

INFLUENCE DE LA DESSICCATION PAR PULVÉRISATION
SUR LA VALEUR NUTRITIVE DES PROTÉINES DU LAIT

D. HUGOT, M. LHUISSIER, E. BIETTE, J. CAUSERET (JOUY-EN-JOSAS)

INTRODUCTION

„Les derniers progrès de la technique permettent désormais d'obtenir des poudres de lait de très haute qualité qui contiennent pratiquement les mêmes principes nutritifs que le lait de départ. Ces poudres de choix sont fabriquées et commercialisées dans beaucoup de pays. Il n'en reste pas moins que de grandes quantités de lait sont encore l'objet d'un traitement déféctueux, soit du fait d'installations désuètes, soit parce que méthodes locales de fabrication impliquent un préchauffage inutilement prolongé et brutal, ce qui donne un produit nutritionnellement inférieur dont la teneur vitaminique est affaiblie et dont la valeur protéique est abaissée par suite de l'action détériorante de la chaleur sur la méthionine, la cystine et les autres acides aminés”³.

Ces lignes sont dues à un auteur qui connaît particulièrement bien les problèmes technologiques et nutritionnels du lait. Compte tenu des restrictions qu'elles apportent à l'affirmation de principe initiale, il nous a paru intéressant de déterminer la valeur protéique d'échantillons de poudre de lait prélevés dans un certain nombre d'usines où la fabrication est conduite dans des conditions diverses.

Deux techniques d'étude ont été utilisées:

- l'évaluation de l'utilisation digestive et de la valeur biologique des protéines chez le jeune rat;
- la détermination de la vitesse de libération enzymatique de la lysine et de l'azote aminé.

La première technique donne une idée globale de la valeur des produits comme sources de protéines. Mais elle ne permet pas toujours de déceler des modifications dans le taux ou dans la disponibilité d'acides aminés autres que le premier „facteur limitant”. Dans le cas présent, cette

lacune est particulièrement regrettable. En effet, à la suite d'un traitement thermique sévère, certains acides aminés — en particulier la lysine — peuvent être en partie détruits ou „bloqués” par réaction de Maillard. Comme ce sont les acides aminés soufrés (cystine + méthionine) qui se comportent comme premiers facteurs limitants des protéines du lait, la destruction ou le blocage d'autres acides aminés risque de passer inaperçu si l'on se borne à évaluer la valeur biologique des protéines.

C'est pourquoi nous avons déterminé la vitesse de libération de la lysine et de l'azote aminé sous l'influence des enzymes digestifs.

EFFICACITÉ BIOLOGIQUE DES PROTÉINES DES POUDRES DE LAIT (CHEZ LE JEUNE RAT)

L'étude a porté sur 15 échantillons de poudre prélevés dans 7 usines françaises, et sur 4 échantillons de lait pasteurisé à 30 g de matière grasse par litre (considérés comme produits-témoins). Les premiers comprenaient:

- 5 poudres grasses (à 26% de matière grasse),
- 10 poudres de lait écrémé.

Sur ces 15 échantillons, 5 (3 poudres grasses et 2 poudres maigres) provenaient de lait ayant subi un préchauffage prolongé (maintien du lait pasteurisé à 70° pendant 5 ou 6 heures avant la concentration et le séchage *).

Technique

Des groupes de 8 jeunes rats sont soumis successivement à un régime protéoprive (en vue de déterminer les pertes d'azote endogène) et à des régimes renfermant les produits étudiés comme sources de protéines (taux de protéines standard de 10 p. 100).

Le coefficient d'utilisation digestive des protéines (C.U.D.) leur valeur biologique (V.B.) et l'utilisation protéique nette (U.P.N.) ont été calculés par les formules classiques:

$$\text{C.U.D.} = \frac{(1 - F) - (10 - F_0)}{1 - 10} \times 100$$

$$\text{V.B.} = \frac{(1 - F - U) - (10 - F_0 - U_0)}{(1 - F) - (10 - F_0)}$$

*) Pour plus de détails sur les conditions de fabrication, on pourra se reporter à une étude antérieure (Causeret et Hugot, 1961).

$$\text{U.P.N.} = \frac{\text{C.U.D.} \times \text{V.B.}}{100}$$

où 10, Fo, Uo représentent respectivement les quantités d'azote ingéré, fécal et urinaire, pendant la période d'alimentation sans protéines; — 1, F, U les quantités d'azote ingéré, fécal et urinaire pendant la période d'alimentation protéique.

Résultats

Les résultats obtenus sont réunis dans le tableau 1.

Tableau I

Efficace biologique comparée du lait pasteurisé et des poudres de lait pour le jeune rat

Produits	Coefficient d'utilisation digestive (x)	Valeur biologique (x)	Utilisation protéique nette (x)
Laits pasteurisés	92,5± 1,4 (90,5—93,5)	87,7± 2,2 (84,7—89,7)	81,2± 3,0 (78,3—83,9)
Poudres grasses	93,4± 0,7 (92,7—94,0)	80,6± 4,9 (72,5—81,1)	75,3± 4,7 (67,9—80,7)
Poudres maigres ...	92,4± 1,3 (90,7—94,4)	80,6± 1,6 (77,2—83,0)	74,5± 2,2 (72,0—78,3)
Eensemble des poudres	92,7± 0,6 (90,7—94,4)	80,6± 1,6 (72,5—83,0)	74,8± 1,2 (67,9—80,7)

(x) Dans chaque colonne, la valeur moyenne est suivie de l'écart-type et, entre parenthèses, des valeurs extrêmes.

Ces résultats conduisent aux conclusions suivantes:

1. L'utilisation digestive des protéines ne semble pas modifiée par le séchage.

2. La valeur biologique des protéines — et par voie de conséquence l'utilisation protéique nette — est un peu moins élevée pour les poudres que le lait pasteurisé: la différence entre les valeurs moyennes atteint 8% et elle est significative au seuil de $P = 0,05$.

3. Le comportement des poudres grasses et celui des poudres maigres sont identiques.

4. Les valeurs biologiques de la plupart des poudres sont bien groupées autour de la valeur moyenne établie sur l'ensemble des échantillons, comme l'indique la série des valeurs individuelles classées en ordre décroissant:

— 85,9 — 83,0 — 82,9 — 82,6 — 81,6 — 81,2 — 81,1 — 80,8 — 80,7 — 80,5 — 80,4 — 79,6 — 79,1 — 77,2 — 72,5.

Ces différences entre poudres s'expliquent difficilement à la lumière des informations recueillies sur les conditions de la fabrication dans chaque usine. En effet:

— si les deux échantillons, dont la valeur biologique est la plus basse, proviennent de lait pasteurisé maintenu à chaud pendant plusieurs heures avant la concentration et le séchage, trois autres échantillons obtenus dans les mêmes conditions et dans la même usine sont bien classés dans la distribution précédente (n° 2, 3 et 8);

— aucune autre particularité dans les conditions de fabrication ne paraît de nature à expliquer les variations de valeur biologique observées.

LIBÉRATION ENZYMATIQUE DE LA LYSINE ET DE L'AZOTE AMINÉ DES POUDRES DE LAIT

L'étude de la libération enzymatique de la lysine a été faite sur 26 échantillons de poudre (comprenant les 15 échantillons utilisés pour les recherches *in vivo*) et celle de la libération de l'azote aminé sur 14 d'entre eux.

Comparativement, la libération de la lysine a été suivie sur 10 échantillons de lait pasteurisé.

Technique

Le protocole expérimental a été décrit précédemment (Lhuissier et Biette, 1964). L'attaque enzymatique est effectuée par la pepsine, pendant 15 heures, puis par la trypsine pendant 8 heures au cours desquelles plusieurs prélèvements sont effectués. La lysine est dosée par une méthode microbiologique, en utilisant *Leuconostoc* P.60, cultivé sur milieu de Dunn.

Résultats

a) Dans les poudres de lait, il y a en moyenne 8,1 g de lysine totale pour 16 g d'azote; cette valeur est égale à celle du lait cru. Il n'y a donc pas de lysine détruite par les traitements utilisés.

b) Aucune différence de comportement n'est observée entre poudres grasses et poudres maigres.

c) Dans nos conditions expérimentales, les résultats obtenus, pour les poudres et pour le lait pasteurisé, ne diffèrent pas de façon significative (fig. 1). Après les 8 heures d'hydrolyse trypsique, les pourcentages de la lysine totale dosée atteignent:

- 72 (écart-type 8) pour les poudres,
- 77 (écart-type 2) pour les laits pasteurisés

La différence observée, de 7% (non significative), est du même ordre de grandeur que celle qui existe entre les valeurs biologiques de ces

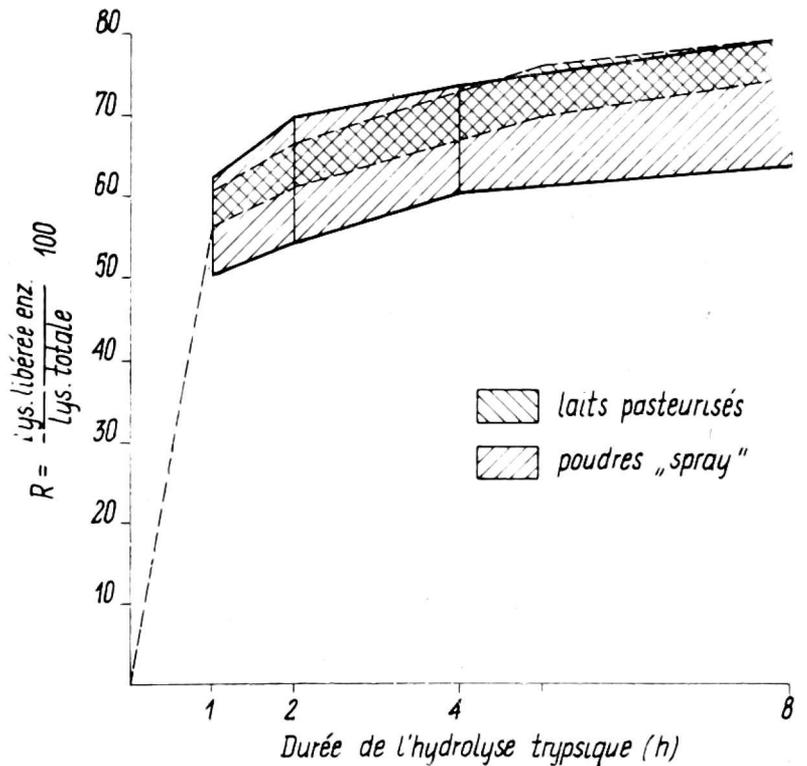


Fig. 1. Évolution du rapport au cours de l'hydrolyse trypsique des poudres de lait et des laits pasteurisés (les écarts types ont été figurés)

deux types de lait. Mais ici les valeurs relatives aux poudres sont plus dispersées que les valeurs relatives aux laits pasteurisés.

d) La figure 2 permet de suivre la libération de l'azote aminé, après hydrolyse pepsique et après 1, 2, 4 et 8 heures d'hydrolyse trypsique.

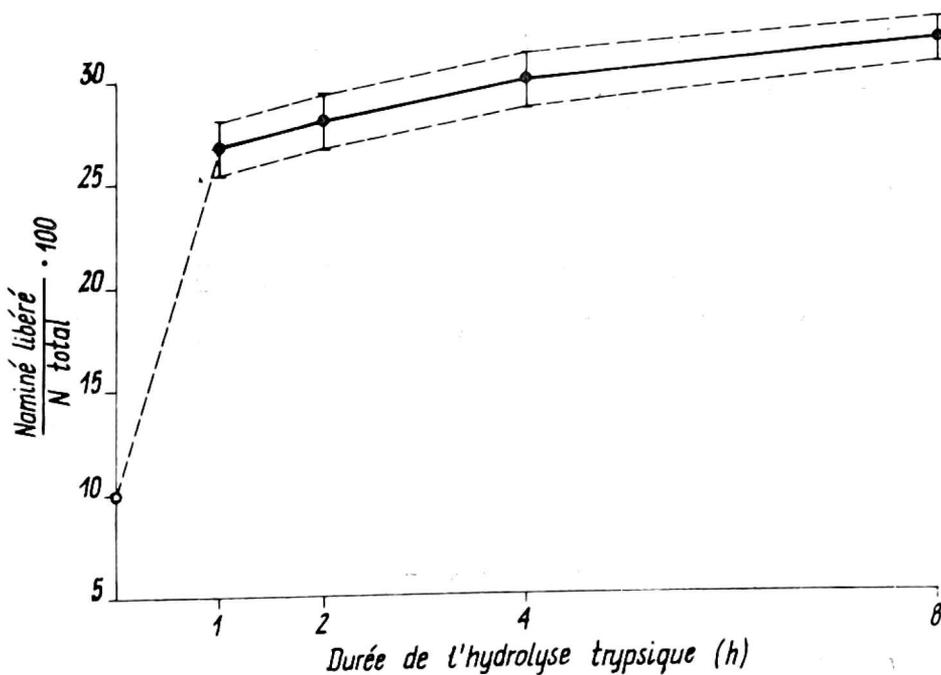


Fig. 2. Evolution du rapport $\frac{N \text{ aminé libéré}}{N \text{ total}} \cdot 100$ au cours de l'hydrolyse trypsique des poudres de lait (les écarts types ont été figurés)

e) Il existe une relation entre la valeur biologique V.B. des poudres étudiées et la valeur finale du:

$$\text{rapport } R = \frac{\text{Lys. libérée enzymatiquement}}{\text{lys. totale}} \times 100:$$

$$\text{V.B.} = 64,2 + 0,23 R$$

avec un coefficient de corrélation $r = 0,58$. La corrélation est significative au seuil de $P = 0,05$.

Si le régime des rats avait été supplémenté en méthionine, cette corrélation aurait été, sans doute, meilleure puisque le déficit du lait de vache en méthionine peut tendre à masquer de légères différences de disponibilité de la lysine (Mauron et Mottu, 1958).

CONCLUSION

Les études *in vivo* et *in vitro* rapportées dans cette communication montrent que, dans la plupart des cas, l'efficacité biologique des protéines du lait est peu affectée par les techniques de séchage par pulvérisation.

Toutefois, il ne s'ensuit pas que les diverses poudres du commerce aient à tous points de vue la même valeur nutritive. D'après les observations faites au cours du prélèvement des poudres étudiées, le maintien du lait pasteurisé à une température élevée, avant la concentration et le séchage, est pratique dans certaines usines: il serait intéressant d'étudier les répercussions de ce traitement sur la valeur vitaminique de la poudre, en particulier sur sa teneur en thiamine.

Remerciements

Nous adressons nos vifs remerciements à M. Wassal, Ingénieur à l'O.N.R.A. qui a assuré la collecte des échantillons de lait utilisés dans cette étude.

LITTÉRATURE

1. J. Causeret, D. Hugot: Utilisation digestive et valeur biologique des protéines de laits en poudre obtenus par atomisation. Science and Technology (Londres, sept. 1962). Publiée en 1964 in Leitch J. M. (Édit.), Food Science and Technology, 3, Quality, Analysis and Composition of Foods (group C papers), Gordon and Breach Science Publ., New-York

2. M. Lhuissier, E. Biette: Ann. Technol. Agric. 1965, 14 (1) 15
3. S. K. Kon: Etude de Nutrition de la F.A.O. 1959 (17)
4. J. Mauron, F. Mottu: Arch. Biochim. 1958, 77, 312.

Streszczenie

WPŁYW SUSZENIA ROZPYŁOWEGO NA WARTOŚĆ ODŻYWCZĄ BIAŁKA MLEKA

D. HUGOT, M. LHUISSIER, E. BIETTE, J. CAUSERET (JOUY-EN-JOSAS)

Zbadano wartość odżywczą białka licznych próbek mleka w proszku rozpyłowym, pobranych w różnych fabrykach francuskich, posługując się dwiema technikami:

— oceną przyswajalności oraz wartości biologicznej białek na przykładzie młodych szczurów,

— oznaczeniem szybkości enzymatycznego uwolnienia lizyny i azotu aminowego.

Badania wykazały, że w większości przypadków skuteczność biologiczna białka mleka ulega tylko nieznacznemu obniżeniu wskutek suszenia; jest tylko o 8% niższa od wartości białka mleka pasteryzowanego. W niektórych fabrykach stosuje się przedłużone pozostawianie mleka w podwyższonej temperaturze przed zagęszczeniem i suszeniem. Nie wywiera to ujemnego wpływu na wartość odżywczą białka, ale celowe wydaje się zbadanie ewentualnego oddziaływania na niektóre witaminy.

Résumé

INFLUENCE DE LA DESSICATION PAR PULVÉRISATION SUR LA VALEUR NUTRITIVE DES PROTÉINES DU LAIT

D. HUGOT, M. LHUISSIER, E. BIETTE, J. CAUSERET (JOUY-EN-JOSAS)

La valeur nutritive des protéines de nombreux échantillons de poudre de lait „spray” prélevés dans différentes usines françaises a été étudiée par deux techniques:

— évaluation de l'utilisation digestive et de la valeur biologique des protéines chez le jeune Rat;

— détermination de la vitesse de libération enzymatique de la lysine et de l'azote aminé.

Ces études montrent que, dans la plupart des cas, l'efficacité biologique des protéines du lait est peu affectée par le séchage: en moyenne, elle n'est inférieure que de 8 pour 100 à celle des protéines du lait pasteurisé.

Le maintien prolongé du lait à une température élevée avant la concentration et le séchage est pratiqué dans certaines usines: il n'a pas d'effet défavorable sur la valeur nutritive des protéines, mais il y aurait lieu d'étudier ses répercussions éventuelles sur certaines vitamines.

S u m m a r y

THE INFLUENCE OF SPRAY DRYING ON THE NUTRITIVE VALUE OF MILK PROTEINS

D. HUGOT, M. LHUISSIER, E. BIETTE, J. CAUSERET (JOUY-EN-JOSAS)

The nutritive value of the proteins of numerous samples of spray-dried milk powders from various French factories has been studied by two techniques:

— evaluation of the digestive utilization and biological value of the proteins in the young rat.

— determination of the rate of enzymic release of lysine and amino-nitrogen.

These studies show that in most cases the biological efficiency of milk proteins is little affected by drying: in the average it is only 8% less than that of pasteurized milk proteins.

Holding the milk at a high temperature for a long time before concentrating and drying, is practised in some factories: this procedure does not impair the nutritive value of the proteins, but its eventual repercussions on certain vitamins should be studied.

Z u s a m m e n f a s s u n g

EINWIRKUNG DER SPRAY-TROCKNUNG AUF DEN NÄHRWERT DES MILCHEIWEISSES

D. HUGOT, M. LHUISSIER, E. BIETTE, J. CAUSERET (JOUY-EN-JOSAS)

Der Nährwert des Eiweisses aus der spray-getrockneten Milch ist in zahlreichen, aus verschiedenen französischen Fabriken stammenden Proben untersucht worden. Zwei Methoden wurden dazu herangezogen:

— Beurteilung der Bekömmlichkeit und des biologischen Wertes des Eiweisses an jungen Ratten,

— Bestimmung der Geschwindigkeit der enzymatischen Freilegung des Lysins und des Aminostickstoffs.

Die Untersuchungen haben erwiesen, dass in der Mehrheit der Fälle die biologische Wirksamkeit der Milch durch die Trocknung nur unwesentlich beeinträchtigt. Sie liegt nur um 8% niedriger als im Falle des Eiweisses der pasteurisierten Milch. In manchen Betrieben wird die Milch vor der Verdichtung und Trocknung längere Zeit bei erhöhter Temperatur aufbewahrt. Dies wirkt sich zwar nicht ungünstig auf den Eiweissnährwert aus, es scheint jedoch zweckmässig die eventuelle Einwirkung auf manche Vitamine zu prüfen.

Резюме

ВЛИЯНИЕ СУШКИ РАСПЫЛЕНИЕМ НА ПИТАТЕЛЬНЫЕ КАЧЕСТВА МОЛОЧНОГО БЕЛКА

Д. ЮГО, М. ЛЮИССЬЕ, Э. БЬЕТТ, Ж. КОЗРЕ, (ЖУИ-АН-ЖОЗА)

Исследовалась питательная ценность белков многочисленных образцов молочного порошка, подвергнутого сушке методом распыления, полученного на разных французских заводах. Применялись два метода испытаний:

- оценка усвояемости и биологических белков на примере молодых крыс,
- определение скорости ферментативного выделения лизина и азота аминокислотных групп.

Исследования показали, что в большинстве случаев процесс сушки лишь незначительно снижает биологическую эффективность белка молока, которая лишь на 8% ниже белка пастеризованного молока.

На некоторых заводах применяется выдерживание молока при повышенной температуре перед сгущением и сушкой. Это не отражается неблагоприятно на питательной ценности белка, но кажется целесообразным исследование возможного влияния на некоторые витамины.