

LE LAIT

REVUE GÉNÉRALE DES QUESTIONS LAITIÈRES

SOMMAIRE

Mémoires originaux :

- J. PIEN. — Utilisation des sérums de fromageries et des lacto-protéines dans l'alimentation 193
- A. K. VAN BEVER et J. STRAUB — La signification de la réaction de Storch, de la vitesse de montée de la crème, ainsi que de la détermination des phosphatases pour le contrôle de la pasteurisation du lait (*fin*) 222
- A. HOUDINIÈRE — L'hérédité et la sécrétion du lait 241
- Revue :**
- G. GÉNIN — L'industrie laitière à l'Étranger 249

Bibliographie analytique :

- 1^o Les livres 255
- 2^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 264

Bulletin bibliographique :

- 1^o Journaux, Revues, Sociétés savantes 280
- 2^o Brevets 283

Documents et informations :

- Institut Scientifique et Technique de l'Alimentation 285
- Réglementation des centres collecteurs de lait de femme en Allemagne 286
- Les Gouttes de Lait 286

MÉMOIRES ORIGINAUX (1)

UTILISATION DES SÉRUMS DE FROMAGERIE ET DES LACTO-PROTÉINES DANS L'ALIMENTATION (2)

par

JEAN PIEN

Ingénieur chimiste, Docteur ès Sciences

Directeur des Laboratoires de la Laiterie des Fermiers Réunis

Nous croyons devoir, tout d'abord, rappeler la position précise des sérums dans l'ensemble du circuit des produits et sous-produits de la laiterie.

La matière première initiale, *le lait entier*, peut être (en dehors du cas de sa livraison en nature après filtration, pasteurisation et réfrigération) soumise soit à l'écémage, soit à l' emprésurage.

(1) Reproduction interdite sans indication de source.

(2) Conférence donnée le 20 mai 1943 à *L'Institut Scientifique et Technique de l'Alimentation — Conservatoire National des Arts et Métiers*. (Voir note p. 285).

1° **L'écémage** fournit deux produits :

a) *La crème* qui, par l'opération du barattage, fournit d'une part le *beurre*, d'autre part le *babeurre* ;

b) *Le lait écrémé* qui :

Coagulé par fermentation lactique spontanée, conduit à la « *caséine lactique* » ;

Coagulé sous l'influence d'un acide, conduit à un autre type de caséine appelée « *caséine à l'acide* » ;

Coagulé par la présure, conduit à la « *caséine présure* ».

Dans les trois cas, il y a libération de *sérum*.

2° **L'emprésurage** fournit deux produits :

a) *Les fromages* qui résultent de l'égouttage du lait coagulé ;

b) *Le sérum de fromagerie* qui se sépare du caillé au cours de l'égouttage.

PREMIÈRE PARTIE

LES LACTO-SÉRUMS

I. Définition du lacto-sérum

D'après ce qui vient d'être dit, le sérum n'est pas autre chose que du lait écrémé privé de sa caséine.

Le *lait entier* contient en moyenne par litre :

Eau	860 à 880 gr.
Matière grasse	30 à 45 gr.
Matière azotée	33 à 35 gr.
Lactose	50 gr. environ
Matières minérales	8 gr. environ

Les matières azotées se composent de 28 à 30 grammes de caséine, de 4 à 5 grammes d'albumine, de 0 gr. 5 de globuline, de 1 à 1 gr. 5 de matières azotées non protéiques.

Le *lait écrémé* contient toutes les matières azotées, le lactose et les matières minérales du lait proprement dit. La coagulation par fermentation lactique, ou apport d'acide, ou action de la présure, insolubilise la caséine.

Le *sérum*, qui s'écoule au cours de l'égouttage ou du pressage des divers types de caillebottes ou de fromages, ne contient donc plus que l'albumine, la globuline, les matières azotées non protéiques, le lactose et les sels minéraux.

C'est pourquoi l'on peut dire que le *sérum est constitué par du lait écrémé dont on a enlevé la caséine*.

Cette définition globale et générale n'implique pas cependant que tous les sérums présentent la même composition.

A chaque type de fromage ou de caillebotte correspond — suivant la nature des traitements appliqués au lait — un sérum particulier.

II. Composition des divers sérums

Nous avons donc à envisager :

Soit le *sérum de fromagerie* qui se sépare, au cours de l'égouttage, du coagulum obtenu par l'action de la présure sur le lait — celui-ci pouvant d'ailleurs être plus ou moins acide.

Soit le *sérum de caséine présure* analogue à certains sérums de fromagerie qui se sépare du coagulum obtenu par l'action de la présure sur le lait doux.

Soit le *sérum de caséine lactique* qui se sépare de la caillebotte lactique ou « lait caillé » obtenu par fermentation lactique spontanée.

Soit le *sérum de caséine à l'acide* qui se sépare de la caillebotte précipitée dans le lait par addition d'acide.

La composition des sérums qui résultent de ces fabrications est assez différente surtout en ce qui concerne les matières minérales et les matières azotées.

1° Teneur en matières minérales.

La caséine existe dans le lait sous la forme d'un complexe phosphate de chaux + caséinate de chaux. Or, l'acidité du lait conditionne l'état de minéralisation de ce complexe : plus le lait est acide, plus ce complexe se déminéralise et plus le sérum s'enrichit en matières minérales.

A une certaine teneur en cendres minimum, commune à tous les sérums, provenant des matières minérales du lait autres que celles du complexe phosphocasinatique et que l'on peut chiffrer à environ 5 grammes par litre, il y a donc lieu d'envisager l'addition d'une surcharge variable due à la déminéralisation progressive du complexe dans les laits acides.

Cette surcharge est évidemment faible ou nulle dans les sérums issus de laits non acides (taux de matières minérales : 5 à 6 grammes par litre de sérum). C'est le cas des sérums de caséine présure, des sérums de fromagerie où l'emprésurage a lieu sur du lait doux (gruyère par exemple). Elle croît ensuite avec l'acidité du lait jusqu'à un maximum facile à calculer : la caséine présure, c'est-à-dire le complexe entièrement minéralisé, titre 8 à 9% de cendres soit, pour 30 grammes correspondant à 1 litre de lait, 2 gr. 5 à

3 grammes environ. C'est là, à peu de chose près, le maximum possible de la valeur de la surcharge due à la déminéralisation totale du complexe dans les laits caillés très acides (caillebotte lactique). Le sérum correspondant contient au maximum : 5 à 6 grammes + 2 gr. 5, soit 7 gr. 5 à 8 gr. 5 environ par litre.

La teneur en cendres des sérums oscillera donc entre ces deux chiffres : 5 grammes environ (sérums d'emprésurage de lait doux) et 8 gr. 5 environ (sérums de caséine lactique très décalcifiée). Les sérums de fromagerie ordinaire (emprésurage de laits plus ou moins acides) auront des teneurs en matières minérales intermédiaires. Il en sera de même des sérums de caséine à l'acide où la déminéralisation est moins avancée par suite de l'imperfection et de la brièveté du contact de l'acide avec la caséine.

Remarque : Notons que le maximum possible des matières minérales du sérum rejoint nécessairement la richesse en cendres du lait dont il provient, puisque lorsque le complexe phospho-caséinique est entièrement déminéralisé, le sérum contient toutes les matières minérales du lait.

Il faut d'ailleurs remarquer que ce n'est pas surtout le degré d'acidité finale auquel atteint le lait qui joue le rôle essentiel dans la déminéralisation du complexe, mais la durée du maintien du lait acide à l'état liquide (voir à ce sujet la préparation des caséines à faible teneur en cendres).

Ces notions sont à rapprocher des études de MM. GUITTONNEAU et CHEVALIER sur la teneur en Ca et P des fromages (*Annales des Falsifications et Fraudes*, 1935, p. 198).

2° Teneur en matières azotées.

En dehors de la caséine, qui va s'insolubiliser par l'emprésurage ou la fermentation lactique et sera, de ce fait, perdue pour le sérum, le lait contient, avons-nous dit, 4 à 5 grammes d'albumine, 0 gr. 5 de globuline et 1 gramme à 1 gr. 50 de matières azotées non protidiques (acides aminés, albumoses, peptones, urée, créatine, créatinine, etc.). Soit un total de 5 gr. 5 à 7 grammes de ces substances.

Mais, deux remarques importantes s'imposent qui différencient les deux grandes catégories de sérums en ce qui concerne les teneurs en azote.

a) Sérum de fromagerie.

On sait qu'au cours de la coagulation labique, la présure détache du complexe une petite quantité variable de protéose soluble qui passe dans le sérum. Plus l'action de la présure est intense ou prolongée, plus la quantité de protéose détachée du complexe est

importante et plus le sérum est riche de cette forme d'azote. Cette circonstance intervient également dans la fabrication de la caséine présure.

b) **Sérum de caséinerie.**

Le plus souvent, les caillebottes de caséinerie sont « cuites » à des températures de l'ordre de 70°, parfois davantage, dans le but d'en faciliter la séparation, le lavage et le pressage. La lactalbumine se trouve donc plus ou moins insolubilisée et le sérum de caséinerie en contient souvent peu ou pas. Cette circonstance n'intervient pas en fromagerie en général où la pasteurisation, quand elle a lieu, se fait à une température inférieure à 70°.

On devrait donc constater des différences sensibles dans les teneurs en azote des sérums suivant qu'il s'agit de sérums de caséinerie ou de fromagerie et, même dans ce dernier cas, suivant qu'il s'agit d'emprésurage rapide (comme le Port-Salut) ou lent (comme les pâtes molles).

En fait, ces différences sont faibles et rendues difficilement perceptibles par la présence fréquente et variable dans le sérum de caséine ayant échappé physiquement ou mécaniquement à la séparation par décantation ou filtration. Il s'agit de très fines parcelles insolubles qui restent en suspension dans le sérum, surtout dans le cas d'égouttages « provoqués » par rompage du caillé de présure. D'autre part, les diverses formes d'azote autre que la caséine sont très variables dans le lait, donc dans le sérum.

Par conséquent, tous les sérums devraient montrer des teneurs en azote comportant :

Les éléments énumérés plus haut dont le total représente 5 gr. 5 à 7 grammes par litre ;

Une certaine quantité de protéoses (cas de l'emprésurage) ;

Une certaine quantité de caséine (très variable : entre 1 et 3 grammes par litre).

En fait, on trouve des chiffres compris entre 7 et 9 grammes par litre. Dans certaines circonstances particulières, on rencontre même des chiffres supérieurs à 9 grammes. Mais, pour notre part, nous constatons que ce sont là des cas exceptionnels.

3° **Remarques.**

a) **Extrait sec.**

Le lait écrémé possède un extrait sec qui varie entre 90 et 95 grammes par litre. Si l'on admet que ce litre de lait perd (en fromagerie, caséinerie, etc.) environ 28 grammes de caséine, l'extrait sec du sérum se trouve être compris entre 62 et 67 grammes par

litre. En fait, ces extraits secs sont presque toujours compris dans l'intervalle 60-70 avec une majorité de résultats très voisins de 65 grammes par litre.

b) Composition du lacto-sérum sec.

Si nous retenons les chiffres donnés plus haut pour les matières minérales et l'azote du sérum et si nous les rapportons à l'extrait sec nous trouvons :

Matières minérales : 7 à 8% pour le sérum d'emprésurage ;
12 à 13% pour le sérum d'acidification.

Matières azotées : 11 à 14%.

Or, voici la moyenne des analyses de vingt échantillons différents de sérum sec tu type présure :

	%
Matières minérales.....	7,54
Matières azotées.....	12,5
Lactose	69,4

III. Valeur alimentaire des sérums

Contrairement à des avis maintes fois exprimés, le sérum n'est pas dénué de valeur alimentaire. Si on le compare au lait écrémé, on constate que le sérum contient :

Plus de lactose ;

Un peu moins de matières minérales ;

Quatre fois moins de matière azotée.

Mais il convient de reconnaître que ces matières azotées sont, dans le lait écrémé, constituées pour les quatre cinquièmes au moins par de la caséine alors que le sérum ne contient presque pas de caséine et renferme, au contraire une majorité d'albumine. Cette circonstance constituerait, pour certains auteurs, un facteur défavorable en raison de la nature des acides aminés qui constituent ces deux types de protéines. Pour d'autres, au contraire, ce serait un avantage certain en faveur du sérum.

Quantitativement (et peut-être aussi qualitativement) le sérum est donc nettement inférieur au lait écrémé du point de vue de l'azote. D'autre part, les matières minérales du sérum sont moins riches en phosphore que le lait puisque, sous l'action de la présure, il y a eu précipitation de phospho-caséinate de chaux.

Les phospholipides, les lécithines présents dans le lait, manquent dans le sérum. Néanmoins, ces réserves étant faites, il reste évident que la valeur alimentaire du sérum est loin d'être nulle. Des expériences systématiques réalisées sur l'animal (porc notamment) ont d'ailleurs prouvé et précisé l'intérêt alimentaire de ces produits.

	Caséine		Lactalbumine
	(1)	(2)	(1)
Glycocolle	0,45	0,45	0
Alanine	1,80	1,85	2,5
Valine	8,0	7,93	2,5
Leucine	9,7	7,92	19,4
Proline	7,6	8,40	4,0
Phnylalanine	3,8	3,88	2,4
Tyrosine	4,5	5,70	0,85
Acide aspartique	1,4	4,10	1,0
Acide glutamique	21,8	21,77	10,2
Acide hydroxyglutamique	—	10,50	—
Arginine	3,8	4,84	7,5
Lysine	7,6	7,72	12,2
Histidine	2,5	3,39	4,6
Tryptophane	1,4	1,70	2,9
Méthionine	3,5	1,40	2,6

(1) D'après THOMAS « Traité de Biochimie ».

(2) D'après SUTERMEISTER « Casein and its industrial applications ».

Selon le professeur LEROY [1], une unité fourragère serait représentée par :

1 kilogramme d'orge

ou

6 litres de lait écrémé

ou

11 l. 500 de sérum.

Ce qui signifie, soit dit en passant, que 1 litre de sérum équivaut à 87 grammes d'orge, c'est-à-dire encore à 0,08 unités fourragères.

Pour BÜNGER, un litre de sérum équivaudrait à 80 grammes d'orge [2].

La teneur en matières azotées du sérum (7 à 8 grammes par litre, c'est-à-dire 85 grammes par unité fourragère) reste néanmoins trop faible puisqu'il faut, selon le professeur LEROY, 100 à 130 grammes de matières azotées par unité fourragère. De ce fait, les porcs nourris au sérum n'engraissent que lentement et restent en porcherie un mois et demi ou deux mois de plus, c'est d'ailleurs la raison pour laquelle dans la pratique le sérum n'est jamais donné pur, mais toujours additionné d'autres aliments (céréales).

Quoi qu'il en soit, il est intéressant de noter que même s'il est donné pur et en grande quantité — jusqu'à 20 litres par jour pour

un porc de 50 à 70 kilogrammes — le sérum acidifié spontanément ne produit pas de troubles de croissance ou d'accidents pathologiques) [3].

Signalons encore la présence dans le sérum des vitamines B₁ B₂ (en quantités importantes) et C [4].

La multiplicité des vitamines que l'on rencontre dans le sérum présente un grand intérêt, car ces produits hydrosolubles favorisent la croissance, la reproduction dans une certaine mesure et la lactation. On a pu maintenir huit générations successives de souris blanches et leur assurer un cycle de vie normale en leur accordant une nourriture constituée de riz polonais additionné de vitamines extraites du sérum et d'un léger apport de vitamines liposolubles [5].

D'autre part, du sérum de lait d'été donné à des rats a fourni un gain de poids de 111 grammes en huit semaines (alors que du sérum de lait d'hiver n'a donné qu'une augmentation de 89 grammes) [6].

Selon ORLA-JENSEN [4], le sérum contiendrait, en dehors de ses vitamines, un facteur de croissance particulier actuellement à l'étude.

Dans l'alimentation des chevaux, le sérum a été recommandé pour l'abreuvement jusqu'à 34 litres par jour. Cette quantité pourrait remplacer 1 kilogramme d'avoine par jour [7].

On a constaté également que l'emploi du sérum s'avérait très intéressant dans l'alimentation des poules et la production des œufs. On a comparé la valeur relative de la protéine digestible, du lacto-sérum cru et de la protéine digestible, de déchets de viande de bœuf. Dans le premier cas, on a obtenu deux fois plus d'œufs que dans le second cas au cours d'expériences qui ont duré cinq ans [8].

Ces quelques faits, choisis parmi beaucoup d'autres à titre d'exemple, montrent clairement que le lacto-sérum en dépit de sa pauvreté relative en éléments nutritifs, possède une valeur alimentaire qui est loin d'être négligeable. C'est la raison pour laquelle depuis fort longtemps on l'utilise systématiquement dans l'alimentation de certains animaux.

IV. Formes d'utilisation du sérum dans l'alimentation animale

C'est plus généralement aux porcs que l'on destine les sérums. On peut se contenter de le leur donner directement en mélange avec des farines de céréales (orge notamment), mais il existe de meilleures méthodes d'affouragement qui consistent à *concentrer* et à *sécher* le sérum. On résoud du même coup, le problème de la conservation et du transport de ce produit et on obtient de ce fait

des nourritures plus concentrées qui permettent d'accroître les rations sans être limité par le volume du sérum normal.

1° Sérum concentré.

Le sérum brut est d'abord neutralisé par addition de lait de chaux jusqu'à 10-11° D., puis concentré par chauffage à l'air libre ou de préférence sous vide jusqu'au septième ou au huitième de son volume initial. On obtient alors un sirop qui renferme 45 à 50% de matière sèche dont 6 à 6,5% de matières azotées où l'albumine domine [2].

Ce sirop doit être mélangé à un autre produit d'alimentation, sec, qui est généralement le son de blé. Le mélange est enfin séché et conservé sous cette forme (Molkenkleie). Cet aliment, qui renferme 11 à 12% de matières protéiques et 60% d'hydrates de carbone est très intéressant pour les animaux ainsi qu'il résulte des nombreux travaux exécutés sur cette question (notamment ceux de ZEYLER, de l'Institut de Weihensstephan ; de RIEDEL, etc.) [9, 10].

Notons que le son de blé peut être remplacé par du foin coupé. L'appareillage nécessaire à cette fabrication était construit par la maison *Wiegand*, de Merseburg.

Pour un engraissement rapide, DÜRRWÄCHTER recommande un mélange de 59% de fourrage ordinaire, 1% de charbon et de chaux et 40% de Molkenkleie (son de sérum) [9].

2° Sérum sec.

Le sérum neutralisé et concentré à l'état de sirop comme dans le cas précédent, est coulé dans des caisses en bois. Au bout de 12 à 18 heures, la masse solidifiée est retirée des caisses et on poursuit sa dessiccation à l'air libre un ou deux jours. Le produit contient encore 25% d'eau. On le fragmente au hachoir et on achève de le sécher dans un courant d'air chaud. Le produit final présente la composition suivante :

	%
Humidité	10,00
Matières azotées.....	9,52
Lactose	60,00
Matières minérales.....	16,25

Il convient de remarquer que, comme dans le cas précédent, la température du produit n'a jamais atteint 70°. Dans ces conditions, l'albumine du sérum est restée soluble [11].

Le rendement de l'opération est de 60 kilogrammes de sérum sec pour 1.000 litres de sérum liquide. On peut également sécher le sérum par pulvérisation (atomisation) ou sur cylindres (procédé

Hatmaker) après l'avoir concentré et, éventuellement, additionné de farine.

V. Utilisation du lacto-sérum dans l'alimentation humaine

1° L'emploi du lacto-sérum dans l'alimentation humaine surtout pour des fins thérapeutiques, remonte à la plus haute antiquité.

HIPPOCRATE, en 460 avant Jésus-Christ, recommandait l'absorption de lacto-sérum en quantité importante et pendant de longues périodes. Au cours des siècles, ses vertus diurétiques et stimulant^{es} des fonctions de sécrétion furent reconnues et utilisées.

Au XVIII^e siècle, le D^r Frédéric HOFFMANN inaugura, en Suisse, vers 1760, les cures de lacto-sérum. Ces cures se propagèrent peu à peu en Allemagne, en Autriche, dans le Tyrol. Cent ans plus tard, en 1860, on comptait déjà plus de 400 stations où la cure de lacto-sérum était devenue aussi fameuse que les cures de raisin.

En France, également, les médecins recommandaient depuis longtemps le lacto-sérum comme boisson diurétique, rafraîchissante et « purificatrice des humeurs ». Ils l'ordonnaient à raison de trois verres par jour (un avant chaque repas).

Des cures s'instaurèrent au début du XIX^e siècle, notamment en Auvergne, où les « gaspéjaires », c'est-à-dire les buveurs de sérum comme on les appelait dans cette région, se rendaient dans les montagnes de l'Aubrac faire les cures.

De nos jours, dans les stations de l'Europe centrale, on traite la dyspepsie, l'urémie, l'arthrite, la goutte, les maladies de foie, l'anémie et même la tuberculose grâce aux cures de lacto-sérum.

La dose quotidienne de 450 grammes par jour au début est peu à peu portée à 950, 1.200 et même 1.500 grammes. En même temps, le régime est strictement végétarien [12].

La valeur thérapeutique du sérum n'est pas douteuse. Sans vouloir citer les nombreux travaux dont elle a fait l'objet, rappelons seulement les études du D^r Maurice RENAUD [13] qui a notamment expérimenté le lactosérum et démontré son intérêt en tant qu'excitant fonctionnel du rein normal et son influence favorable sur le rendement fonctionnel du rein pathologique ; ses propriétés cholagogues purgatives et laxatives (purgation hépato-duodénale) ; sa valeur diététique pour le nourrisson, etc.

Selon le D^r RENAUD on peut affirmer que *c'est au lacto-sérum que le régime lacté doit sa valeur thérapeutique.*

GLUCKSMANN [14] fait toutefois remarquer que si des différences ont pu être constatées dans l'action du lacto-sérum, elles sont dues vraisemblablement à des différences dans le mode de préparation. Ce même auteur, qui a expérimenté le lacto-sérum dans

l'alimentation des enfants, a montré que son emploi donnait d'excellents résultats et conduisait à des augmentations de poids — qu'il s'agisse de lacto-sérum pur ou bien réensemencé de ferments lactiques.

2° Comment peut-on envisager de l'employer pour des fins alimentaires.

Ce ne sera évidemment pas, en général, sous la forme de sérum frais liquide, non expédiable à distance en raison de sa haute altérabilité (citons toutefois la possibilité de l'employer en mélange avec des jus de fruits avec ou sans saturation de gaz carbonique pour en faire des boissons rafraîchissantes).

Pratiquement, l'une des meilleures formes de préparation et d'emploi consiste à le transformer en *sérum concentré*, sucré, pour l'utiliser dans la préparation des confitures, des fruits, des gâteaux, des bonbons, etc.

Cette préparation, qui ne peut être réalisée que dans des usines importantes spécialement équipées, est, en principe, fort simple. Le sérum de fromagerie, écrémé et pasteurisé, est additionné d'une quantité de sucre égale à celle de son extrait sec. On évapore sous vide jusqu'à 76 % d'extrait sec total ; on refroidit à 35° et on agite pendant trois heures pour produire une fine cristallisation du lactose. Le sirop obtenu est empaqueté dans des récipients étanches à l'air.

Ce produit se conserve au moins trois mois à la température ordinaire et beaucoup plus longtemps à basse température [15, 16].

Il est à remarquer que le sérum concentré peut se « fouetter », c'est-à-dire qu'il peut, par agitation violente en présence d'air, donner une mousse stable. Ainsi, par un « fouettage » de quatre minutes, il triple de volume et la mousse obtenue reste stable pendant quinze heures.

Une autre forme de préparation industrielle de sérum se conservant bien, est le *sérum en poudre*. Après avoir concentré le sérum de fromagerie (neutralisé ou non) on le sèche par atomisation ou sur cylindres. On peut aussi mélanger le sérum concentré à de la poudre de sérum, sécher le mélange dans un courant d'air chaud et le broyer. Ce sérum en poudre possède, à vrai dire, peu d'application dans l'alimentation humaine. En Amérique, on l'incorpore dans les conserves de fruits de la manière suivante : 25 % de fruits ou de jus de fruits sont mélangés à 10 % de sérum en poudre et à 65 % de sucre. On ajoute éventuellement un peu de gélatine. La confiture ainsi obtenue se conserve assez longtemps [17].

Cette poudre de sérum est encore utilisée dans la préparation des soupes, des sauces, des compotes, etc.

Signalons encore, à titre de curiosité, la possibilité d'employer le sérum en poudre dans la fabrication de boissons analogues à la bière [18]. On pourrait remplacer 50% et plus d'extrait de malt par du sérum en poudre (sérum de fromagerie seulement, alors que le sérum lactique est à rejeter à cause de sa teneur élevée en sels).

Il est cependant facile de comprendre que les modes d'utilisation qui viennent d'être examinés (sérum liquide concentré ou en poudre) constituent pour l'alimentation humaine un débouché relativement limité sous des formes peu ou pas généralisables.

Or, rappelons-le, l'extrait sec du lacto-sérum contient, à côté des 70% de lactose, un pourcentage de protéine égal à 13 environ.

Cette protéine représente un élément précieux comme source d'azote d'origine animale. Dans les circonstances actuelles où l'azote alimentaire est rare, cette portion protidique du sérum constitue à elle seule une mine à peu près inexploitée d'un intérêt diététique de tout premier ordre.

Alors que le sérum total, concentré ou sec, ne peut être incorporé qu'à un petit nombre d'aliments comportant ou pouvant comporter du sucre, la protéine du sérum pourrait être introduite dans bon nombre d'aliments et son usage serait ainsi assez facilement généralisable.

C'est pourquoi nous croyons intéressant d'insister, d'une manière toute particulière, sur la question des protéines de sérum.

DEUXIÈME PARTIE

LES LACTO-PROTÉINES

I. Définition des lacto-protéines

1° Définition technique.

Le terme « lactoprotéine » désigne l'ensemble des substances azotées qui s'insolubilisent lorsqu'on chauffe un sérum quelconque (de caséinerie, de fromagerie, acide ou neutre). Ces matières protéiques sont essentiellement constituées par de l'albumine (4 à 5 grammes par litre), des globulines (0 gr. 5 par litre). Notons qu'au cours de ce chauffage, les fines particules de caséine que contiennent presque toujours les sérums sont plus ou moins enrobées dans le précipité précédent ou entraînées avec lui. Il en résulte que la partie organique des protéines ainsi extraites est formée d'une majorité d'albumine (au moins les deux tiers) mélangée à de la caséine.

Si le sérum soumis au chauffage est acide, la protéine obtenue ne contient pas ou très peu de matières minérales. Si ce sérum est

neutre ou partiellement neutralisé — ou, à *fortiori*, entièrement neutralisé — il se précipite, d'abord à froid au cours de l'apport éventuel du neutralisant, puis ensuite à chaud en même temps que la protéine, une certaine quantité de matières minérales ainsi que nous le verrons en détail ci-après.

2° Définition légale.

A cette définition « technique » il y a lieu d'adjoindre une définition « légale » résultant des dispositions de la décision O. R. 14 du 26 février 1943, prise par le Comité Central des Groupements Interprofessionnels Laitiers. Or, cette définition administrative comporte, selon nous, une lacune grave que nous avons le devoir de signaler et qui a provoqué dans certains milieux industriels une réelle émotion puisqu'elle frappe d'interdiction des fabrications cependant correctes.

En effet, la définition donnée par l'O. R. 14 (dont la rédaction d'ailleurs laisse fort à désirer) — s'exprime ainsi : « Les protéines seront obtenues par coagulation à chaud de l'albumine du sérum en milieu acide, soit par un acide organique, soit partiellement neutralisé par la soude. » En même temps, il est dit : « Les protéines ne devront pas renfermer plus de 4% de matières minérales sur l'extrait sec. »

Ce qui signifie :

Qu'il est interdit de traiter des sérums très peu acides ou neutres et, à *fortiori*, entièrement neutralisés ;

Qu'il est obligatoire de ne travailler qu'en milieu acide, cette acidité étant acquise spontanément par fermentation lactique ou provoquée par un apport d'acide organique ;

Qu'il est autorisé de réduire partiellement au moyen de soude l'acidité élevée de certains sérums ;

Que la teneur en matières minérales de la protéine supposée sèche ne doit pas excéder 4%.

Or l'expérience montre que si l'on obtient effectivement des protéines titrant moins de 4% de matières minérales en chauffant des sérums acides, il n'en est pas toujours de même quand il s'agit de sérums partiellement neutralisés comme le permet l'O. R. 14. Que signifie donc l'expression « neutralisation partielle » ? Suivant l'origine des sérums, pour un même taux de neutralisation partielle, le taux de matières minérales varie dans des limites très importantes comme nous le verrons ci-après. Il eût donc été sage de donner un sens chimique précis à cette expression.

Nous avons cherché à combler cette lacune et, dans ce but, nous avons entrepris l'étude systématique des facteurs qui influencent

la teneur des protéines en matières minérales. Les résultats de cette étude permettront sans doute de compléter et éventuellement de modifier la rédaction de l'O. R. 14.

II. Composition des lacto-protéines

1° En ce qui concerne l'azote.

Rappelons que les sérums, quels qu'ils soient, contiennent en général 7 à 9 grammes d'azote exprimé en matières protéiques par litre.

Tout cet azote n'est pas précipitable par la chaleur. Nous avons dit que seules l'albumine et la globuline précipitaient, entraînant avec elles une partie ou la totalité des restes de caséine en suspension. Les autres formes d'azote non protidiques ne précipitent pas et subissent un entraînement à peu près nul.

Les sérums « déprotéinés » contiennent encore 2 à 3 grammes par litre d'azote (exprimé en matières protéiques) alors qu'avant traitement le sérum titrait de 7 à 9 grammes.

On peut estimer que le taux de protides précipitables est compris entre 4 et 6 grammes par litre de sérum — rarement davantage. Ce chiffre se compose d'environ 4 à 5 grammes d'albumine + globuline (totalité des albumines du lait) plus 1 à 2 grammes de caséine.

Rappelons enfin que la fraction albumine contenue dans la protéine renferme des acides-aminés dont les plus intéressants au point de vue alimentaire paraissent être le tryptophane (3,1%) et la lysine (8 à 9%).

2° En ce qui concerne les matières minérales.

Une remarque préalable, très importante, s'impose : la variabilité du taux d'azote précipitable d'un sérum peut entraîner des variations très importantes du taux de matières minérales de la protéine. Supposons, en effet, que, dans les conditions de l'extraction de la protéine, on précipite, à partir d'un litre de sérum, 1 gramme de matières minérales. Si, en même temps, on a coagulé 4 grammes de protéine, le taux de matières minérales de cette dernière est égal à 20%. Si, au contraire, on a coagulé 6 grammes de protéine, la teneur en cendres de celle-ci s'abaisse à 14,3%.

Il y aura lieu de tenir compte de cette variabilité possible dans l'interprétation des faits que nous allons, maintenant, décrire.

La question la plus importante qui se pose au sujet de la fabrication des lactoprotéines est celle de leur teneur en cendres puisque celle-ci, réglementairement, ne doit pas dépasser 4%. Comment parvenir à ce résultat en dépit de la diversité des conditions d'obtention et de la composition des sérums mis en œuvre ?

Dans le but de répondre à cette question, nous avons entrepris une série d'expériences dont les résultats, valables seulement pour le lait sur lequel nous avons travaillé, ne peuvent pas être pris en considération d'une manière absolue. En revanche, les ordres de grandeur et les variations auxquels ils ont permis d'aboutir, sont intéressants à envisager, car ils confirment les prévisions théoriques et peuvent servir de guide pour la pratique.

Nous avons examiné successivement l'influence, sur la teneur en cendres des protéines :

- Du chauffage de sérums issus de laits plus ou moins acides ;
- Du chauffage de ces mêmes sérums acidifiés spontanément ;
- Du chauffage de ces sérums acidifiés, puis neutralisés complètement ;
- Du chauffage de ces sérums acidifiés fortement, puis neutralisés partiellement.

Dans tous les cas la protéine obtenue a été lavée — ce qui nous éloigne des conditions industrielles. Une correction sera donc nécessaire si l'on désire utiliser nos chiffres pratiquement. Notons encore que les emprésurages réalisés ont été rapides (type Port-Salut) pour éviter l'acidification pendant l'opération. A ces sérums de lait emprésuré nous avons également joint un sérum de caillebotte lactique.

a) Influence de l'acidité du lait.

	Acidité du lait à l'emprésurage			Acidité du lait au caillage
	17	40	55	70
Acidité du sérum	10	30	42	50
Extrait sec du sérum par litre ...	64,60	64,92	67,82	69,30
Matières minérales du sérum par litre	5,27	6,15	6,60	7,75
Protéine sèche obtenue par litre .	3,09	4,32	4,52	4,71
Cendres % de protéine sèche	6,47	1,72	1,21	0

Donc, les sérums issus de laits de plus en plus acides ont fourni des quantités de protéines croissantes. Et ces protéines sont de plus en plus pauvres en matières minérales. Il est facile de s'expliquer ce fait :

Dans un sérum neutre, certaines matières minérales ne sont pas en solution vraie, mais à l'état colloïdal. Le chauffage de ce sérum a

pour conséquence, en dehors de la coagulation de l'albumine, la disparition de la stabilité des phosphates alcalino-ferreux colloïdaux. On sait, en effet, le pouvoir protecteur élevé de ces protéines sur les colloïdes auxquels elles sont associées. Or, ce pouvoir disparaît dès qu'elles coagulent sous l'action de la chaleur. Les sels colloïdaux non protégés précipitent à leur tour. Ils sont enrobés dans la protéine qui, de ce fait, est riche en cendres.

La situation est tout autre si le sérum provient de lait acide. Ce sérum, ainsi que nous l'avons montré plus haut, est plus riche en matières minérales que le sérum neutre ; mais ce milieu acide fait passer les phosphates alcalino-terreux de l'état colloïdal, qu'ils présentent dans le sérum neutre, à l'état de solution vraie où ils sont stables et non entraînés par le coagulum d'albumine. Le chauffage en milieu acide, en dépit de la précipitation de l'albumine, n'entraîne plus la précipitation de ces sels et, si on lave la protéine, elle ne contient pas de cendres ou très peu.

b) Influence de l'acidification ultérieure des sérums.

Acidité des sérums	10		30		42		50 (lactique)	
	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine
Sérums :								
Acidifiés à 15° D.	—	3,40	—	—	—	—	—	—
Acidifiés à 30-35° D.	5,73	0	4,32	1,72	—	—	—	—
Acidifiés à 35-50° D. ...	5,57	0	4,25	traces	4,52	1,21	4,71	0
Acidifiés à 55-60° D. ...	4,51	0	5,22	0,57	—	—	—	—
Acidifiés à 65-70° D.	3,90	0	4,87	0,51	4,88	0,81	—	—

L'augmentation de l'acidité semble accroître un peu le rendement pour le faire ensuite diminuer. En outre :

Sur le sérum initialement neutre, une légère acidification conduit à des protéines plus pauvres en cendres et une acidification un peu plus forte fait totalement disparaître ces matières minérales.

Sur les sérums initialement acides, le taux de matières minérales reste faible ou nul.

Le raisonnement précédent s'applique parfaitement ici et explique aisément la faible teneur en cendres des protéines obtenues de sérums acidifiés spontanément après l'égouttage.

En conclusion : Tous les sérums acides fournissent des protéines pauvres en cendres ou même totalement exemptes de cendres.

c) Influence de la neutralisation complète des sérums acidifiés.

Nous avons ramené à 10° Dornic, avant de les chauffer, les sérums précédents après leur acidification spontanée.

Acidité des sérums	10		30		42		50 (lactique)	
	Pds de protéine	Cen-dres % protéine	Pds de protéine	Cen-dres % protéine	Pds de protéine	Cen-dres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine
Sérums :								
Acidifiés à 30-35° et neutralisés	4,14	7,00	5,10	4,90	—	—	—	—
Acidifiés à 35-50° et neutr.	—	—	—	—	8,00	25,10	7,67	28,30
Acidifiés à 55-60° et neutr.	5,80	14,80	8,03	22,80	—	—	—	—
Acidifiés à 65-70° et neutr.	4,40	18,00	7,64	29,00	7,21	34,00	—	—

Dans tous les cas, il y a augmentation du taux de « protéines » précipitées et augmentation très sensible du taux de cendres de ces protéines. Le produit obtenu est donc de plus en plus minéralisé de plus en plus impur et c'est la raison pour laquelle le « rendement » augmente.

D'autre part, l'accroissement du taux de cendres de la protéine est d'autant plus important :

Que, pour un même sérum, l'acidification qui a précédé la neutralisation a été plus intense ; on comprend que cette acidification progressive ait fait entrer en solution vraie des quantités de plus en plus importantes de sels alcalino-terreux qui ont précipité sous l'influence de la neutralisation ;

Que, pour un même degré d'acidification avant neutralisation, le sérum provenait d'un lait plus acide ; on comprend que pour une même acidité finale (même quantité de soude introduite) les sérums les plus riches en matières minérales (c'est-à-dire provenant des laits les plus acides) conduisent aux protéines les plus minéralisées.

d) Influence de la neutralisation partielle des sérums acidifiés.

Les sérums précédents ont été abandonnés à l'acidification spontanée jusqu'à 70° Dornic et ramenés ensuite (avant chauffage) à des acidités diverses par des apports de soude.

Acidité des sérums	10		30		42		50 (lactique)	
	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine	Pds de protéine	Cendres % protéine
Sérums :								
Acidifiés à 70° D	3,90	0	4,87	0,51	4,88	0,81	4,71	0
Puis ramenés à 45-50° D.	5,06	0,98	4,91	1,80	5,42	12,08	4,55	0,1 (1)
Puis ramenés à 35° D.	5,00	1,40	5,50	9,90	6,54	22,30	4,83	7,0 (2)
Puis ramenés à 20° D. . .	5,41	7,30	8,06	23,20	6,88	32,50	8,20	24,0
Puis ramenés à 10° D. . .	4,40	18,00	7,64	29,00	6,21	34,00	7,67	28,3

(1) Ramené à 38° Dornic.

(2) Ramené à 30° Dornic.

Ces sérums acidifiés à 70° Dornic présentent donc des taux de cendres très faibles ou nuls.

La neutralisation progressive de ces sérums conduit à des poids de protéines plus élevés ; mais, en même temps, la teneur en cendres de ces « protéines » croît dans des proportions considérables, d'autant plus qu'on a plus neutralisé et, à égalité de taux de neutralisation, d'autant plus que le lait initial était plus acide.

Tous ces faits s'expliquent très bien si l'on considère que, d'une part, une neutralisation partielle n'entraîne qu'une précipitation partielle de sels alcalino-terreux (dont la mise en solution était proportionnelle à l'acidité) et d'autant plus grande que l'on se rapproche de la neutralité ; que, d'autre part, dans chaque cas, la précipitation est d'autant plus importante que le sérum était plus riche en matières minérales, c'est-à-dire issu de lait plus acide.

On voit ainsi se manifester d'une façon très claire, non seulement l'influence de l'acidité du sérum sur la mise en solution vraie des sels alcalino-terreux qu'il contenait à l'état colloïdal (et, par voie de conséquence, le rôle précipitant des apports neutralisants sur ces sels dissous), mais encore et surtout l'influence de l'acidité du lait, agissant par l'intermédiaire de la richesse en matières minérales qu'elle détermine dans le sérum.

Remarque : On pourrait se montrer surpris du fait que de faibles différences dans les cendres des sérums entraînent des différences aussi considérables dans les cendres des protéines résultant de la neutralisation totale de ces sérums préalablement acidifiés à 70° Dornic par exemple. Il ne faut pas omettre que ces différences doivent être rapportées à des quantités de protéine sèche de l'ordre de 7 grammes par litre. Ainsi une différence de 0 gr. 88 de cendre

par litre entre deux sérums (cas des 2 premiers) ramenée à 7 grammes de protéine entraîne une différence de cendres dans les protéines de 12% (nous avons trouvé 11% de majoration). C'est également montrer que si, dans un sérum neutre, une partie seulement des matières minérales est entraînable pendant la coagulation de l'albumine, toute majoration du taux des matières minérales du sérum due à l'acidification du lait correspond, en revanche, à des sels entièrement précipitables par la neutralisation totale du sérum.

Conclusions pratiques relatives à la teneur en cendres des protéines

Le chauffage d'un *sérum de lait doux* (ce sérum ne s'étant pas acidifié par la suite) conduit à des protéines assez riches en cendres.

Le chauffage de *sérums acides*, quelle que soit l'acidité (naturelle ou acquise) conduit à des protéines pauvres ou très pauvres en cendres ;

Le chauffage de *sérums complètement neutralisés*, quelle que soit l'acidité antérieure, conduit à des protéines riches ou très riches en cendres — d'autant plus que l'acidité, naturelle ou acquise, était plus élevée ;

Le chauffage de sérums très acides *partiellement neutralisés*, conduit à toute la gamme des états intermédiaires entre les deux précédents. Le taux de cendres est d'autant plus faible que la neutralisation partielle est plus limitée et que l'acidité naturelle initiale du sérum (c'est-à-dire du lait) était plus faible.

III. Préparation des lacto-protéines

1^o Problème préalable : obtention de protéines pauvres en cendres.

Il résulte de tout ce qui précède que la meilleure manière d'obtenir des protéines pauvres en matières minérales, comme le veut l'O. R. 14, consiste à ne chauffer que des sérums acides (obtenus directement acides, ou acidifiés ultérieurement) non neutralisés, ou bien à partir de sérums naturellement neutres ou peu acides, à les laisser s'acidifier fortement, puis à les neutraliser *partiellement* avant le chauffage.

Remarquons qu'il est notamment impossible d'aboutir au résultat cherché en partant de sérums naturellement acides (c'est-à-dire provenant de laits acides) et en les *neutralisant même partiellement*.

Or, deux raisons militent en faveur de la neutralisation, au moins partielle, des sérums acides.

a) Le chauffage des sérums acides conduit à une mauvaise

précipitation de la protéine. Il est utile, indispensable même, de faciliter cette précipitation par des apports salins. Rappelons, en effet, que l'albumine est une solution colloïdale dont la floculation, sous l'action de la chaleur, est facilitée et améliorée par la présence d'électrolytes dont le rôle est de diminuer le potentiel de cataphorèse de l'hydrosol et de favoriser, de ce fait, la formation de l'hydrogel.

D'autre part, la neutralisation, même partielle, provoque la précipitation des sels solubilisés par l'acide lactique (phosphate de Ca, de Mg) qui se trouvent entraînés dans le précipité d'albumine. Ces deux précipitations, aidées par la chaleur, se facilitent mutuellement.

En fait, dans la pratique industrielle courante, *on constate la absolue de recourir à la neutralisation au moins partielle des sérums acides et surtout très acides*. C'est là une nécessité physique, mécanique ;

b) La seconde raison qui plaide en faveur de la neutralisation au moins partielle des sérums se trouve dans le texte même de l'O. R. 14 qui autorise cette opération. Mais nous avons vu que cette neutralisation, même partielle, conduit, dans le cas des sérums acides, à des protéines riches en cendres — trop riches si l'on s'en tient au texte qui fixe le maximum des cendres à 4%.

Alors nous nous trouvons placés dans une impasse : d'une part, nécessité technique de neutraliser partiellement les sérums acides — cette nécessité étant implicitement reconnue par l'O. R. 14 qui autorise l'opération ; d'autre part, impossibilité de mettre en pratique cette neutralisation autorisée car, dans la plupart des cas, elle conduit à des protéines titrant plus de 4% de cendres, limite prescrite par cette même décision O. R. 14.

Et voilà pourquoi certaines usines ayant préparé des protéines dans les conditions prévues (neutralisation partielle de sérums acides) se sont vu refuser l'agrément de leurs produits par « excès de matières minérales ». Il y a là, incontestablement, une lacune qu'il convenait de souligner.

Sans insister autrement sur l'insuffisance des études qui ont présidé à l'élaboration de ce texte, demandons-nous au moins comment il conviendrait de réparer l'erreur commise en modifiant le chiffre de 4% donné comme maximum du taux de cendres.

2° Projet de modification de l'O. R. 14.

S'il s'agit de sérum doux que l'on laisse s'acidifier à 60° D. et qu'on neutralise totalement, le taux de matières minérales de la protéine s'élève à 15%. (Si l'acidification était d'abord allée à 70° D., on atteindrait 18%.) D'autre part, ce sérum étant monté

à 70° D., une neutralisation partielle peut conduire à des résultats satisfaisants, c'est-à-dire inférieurs à 4% de cendres.

S'il s'agit de sérum *obtenu* acide (30° D.), son acidification à 60° D., par exemple, suivie de neutralisation totale, conduit à une protéine beaucoup trop riche en cendres (23%). Si, après acidification à 70°, on neutralise partiellement (par exemple à 35°), on atteint 10% de matières minérales dans la protéine. Si le sérum est *obtenu* encore plus acide, une neutralisation très légère (jusqu'à 50° D. par exemple) conduit à une protéine à 12% de cendres.

Ces circonstances nous paraissent devoir être assez facilement rencontrées dans la pratique et les chiffres de 10-12% de cendres — pour une protéine supposée lavée, comme ce fut le cas dans nos essais — semblent pouvoir être retenus comme maximum. Il y a lieu de tenir compte du fait qu'une protéine non lavée, titrant 75% d'eau, comprend environ 80% de sérum — autrement dit — 20 grammes de protéine sèche renferment, en outre, les cendres de 80 cm³ de sérum, c'est-à-dire environ 0 gr. 4, soit enfin 2%.

Les chiffres précédents issus du laboratoire doivent donc encore être majorés de 2% pour passer dans l'industrie et les maxima de cendres que nous proposons se situeraient à 12-14% soit, en chiffres ronds, 15%.

Remarque : Bien entendu ces taux de cendres s'entendent *sel non compris* dans le cas des protéines salées — car une protéine salée à 2% environ à l'état humide voit sa teneur en matières minérales sur sec majorée de 8% de ce seul fait. Il va de soi que le maximum de 15% que nous proposons ne comporte pas le sel qui, au cours de l'analyse, doit être déduit par un dosage direct des chlorures restant après calcination dans les cendres.

3° Procédé d'extraction le plus courant.

Le procédé d'extraction le plus courant est, en principe, fort simple : Le sérum, préalablement écrémé s'il y a lieu, est éventuellement soumis à l'acidification spontanée (cas des sérums neutres) ou à la neutralisation partielle (cas des sérums trop acides) puis, chauffé aussitôt que possible à une température égale ou supérieure à 90°. On laisse reposer pendant quelques heures. La liqueur surnageante (sérum déprotéiné) est évacuée par siphonnage ou décantation, Le précipité de protéine est recueilli dans des sacs de toile fine, abandonné à un égouttage spontané dans ces sacs ficelés puis, finalement, pressé légèrement et de plus en plus fortement pour que l'humidité finale soit inférieure ou égale à 75%.

La protéine ainsi extraite peut être salée (avant ou après pressage) à 2 ou 3% pour améliorer sa saveur et ses possibilités de conservation. On procède enfin, s'il y a lieu, au séchage par les méthodes courantes de la caséinerie.

Remarque : Il n'est pas envisagé de laver la protéine. Cette opération aurait cependant l'avantage de faire disparaître une partie des matières minérales.

Mais elle aurait aussi l'inconvénient d'éliminer une grande partie ou la totalité de l'acidité du sérum d'imprégnation et cette circonstance aurait des conséquences regrettables sur la conservabilité du produit. Cette opération ne serait, éventuellement, à recommander que si le séchage devait suivre sur place et immédiatement le séchage.

4° Autres techniques d'extraction.

En face de cette technique générale qui résulte de l'application des stipulations de l'O. R. 14 (notamment : absence de neutralisation complète) donnons, à titre documentaire, quelques techniques d'origine étrangère qui diffèrent essentiellement de la précédente en ce sens qu'elles prescrivent toutes la neutralisation complète du sérum :

Procédé « Chemische werke H. et E. ALBERT, à Wiesbaden-Biebrich » [19, 20] : on ajoute de la chaux jusqu'à neutralité, puis du phosphate de soude et on porte à 70°. A cette température, relativement basse, on obtient une protéine très digestible et un rendement élevé (15 à 18 kilogrammes de matière sèche pour 1.000 litres de sérum).

Technique de SAUER (Marienburg) [19] : on laisse le sérum s'acidifier jusqu'à environ 56° D. On neutralise à l'aide d'un lait de chaux et on chauffe à 70°. On sèche la protéine obtenue à l'aide de l'Unterluft-Schnelltrockner de la maison Seyffert, de Dusseldorf.

Technique de STERN-ELVEHJEM [16] : on laisse le sérum s'acidifier 24 heures à froid (pH 4,5). On chauffe à 88° et on refroidit. On a ainsi précipité l'albumine que l'on sépare puis, le sérum décanté est alcalinisé par l'ammoniaque jusqu'à pH 9,0. Il s'ensuit un précipité de phosphate que l'on sépare. Enfin, le sérum décanté est ramené à la neutralité et évacué.

Certains auteurs préconisent la précipitation par la chaleur seule en milieu acide, sans neutralisation [21].

D'autres procédés consistent à concentrer et même à sécher le sérum, puis à en extraire le lactose. La matière résiduelle contient toutes les protéines du sérum. Voici des exemples d'application :

Technique de BELL, PETER et JOHSON [22] : le sérum est neutralisé par la soude à 5% jusqu'à pH 7,3. On ne fait pas bouillir. On concentre sous vide à 50° maximum jusqu'à 32° Bé. A ce moment le taux de matière sèche est de 62 à 64%. On fait ensuite cristalliser à froid : 18 heures à 0° ou 42 heures à + 4°. On sépare les cristaux par centrifugation ou filtration. Le sérum, ainsi dépourvu de lactose

et contenant toute l'albumine à l'état soluble, est séché par atomisation. Il contient encore du lactose et les sels solubles du lait. Une variante de cette technique consiste à électrodialyser le sérum délactosé avant de le sécher [23].

Technique de LEVITON [24] : on part du sérum en poudre que que l'on traite par l'alcool à 70%. On parvient ainsi à éliminer le lactose en totalité (les brevets LEVITON concernent surtout l'extraction industrielle du lactose). Le résidu de cette extraction est un concentré de protéines solubles, d'ailleurs très riche en riboflavine puisqu'un gramme de matière solide en contient 150 gamma.

D'autres auteurs tels que WEISBERG [25] préconisent la préparation de protéine soluble en l'extrayant par électrodialyse.

Remarque : Il est bon de rappeler que, sous sa formule la plus simple (chauffage du sérum pour coaguler l'albumine), l'extraction de la protéine du sérum est une opération industrielle appliquée depuis fort longtemps dans la préparation du fromage de serai (ou sérac) bien connu de tous les fabricants de gruyère. Les conditions de cette fabrication ont été récemment rappelées par M. UHLEN, directeur de l'Ecole de La Roche-sur-Foron [26].

Cette fabrication est également à rapprocher, dans une certaine mesure, de la ricotta italienne (mélange de matière grasse et d'albumine obtenu par chauffage à 75-80° du sérum non écrémé), du ziger roumain [27], du myseost danois [4], etc.

On voit donc que bon nombre de fabrications étrangères, qui ont cependant reçu la consécration de l'expérience, seraient refusées par l'application des termes de la décision de notre Comité Central. Est-ce à dire qu'il faille donner la préférence aux techniques étrangères et s'ingénier à fabriquer systématiquement des protéines à 30 ou 50% de cendres ? Non pas. De tels produits ne sauraient avoir droit à la dénomination de protéine. Cette remarque, nous dira-t-on, ne vaut-elle pas pour les protéines à 15% que vous proposez ? A notre avis cette discussion doit se mener sur le terrain des principes : toute la question est de savoir si l'on veut préparer de la protéine chimiquement pure, exempte de matières minérales, d'un prix de revient très élevé, de fabrication difficile ou impossible même à réaliser avec des sérums issus de laits très acides — ou bien si l'on veut, au prix d'un minimum de précautions, permettre à la majorité des usines, petites ou grandes, de préparer un produit acceptable dont la fabrication, à partir de sérums très acides, nécessite absolument une légère désacidification. C'est incontestablement cette deuxième hypothèse qui doit prévaloir. L'O. R. 14 en reconnaît le bien fondé en autorisant la neutralisation partielle. Mais le chiffre de 4% de cendres est incompatible avec la déclaration de principe précédente. Il faut l'élargir sur des bases raisonnables.

Voilà tout le fond de notre discussion. Il est acceptable. Nous demandons, dans l'intérêt général, qu'on le précise et qu'on l'adopte.

IV. Valeur alimentaire des lacto-protéines

1° Point de vue diététique.

La protéine, telle qu'elle vient d'être définie, se présente donc comme une substance renfermant à l'état sec une majorité de lactalbumine, une petite quantité de caséine, un taux de matières minérales variable suivant le mode d'extraction et la nature du sérum initial.

La teneur en albumine varie dans des limites très larges (50 à 90 % du produit sec), parce que le taux de cendres varie lui-même de quelques unités pour cent à 30 % et même à 40 % dans les produits incorrectement préparés.

Prenons comme exemple une protéine de composition moyenne, préparée dans des conditions acceptables ; sa composition sera la suivante (en % de produit sec) :

	%
Azote total exprimé en albumine	70
Matières minérales	10-12
Lactose, matières grasses, acide lactique, etc... ..	18-20

Ces produits sont donc, avant tout, des sources d'azote organique et principalement de lactalbumine accompagné d'une certaine quantité de matières minérales que l'on cherche à réduire quantitativement, mais dont la valeur qualitative est loin d'être nulle puisqu'il s'agit essentiellement de phosphates alcalinoterreux et magnésiens.

C'est assez dire que la valeur alimentaire de ces lactoprotéines est très notable et cela reste vrai si le taux de cendres dépasse 4 %.

Tout ce qui peut être dit de la valeur alimentaire des albumines cuites trouve à peu près sa place ici. C'est pourquoi l'on peut affirmer que les lactoprotéines offrent un intéressant moyen de combler le déficit de la ration azotée actuelle dans l'alimentation de l'enfant et même de l'adulte.

La composition minérale de ces produits ne présente pas moins d'intérêt. Les protéines apportent avec elles du calcium et du phosphore minéral en quantités non négligeables et dans un rapport très satisfaisant puisque, ici, Ca/P est inférieur à 2. Or, on sait que si, dans la ration, ce rapport est supérieur à 2 environ et si, en même temps, il y a absence totale de vitamine D, les conditions se trouvent remplies de l'apparition du rachitisme. Il nous faut donc rechercher, surtout pour l'enfance, des aliments apportant ces deux éléments dans un rapport convenable. Le régime alimentaire

actuel ne semble pas toujours satisfaisant à cet égard ; il ne faut pas omettre, en effet, que de nombreuses sources de phosphore de l'alimentation sont sans valeur au point de vue de la prévention du rachitisme : tel est le cas, en particulier, du phosphore de la phytine des céréales. Le phosphore minéral des lactoprotéines est, en revanche, des plus satisfaisants. C'est là une raison supplémentaire d'en recommander la consommation.

Notons en passant, sur ce point particulier du danger actuel du rachitisme, que la vitamine D pourrait être apportée dans d'excellentes conditions et sans danger d'hypervitaminose, par le lait irradié — à la condition que cette préparation soit effectuée correctement et soumise à un contrôle officiel).

Pour toutes ces raisons, on a donc eu parfaitement raison de recommander et d'encourager la fabrication des lactoprotéines. Il ne faut pas, par conséquent, compromettre l'effort des industriels par des mesures exagérément draconiennes en ce qui concerne la teneur en éléments minéraux. Il faut au contraire souhaiter l'extension de cette industrie sous la réserve d'une surveillance technique vigilante pour éviter les fraudes et les abus.

L'aspect diététique du problème ne soulève donc pas de difficultés notables puisque la composition chimique du produit est et peut rester satisfaisante.

2° Point de vue de l'hygiène.

Bien plus difficile à résoudre est le problème d'hygiène qui se pose à l'occasion des protéines.

Il n'échappe à personne que ces substances sont hautement altérables, surtout si le milieu est neutre et, *à fortiori*, alcalin. Il faut reconnaître qu'à la mise en route de ces fabrications au cours de l'automne 1942, de nombreux produits ont été préparés dans de mauvaises conditions et sont parvenus à destination plus ou moins altérés. Il faut convenir, à la décharge des industriels responsables, que ces fabrications ont été lancées sans directives officielles et sans contrôle. La plupart des usines ont, à l'instar des fabrications étrangères, neutralisé leurs sérums et produit des protéines neutres très altérables. Les organismes officiels ont failli à leur tâche en ne s'emparant pas immédiatement de la question, en ne procédant pas aux études nécessaires, en ne fournissant pas aux intéressés les conseils précis qui leur ont fait défaut.

Quelques mois plus tard parut l'O. R. 14. Le principe posé par ce texte — interdiction de la neutralisation complète — a engendré sans délai un sérieux progrès, tant en ce qui concerne la composition chimique que la conservabilité des protéines.

Mais, entre temps, de nombreux produits médiocres étaient

parvenus dans les centres de consommation et avaient, à juste titre, ému les sphères officielles de la Médecine et de l'Hygiène. Alors des critiques se sont élevées contre cette industrie nouvelle, allant jusqu'à la menace de l'interdiction de fabriquer. Au lieu de corriger, de surveiller et d'encourager la production de cette source d'azote alimentaire inattendue et précieuse, on allait la supprimer. C'était la solution la plus simple et la plus mauvaise.

Fort heureusement les esprits se ressaisirent et, la réflexion aidant, l'on s'aperçut que le problème des protéines comportait une solution du point de vue de l'hygiène : on en vint peu à peu à penser que cette solution consistait à interdire le transport des protéines fraîches, ce qui impliquait :

- a) L'utilisation immédiate et sur place de la protéine humide ;
- b) Le séchage immédiat et sur place de la protéine destinée à être transportée.

Il faut reconnaître que ces solutions semblent être les meilleures. Elles ont fait l'objet de plusieurs études récentes, notamment de MM. GUITTONNEAU et THIEULIN (Académie de Médecine, séance du 11 mai 1943).

Malheureusement ces solutions, si elles résolvent le problème d'hygiène soulevé à l'occasion des protéines, ne permettent pas de tirer de ces produits précieux tout le parti alimentaire que l'on pourrait souhaiter. Le séchage des protéines en limite l'emploi à l'usage industriel et en interdit la consommation directe par le public sous forme de fromage maigre. La vente à l'état frais réservée aux centres de production ne permet pas d'alimenter la région parisienne ou les villes non situées à proximité immédiate d'une fromagerie.

Il reste donc intéressant et utile de trouver une solution permettant le transport sans altération des protéines fraîches. Un certain nombre d'éléments nous paraissent de nature à mettre sur la voie de cette solution :

a) Si, comme il est prescrit par l'O. R. 14, la protéine est extraite d'un sérum non neutralisé — ou non entièrement neutralisé — elle reste elle-même acide et, partant, moins altérable ;

b) Nos expériences personnelles nous ont montré qu'un *apport supplémentaire d'acidité* sous forme d'acide lactique mélangé à la protéine par malaxage améliore encore la conservabilité de la protéine. Une autre formule consiste à mélanger à la protéine avant pressage une culture active de *ferments lactiques sélectionnés* suivant le conseil judicieux donné par M. ADT. Dans l'une et l'autre de ces conditions, l'expérience montre que la protéine ne subit pas la

putréfaction, même après d'assez longs séjours à 20° ou à 30° à l'abri de l'air ;

c) Le *pressage* poussé le plus loin possible constitue également un moyen de parer à l'altération rapide des protéines. Nous avons vu des gâteaux très secs de protéine fraîche acide se conserver dans de très bonnes conditions pendant une semaine à 20 ou 25° ;

d) Le *salage* à 2 ou 3% de la protéine fraîche est également très recommandable ;

e) Enfin, le *transport rapide en wagons frigorifiques* peut être envisagé pour les protéines *préparées dans les laiteries* qui expédient déjà du lait dans les grandes villes et à Paris en utilisant ce moyen de transport. Ces usines n'ont pas les mêmes sources de protéine que les fromageries. Certaines d'entre elles, néanmoins, disposent de quantités appréciables de sérum de fromage frais ou de sérum de caséinerie. La protéine transportée dans ces conditions, c'est-à-dire à basse température et distribuée aux consommateurs moins de 24 heures après le départ de l'usine, ne présente pas d'altération ;

f) Pour les usines qui ne disposent pas de ce moyen de transport rapide à basse température, la combinaison de l'acidification, du *salage* et d'un *pressage* très poussé permet de parvenir à des résultats très satisfaisants.

Avant de conclure à l'impossibilité, puis à l'interdiction du transport des protéines fraîches, ne serait-il pas sage d'entreprendre des études officielles et sérieuses sur les bases que nous avons indiquées, qui permettraient ensuite de prescrire les meilleures conditions de travail et de transport de ces produits ?

Si cet effort n'est pas tenté, c'est la solution la plus facile qui interviendra de nouveau (l'interdiction du transport) et l'on privera de ce fait la population des villes d'un appoint direct d'azote alimentaire qu'il serait cependant facile de perfectionner et d'organiser.

V. Utilisation des lacto-protéines

L'utilisation des lactoprotéines se présente sous plusieurs formes suivant le mode de présentation du produit.

1° Consommation directe des protéines fraîches.

C'est, en principe, la forme d'utilisation la plus intéressante puisqu'elle est directe, facile et permet l'emploi du produit dans l'alimentation par tous les consommateurs *sous la forme d'un fromage blanc maigre* — qui, d'ailleurs, peut être légèrement salé.

Nous pensons que c'est sous cette forme qu'il conviendrait de développer la fabrication et la vente des protéines, sous la réserve

de conditions de préparation et de transport de nature à s'opposer efficacement à l'altération du produit. La chose est possible ; et nous avons indiqué plus haut quelques-unes des mesures qu'il y aurait lieu d'étudier et de prendre pour permettre la réalisation de cet intéressant programme.

2° Utilisation industrielle des protéines.

Les protéines peuvent entrer au lieu et place de la caséine dans la préparation des biscuits, des biscottes, de certains produits de charcuterie, des bouillons et potages, etc. Ces fabrications existent d'ailleurs depuis longtemps déjà et donnent d'excellents résultats.

On peut, dans ce but, utiliser soit la *protéine humide* pour laquelle se posent les mêmes problèmes de transport ou de conservation que dans le cas précédent, soit la *protéine séchée* et moulue qui est généralement mise à gonfler dans l'eau avant de l'incorporer aux autres éléments du mélange.

Cette utilisation comporte également de vastes débouchés qu'il faudrait s'ingénier, dans les circonstances actuelles, à satisfaire au maximum.

Il convient d'ailleurs de noter que le séchage des protéines n'est pas toujours possible sur le lieu de production, car les établissements équipés pour cette opération sont infiniment moins nombreux que ceux qui peuvent produire des protéines fraîches. Si l'on se bornait à préparer des protéines là seulement où il existe des séchoirs, la production serait ridiculement basse.

Donc, dans ce dernier cas également (groupage des protéines fraîches sur des centres régionaux de séchage), il faut envisager le transport de la protéine humide. Or, si le problème reçoit une solution dans ce dernier cas, cette solution peut aisément devenir générale et permettre le transport et la distribution de la protéine fraîche directement aux consommateurs dans les grands centres urbains. C'est là, à notre avis, une raison de plus de s'attacher à l'étude de l'amélioration des conditions de conservation de la protéine fraîche.

* * *

Conclusions

Ce rapide examen de la question des sérums et des protéines nous permet de tirer les conclusions suivantes :

1° *Le lacto-sérum*, très employé et très intéressant dans l'alimentation animale, ne comporte pas encore de grosses possibilités d'emploi dans l'alimentation humaine en dehors de quelques cas particuliers tels que celui des confitures de sérum, de certaines boissons, etc. ;

2° Les protéines de sérum sont, en revanche, susceptibles d'un très gros débouché dans l'alimentation humaine comme source complémentaire d'azote; sous la forme d'un fromage blanc, maigre, à offrir directement aux consommateurs — plutôt que sous la forme de protéine sèche dont la production et les emplois industriels sont plus limités.

L'extension de cette fabrication implique deux conditions :

a) Modification de la réglementation actuelle en ce qui concerne le taux de matières minérales de ces produits (modification de l'O. R. 14) ;

b) Amélioration des méthodes de fabrication et de transport des protéines fraîches pour en permettre la mise en vente dans des conditions d'hygiène irréprochables.

Ce faisant, on aura résolu utilement un problème alimentaire d'une importance considérable dans les circonstances difficiles que nous traversons actuellement.

Nous tenons à remercier très vivement notre collaborateur M. LABBÉ, du Laboratoire de Chimie de la Laiterie des Fermiers Réunis, de l'aide précieuse qu'il nous a apportée en exécutant la partie expérimentale de ce travail.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] LEROY. X^e Congrès Mondial de Laiterie, Rome, 1934. Analysé dans *Le Lait*, 1936, p. 161.
- [2] BÜNGER. *Molkerei Zeitung*, 1937 et 1938.
- [3] SAUSSEAU et GIRAudeau. *Le Porc*, mai 1931.
- [4] ORLA-JENSEN. *Mælkeritidende*, 1938, n° 48.
- [5] G. C. SUPPLEE. Congrès de Printemps de l'American Chemical Society, avril 1939.
- [6] STERN, ELVEHJEM. *Journ. of Dairy Science*, 1935, p. 333.
- [7] MAJER. Congrès International de Laiterie, Berlin, 1937.
- [8] LAGNELIER. Station Expérimentale du Cap-Rouge (Canada). Expériences relatées dans *Le Lait*, 1928, p. 871.
- [9] Cité par KIEFERLE. Congrès International de Laiterie, Berlin, 1937.
- [10] RIEDEL. *Molkerei Zeitung Hildesheim*, 1923, p. 1841.
- [11] DOMDEY. *Molkerei Zeitung*, 1938, p. 941.
- [12] ROSELL. *Le Lait*, 1939, p. 234.
- [13] D^r Maurice RENAUD. *Le Lait*, 1930, p. 369.
- [14] GLUCKSMANN. *Z. Casopisu lékařuv ceskych*, 39, 41, 1923.
- [15] RAMSDELL et WEBB. *Canadian Dairy and ice Cream Journal*, 1938, p. 47 et 55.
- [16] RAMSDELL et WEBB. *Journal of Dairy Science*, 1938, p. 305.
- [17] Anonyme. *Swenska Mejeritidningen*, 1938, p. 277-278.
- [18] ROEDER. *Molkerei Zeitung*, 1937, p. 2109-2112.

- [19] KIEFERLE. *Congrès International de Laiterie*, Berlin, 1937.
 [20] HARTMANN. *Molkerei Zeitung*, 1936, p. 1108.
 [21] TEICHERT. *Molkerei Zeitung*, 1935, p. 1979.
 [22] BELL, PETER, JOHNSON. *Journal of Dairy Science*, 1928, p. 163-174.
 [23] BELL. *Chimie et Industrie*, 1928, p. 149.
 [24] LEVITON. Congrès de Printemps de l'American Chemical Society, avril 1939. *Le Lait*, 1939, p. 693.
 [25] WEISBERG. *Food Industry*, 1934, p. 368.
 [26] R. UHLEN. *L'Union Laitière*, 15 février, 1943.
 [27] KIEFERLE. 11^e Congrès International de Laiterie (2^e Section), Berlin, 1937.

LA SIGNIFICATION DE LA RÉACTION DE STORCH, DE LA VITESSE DE MONTÉE DE LA CRÈME AINSI QUE DE LA DÉTERMINATION DES PHOSPHATASES POUR LE CONTROLE DE LA PASTEURISATION DU LAIT

par

A. K. VAN BEVER et J. STRAUB

Laboratoire du Service d'Inspection des denrées alimentaires à Amsterdam

(Fin.)

II. — LA RELATION ENTRE LA CONCENTRATION DES ENZYMES ET BACTÉRIES ET LA TEMPÉRATURE DE PASTEURISATION

A. Déduction théorique

VAN ECK (23) a recherché à quel pourcentage de la valeur originale la teneur en peroxydase descendait, quand on chauffait le lait à une certaine température pendant des durées différentes. Il effectuait ses mesures en comparant chaque fois la coloration bleue, obtenue au moyen de la réaction de Storch, à une échelle, élaborée en effectuant la réaction de Storch dans des mélanges de lait pasteurisé et de lait cru avec proportion ascendante de ce dernier. La destruction de l'enzyme semblait se passer selon une réaction du premier ordre. ZILVA (24) s'est livré à la même recherche ; il déterminait ensuite K de la même façon pour toute une série de températures. BOUMA et VAN DAM (25) ont montré que les valeurs de Van Eck pour K concordent parfaitement avec les expériences de ZILVA.

(23) J. J. VAN ECK. *Z. Untersuch. Nahr. Genussm.*, **22**, 393, 1911.

(24) S. S. ZILVA. *Bioch. Journ.*, **8**, 656, 1914.

(25) A. BOUMA, W. VAN DAM. *Biochem. Z.*, **92**, 385, 1918.