

Étude biochimique de la fonte des fromages

I. Mesure de la peptisation

par

B. O. LEE, D. PAQUET et Ch. ALAIS

Université de Nancy I, C.O. 140 - 54037 Nancy cedex (France)

I. INTRODUCTION

Le fromage fondu connaît depuis plusieurs années un important développement, dû à la fois à des qualités de goût et de conservation qui plaisent à une certaine clientèle et à la présentation de nouvelles formes attrayantes. Sur le plan de l'évaluation et de la connaissance scientifique des phénomènes, malgré une expérience des fabrications qui remonte à un demi-siècle environ, il faut reconnaître qu'il y a encore beaucoup de zones d'ombre, par suite de la rareté des recherches biochimiques et physicochimiques approfondies. De ce fait, des termes employés par les praticiens, comme le « crémage » et la « peptisation » recouvrent des modifications de la matière première qui sont mal définies.

Ces modifications peuvent être classées en stades du processus de fonte, en s'inspirant des travaux de Bonell (1971) :

1. Élimination du calcium hors du système protéique ; il s'agit apparemment d'un échange du calcium par le sodium apporté par les sels de fonte agissant comme agents chélatants.
2. Désagrégation de la protéine et dispersion ; c'est le début de la peptisation proprement dit.
3. Phase de gonflement et d'hydratation.
4. Stabilisation de l'émulsion et tamponnage du pH.
5. Formation de la structure désirée au refroidissement.

Il n'y a pas, à notre avis de méthodes convenables pour suivre la phase de peptisation. Les techniques usuelles d'investigation sont trop drastiques ; la mise en suspension dans des milieux de force ionique élevée ou avec une forte modification du pH bouleverse fondamentalement l'édifice complexe de protides, lipides et sels minéraux

existant dans le fromage fondu et stabilisé par des liaisons fragiles : interactions ioniques, liaisons hydrogènes...

Nous avons cherché d'autres moyens que ceux habituellement employés pour mesurer la répartition des différentes formes de l'azote et pouvant donner une idée non déformée de la réalité.

II. MATERIELS ET METHODES

II.1. Fromages

Les échantillons ont été fournis par les Etablissements Rambol. Les fromages fondus ont été obtenus en fabrication normale à partir de différentes sortes de fromages, additionnés de lactoprotéines, de crème et de beurre ; l'extrait sec final était 48 p. 100 et la teneur en matière grasse dans l'extrait sec 60 p. 100. Les sels de fonte sont des polyphosphates « Joha » S_4 et K.

Un essai de fonte sans sel a été réalisé avec un mélange fromage + beurre + eau pour obtenir finalement une composition comparable aux précédentes.

II.2. Dosage de l'azote

L'azote total a été dosé par micro-Kjeldahl sur la suspension citratée du fromage. Celle-ci est obtenue en dispersant, au moyen d'un Omni-Mixer, 5 g de fromage dans 40 ml de solution de citrate trisodique 0,5 M, à température ambiante, et en amenant à 100 ml avec l'eau.

L'azote non caséinique (NCN) est dosé dans le filtrat de la suspension précédente amené à pH 4,6 par l'acétate de sodium et l'acide acétique.

L'azote non protéique est dosé de la même façon dans le filtrat de la suspension précédente additionnée d'acide trichloracétique à 12 p. 100 de concentration finale (NPN).

II.3. Mesure de la peptisation

Pour une meilleure évaluation de la peptisation dans le fromage fondu, nous avons opéré sans utilisation de réactif, ni modification du pH. On a simplement soumis à l'ultracentrifugation à $300\,000 \times g$ pendant 45 mn à 20° C la suspension de fromage dans l'eau distillée et dosé, par micro-Kjeldahl l'azote dans le surnageant. On obtient ainsi la proportion d'azote non sédimentable (NSN). On peut penser que la différence NSN-NCN correspond à la peptisation.

Une évaluation qualitative rapide de l'action peptisante des sels de fonte a été obtenue de la manière suivante : on fait une suspension de 5 g de fromage dans 7 ml d'une solution contenant un colorant

des protéines, le bleu de Coomassie à 0,1 p. 100, par passage à l'Omni-mixer. On centrifuge à $5\,000 \times g$ pendant 10 mn à température ambiante. Le mélange se sépare en 3 phases : la matière grasse huileuse au-dessus, une phase sérique intermédiaire plus ou moins colorée en bleu et un culot plus ou moins volumineux et coloré.

Le schéma de la figure 1 explicite la répartition analytique des matières azotées.

III. RESULTATS

III.1. Evolution des matières azotées au cours de la fonte

Les principaux résultats concernant les formes de l'azote, obtenus au cours de six expériences de fonte de différents fromages dans les mêmes conditions, sont schématisés par l'histogramme de la figure 2. L'effet le plus évident de la fonte en présence de polyphosphates est l'accroissement de la proportion d'azote non sédimentable. La valeur intéressante à considérer est la fraction de la caséine (100-NCN) qui ne se sédimente pas ; c'est donc la différence NSN-NCN (partie hachurée dans la figure 1).

Dans le cas du fromage affiné, cette différence est peu importante ; exprimée en p. 100 de la caséine, elle se situe entre 4 et 23 p. 100 ; elle correspond aux premiers fragments de la protéolyse des caséines qui sont encore précipitables à pH 4,6 mais non sédimentables dans les conditions indiquées.

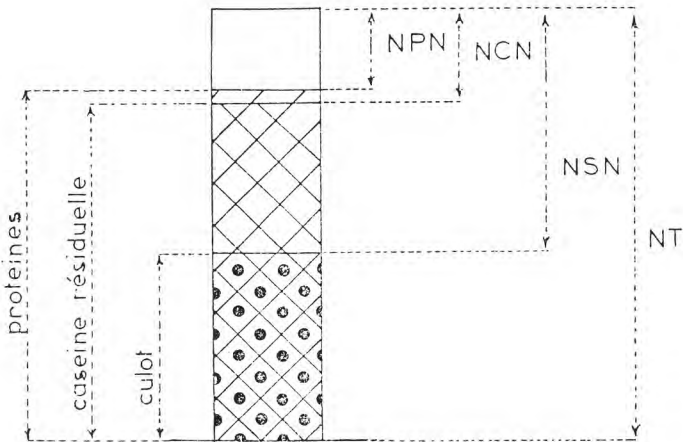


fig. 1

Répartition des matières azotées dans le fromage.

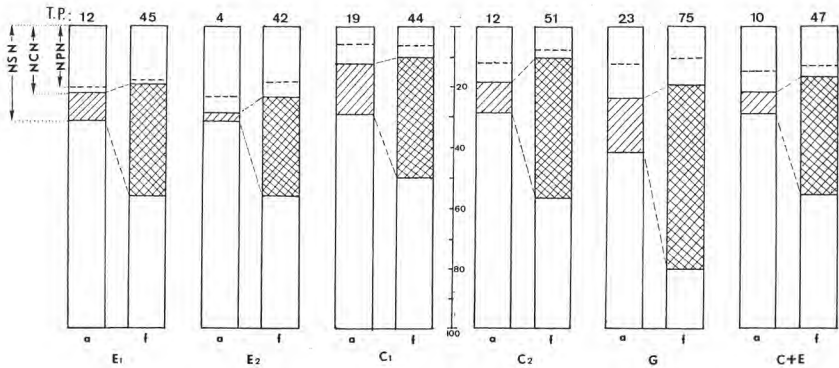


fig. 2

Effet de la fonte sur la répartition des matières azotées

T.P. : taux de peptisation.

f : fromage fondu.

E : Emmental.

a : fromage à fondre.

C : Cheddar.

G : Gouda.

Dans le cas du fromage fondu, on peut admettre que cette fraction représente principalement la partie de la caséine dispersée au cours du chauffage après chélation du calcium par les polyphosphates, c'est-à-dire ce que les praticiens dénomment la « peptisation ». On peut considérer que le taux de peptisation est bien exprimé par :

$$TP = \frac{NSN - NCN}{100 - NCN} \times 100$$

Dans cinq expériences de fonte avec Emmental et Cheddar, la valeur de TP se situe entre 42 et 51 ; cela signifie que la moitié environ de la caséine est peptisée. Dans l'expérience avec le Gouda, elle s'élève à près de 75 p. 100.

L'essai comparatif de fonte sans sel a montré que le taux de peptisation change très peu : 12,6 avant et 10,6 après fonte.

La proportion de l'azote non caséinique, qui est prise souvent comme un « rapport de maturation », change peu au cours de la fonte, mais il est curieux de constater qu'elle diminue dans tous les cas, de 2,5 à 5 p. 100 de N tot. Il en est de même pour l'azote non protéique. La réduction de ces valeurs est difficile à expliquer.

III.2. Effet de la concentration en sel de fonte sur la peptisation

Deux séries ont été réalisées ; chacune comprenait deux ou quatre fabrications ne différant que par la dose de polyphosphates. Le tableau 1 montre que ni l'azote non caséinique ni l'azote non protéique

ne varient d'une manière significative lorsque la dose de sel s'élève de 1 à 8. Par contre, l'azote non sédimentable subit un accroissement notable dans ces conditions ; on observe que le taux de peptisation et la proportion d'azote non sédimentable varient proportionnellement à la concentration en polyphosphate, dans la première série.

Dans la deuxième série, l'accroissement est plus accentué ; les matières premières n'étaient pas les mêmes.

III.3. Evaluation rapide

La méthode mise au point au laboratoire a révélé une différence importante entre les fromages selon que les polyphosphates sont ou non, présents (fig. 3). Nous avons observé une phase intermédiaire colorée en bleu dans tous les fromages fondus ; la peptisation en est responsable. La phase intermédiaire n'est pas colorée dans les fromages à fondre et dans le fromage fondu sans sels ; elle ne renferme pas assez de protéines peptisées pouvant fixer le colorant.

La phase inférieure a également un aspect différent dans les deux cas. Dans les fromages fondus il s'agit d'un culot compact, d'aspect bleu pâle. Dans les fromages à fondre et le fondu sans sels, la couleur est plus foncée.

La couche supérieure est huileuse ; elle ne s'est colorée faiblement que dans le cas du fromage fondu sans sel.

Quand la concentration en sels de fonte augmente, le volume du culot s'accroît. Celui-ci varie quelque peu selon la qualité de la matière première.

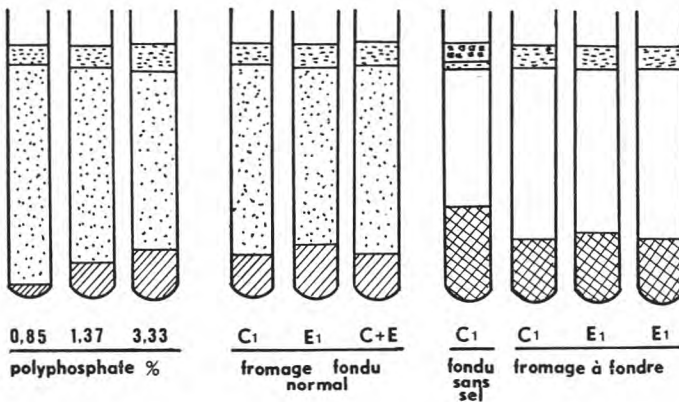


fig. 3

Evaluation rapide de la peptisation

E : Emmental. C : Cheddar.

TABLEAU 1

Effet de la concentration en polyphosphates sur la répartition de l'azote

	Sels de fonte (p. 100)	p. 100 de Nt			T.P.
		NCN	NPN	NSN	
Première série	0,42	10,7	10,25	70,1	64,6
	0,85	11,0	9,7	72,7	69,3
	1,37	11,3	10,4	77,1	74,2
	3,33	12,2	10,85	90,9	89,7
Deuxième série	1,0	15,9	13,1	47,3	37,3
	2,0	15,2	12,6	68,6	63,0

IV. DISCUSSION

La peptisation n'est pas clairement définie sous l'angle physico-chimique et biochimique. Les protéines (paracaséine et fragments) du fromage sont hydratées, mais elles sont loin de la forme « sol ». Dans le caillé, il existe une structure tridimensionnelle régulière, grâce au calcium présent ; elle évolue vers une structure alvéolaire. Celle-ci sera détruite par l'action combinée du chauffage et de l'échange des ions Ca^{++} par les ions Na^+ . Des modifications profondes se produisent dans le système protéique, bien qu'imperceptibles par les mesures classiques de NPN et NCN. Les réarrangements sont certainement plus importants que les dégradations proprement dites.

Ces modifications provoquent l'augmentation de l'azote soluble dans l'eau, comme cela a été montré par plusieurs auteurs dans des conditions opératoires variées : Pasztor (1931), Templeton et Sommer (1936), Ney et Wirotoma (1970). Mais il est difficile d'obtenir des résultats reproductibles par ce moyen ; des discordances apparaissent d'un auteur à l'autre pour le même type de fromage. Il en va de même pour le dosage de l'azote soluble en présence de CaCl_2 selon Noomen (1977).

Nous avons recherché et appliqué une technique analytique simple, plus significative que la répartition habituelle de l'azote, pour obtenir une valeur qui donne une mesure de la peptisation. Les schémas de la figure 2 montrent que l'on divise ainsi la caséine rési-

duelle en deux parties. Le champ centrifuge élevé et la longue durée ($300\,000 \times g$, 45 mn) permettent de dire qu'elles sont physiquement distinctes et qu'il ne s'agit pas d'un équilibre entre les deux.

La partie non sédimentée contient la fraction « solubilisée » de la caséine ; c'est-à-dire transformée en molécules plus petites aux coefficients de sédimentation plus faibles ; elle est représentée par : NSN — NCN et nos résultats montrent qu'elle traduit bien le rôle peptisant des sels de fonte. Si l'on exprime cette différence en p. 100 de la caséine on obtient un taux de peptisation qui s'accroît très fortement au cours de la fonte ; entre 30 et 40 p. 100 de la caséine deviennent non sédimentables. En absence de sels de fonte, la valeur de TP calculé dans le fromage affiné n'augmente pas.

Le taux de peptisation dépend de la matière première et aussi de la concentration en sels de fonte. Plus les polyphosphates sont abondants, plus la peptisation est poussée ; mais il faut remarquer qu'il n'est pas nécessaire d'atteindre une valeur élevée de ce taux pour avoir une texture satisfaisante.

L'épreuve colorimétrique simplifiée confirme l'effet peptisant des sels de fonte. Les fromages affinés ne se comportent pas comme les fondus normaux ; dans les premiers, le surnageant aqueux est incolore, comme un sérum qui ne contiendrait pas ou peu de protéines ; dans les seconds c'est une phase de protéines « solubilisées ». De plus, dans des fromages fondus, lorsque la concentration en sels s'élève, le volume du culot s'accroît ce qui traduit une diminution du poids moléculaire moyen des substances protéiques.

Dans une prochaine publication, nous présenterons les résultats concernant l'évolution des phosphates, du calcium et du magnésium au cours de la fonte.

Remerciements

Cette étude a pu être menée à bien grâce à l'appui fourni par les Etablissements Rambol (Saint-Arnoult-les-Yvelines). Elle forme une étude préliminaire à un programme de recherche subventionné en partie par la D.G.R.S.T. (contrat 77 7 0360).

Résumé

La peptisation qui se développe au cours de la fonte du fromage peut être mesurée par une méthode simple de centrifugation à $300\,000 \times g$ d'une suspension aqueuse, en l'absence de tout réactif. On peut ainsi calculer, d'après les teneurs en azote, un taux de peptisation. Une technique rapide avec un colorant, permet d'évaluer l'effet des sels de fonte.

Summary

BIOCHEMICAL STUDY OF THE CHEESE PROCESSING

I. PEPTIZATION

The peptization that develop during the cheese processing can be measured with an easy centrifugal method ($300\ 000 \times g$) on an aqueous dispersion without any reagent. The nitrogen contents allow to determine a peptization rate. A speedy technic by mean of a protein dye permit us to evaluate the effect of melting salts.

Reçu pour publication en septembre 1979.

Bibliographie

- BONELL (W.) (1971). — Processus physicochimiques dans la fabrication du fromage fondu. *Deutsche Molkerei-Zeitung*, 92, 33, 1415-1420.
- NEY (K. H.) und WIROTOMA (I. P. G.) (1970). — Veränderungen der kaseproteine den Schmelzprozess; Untersuchungen mit Konventionellen und elektrophoretischen methoden. *Z. Lebensmit. Untersuch. Forsch.*, 142 (4), 288-295.
- NOOMEN (A.) (1977). — A rapid method for the estimation of dissolved and undissolved nitrogen compounds in cheese. *Neth. Milk Dairy J.*, 31, 163-176.
- PASZTOR (J.) (1931). — Processed cheese and the solution used in their production. *Mezogazdasagi Kutatasok*, 4, 215-227.
- TEMPLETON (H. L.) and SOMMER (H. H.) (1936). — Studies on the emulsifying salts used in processed cheese. *J. Dairy Sci.*, 19, 561-572.
-