



HAL
open science

LE SÉCHAGE PAR LYOPHILISATION ET SES APPLICATIONS AUX PRODUITS LAITIERS

G. Genin

► **To cite this version:**

G. Genin. LE SÉCHAGE PAR LYOPHILISATION ET SES APPLICATIONS AUX PRODUITS LAITIERS. *Le Lait*, 1966, 46 (459_460), pp.621-630. <hal-00928422>

HAL Id: hal-00928422

<https://hal.science/hal-00928422v1>

Submitted on 11 May 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



HAL Authorization

SUPPLÉMENT TECHNIQUE

LE SÉCHAGE PAR LYOPHILISATION ET SES APPLICATIONS AUX PRODUITS LAITIERS

par

G. GENIN

Ingénieur E.P.C.I.

Historique

Les méthodes de conservation des aliments par dessiccation présentent en général plusieurs inconvénients : elles entraînent la perte de constituants aromatiques volatils, peuvent conduire à une dégradation de certains composés chimiques, à une destruction des vitamines, à une dénaturation des protéines et à un retrait dimensionnel des produits desséchés.

On a donc cherché de nouvelles techniques et de nouvelles conceptions permettant de minimiser ou d'éliminer ces modifications indésirables et ce n'est que l'emploi de la lyophilisation qui a permis d'obtenir, dans des conditions industrielles convenables, des produits déshydratés satisfaisants.

Ce procédé de déshydratation des éléments sous vide poussé, alors qu'ils sont à l'état congelé, est relativement récent. Il est né au cours de la seconde guerre mondiale, pour répondre, à de très grandes distances, aux besoins en produits biologiques tels que pénicilline et plasma sanguin, à l'état sec et aux propriétés inchangées. Le brevet de base pour la congélation-déshydratation sous vide de produits alimentaires a été pris par Flosdorf [1] en 1946. Il présente les avantages suivants : dégradation thermique minimale, réhydratation rapide, stabilité dimensionnelle, poids réduit par unité de volume, bon aspect en général, rétention des qualités nutritives. Par contre, ce procédé présente également quelques inconvénients : fragilité, voluminosité, facilité d'oxydation, prix de revient élevé.

Pendant une quinzaine d'années, après la cession des hostilités, le procédé fut pratiquement abandonné sur le plan industriel et ce n'est qu'en 1951 que le Ministère britannique de l'Agriculture [2] ouvrit un centre de recherches pour mettre au point le traitement des produits alimentaires, depuis l'échelle de laboratoire et l'installation pilote jusqu'à l'usine complète, en utilisant

à cet effet une chambre de séchage fournie par A.S. Atlas de Copenhague.

Au cours des dix années suivantes, un important programme de recherches et de développement fut entrepris dans divers centres de l'Europe et des États-Unis et nous citerons en particulier [3] les travaux effectués par la Natick Blast Freeze Dehydration Facility, qui dépend des laboratoires Natick de l'armée américaine et qui aujourd'hui est un des plus importants centres américains consacrés aux recherches sur la lyophilisation, portant sur plus de 50 produits entrant dans la constitution des rations distribuées aux troupes américaines : viande, poulets, œufs, jus de fruits, fruits, café et lait.

Au cours de ces dernières années, les travaux sur la question se sont multipliés, accompagnés des premières réalisations industrielles. Par exemple aux États-Unis, on disposait fin 1964 d'installations de séchage par congélation représentant une surface utile d'étagères estimée à 5 200 m². En admettant un taux de chargement de 12,2 kg de denrées brutes par m², un cycle de déshydratation de 8 heures et un fonctionnement de 250 jours par an le débit possible s'élevait donc à 50 000 tonnes. En fait la production réelle en 1964 a été estimée au quart de ce chiffre, cet écart entre les résultats possibles et réels doit être probablement attribué surtout à un manque de données de fonctionnement sûres et d'une expérience étendue dans les techniques de déshydratation à basse température.

En Europe, l'exploitation commerciale s'est développée plus lentement, mais on estime qu'une trentaine de firmes appliquent maintenant le procédé à l'échelle industrielle à une grande variété de produits.

Principe et appareillage

La technique de lyophilisation fait appel à deux opérations qui jouent un rôle d'égale importance. La congélation a non seulement pour objet de préserver les propriétés et la fraîcheur du produit traité et d'éviter son altération chimique et bactériologique, mais intervient également dans la seconde opération. En effet, la congélation entraîne la formation de cristaux de glace dont la sublimation communique au produit une structure poreuse qui facilite la réhydratation [4]. La forme et les dimensions des cristaux de glace affectent la vitesse de séchage et par suite le prix de l'opération. La couche poreuse qui se forme à la surface du produit en cours de dessiccation agit comme une barrière à la pénétration vers l'intérieur de la chaleur, en même temps qu'à l'évacuation de la vapeur d'eau et cette résistance est particulièrement marquée lorsque les pores sont très fins, résultant de la formation de très petits cristaux de glace.

D'autre part, la forme et les dimensions des cristaux de glace interviennent sur la structure du produit desséché, qui doit être conservée aussi voisine que possible de celle du produit initial pour assurer le maximum de réversibilité au moment de l'hydratation. L'expérience a montré que les produits desséchés sont moins endommagés avec des vitesses de congélation élevées et finalement un compromis doit être recherché entre les méthodes de congélation qui préservent la structure du produit et celles qui ralentissent le moins la vitesse de sublimation.

L'équipement initialement utilisé pour la déshydratation sous vide à basse température consistait en chambres ou cabines à vide classiques, modifiées de façon :

— A assurer un piège à vapeur d'eau entre la pompe à vide et la chambre ;

— A permettre un fonctionnement à des pressions absolues inférieures à 1 mm de mercure ;

— A permettre un chauffage contrôlé, à une température quelconque, des plaques évidées sur lesquelles reposaient les plateaux.

Dans les premiers équipements industriels construits par A.S. Atlas, le vide était produit par des éjecteurs à jet de vapeur. Actuellement, on emploie couramment quatre ou cinq étages pour atteindre des vides allant jusqu'à 100 μ de mercure. Ces systèmes ont l'avantage de la simplicité, cependant les besoins en vapeur et en eau de refroidissement sont importants (eau à 15° C). Aussi, de plus en plus, on fait appel à des pompes mécaniques avec condenseurs refroidis : pompes à piston rotatif, ou pompes à palette rotative. Entre la pompe et la chambre de séchage, il faut prévoir un condenseur refroidi.

D'autre part, dans les premiers modèles, le transfert de l'apport calorifique nécessaire pour obtenir une sublimation continue de la glace à partir du produit congelé était obtenu par conduction. Les tendances actuelles vont de plus en plus vers un transfert de chaleur par rayonnement et en particulier au chauffage diélectrique.

Enfin les procédés en continu convenant mieux à l'automatisation, de nombreux spécialistes estiment que les installations doivent fonctionner en continu et diverses réalisations ont déjà été proposées, soit disposition en série de plusieurs chambres dont le contenu passe d'une chambre à la suivante, déplacement sur un tambour tournant refroidi, emploi de courroies sans fin, etc.

On notera que les aspects généraux de la lyophilisation des aliments, y compris l'appareillage, les produits traités, leur emballage et l'organisation de leur vente, ont été traités dans un ouvrage

de Cotson et Smith [5], établi d'après des communications présentées à un Symposium portant sur ce sujet et organisé par le Borough Polytechnic de Londres. D'autre part, Goldblith [6] et ses collaborateurs ont publié une intéressante étude générale sur le rôle de la science et de la technique dans l'opération de lyophilisation, les modifications subies par les produits alimentaires pendant leur traitement et leur magasinage.

En ce qui concerne plus particulièrement les réalisations européennes, on consultera l'étude publiée par *Food Engineering* [7] sur les procédés Vickers (continu ou discontinu) et sur un procédé appelé méthode par chauffage interne [8], qui semble avoir été utilisé avec succès pour le traitement de différents produits alimentaires et de dérivés du lait.

V. Horejsi [9] a donné également, à l'usage des intéressés, une très complète description des procédés et techniques adoptés en Grande-Bretagne, au Danemark, en Allemagne et aux Etats-Unis. Enfin, notre confrère allemand, *Milchwissenschaft* [10] a publié la description de plusieurs installations de laboratoire ou industrielles de construction européenne.

Le séchage par lyophilisation des produits laitiers

En ce qui concerne l'emploi de cette technique pour le traitement des produits laitiers, nous ferons appel, pour la mise au point de la question, à une intéressante étude publiée par notre confrère, *The Milk Industry* [11] où est passée en revue, plus spécialement, l'application des techniques de lyophilisation dans l'industrie laitière.

Fromage frais.

Une des premières études qui a été signalée concernant la lyophilisation du fromage frais, sur une échelle déjà importante, nous vient d'Union Soviétique [12]. L'article consacré à ces recherches décrit une installation d'une production journalière de 74 kg et qui comporte essentiellement une chambre de congélation et de séchage, un réfrigérateur à condenseur, des pompes à vide et un compresseur. La chambre de séchage, qui a la forme d'un cylindre horizontal d'environ 4 m³ de volume, contient 14 étagères espacées de 60 mm, ce qui donne une surface totale de séchage de 40 m². La caillebotte qui renferme environ 70 p. 100 d'humidité est congelée en la refroidissant à une vitesse de 1,2 à 1,8° C par minute, jusqu'à -18 à -20° C, sous un vide très poussé, correspondant à une pression absolue de mercure de 0,5 à 0,8 mm. Dans ces conditions, il y a évaporation de l'humidité qui est accélérée en faisant circuler de l'eau chaude sous les étagères. La température maximale atteinte par le produit traité au cours de

l'opération est de $+30^{\circ}$ C et le produit après séchage contient 2,9 à 4 p. 100 d'humidité.

En utilisant cette installation, il a été possible de dessécher des caillebottes utilisées pour la fabrication du fromage blanc, à haute ou à faible teneur en graisse, le produit obtenu étant très poreux. On a pu vérifier, en particulier, que le produit desséché dans ces conditions peut être reconstitué d'une façon satisfaisante par addition d'eau à $20-30^{\circ}$ C, il retrouve sa composition chimique initiale et ne présente aucune augmentation d'acidité. Des essais organoleptiques effectués sur le produit reconstitué ont montré qu'il était satisfaisant et correspondait aux normes commerciales.

Nous signalerons également une autre étude portant sur une installation pilote réalisée dans un laboratoire des Etats-Unis [13] et au moyen de laquelle les techniciens de ce laboratoire ont pu sécher du fromage blanc additionné de crème pour obtenir un produit renfermant moins de 2 p. 100 d'humidité et qu'il était possible de reconstituer en moins de 2 minutes.

Le produit renfermant une crème de culture à 18 p. 100 de graisse était desséché en couche d'environ 20 mm d'épaisseur, la durée de l'opération étant de 1 h $\frac{1}{4}$ à 2 h $\frac{1}{2}$. Le séchage était effectué à une pression inférieure à 1 500 μ de mercure, la température maximale atteinte par les plateaux de séchage étant de 43° C, et la durée du cycle de séchage étant de 20 à 24 h. Les résultats d'essais biochimiques et organoleptiques du fromage desséché dans ces conditions montrent, qu'à condition qu'il soit conservé sous atmosphère d'azote, il reste encore acceptable après plusieurs années de magasinage à la température de 5° C et après une année presque de conservation à 21° C.

Un brevet américain a décrit également [14] une méthode permettant la préparation du fromage frais desséché par lyophilisation comme le fromage blanc. Il est indiqué dans ce document que la qualité de ce fromage est altérée lorsque le produit est refroidi trop rapidement. Des études portant sur le séchage de fromage blanc, de caillebotte, etc. montrent qu'un séchage lent à une température qui n'est pas trop basse, fournit un produit plus facilement mouillable et de bonne porosité. On propose par exemple que la durée de refroidissement soit d'au moins 30 mn, la température atteinte étant comprise entre le point de congélation du fromage et -20° C.

D'après des documents récemment publiés [15], une laiterie de Dahlenburg (Basse-Saxe) utilise un procédé de lyophilisation pour la conservation d'un certain type de fromage blanc et il est probable qu'il s'agit là de la première firme qui se soit engagée dans l'exploitation commerciale de l'application de la lyophilisation au traitement des produits laitiers.

L'installation et son fonctionnement ont été décrits d'une façon très détaillée dans la revue *The Milk Industry* [16] et nous

en rappellerons quelques particularités. Le produit contenu dans des récipients spéciaux est dirigé, au moyen d'un tapis convoyeur, dans une chambre de réfrigération où sa température est abaissée à la vitesse de 1 à 5° C par minute. Le produit congelé pénètre ensuite dans la chambre de lyophilisation où l'évaporation de l'humidité se fait sous un vide très poussé, qui dépend d'ailleurs de la nature du produit. Le tunnel est muni de plaques chauffantes de construction spéciale, sur lesquelles les récipients contenant le produit se déplacent, ce qui permet l'élévation de la température du produit traité et accélère le séchage. On trouvera également, dans l'original, des précisions sur le broyage du produit desséché et son emballage, toutes ces opérations s'effectuant en atmosphère d'azote.

Suivant des informations publiées par la revue allemande *Molkerei und Käsereizeitung* [17], la laiterie de Dahlenburg traite 20 000 kg de lait par équipe, le produit après transformation en caillebotte est desséché et livré dans des sacs plastiques transparents.

On a dit que le fromage frais desséché (caillebotte) avait une durée de conservation illimitée, et était instantanément soluble, même dans l'eau froide, la même observation s'appliquant au yaourt et au lait. Actuellement l'atelier allemand est utilisé uniquement pour le traitement de la caillebotte, mais on envisage certaines applications spéciales du procédé de lyophilisation pour la fabrication de produits particuliers, comme par exemple un nouveau fromage dans la fabrication duquel il n'y aurait pas séparation du sérum, celle de crème fouettée à faible teneur en graisse, et celle de produits pour la panification.

Dans les opérations de ce genre, les frais de production jouent évidemment un rôle important, lorsqu'on se place sur le plan commercial. On trouvera, dans les références que nous avons citées, des indications qui permettent d'établir le coût de la lyophilisation. D'après ces informations, la dépense entraînée par l'évaporation de 1 000 kg d'eau serait de 589 DM, se répartissant ainsi : 88,2 DM pour les frais de main-d'œuvre, 120,9 DM pour les dépenses d'énergie (combustible, électricité, eau et vapeur), 355,6 DM pour les frais d'amortissement du matériel et d'entretien et enfin 24,3 DM représentant les dépenses diverses. Ces calculs tiennent compte de toutes les opérations intervenant dans le séchage, depuis le remplissage des récipients spéciaux jusqu'à l'emballage du produit obtenu, on suppose que l'installation travaille à 3 équipes par jour, la durée totale de travail étant de 6 000 h par an.

On a émis l'hypothèse que le séchage par lyophilisation de fromage frais de haute qualité de conservation pourrait s'effectuer dans des usines centralisées, en vue de l'alimentation d'un grand nombre d'utilisateurs. De tels produits pourraient être utilisés pour la préparation de nombreux mets, en combinaison avec

des fruits ou différents assaisonnements. Un autre point important est que dans certains pays, comme par exemple en Union Soviétique et en Tchécoslovaquie, le fromage blanc est un produit saisonnier qui est surtout abondant pendant l'été. Il serait donc d'un très grand intérêt de disposer d'une méthode efficace de conservation permettant d'utiliser les surplus, de façon à alimenter le consommateur pendant l'hiver.

Fromage affiné.

On trouvera dans une communication de Schulz [14] d'intéressantes informations sur des études entreprises dans une installation de laboratoire de l'Institut de recherches laitières de Kiel sur l'application éventuelle de la lyophilisation au séchage d'une grande variété de fromages. Non seulement, cette technique a été appliquée à la caillebotte, au fromage blanc, au double crème, mais également au Romadur, au Camembert, au fromage de Tilsitt, au Gouda, à l'Ementhal, et au fromage bleu danois. Ces produits ont été séchés soit par lyophilisation, soit par séchage ordinaire dans un vide très poussé entre 30 et 50° C en vue de comparer la qualité des produits obtenus. Les résultats atteints au cours de ces recherches ne sont présentés que très brièvement par l'auteur, mais sa communication est accompagnée de photographies qui montrent parfaitement l'influence des deux méthodes de séchage comparées sur le fromage.

D'excellents résultats ont été obtenus par lyophilisation du fromage blanc, le produit est poreux, blanc, il se réhumecte facilement et gonfle très rapidement, en quelques secondes.

L'étude entreprise sur les autres variétés de fromage a révélé deux points. Tout d'abord, si les produits traités conservent essentiellement leur forme initiale, l'obtention d'une structure poreuse, qui est essentielle, dépend de la teneur initiale en eau du produit. En outre, on a constaté que l'aptitude au gonflement et la mouillabilité du produit après séchage dépendent également de la teneur en humidité, mais également de la teneur en graisse. Il a été établi qu'on obtient une structure poreuse désirable à la condition d'opérer sur un fromage ayant une très haute teneur en humidité initiale, de l'ordre de 70 à 80 p. 100 par rapport à l'extrait sec dégraissé.

Le fromage double crème, séché par lyophilisation, conserve sa forme et reste poreux, mais son gonflement est réduit. Les tranches de fromage Edam et de fromage cuit sont légèrement déformées, ces tranches sont en général dures et cassantes et leur aptitude au gonflement n'est pas satisfaisante. Le séchage par lyophilisation du Camembert en tranches d'environ 1 cm d'épaisseur ne donne pas en général de bons résultats. Le produit, après séchage, n'est que légèrement poreux dans la partie du fromage dont l'affi-

nage n'est pas complet, tandis que la partie plus complètement affinée devient vitreuse et translucide.

On a également procédé à des essais de séchage sur de l'Ementhal et sur du fromage Tilsitt, en opérant sur des plaques d'environ 1 cm d'épaisseur. Lorsqu'on opère dans ces conditions, le séchage n'est pas complet, le fromage devient très dur, et ne gonfle que d'une façon limitée. Le fromage bleu après lyophilisation conserve modérément sa structure initiale, il est relativement poreux, mais son gonflement dans l'eau demande plus d'une heure.

On peut donc conclure de l'ensemble de ces recherches que la lyophilisation du fromage donne un produit de structure poreuse qui absorbe l'eau rapidement, à condition que la teneur initiale du fromage traité soit très élevée.

Les chercheurs américains ont également examiné l'aptitude de divers fromages aux techniques de lyophilisation, mais malheureusement, ces recherches, déjà anciennes, n'ont fait l'objet que de rapports très succincts [19].

Au cours de ces essais, le fromage était découpé en plaques mesurant 25 x 100 mm de côté et 6 mm d'épaisseur, ou en baguettes de 50 mm de longueur et d'environ 15 mm de diamètre. Dans ces conditions le séchage demande 10 à 20 h, lorsqu'on opère à la température maximale de 43° C. La reconstitution du fromage menée jusqu'à ce que le produit retrouve sa consistance initiale varie suivant le type de produit traité, elle peut être par exemple de 12 h pour le Cheddar et le Munster, d'environ 1 h pour le fromage bleu et les fromages à la crème et de 5 à 10 mn pour le fromage blanc. On constate en général que la saveur de tous les échantillons après séchage est plus douce que celle des produits de départ. Dans tous les cas, il paraît avantageux de procéder à l'emballage du fromage séché, en atmosphère de gaz inerte et pour le moment, on peut conclure de ces recherches américaines que la lyophilisation est surtout intéressante pour le traitement des fromages blancs et des fromages frais.

Nous citerons, toujours dans le même domaine, un récent brevet américain [20] qui décrit l'application de la lyophilisation à la préparation de rations à haute valeur nutritive et à base de fromage, destinées par exemple à des naufragés, ou à des aviateurs accidentés. Le procédé de préparation de ces rations consiste à disperser du fromage, par exemple du Cheddar, du Gruyère ou du fromage bleu, dans de l'eau, de façon à obtenir une bouillie dans laquelle on incorpore de la purée de pommes de terre, de l'eau, une graisse fondue, de l'amidon de pommes de terre, le tout étant comprimé de façon à mouler des barres de produit. Celles-ci sont séchées par lyophilisation, de façon à obtenir un produit qui renferme moins de 4 p. 100 d'humidité, et qui contient approximativement 8 p. 100 de protéines, 15 p. 100 de graisses, et 70 à 75 p. 100 d'hydrates de carbone.

Crème fouettée.

Il a été indiqué que la stabilité de la crème fouettée peut être améliorée de différentes façons, le plus souvent par addition de substances d'origine non laitière. Un récent brevet français [21] indique que l'on peut améliorer d'une façon sensible la crème fouettée, par l'addition de produits laitiers séchés par lyophilisation. On utilise par exemple des produits tels que le lait entier ou le lait écrémé, ou encore la crème, auxquels on fait subir un traitement biologique, par des cultures de yaourt, de bactéries acidophilus, de kéfir ou de présure. Le mélange est alors séché par lyophilisation. On ajoute à la crème liquide une quantité de produit desséché représentant 10 à 100 g par litre de crème. Il a été indiqué que grâce à l'emploi de ce procédé, il est possible de préparer une crème fouettée et stable à partir d'une crème ne contenant pas plus de 20 et même moins de 20 p. 100 de graisse.

Une autre solution consiste à sécher par lyophilisation la crème additionnée des produits précédents ayant subi un traitement biologique, le mélange est ensuite séché par lyophilisation et, après reconstitution par addition d'eau, il peut servir à la préparation de crème fouettée.

Crème glacée.

Une revue américaine [22] a décrit un procédé de séchage par lyophilisation qui semble exploité dans une usine du Midwest des Etats-Unis pour le séchage de la crème glacée. On assure que le produit desséché, contenu dans des sacs de polyéthylène sous atmosphère d'azote, bénéficie d'une excellente qualité de conservation. Le principal débouché pour un tel produit serait la fabrication de confiserie et de pâtisserie. Il a été indiqué que les frais de séchage du produit s'élèvent à environ 26 cents par gallon (0,40 F par litre) mais on pense que ces dépenses pourront être sensiblement réduites par l'adoption de méthodes de travail améliorées.

La position actuelle du séchage par lyophilisation des produits alimentaires, y compris les produits laitiers, et son développement actuel aux Etats-Unis, ont fait l'objet d'une étude récente de Anastos [23]. Il apparaît qu'il existerait dans ce pays plus de 10 installations de séchage par lyophilisation produisant une grande diversité de substances alimentaires, en particulier différents produits laitiers, comme par exemple fromage blanc, œufs au lait, crème acidifiée, et mélanges pour crème glacée.

Par exemple, le fromage blanc desséché qui est utilisé dans la préparation de garnitures à base de crème acidifiée est livré à l'utilisateur en boîtes d'environ 70 g et on ajoute au produit 4 fois son poids d'eau en vue de sa reconstitution. On vend également

des parts de fromage bleu utilisé également dans la préparation de garniture, en boîtes d'une quarantaine de grammes et le produit est additionné de 5 fois son poids d'eau en vue de sa reconstitution. Les produits qui sont destinés à des centres de consommation plus importants, comme par exemple les institutions, peuvent être livrés en emballages de plus grande capacité, atteignant parfois une vingtaine de litres, et on a également réalisé le conditionnement en sachets plastiques.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] FLOSDORF E.W. — *Br. am.* 2 400 748 du 21 mai 1946.
- [2] NAIR J.H. — *Chimie et Industrie*, 1965, t. 94, p. 611.
- [3] Anonyme, *Food Manuf.*, 1966, t. 41, n° 2, p. 46.
- [4] STEIN M. — *Food Manuf.*, 1966, t. 41, n° 2, p. 51.
- [5] COTSON S. et SMITH D.B. — *Freeze-drying of foodstuffs*, Londres, 1963.
- [6] GOLDBLITH S.A., KAREL M. et LUSK G. — *Food Technology*, 1963, t 17, n° 2, p. 139.
- [7] *Food Engineering*, 1965, t. 37, n° 11, p. 108.
- [8] *Food Engineering*, 1964, t. 36, n° 11, p. 56.
- [9] HOREJSI V. — *Průmysl Potravin*, 1964, t. 15, n° 10, p. 506.
- [10] *Milwissenschaft*, 1964, t. 19, n° 10, p. 565.
- [11] *The Milk Industry*, 1966, t. 58, n° 1, p. 22.
- [12] EVSTRAT'eva A., KURYACHEV A et SINITSYN A. — *Molochnaya Promyshlennost'*, 1959, t. 20, n° 8, p. 7.
- [13] JOKAY L. et MEYER R.I. — *J. Dairy Science*, 1959, t. 42, p. 908.
- [14] FLOSDORF E.W., HAMILTON H.W. (STOKES F.J. Corp.) *Br. am.* 2 789 909, 1957.
- [15] JUREIT S. — *Deutsche Molkereizeitung*, 1964, t. 85, n° 22, p. 867.
- [16] *The Milk Industry*, 1965, t. 55, n° 2, p. 35.
- [17] *Molkerei und Kasereizeitung*, 1964, t. 15, n° 18, p. 632.
- [18] SCHULZ M.E. — *Milchwissenschaft*, 1964, t. 19, n° 10, p. 559.
- [19] MEYER R.I. et JOKAY L. — *J. Dairy Science*, 1959, t. 42, p. 908.
- [20] JOKAY L. (Sect. Armée USA). — *Br. am.* 3 121 014, 1964.
- [21] KAUTZ K. — *Leybold Hochvakuum Anlagen GmbH.*, *Br. fr.* 1 378 383, 1964.
- [22] *Ice Cream Field*, 1964, t. 84, n° 5, p. 20.
- [23] ANASTOS C. — *Milk Dealer*, 1964, t. 53, n° 9, p. 40.

Bulletin analytique

REVUES

Fils et pellicules.

Khandozhko (E.N.) et Eliseeva (V.I.). — Propriétés des produits préparés par polymérisation des esters acryliques dans des solutions de caséinate. Izv. Vysshikh Uchebn. Zavedenii, Tekhnol. Legkoi Prom., 1964, n° 5, p. 28.