion favorable entre fromage et sable ($\frac{1}{2}$).

Nous avons aussi essayé de presser du fromage mélangé à de la terre d'infusoires (Kieselgur). Nous reviendrons bientôt sur ces expériences. Afin de trouver la meilleure proportion entre fromage et terre d'infusoires, nous avons déterminé de la façon décrite plus haut le volume poreux de cette dernière. La terre d'infusoires retenait 66 % de son poids en eau. Par conséquent, la capacité de 1 kg. de la terre d'infusoires est de 660 cm³, c'est-à-dire plus de trois fois plus grande que celle du sable. La proportion la plus favorable entre le fromage et la terre d'infusoires serait donc $\frac{3}{2}$.

INFLUENCE DU VOLUME POREUX DU SABLE ET DE LA TERRE D'INFUSOIRES SUR LA COMPOSITION DU JUS DE PRESSAGE

Pour obtenir un bon résultat du pressage du mélange de fromage et de sable, il faut non seulement choisir une proportion convenable entre fromage et sable, mais il est aussi très important de choisir un sable ayant une grosseur de grains convenable. Si ceux-ci sont trop gros, il sort des quantités notables de caséine à travers la toile du pressoir, et comme cette caséine est très finement divisée dans le jus, il est presque impossible de l'en séparer par centrifugation. La grosseur des grains la plus favorable est inférieure à 0,3 $\frac{m}{m}$ (1). Le sable

(1) Le sable employé par nous avait une grosseur de grains comprise entre 0,3 et 0,06 $\frac{m}{m}$. Par tamisage on arrive à cette dernière grosseur, et en se servant de la méthode de sédimentation on arrive aux grosseurs inférieures à 0,06 $\frac{m}{m}$. En lavant le sable avant de nous en servir, les grains au-dessous de 0,06 $\frac{m}{m}$ ont donc été éliminés.

comprimé forme alors un filtre assez dense pour ne pas permettre le passage de la masse du fromage. Il est facile de calculer la porosité de ce filtre, si l'on se représente les grains de sable sous forme de petites sphères, placées de façon à se toucher les unes les autres. L'espace intermédiaire entre trois grains sera alors :

Grandeur des grains .	$0,3 \frac{m}{m}$	$0,2 \frac{m}{m}$	$0,1 \frac{m}{m}$	$0,05 \frac{m}{m}$
Espace intermédiaire.	$0,0036 \frac{m^2}{m}$	$0,0016 \frac{m^2}{m}$	$0,0004 \frac{m^2}{m}$	$0,0001 \frac{m^2}{m}$

Nous avons fait quelques expériences sur l'influence possible de la grosseur des grains sur la teneur du jus écoulé en matières solubles, quoique nos déterminations du volume poreux du filtre de sable, en employant des grains de grosseurs différentes, ainsi que les déterminations de WIEGNER (6) sur la grandeur des particules colloïdales du lait, pouvaient faire prévoir la non-existence d'une telle influence. Dans ces expériences, nous avons employé et des grains de sable de grosseurs différentes et de la terre d'infusoires.

EXPÉRIENCE 1.

Le fromage employé était un fromage maigre âgé de 3 mois.

Terre d'infusoires : 250 gr. de fromage mélangés à 125 gr. de la terre d'infusoires. On obtient 44 cm^3 d'un jus presque limpide, d'une couleur jaunâtre.

N dans le jus 1,95 %

Sable : 250 gr. de fromage mélangés à 500 gr. de sable dont la grosseur des grains était inférieure à $0,3 \frac{m}{m}$. On obtenait 52 cm^3 de jus.

N dans le jus 3,57 %

Le jus provenant du pressage avec de la terre d'infusoires demeurerait limpide au bain-marie bouillant, tandis qu'il y avait une forte coagulation des substances albuminoïdes au chauffage du jus obtenu avec du sable.

EXPÉRIENCE 2.

Dans cette expérience nous avons comparé l'effet de la terre d'infusoires à celui du sable pour des grains de grosseurs différentes, obtenus par tamisage. Les proportions entre le fromage et la matière filtrante étaient les mêmes que pour l'expérience 1.

Terre d'infusoires : Jus limpide, jaune brunâtre.

N dans le jus 1,00 %

$0,1 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,2 \frac{m}{m}$: Jus crémeux, facile à clarifier par centrifugation.

N dans le jus 3,85 %

$0,2 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,3 \frac{m}{m}$: Tendance de la caséine à sortir. Jus crémeux, facile à clarifier par centrifugation.

N dans le jus 3,86 %

$0,3 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,4 \frac{m}{m}$: Une quantité considérable de caséine sortait à travers la toile. Par conséquent, le jus était difficile à clarifier par centrifugation.

N dans le jus 3,96 %

Le jus provenant du pressage avec de la terre d'infusoires demeurait limpide au bain-marie, tandis que le jus obtenu avec le sable ayant des grains de grosseurs différentes coagulait fortement.

Il résulte de ces expériences que le pressage avec du sable de grosseurs de grains différentes donne un jus avec une teneur constante d'azote. Il est vrai que les grains de dimensions au-dessus de $0,3 \frac{m}{m}$ donnent un jus un peu plus riche en azote, mais cela dépend sans doute de la difficulté d'enlever par centrifugation la totalité de la caséine sortie du pressoir (nous nous rappelons qu'avec cette grosseur de grains, un peu de caséine sort du pressoir et reste mélangée au jus). Les grains au-dessus de $0,3 \frac{m}{m}$ ne se prêtent donc pas au pressage.

Quant à la terre d'infusoires, elle donne un filtre trop dense, qui retient de grandes quantités des substances albuminoïdes du jus (pas de coagulation au chauffage). Nous avons trouvé que la terre d'infusoires retient aussi la présure, ainsi qu'une partie très considérable des acides aminés qui se trouvent dans le jus. Pour démontrer cela, nous avons employé la même méthode que celle dont nous nous sommes servis dans nos recherches antérieures (5).

Jus	Temps de coagulation du lait	Degré d'acidité du jus (Thörner)
Terre d'infusoires	7 h. à 9 h.	70
$0,1 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,2 \frac{m}{m}$	20 min.	310
$0,2 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,3 \frac{m}{m}$	23 »	300
$0,3 \frac{m}{m} < \text{sable} < 0,4 \frac{m}{m}$	23 »	310

On trouve que le jus obtenu au moyen de sable de grosseurs différentes de grains donne des chiffres concordants (dans les limites d'erreur d'analyse) pour le temps de coagulation et pour le degré d'acidité, tandis que la terre d'infusoires a retenu la présure et aussi environ $\frac{3}{4}$ des substances acides du jus. Ceci s'explique par l'extrême porosité de cette matière, qui consiste en squelettes siliceux de diatomées et qui possède une surface énorme, qui se prête admirablement à l'adsorption, tandis que les grains de sable sont compacts.

MÉTHODE D'ANALYSE DU JUS DE FROMAGE

En déterminant directement la quantité d'azote qui se trouve dans le jus à des époques différentes, on obtient d'une façon simple et exacte une mesure du degré de l'hydrolyse de la paracaséine pendant la maturation du fromage.

Nous avons pourtant aussi calculé la teneur en azote du jus expri-

mée en pourcent de l'azote total du fromage, ainsi qu'on exprime ordinairement l'azote soluble, obtenu par extraction de la masse de fromage par l'eau. En nous servant de ces deux expressions analytiques, c'est-à-dire % N dans le jus et ce même N calculé en pourcent de l'azote total du fromage, nous avons cherché à obtenir une idée plus étendue sur le procédé de maturation.

Pour calculer l'azote du jus en pourcent de l'azote total, il est pourtant nécessaire de connaître la teneur en eau et en azote du fromage et du jus. Dans ce but, nous nous sommes servis des méthodes analytiques suivantes :

Teneur en eau du fromage : 3 à 5 gr. de fromage finement divisé sont pesés dans une boîte en verre à couvercle rodé, ayant 50 $\frac{m}{m}$ de diamètre sur 35 $\frac{m}{m}$ de hauteur. On sèche d'abord au vacuum sous l'acide sulfurique pendant 24 heures et ensuite à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant.

Pour obtenir un chiffre moyen de plusieurs dosages, il est nécessaire de connaître les erreurs des dosages isolés. Dans le dosage de l'eau du fromage, il peut y avoir erreur par perte d'ammoniaque et aussi à cause de l'oxydation de la matière grasse pendant la dessiccation. D'après A. C. ANDERSEN et WINTER (7), la première de ces causes d'erreur est pourtant très insignifiante quand il s'agit de fromages d'une faible teneur en ammoniaque, et au sujet de l'oxydation ils font remarquer que ce risque est beaucoup moins grand qu'on ne le croit. Une autre source d'erreur est encore la perte en acides volatils. Nous allons trouver tout à l'heure que cette erreur est éliminée par ce fait qu'elle se retrouve et dans le numérateur et dans le dénominateur de la formule qu'on emploie pour calculer la teneur en N du jus en pourcent de l'N total.

Chaque dosage est encore sujet à une certaine erreur « manuelle », qui se soustrait au contrôle, même si l'on travaille de la manière la plus exacte. Cette erreur est calculée au moyen d'un nombre suffisamment grand d'analyses parallèles. Pour nos dosages d'eau, nous avons pu fixer cette erreur à $\pm 0,12$ pour des dosages isolés et à $\pm 0,09$ pour des dosages doubles.

Azote total : Environ 1 gr. de fromage finement divisé est chauffé d'après KJELDAHL avec 20 cm³ d'acide sulfurique et une goutte de mercure. L'ammoniaque est ensuite distillé de la façon ordinaire. L'erreur moyenne a été calculée à $\pm 0,035$ pour les dosages doubles.

Teneur en eau du jus : Une boîte en verre à couvercle rodé, de 35 $\frac{m}{m}$ de diamètre sur 25 $\frac{m}{m}$ de hauteur, contenant 1 gr. 5 de pierre ponce granulée, est séchée et tarée, après quoi on y introduit 2 cm³ de jus de fromage et on pèse à nouveau. On sèche d'abord au vacuum sous l'acide sulfurique pendant 24 heures et ensuite à l'étuve à 105° jusqu'à poids constant.

En ce qui concerne les causes d'erreur de ce dosage, elles sont essen-

tiellement les mêmes que pour le dosage d'eau dans le fromage. L'erreur moyenne pour dosages isolés est de $\pm 0,068$ et pour les dosages doubles $\pm 0,047$.

Azote dans le jus : 1 à 2 cm³ de jus sont introduits dans une boîte en verre et pesés exactement. Le jus est ensuite transféré dans un ballon; on lave la boîte à plusieurs reprises et on fait l'analyse d'après KJELDAHL de la manière décrite plus haut. L'erreur moyenne est $\pm 0,014$ et pour dosages doubles $\pm 0,009$.

Nous avons calculé l'N du jus en pourcent de l'N total du fromage de la façon suivante :

100 gr. de fromage avec N % d'azote contient :		100 gr. de jus avec N % d'azote contient :	
eau	V gr.	eau	v gr.
matière grasse	F »	substance sèche ..	t »
substance sèche moins			
la graisse	T »		
	<hr/>		<hr/>
	100 gr.		100 gr.

Quand on connaît la quantité de substance sèche qui se trouve dans le jus, la quantité de substance sèche moins la matière grasse qui est en solution dans l'eau de fromage est :

$$\frac{t \cdot V}{v} \text{ gr.}$$

La quantité de jus qui se trouve dans 100 gr. de fromage est donc :

$$\frac{t \cdot V}{v} + V = \frac{V}{v} (t + v) \text{ gr.}$$

Le jus contient n % d'azote et la quantité totale d'azote dans le jus de 100 gr. de fromage est alors :

$$\frac{n}{100} \frac{V}{v} (t + v)$$

$t + v = 100$, et on a alors l'azote dans le jus de 100 gr. de fromage :

$$= \frac{n \cdot V}{v}$$

ou en pourcent de l'azote total du fromage :

$$\frac{100}{N} \times \frac{n \cdot V}{v}$$

Pour désigner « l'azote du jus en pourcent de l'azote total de fromage », nous proposons l'expression NJ, en analogie avec NS (azote soluble), terme employé jusqu'ici pour l'azote trouvé dans l'extrait aqueux, exprimé en pourcent de l'azote total.

En connaissant l'erreur moyenne de chaque dosage isolé, on peut calculer l'erreur moyenne de NJ. Les résultats de ces calculs se trouvent dans le tableau 1.

TABLEAU 1.

N J	Erreur moyenne
2,67	± 0,10
4,15	± 0,13
18,70	± 0,18
26,10	± 0,25
30,73	± 0,25
39,32	± 0,27
54,34	± 0,56

Pour l'évaluation de l'erreur moyenne, nous avons employé les formules suivantes :

Pour l'erreur moyenne d'un dosage isolé :

$$1) \sigma = \frac{\sqrt{\sum d^2}}{2(n-1)}$$

En évaluant l'azote du jus en pourcent de l'azote total du fromage, nous nous sommes servis des deux formules suivantes pour déterminer l'erreur moyenne :

$$2) \sigma_{AB} = \sqrt{(A \cdot \sigma_B)^2 + (B \cdot \sigma_A)^2}$$

$$3) \sigma_{\frac{A}{B}} = \frac{\sqrt{(A \cdot \sigma_B)^2 + (B \cdot \sigma_A)^2}}{B^2}$$

On obtient un bon contrôle de l'exactitude des détermination d'eau dans le fromage et dans le jus en dosant le sel dans le fromage et dans le jus et en calculant ce dernier chiffre en pourcent du fromage.

Ce calcul s'effectue d'une façon analogue à celle employée pour calculer l'azote du jus en pourcent de l'azote total du fromage.

$$\% \text{ sel dans le fromage} = \frac{(\% \text{ sel dans le jus}) \times (\% \text{ eau dans le fromage})}{(\% \text{ eau dans le jus})}$$

La valeur obtenue doit alors concorder avec la teneur du fromage en sel, telle qu'on la trouve à l'analyse directe du fromage.

Comme exemple, nous citons ici une analyse d'un fromage d'Edam :

Eau dans le fromage	38,10 %
Eau dans le jus	74,36 »
NaCl dans le fromage	2,54 »
NaCl dans le jus	4,93 »

Le sel dans le jus, calculé en pourcent du fromage :

$$\text{NaCl} = \frac{4,93 \times 38,10}{74,36} = 2,53 \%$$

L'APPLICATION DE LA MÉTHODE ET SES RÉSULTATS

Analyses de fromages différents

Pour essayer la méthode sur des fromages différents, nous avons acheté dans le commerce des fromages de types variés et de provenances diverses. De tous les fromages à pâte dure, nous avons obtenu facilement 30-40 cm³ de jus avec 250 gr. de fromage. Les fromages demi-mous tels que le Roquefort, le Gorgonzola et le Stilton, donnaient aussi environ 40 cm³ de jus avec la même quantité de fromage. Le fromage de Limbourg (pour lequel nous avons employé un sable à grains de 0,07-0,1 $\frac{\text{m}}{\text{m}}$) fut malaxé très intimement avec le sable. On obtenait de cette façon une masse pâteuse, qui donnait facilement 40 cm³ de jus. Le Camembert est le seul fromage qui ne nous a pas permis d'obtenir du jus, même avec le sable à grains de 0,07-0,1 $\frac{\text{m}}{\text{m}}$. Il serait pourtant possible d'arriver à un résultat en employant un sable encore plus fin que celui que nous avons à notre disposition. Nous allons continuer nos expériences de ce côté-là.

Dans le tableau 2 on trouve les résultats de nos analyses des fromages différents.

TABLEAU 2.

	Fromage			Jus de fromage		N J	N S	Diffé- rence N S-N J
	Eau %	Matière grasse %	N %	N %	Sub- stance sèche %			
Emmenthal	37,70	31,05	4,51	2,83	28,79	28,8	31,7	+ 2,9
»	31,09	32,13	4,61	3,17	30,45	30,7	35,3	+ 4,6
» (finlandais)	32,30	29,97	4,65	3,21	34,45	34,0	35,8	+ 1,8
Fromage suédois des grands domaines . .	34,21	32,13	4,18	3,20	29,39	37,1	34,7	— 2,4
Edam	51,30	20,52	3,77	1,34	18,63	26,1	31,6	+ 5,5
»	38,10	26,19	4,37	2,31	25,64	27,1	29,1	+ 2,0
Roquefort	32,76	36,99	3,51	3,72	36,11	54,3	74,2	+ 19,9
Gorgonzola	45,00	25,11	3,79	2,86	26,84	46,4	59,1	+ 12,7
Limbourg	58,67	—	3,01	1,24	14,92	28,4	55,8	+ 27,4
Stilton (suédois) . . .	33,77	36,72	3,39	2,70	30,37	38,3	—	—

Le but principal de cette série de pressages était seulement de voir si l'on pouvait obtenir du jus de fromages de fabrication et de types

très différents, fromages durs et fromages mous. Dans le tableau 2, on trouve pourtant encore autre chose. On voit que NS (méthode d'extraction à l'eau) donne des résultats plus élevés que NJ, excepté pour le fromage des grands domaines. Les fromages à moisissures (Roquefort et Gorgonzola), ainsi que le fromage de Limbourg, ont donné des valeurs de NS qui surpassent NJ de 12,7 à 28,4 %. Les fromages mentionnés contiennent tous des quantités notables d'ammoniaque, et il est extrêmement probable que les chiffres élevés de NS de ces fromages dépendent de la solubilité plus grande de la paracaseïne en présence des sels ammoniacaux, fait prouvé du reste depuis longtemps par ORLA-JENSEN (8).

Essais comparatifs entre la méthode d'extraction à l'eau et la méthode de jus de fromage pendant la marche de la maturation

Pour étudier l'utilisation de la méthode du jus de pressage en vue de suivre le procédé de la maturation, nous avons fabriqué deux séries de fromages maigres. Pour chaque série nous avons employé 190 litres de lait écrémé, dont nous avons fabriqué 5 fromages. Pour la première série, on employait du lait pasteurisé à 63° pendant 30 min. (pasteurisation lente), tandis que pour la seconde série le lait ne fut pas chauffé. La teneur en eau des fromages de la série I était 49,4 % après 7 jours, et pour les fromages de la série II, 56,2 %. Pour l'analyse on découpait chaque fois un morceau d'environ 1 kg., et les surfaces du fromage restant furent paraffinées. L'échantillon était finement divisé dans un petit moulin à cylindre froisseur, d'un type employé dans les confiseries.

Les résultats des analyses exécutées à des époques différentes pendant la maturation de la série I se trouvent exposés dans le tableau 3.

TABLEAU 3.

Age du fromage	Fromage		Jus de fromage		N J	N S	Différence N S-N J
	Eau %	N %	N %	Substance sèche %			
1/2 h.	58,2	5,05	0,15	6,86	1,8	—	—
24 h.	52,9	5,97	0,17	7,48	1,7	4,6	+ 2,9
3 jours	54,0	6,20	0,21	8,04	2,0	6,4	+ 4,4
7 »	49,4	6,24	0,31	8,68	2,7	7,2	+ 4,5
11 »	52,5	6,21	0,49	10,26	4,6	9,6	+ 5,0
16 »	50,2	6,33	0,75	12,13	6,8	13,2	+ 6,4
21 »	47,8	6,32	0,85	12,97	7,4	14,3	+ 6,9
25 »	52,7	6,13	1,02	14,33	10,2	16,2	+ 6,0
30 »	53,5	6,07	1,15	14,77	11,9	15,9	+ 4,0
46 »	51,2	6,38	1,54	17,42	14,9	18,4	+ 3,5
63 »	52,2	6,24	1,92	19,27	19,9	22,1	+ 3,2

On voit par ce tableau que l'azote du jus augmente d'une manière uniforme. Immédiatement après la fabrication du fromage, la teneur du jus en azote est de 0,15 %, c'est-à-dire la même quantité environ que l'on trouve dans le petit-lait. L'augmentation de la substance sèche va parallèlement avec la teneur en azote. NJ montre aussi une augmentation très uniforme au cours de la maturation. On obtient ainsi de très jolis diagrammes, ainsi que le prouve la fig. 1.

Fig. 1.

Comme on pouvait l'attendre, NS augmente aussi constamment pendant la marche de la maturation. Les chiffres de NS dépassent même ceux de NJ. Cette différence atteint son maximum quand le fromage est âgé de 21 jours (6,9 %). Plus tard, cette différence diminue et après 63 jours elle est tombée à 3,22 %. On trouve pourtant que l'augmentation successive de NS n'est pas aussi régulière et constante que celle de NJ (voir fig. 2).

Fig. 2.

Les fromages de la série II (tableau 4) mûrissent bien plus vite que ceux de la série I. L'azote du jus et NJ montrent la même augmentation régulière que pour la première série. Les fig. 3 et 4 montrent cela d'une façon encore plus nette que ne le font les tableaux.

TABLEAU 4.

Age du fromage	Fromage		Jus de fromage		NJ	NS	Différence NS — NJ
	Eau %	N %	N %	Substance sèche %			
24 h.	58,8	4,87	0,32	6,85	4,1	8,5	+ 4,4
4 jours	58,8	5,01	0,71	10,25	9,3	14,3	+ 5,0
8 »	56,2	5,33	1,09	14,36	13,4	21,2	+ 7,8
12 »	55,0	5,43	1,53	17,13	18,7	20,4	+ 1,7
22 »	54,3	5,48	2,20	—	—	—	—
30 »	55,0	5,40	2,34	22,16	30,6	26,9	— 3,7
45 »	53,0	5,59	2,72	24,63	34,3	32,7	— 1,6
65 »	52,6	5,79	3,14	27,50	39,4	38,5	— 0,9

Fig. 3 et 4.

Au moyen de la méthode d'extraction à l'eau, on obtient aussi dans la série II plus d'azote que par la détermination de l'azote du jus. La différence entre NS et NJ atteint son maximum après 8 jours. Elle monte alors à 7,8 %. Au fur et à mesure que s'avance la maturation, la différence diminue et après un mois on obtient plus d'azote dans le jus que dans l'extrait aqueux. Ainsi que le démontre la fig. 5, NS n'augmente pas d'une façon aussi régulière que l'azote du jus.

Fig. 5.

Le fait que la méthode d'extraction donne des chiffres plus élevés pour l'azote que la méthode de pressage pourra s'expliquer par le fait que le fromage frais contient des quantités plus grandes de substances protéiques solubles dans l'eau, mais qui ne sont pas dissoutes dans le jus. A une époque plus avancée de la maturation, les conditions sont inverses ; probablement il se trouve alors dans le jus de ces fromages des composés globulineux, qui ne sont pas dissous à l'extraction par l'eau.

L'INFLUENCE DU SEL SUR LES RÉSULTATS D'ANALYSE OBTENUS AVEC LES DEUX MÉTHODES

Dans un travail antérieur (9), nous avons essayé d'éclaircir la question de l'influence directe du sel sur les transformations qui déterminent la consistance du fromage. Dans le travail mentionné, nous avons réussi à démontrer, pour les fromages salés dans le caillé, que le sel exerce une influence très grande sur les transformations dans le fromage aussi bien sur la fermentation du lactose que sur le nombre des ferments lactiques. Mais la méthode employée alors, c'est-à-dire la méthode à l'extraction par l'eau, ne se montrait pas assez sensible pour nous permettre de suivre de près les transformations qui sont caractéristiques pour le procès de la maturation, c'est-à-dire l'hydrolyse de la paracaséine, sous l'influence de doses différentes de sel. Ainsi, par

TABLEAU 5.

Analyses après 3 jours.

N° du fromage	Fromage			Jus de fromage		N J	N S
	Sel dans l'eau %	Eau %	N %	N %	Subs- tance sèche %		
1.	1,34	50,35	4,00	0,60	10,56	8,5	13,7
2.	1,67	51,70	3,91	0,49	10,85	7,3	14,4
3.	1,19	50,09	4,16	0,65	11,45	8,8	11,7
4.	3,16	53,77	3,71	0,39	10,87	6,3	14,0
5.	1,42	50,80	4,10	0,65	11,28	9,1	13,1
6.	4,58	56,66	3,43	0,30	11,08	5,6	10,4
7.	0,71	49,24	4,73	0,56	9,74	6,5	11,5
8.	2,97	53,36	4,23	0,45	10,61	6,4	11,7
9.	0,86	50,80	4,43	0,52	9,61	6,6	12,0
10.	5,82	54,04	3,86	0,29	11,99	4,6	8,6

TABLEAU 6.

Analyses après 15 jours.

N° du fromage	Fromage			Jus de fromage		N J	N S
	Sel dans l'eau %	Eau %	N %	N %	Subs- tance sèche		
1.	1,45	4,14	4,14	1,12	14,16	15,3	20,9
2.	2,34	3,94	3,93	1,01	14,14	15,0	21,0
3.	1,22	4,27	4,27	1,25	15,64	16,8	17,6
4.	4,00	4,09	4,09	1,06	15,95	15,4	18,2
5.	1,44	4,17	4,17	1,30	15,45	18,6	18,5
6.	5,07	3,98	3,98	0,85	15,30	12,1	23,4
7.	0,80	4,87	4,87	1,20	13,87	13,7	21,2
8.	2,61	4,34	4,34	1,03	13,99	14,4	19,0
9.	0,95	4,48	4,48	1,30	15,55	17,2	20,2
10.	6,90	4,08	4,08	0,55	14,58	8,1	14,6

exemple, les fromages salés dans la saumure montraient la même teneur en NS, indépendamment des quantités de sel introduites dans le fromage.

Il nous a donc paru tout indiqué de reprendre ces recherches en nous servant de la méthode d'analyse du jus. Dans ce but nous avons exécuté une série de 5 expériences de telle façon que le caillé fut divisé en deux parties, dont l'une était salée dans le caillé, de manière à contenir

environ 1 % de sel dans le jus (fromages témoins), tandis que l'autre partie fut salée d'une manière plus forte, successivement de 1,67 % jusqu'à 5,82 %. Finalement nous avons fabriqué une autre série de fromages avec salage dans la saumure pendant un temps plus ou moins long.

Fromages salés dans le caillé. Pour chaque caillage on employait 165 litres de lait, dont la moitié fut écrémée et ensuite mélangée au lait non écrémé. La teneur en matière grasse de ce lait mélangé variait de 1,25 à 2,10 %. Le lait était chauffé à 29° et on ajoutait 1 % d'une culture en lait des ferments lactiques (levain lactique). Le degré d'acidité du lait était de 7,6 à 7,7 degrés S.-H. Le coagulum était découpé 30 minutes après la mise en présure ; la masse fut ensuite chauffée à 33° et brassée à cette température pendant 25 minutes. Après le décantage du petit-lait, on partageait le caillé en deux parties : à l'une étaient ajoutés 75 à 175 gr. de sel, calculé sur 100 litres de lait, tandis que l'autre moitié recevait de 300 jusqu'à 1.000 gr. de sel dans les différents essais. Chaque portion du caillé servait à la fabrication de 2 fromages à environ 4 kg. Les fromages restaient sous presse pendant 48 heures.

Les analyses des fromages étaient effectuées après 3, 15, 30 et 45 jours respectivement. Pour l'analyse, une partie du fromage était découpée du centre jusqu'à la périphérie, et le reste du fromage était paraffiné. En dehors des dosages des matières azotées, l'analyse comprenait la détermination de la teneur en NaCl.

Les résultats des analyses des fromages salés dans le caillé sont

TABLEAU 7.
Analyses après 30 jours.

N° du fromage	Fromage			Jus de fromage		N J	N S
	Sel dans l'eau %	Eau %	N %	N %	Sub- stance sèche %		
1.	1,33	48,22	4,12	1,81	19,00	26,2	24,2
2.	2,34	50,73	3,97	1,65	18,61	25,9	25,2
3.	1,19	47,10	4,36	1,78	18,93	23,7	24,5
4.	4,11	49,27	4,04	1,51	19,15	22,8	23,0
5.	1,75	48,50	4,33	1,97	19,20	27,3	22,8
6.	6,11	50,52	4,09	1,14	17,93	17,2	29,5
7.	0,79	48,27	4,89	2,11	20,01	26,1	23,6
8.	2,69	52,13	4,32	1,63	18,88	24,5	24,0
9.	0,99	48,58	4,65	1,73	17,74	22,0	21,6
10.	8,38	48,19	4,39	0,56	17,12	7,5	13,4

exposés dans les tableaux 5, 6, 7 et 8. Les déterminations de NaCl après trois jours sont toujours incertaines, parce que le sel n'a pas encore eu le temps de se répartir uniformément dans toute la masse du fromage.

TABLEAU 8.
Analyses après 45 jours.

N° du fromage	Fromage			Jus de fromage		N J	N S
	Sel dans l'eau %	Eau %	N %	N %	Subs- tance sèche %		
1.	1,26	46,84	4,33	2,14	20,62	29,2	29,0
2.	2,25	49,57	4,07	1,96	19,86	29,9	28,4
3.	1,27	48,83	4,25	1,94	19,84	27,8	25,4
4.	5,95	47,20	4,25	1,43	20,37	20,0	24,6
5.	1,76	46,25	4,51	2,05	20,49	26,4	26,2
6.	5,20	47,59	4,28	1,56	20,51	21,8	26,2
7.	0,75	46,92	5,01	2,66	23,52	32,5	25,5
8.	2,76	50,30	4,54	1,84	19,71	25,5	27,8
9.	0,92	47,77	4,72	2,14	20,48	27,2	26,7
10.	8,52	47,22	4,41	0,86	18,70	11,4	25,2

En regardant les analyses après 15 jours, nous trouvons que la différence la plus petite entre le fromage-témoin (numéros impairs) et le fromage d'essai (numéros pairs) est de 0,89 % pour les fromages 1 et 2, et la différence la plus grande est de 5,95 % pour les fromages 9 et 10. On employait le même fromage pour les analyses après 3, 15 et 30 jours, tandis que pour l'analyse après 45 jours on découpait le fromage parallèle. Les fromages parallèles des numéros 4 et 6 ne montraient pas la même teneur en NaCl, et cela se traduit aussi dans les déterminations d'azote.

À juger des résultats de ces expériences, la teneur en sel des fromages exerce une grande influence sur la quantité d'azote trouvée dans le jus déjà après 3 jours. Le fromage-témoin montre toujours un chiffre plus élevé de l'azote du jus que les fromages d'essai, et cette différence augmente au fur et à mesure que monte la teneur des fromages en NaCl. Cette différence devient aussi de plus en plus marquée avec l'âge des fromages. NJ montre les mêmes différences que l'azote du jus, tandis que la méthode d'extraction à l'eau donne des résultats très inégaux et incertains.

L'influence du sel sur l'hydrolyse de la paracaseïne est mise en évidence aussi par la fig. 6. Les fromages-témoins sont ici représentés par une courbe moyenne et les teneurs en sel représentent aussi des

moyennes de toutes les analyses du même fromage. La ligne marquée de points représente les chiffres trouvés, tandis que la ligne entière représente la courbe idéalisée.

En analysant un extrait aqueux du fromage, on obtient des résultats si variables qu'il est impossible d'en tirer des conclusions sur l'influence du sel sur le procédé de la maturation. Par contre, les résultats trouvés par la méthode d'analyse directe du jus de fromage nous prouvent

Fig. 6

d'une façon indéniable que le sel exerce une influence très importante, même à des doses très peu élevées. Dans notre travail cité ci-dessus (9) nous avons déjà prouvé l'influence du sel sur le nombre des ferments lactiques dans les fromages. On a donc le droit de tirer la conclusion que, pour les fromages salés dans le caillé, le nombre des ferments lactiques et l'hydrolyse de la paracaséine sont en relation étroite.

Fromages salés dans la saumure. Pour ces fromages, où le sel pénètre lentement du dehors dans la masse du fromage, de sorte que l'intérieur de celui-ci reçoit le sel bien après que le nombre des bactéries ait atteint son maximum, on pouvait supposer que le sel n'aurait pas la même influence sur la marche de la maturation que dans le cas du salage dans le caillé, où le sel peut agir immédiatement, au début même du développement bactérien.

La technique des expériences fut exactement la même que pour les fromages salés dans le caillé, à l'exception, bien entendu, du mode de salage. Les fromages-témoins ne furent pas salés, tandis que les fromages d'essais étaient laissés dans la saumure pendant $\frac{1}{2}$, 1, 2, 4 et 8 jours respectivement. La teneur en sel des fromages fut déterminée

après 48 jours, c'est-à-dire quand on pouvait supposer que le sel était bien uniformément réparti par diffusion dans toute la masse du fromage.

On déduit des tableaux 9 et 10 qu'en vérité le sel a eu ici une influence beaucoup moins grande sur le procédé de la maturation que pour les fromages salés dans le caillé.

TABLEAU 9.

Analyses après 32 jours.

Temps de salage dans la saumure	Fromage		Jus de fromage		N J	N S
	Eau %	N %	N %	Substance sèche %		
Non salé	50,59	4,30	1,68	16,52	23,7	24,8
12 h.	49,59	4,29	1,92	19,25	27,5	25,7
24 h.	48,23	4,43	1,95	19,22	26,3	26,0
2 jours	47,03	4,40	1,71	19,91	22,9	26,9
4 »	45,55	4,51	1,68	28,80	21,4	28,1
8 »	42,28	4,67	1,40	22,75	16,4	29,2

TABLEAU 10.

Analyses après 48 jours.

Temps de salage dans la saumure	Fromage			Jus de fromage		NJ	NS
	Sel dans l'eau %	Eau %	N %	N %	Substance sèche %		
Non salé	0,30	50,05	4,30	2,06	19,31	29,8	29,6
12 h.	0,79	47,70	4,46	2,17	20,92	29,4	29,5
24 h.	2,05	48,32	4,39	2,12	21,17	29,7	29,4
2 jours	3,26	46,48	4,54	2,13	22,45	28,2	30,5
4 »	4,72	45,23	4,58	2,06	23,12	26,5	29,4
8 »	8,77	41,85	4,81	1,92	24,94	22,2	29,8

Si l'on compare les chiffres pour la teneur du jus en azote, on trouve que les fromages ayant respectivement 0,79 et 2,05 % de sel dans le jus, montrent une faible augmentation de la teneur en azote du jus. On pourrait peut-être expliquer ce fait en disant qu'une faible teneur en sel peut activer la maturation. Selon une théorie émise, la maturation aurait son maximum de vitesse pour une teneur de 5 % de sel dans l'eau du fromage. Cette théorie n'est pourtant aucunement vérifiée par les

résultats de nos recherches, qui démontrent qu'à une teneur en sel au-dessus de 2 %, la maturation est ralentie en raison de l'augmentation de la teneur en sel. Dans le salage à saumure, la quantité de sel apportée au fromage a eu une influence sur la teneur en eau du fromage beaucoup plus grande que dans les fromages salés dans le caillé. Par conséquent, NJ est ici plus influencé par le sel que la teneur en azote du jus. Pour NJ aussi, on observe une faible augmentation à environ 1-2 % de sel dans l'eau de fromage. Si l'on compare les analyses de 32 jours et de 48 jours, on trouve qu'une teneur en sel aussi élevée que 8,77 % ralentit la maturation sans toutefois l'empêcher complètement. L'influence du sel sur la maturation des fromages de saumure doit dépendre d'une solubilité diminuée des premiers produits de décomposition, causée par la grande concentration en ions.

Dans ces expériences, NS montre, après 32 jours, une augmentation constante au fur et à mesure qu'augmente la teneur en sel du fromage. Ceci doit dépendre du fait bien connu que la paracaséine est soluble dans l'eau en présence de sel, ce qui n'est pas le cas dans le jus de fromage.

*
* *

Nos recherches ont prouvé qu'en examinant le jus de fromage on obtient une expression plus exacte du degré de maturité des fromages qu'en employant l'ancienne méthode à l'extraction par l'eau. Par cette dernière méthode on risque d'avoir des résultats trop élevés à cause de la solubilité de la paracaséine dans l'eau en présence de sel, ou bien on obtient des résultats trop bas si le fromage contient des protéides du groupe des globulines. Le sel agit aussi de façon à donner des résultats absolument faux à l'analyse des fromages d'une teneur en sel différente, quand on se sert de l'ancienne méthode.

La méthode de l'analyse du jus de fromage a encore l'avantage de donner la possibilité d'obtenir des résultats dans la journée, tandis que l'extraction par l'eau demande à elle seule une durée de 24 heures.

CONCLUSIONS

1. Dans un mémoire antérieur (5), nous avons décrit une méthode pour obtenir le jus de fromage.

2. Dans le présent travail, nous avons donné une description détaillée sur la production d'un jus se prêtant à la détermination analytique du degré de la maturation du fromage.

3. Pour la plupart des fromages on peut obtenir du jus jusqu'à environ 15 % du poids du fromage. Le Camembert est le seul fromage dont nous n'avons pas réussi à obtenir du jus.

4. Des analyses exécutées au cours de la maturation nous ont montré qu'en examinant le jus de fromage on obtient des valeurs du degré

de la maturation qui sont plus exactes que celles obtenues par l'ancienne méthode à l'extraction par l'eau.

5. A l'extraction du fromage par l'eau, le sel exerce une influence très grande, de sorte qu'on obtient par cette méthode des résultats absolument faux au sujet de l'influence du sel sur la marche de la maturation.

6. Pour les fromages salés dans le caillé, nous avons déjà trouvé (9) que le sel a une influence très grande sur le nombre des ferments lactiques. En analysant le jus de fromage, nous avons pu démontrer que l'influence du sel sur le nombre bactérien se traduit aussi par la décroissance des chiffres pour l'azote du jus.

7. Pour les fromages salés dans la saumure, dans lesquels le nombre bactérien et la quantité totale d'enzymes ont déjà atteint leur maximum avant l'entrée du sel dans l'intérieur du fromage, le sel exerce une certaine influence retardatrice sur la maturation à cause de la concentration élevée des ions.

LITTÉRATURE

1. S. BONDZYSKI, *Annuaire Agricole de la Suisse*, **8**, 1894.
2. ORLA-JENSEN et E. PLATTNER, *Ztschr. f. Unters. d. Nahrungs-und Genussmittel*, **12**, 1906, 193.
3. CHR. BARTHEL, *Die Methoden zur Untersuchung von Milch und Molkereiprodukten*, IV Aufl., 1928.
4. W. VAN DAM, *Centralbl. f. Bakteriologie*, II. Abt., **26**, 1910, 189.
5. CHR. BARTHEL, E. SANDBERG et E. HAGLUND, *Le Lait*, **8**, 1928, 762.
6. G. WIEGNER, *Ztschr. f. Unters. d. Nahrungs-u. Genussmittel*, **26**, 1914, 426.
7. A. C. ANDERSEN et J. C. WINTER, 115 : *de Beretning fra Forsøgslaboratoriet*, Copenhague, 1924.
8. S. ORLA-JENSEN, *Mælkeribakteriologi*, 3 : édit., Copenhague, p. 120, 1923.
9. E. HAGLUND, A. SILFVERSPARRE et E. SANDBERG, *Meddelande n : o 334 fran Centralanstalten för försöksväsendet på jordbruksområdet*, Stockholm 1928.

RECHERCHES SUR LA PHYSICO-CHIMIE COLLOIDALE DU LAIT ET LEURS CONSÉQUENCES DANS LA PRATIQUE ALIMENTAIRE DES ENFANTS

Par le professeur L. SPOLVERINI,

Directeur de l'Institut de Clinique pédiatrique de l'Université royale de Rome.

Le problème de l'allaitement, surtout celui de l'allaitement artificiel si délicat, et le problème du besoin alimentaire du nourrisson en vue d'un développement régulier, ont été jusqu'à présent basés sur l'importance, de très grande valeur sans doute, soit du pourcentage de chacun des éléments composant les différents laits, soit des différents rapports existant entre les éléments d'un même lait. Mais les consé-