Étude de quelques aspects de la fabrication des fromages brésiliens Prato et Minas

par

M. MANSUR FURTADO et A. F. WOLFSCHOON POMBO

*Instituto de Laticínios Cândido Tostes
Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais,
Juiz de Fora (Brésil)*

INTRODUCTION

Dans un avant-propos récemment publié (Wolfschoon Pombo et Mansur Furtado (1), nous avons présenté la composition moyenne des lactosérums des fromages brésiliens Prato et Minas, ainsi que nous avons établi plusieurs aspects concernant ces fabrications, devant être encore étudiés. Ce sont les résultats de cette étude que nous présentons ici.

Dans la transformation du lait en fromage, chacun de ses composants joue un rôle particulier par rapport aux caractéristiques du fromage et aux procédés de fabrication adoptés. Le rendement final d'une fabrication est en fonction de l'état des composants du lait au moment de la coagulation, c'est-à-dire, des chiffres de transition lait/caillé des éléments du lait. La connaissance de ces valeurs nous permet la détermination théorique de plusieurs paramètres d'une fabrication, ainsi que le contrôle effectif des pertes dans le lactosérum.

Le présent travail décrit la fabrication des fromages Prato et Minas, au Brésil, et les résultats obtenus nous ont permis d'établir des paramètres réglant le rendement fromager, la teneur de gras sur sec par rapport au taux de matière grasse du lait de mélange et les pertes de poids dans la saumure.

Or, bien que plusieurs études en Europe et aux Etats-Unis aient établi des paramètres pour plusieurs types de fromages, on ne connaît aucune référence pour les fromages similaires au Prato et Minas,

(1) *Le Lait*, 1978, n° 577, p. 397.

empêchant, par conséquent, l'application de ces chiffres aux fromages en cause. Nous avons déterminé la composition moyenne du lait, des lactosérums, et les chiffres de transition lait/caillé des protéines, cendres, matière grasse et lactose du lait. En utilisant ces données, on a établi des formules pour la détermination du rendement et du gras sur sec dans les fromages Prato et Minas. L'ensemble de ces connaissances permettra au maître-fromager de maîtriser efficacement sa fabrication et d'obtenir un produit, non seulement bon, mais également standardisé.

MATERIEL ET METHODES

Le lait employé

On a utilisé du lait de mélange, provenant de la région autour de Juiz de Fora (MG) dont la race laitière la plus répandue est la Hollandaise. On a toujours travaillé avec du lait pasteurisé par le procédé HTST et refroidi à 32° C. Le volume était toujours égal (100 l) et, dans la cuve, un échantillon de 250 ml était recueilli pour les analyses de laboratoire.

L'échantillon de lactosérum (250 ml) était collecté à la fin du brassage typique de la fabrication de ces deux fromages.

Les analyses physico-chimiques

Le lait et le lactosérum

Les échantillons de lait et de lactosérum étaient chauffés jusqu'à 40° C et refroidis ensuite à 20° C, avant la réalisation des déterminations. Quand il le fallait, les échantillons étaient conservés dans le réfrigérateur, à 5° C, pour un séjour qui ne dépassait jamais 24 h.

La détermination de la teneur en matière grasse a été faite en utilisant la méthode Gerber et la méthode turbidométrique (Milko Tester).

Le dosage de l'azote total du lait et du lactosérum a été fait par la méthode de micro-Kjeldahl, décrite par l'AOAC (1975). Les résultats comprenaient aussi l'azote non protéique (NPN).

Pour la détermination du lactose, on a employé la méthode de la Cloramine-T, décrite par la FIL (1974). Le volume de précipité a été corrigé en employant les facteurs 0.992 pour le lait et 0.996 pour le lactosérum.

Les cendres ont été mesurées par la méthode décrite par l'AOAC (1975) à 550° C.

Les solides totaux représentent la somme de matière grasse, azote total, lactose et cendres.

Les mesures du pH ont été effectuées à l'aide d'un pHmètre Radiometer THM-26, muni d'une électrode combinée.

La méthode Dornic a été utilisée pour la détermination de l'acidité titrable. Les résultats sont présentés en pourcentage d'acide lactique.

La détermination de la densité a été effectuée à l'aide d'un lactodensimètre Quevenne, dont les résultats étaient corrigés pour 15° C.

Les fromages

Après chaque fabrication, un fromage était réservé aux analyses. L'échantillon était prélevé à l'aide d'une sonde spéciale, en intéressant les différentes parties du fromage. Les portions obtenues étaient mélangées et triturées dans un mortier de porcelaine jusqu'à formation d'une pâte homogène.

La détermination de la teneur en matière grasse a été effectuée en utilisant la méthode de Gerber-Van Gulik.

L'humidité a été déterminée par la méthode décrite par l'AOAC (1975) à 105° C.

L'extrait sec total a été calculé par la différence « 100-humidité ».

LA FABRICATION DES FROMAGES

Toutes les opérations concernant la fabrication des fromages ont été effectuées en un local de l'usine, dans un petit tank, en employant toujours le même volume de lait, soit 100 l. A la fin du travail, on a travaillé aussi avec des quantités beaucoup plus élevées, en envisageant de faire la comparaison entre les deux méthodes et obtenir, par conséquent, des chiffres plus réels.

Le fromage Minas

Il s'agit d'un fromage à pâte non cuite, pressée, dont la texture est voisine de celle du Saint-Paulin. La pâte, blanche, a des petits trous et son goût est faiblement acide. L'affinage se réalise en chambre froide, pendant 20 j.

Le lait frais était pasteurisé et refroidi à 32° C, température de caillage. Le taux de matière grasse n'était pas ajusté. On ajoutait une dose de chlorure de calcium (sol. à 50 p.100), des levains mésophiles et la présure liquide (force 1/10 000). Le décaillage se faisait après 40-50 mn et l'on découpait de façon à obtenir de gros cubes de 8 cm³, à l'aide d'un tranche-caillé. Après le découpage, on brassait le caillé lentement pendant une période moyenne de 50 mn, à la fin de laquelle les grains se présentaient légèrement consistants.

Ayant éliminé tout le lactosérum, les grains de caillé étaient cassés manuellement, et moulés. Dans une première étape, le pres-

sage se faisait pendant 16 h et pendant 30 mn après le retournage des moules. Le salage s'effectuait dans une saumure à 10-12° C pendant 24 h, avec une teneur en sel aux environs de 20 p. 100.

L'échantillon de lait était collecté juste avant l'emprésurage, et celle du lactosérum à la fin du brassage. Les fromages étaient pesés avant et après le salage, mais, au point de vue rendement, seulement le contrôle avant saumure était considéré.

Le fromage Prato

C'est un type assez différent du Minas. Il s'agit d'un fromage à pâte pressée, demi-cuite, assez voisin des fromages hollandais tels que le Gouda et la Mimolette. A l'intérieur, il ne présente pas de trous irréguliers mais peut présenter quelques trous ronds, petits et brillants. Le goût est faible et l'arôme aussi. C'est un fromage à pâte souple et de couleur jaunâtre.

On utilisait toujours du lait frais, pasteurisé « HTST », et refroidi à 32° C. Comme pour le Minas, le taux butyreux du lait n'était jamais ajusté. On y ajoutait une dose de chlorure de calcium (sol. à 50 p. 100), des levains mésophiles (1,5 p. 100 de levain composé des bactéries *S. lactis* et *S. cremoris*, du colorant (roucou) et la présure liquide (force 1/10 000). La coagulation se faisait en 50 mn et l'on découpait le caillé à l'aide d'un tranche-caillé, à plusieurs reprises, jusqu'à obtention de grains aussi petits qu'un grain de maïs.

On réalisait un brassage plus doux, avant-feu, pendant 20 mn. Ensuite, on chauffait le tout lentement jusqu'à 41° C, en utilisant de la vapeur directement dans les parois internes du tank. En même temps, on brassait plus rapidement ; le brassage après-feu se prolongeait jusqu'à 40-50 mn. Ayant éliminé le lactosérum, le caillé était pressé dans un coin du tank pendant 20 mn et coupé ensuite en pains de 2 kg qui étaient mis sous presse tout de suite. On pressait pendant 16 h, sans retournage. Le salage s'effectuait dans une saumure à 10-12° C, avec une concentration de sel voisine de 20 p. 100, pendant 48 h.

L'échantillon de lait était collecté juste avant l'emprésurage, et celui du lactosérum à la fin du brassage après-feu ; les fromages étaient pesés avant et après le salage, mais au point de vue rendement, on ne considérait que le poids noté avant le salage. Pour les analyses physico-chimiques, pour le Prato ou pour le Minas, l'échantillon était toujours collecté dans un fromage non salé.

Calcul des chiffres de transition

Nous avons analysé plusieurs échantillons de lait et de lactosérum des fabrications. Les fromages résultant de chaque fabrication

étaient également analysés. Il est intéressant de signaler que la somme quantitative des éléments trouvés dans le lactosérum et ceux trouvés dans les fromages doit correspondre au total des éléments trouvés dans le lait. C'est la méthode que nous avons employée pour vérifier l'exactitude de nos analyses et calculs mathématiques.

Ayant déterminé quantitativement les différents composants dans le lait et le lactosérum, il fallait faire les calculs nous permettant de connaître les chiffres de transition. Pour cela, il fallait considérer les différents volumes de lait et de lactosérum, ainsi que leurs différentes densités, et le fait qu'on travaillait avec des résultats d'analyse poids/volume. A travers la densité du lait et son volume, on pouvait calculer son poids ; la soustraction de cette valeur du poids des fromages obtenus nous permettait de connaître le poids total du lactosérum de la fabrication, soit :

Densité (p/v) lait $\times$ 100 l (v) = poids du lait (kg).

Kg de lait — kg fromage obtenu = poids du lactosérum (kg).

Kg de lactosérum — densité (p/v) du lactosérum = volume de lactosérum (lt).

Donc, les quantités de matière grasse, protéines, lactose et cendres peuvent être calculées, tout en multipliant chaque taux respectif (E) dans le lait et le lactosérum par les volumes déterminés, c'est-à-dire :

Taux E $\times$ volume de lait = kg de E dans le lait (1).

Taux E $\times$ volume de lactosérum = kg de E dans le lactosérum (2).

La différence 1-2 correspond donc à la quantité de E retenue dans le fromage ; ce que nous appelons chiffre de transition correspond au pourcentage que cela représente par rapport à la quantité originelle déterminée dans le lait de mélange.

RESULTATS ET DISCUSSION

Composition physico-chimique du lait et du lactosérum

Compte tenu de la grande variété de fromages trouvés dans le monde, et la méthode typique de fabrication pour chacun, il est impossible d'établir une composition standard pour le lactosérum résultant de chaque fabrication. Donc, il faut connaître la composition moyenne du lactosérum, ayant fixé préalablement les normes de fabrication et autres paramètres. Cela fait pour chaque fromage en particulier, il devient possible d'établir la composition moyenne de son lactosérum et d'utiliser, par conséquent ces données pour maîtriser la fabrication, en respectant évidemment toutes les variations éventuellement vérifiées dans la composition du lait. Les

valeurs moyennes relatives aux diverses teneurs des éléments dans le lait et le lactosérum des fromages Prato et Minas sont rassemblées dans le tableau 1.

TABLEAU 1

Composition moyenne (p. 100) du lait et des lactosérums des fromages Prato et Minas

Composition	Lait	Lactosérum	
		Prato	Minas
Extrait sec	12,33	6,88	6,94
Protéines totales	3,26	0,75	0,81
Matière grasse	3,52	0,70	0,60
Extrait sec dégraissé	8,81	6,18	6,34
Lactose	4,84	4,94	5,04
Cendres	0,71	0,49	0,49
Acide lactique	0,174	0,123	0,129
Humidité	87,67	93,12	93,06
Densité	1,030	1,0261	1,0256
pH	6,62	6,36	6,31

Moyenne obtenue sur 56 échantillons de lait et 56 de lactosérum.

La composition du lactosérum est fonction de celle du lait employé et, également, de la manipulation du caillé au moment du découpage et pendant le brassage, surtout au début, quand les cubes de caillé sont encore assez mous.

On constate que les éléments solubles tels que le lactose et les cendres se présentent en plus grande proportion dans le lactosérum, comme il était prévu. Le lactose, dans les deux lactosérums, représente la plupart de l'extrait sec.

Par contre, la teneur en protéines se trouve sensiblement réduite dans le lactosérum : nous avons trouvé une moyenne de 3,26 p. 100 dans le lait et 0,78 p. 100 pour les deux lactosérums ; c'est une donnée dont l'importance ne peut pas être négligée, compte tenu du rôle de la caséine, partie majeure des protéines du lait, dans la coagulation vis-à-vis de la présure.

Nous avons constaté des différences dans la composition des deux lactosérums, qui sont dues essentiellement aux méthodes de traitement du caillé après la coagulation. Au moment de la coagulation, presque la totalité de la matière grasse et des protéines est retenue dans le caillé. Le tableau 1 montre ces résultats. En ce qui concerne la matière grasse, nous avons trouvé une valeur minimale de 0,35 p. 100 et maximale de 1,03 p. 100 dans le lactosérum du fromage Prato ; ces valeurs ont été — respectivement — 0,26 p. 100 et 1 p. 100 dans le lactosérum du fromage Minas.

Une variation dans le même sens a été constatée dans les taux de matières azotées des deux lactosérums. Pour le Prato, on a remarqué une valeur minimale de 0,63 p. 100 et maximale de 0,94 p. 100 en ce qui concerne la matière grasse. Les valeurs pour le Minas étaient dans cette fourchette : de 0,67 p. 100 à 0,91 p. 100. Ces différences et celles constatées dans le tableau 1 peuvent être expliquées :

a) Au moment du tranchage du caillé, celui-ci est plus poussé dans le caillé du Prato, en ayant par résultat l'obtention de petits cubes ; cela n'arrive pas au Minas, dont le découpage se fait doucement avec obtention de gros cubes de caillé.

A ce propos, Van Slike explique qu'au moment du tranchage du caillé, plusieurs globules gras sont exposés à la surface du cube et se dégagent pendant le brassage. Il existe un rapport poids/surface dans le cube de caillé et, dans les fromages en cause, ce rapport n'est pas le même parce que les cubes de caillé de Minas sont beaucoup plus grands que ceux du Prato.

b) Après le découpage, les deux fromages subissent un brassage qui, cependant, est sensiblement plus violent dans le cas du Prato.

c) Le fromage Prato est un demi-cuit ; le chauffage, pendant le brassage, atteint 41° C, ce qui favorise nettement la perte de matière grasse dans le lactosérum.

Chiffres de transition trouvés

Après plusieurs essais, nous avons déterminé les chiffres de transition pour chaque composant du lait, selon la méthode décrite. Ces valeurs sont présentées ensuite, dans le tableau 2.

Ces résultats montrent l'influence des méthodes de fabrication sur le rendement fromager. Nous avons trouvé un chiffre de transition sensiblement plus élevé pour le fromage Minas, que nous

TABLEAU 2

Chiffres de transition des composants du lait dans la fabrication des fromages Prato et Minas

Eléments	Prato	Minas
Matière grasse	83,80 p. 100	87,93 p. 100
Protéines	80,39 p. 100	79,01 p. 100
Lactose	7,39 p. 100	8,02 p. 100
Cendres	36,81 p. 100	40,01 p. 100
Extrait sec total	50,03 p. 100	51,70 p. 100
Extrait sec dégraissé	37,78 p. 100	36,03 p. 100

jugeons comme conséquence de la teneur plus élevée en humidité, de ce fromage, ainsi que du procédé d'élaboration : découpage en gros cubes et brassage doux, sans chauffage.

Il faut faire attention aux taux de transition pour l'extrait sec total dans les deux fromages. Nous avons trouvé 50 p. 100 pour le Prato et 51,7 p. 100 pour le Minas ; si l'on examine attentivement le tableau 2, on s'aperçoit facilement de l'importance représentée dans cette donnée par les chiffres de transition des protéines et de la matière grasse, toujours aux environs de 80 p. 100 pour les deux fromages. D'après ces conclusions, nous avons employé ces chiffres dans l'élaboration des formules nous permettant de prévoir le gras sur sec du fromage et le rendement d'une fabrication, comme on le démontre plus loin.

En ce qui concerne le lactose et les cendres, on peut remarquer qu'ils subissent une perte assez importante dans le lactosérum ; en effet, compte tenu de leur état physique dans le lait, ces éléments sont trouvés, normalement, en concentration élevée dans le lactosérum. Les différences de transition entre les deux fromages s'expliquent par la différente composition chimique de chacun des fromages, ce qui peut être constaté dans le tableau 3.

Comme on peut l'observer, le fromage Minas présente une teneur en humidité plus élevée et, par conséquent, les éléments solubles se présenteront dans ce fromage dans des quantités plus importantes que pour le fromage Prato.

TABLEAU 3

Composition moyenne (p. 100) en extrait sec et matière grasse des fromages Prato et Minas

	Prato	Minas
Extrait sec	53,0 - 59,2	51,3 - 56,8
Humidité	47,0 - 40,8	48,7 - 43,2
Matière grasse	25,3 - 30,5	22,3 - 28,3
Gras sur sec	47,7 - 51,5	43,5 - 49,8

Compte tenu de l'importance des résultats des analyses des fromages, nous avons pris plusieurs précautions pour éviter des erreurs. Les échantillons étaient toujours prélevés après 16 h de pressage. Pendant cette opération, les fromages étaient empilés en colonnes de sept (Prato) et quatorze (Minas) fromages, sous la même pression, dans une presse de type collective verticale. Les échantillons étaient prélevés toujours dans le fromage au milieu de la colonne, parce qu'on avait déjà déterminé les taux d'extrait sec dans les positions extrêmes et moyenne de la colonne, ayant trouvé les résultats suivants : extrémité supérieure = 54,68 p. 100 ; milieu de la colonne = 54,90 p. 100 et extrémité inférieure = 55,26 p. 100.

Rapport matière grasse / protéines et transition

Le rôle des protéines du lait dans la coagulation est assez bien connu, la formation du gel au moment du caillage détermine l'emprisonnement de quantités variables des autres composants du lait. Cette variation est fonction surtout du taux de protéines, spécifiquement de la caséine, et du rapport existant entre celles-ci et les autres composants, plus particulièrement la matière grasse.

Nous avons trouvé un rapport entre la teneur en matière grasse, le taux d'extrait sec du lait et le chiffre de transition d'extrait sec pour le fromage, soit pour le Prato ou pour le Minas, comme on peut l'observer dans le tableau 4.

TABLEAU 4

Rapport entre l'extrait sec et la matière grasse du lait et chiffres de transition de l'extrait sec total pour les fromages Prato et Minas

Type de fromage	EST du lait (p. 100)	Matière grasse du lait (p. 100)	Solides totaux (fromage)	Solides totaux (lactosérum)	Pourcentage profit des solides totaux (fromage)	Pourcentage pertes des solides totaux (lactosérum)
Minas	11,71	3,17	5,58	6,13	47,65	52,35
	12,03	3,30	5,91	6,12	49,13	50,87
	12,53	3,56	6,37	6,16	50,84	49,16
	12,70	4,28	6,56	6,14	51,65	48,35
Prato	12,24	3,20	5,60	6,64	45,67	54,33
	12,50	3,40	6,26	6,24	50,08	49,92
	12,27	3,50	6,18	6,09	50,37	49,63
	12,56	4,00	6,58	5,98	52,39	47,61

TABLEAU 5

Relation entre le rapport matière grasse / protéines et le chiffre de transition de l'extrait sec du lait

Type de fromage	Rapport matière grasse / protéines	Transition
Prato	0,88	52,92
	0,94	52,74
	1,06	51,22
	1,11	50,41
Minas	0,92	52,62
	1,09	51,82
	1,19	51,57
	1,36	48,68

Résultats obtenus des analyses de fromages ayant la même teneur d'humidité.

Les résultats présentés dans le tableau 4 montrent nettement un rapport entre la matière grasse et l'extrait sec du lait : au fur et à mesure que ce dernier augmente, accompagné par un accroissement du taux butyreux du lait, il y a également un accroissement de la transition totale de l'extrait sec du lait pour le fromage, ce qui est valable pour les deux fromages. Cependant, cela n'est pas toujours vrai quand l'augmentation de la matière grasse est accompagnée d'une diminution de la teneur du lait en protéines ; ainsi, nous avons observé que, parfois, malgré l'augmentation de la teneur en matière grasse, il y a une fixation, dans la transition, de l'extrait total du lait pour le fromage.

Les résultats présentés dans le tableau 5 montrent ces conclusions, obtenus au cours de nos essais.

Dans le tableau précédent, il peut être observé que, si l'on maintient la même teneur en protéines d'un lait, en augmentant successivement la teneur en matière grasse, le chiffre de transition de l'extrait sec du lait semble diminuer. Si l'on analyse les résultats des tableaux 4 et 5, l'on peut dire que l'accroissement de la teneur en matière grasse s'accompagne d'une augmentation du rendement

fromager mais, cependant, cela dépend toujours du taux de protéines du lait, ou du rapport matière grasse / protéines.

Il semble que, compte tenu de sa moindre capacité d'absorption d'eau, la matière grasse diminue l'intensité de ce phénomène, de la part de la caséine, en occupant les espaces du raiseau-caillé. De toute façon, pour assurer un bon rendement dans une fabrication, il faudra établir le rapport « matière grasse / protéines » idéal, ce qui n'est pas encore fait.

Prévision du gras sur sec dans les fromages

Le rôle de la matière grasse dans la fabrication et l'affinage du fromage est assez connu. Au point de vue texture, le rôle de la matière grasse n'est pas négligeable, ainsi qu'au point de vue saveur. Nous avons souligné l'existence d'un rapport « matière grasse / protéines » dans le lait de mélange, ayant une influence nette dans la transition de l'extrait sec, c'est-à-dire, dans le rendement. Ce rapport, au point de vue rendement, n'est pas encore bien défini et il faudra d'autres essais pour aboutir à une conclusion définitive.

Cependant, nous avons étudié longtemps la transition de la matière grasse du lait pour le fromage, ayant déterminé 83,80 p. 100 et 87,93 p. 100 pour le Prato et le Minas, respectivement. D'un autre côté, les transitions de l'extrait sec dégraissé, soit pour le Prato ou pour le Minas, ont été également déterminées.

Nous avons employé ces données pour créer une formule permettant de déterminer le gras sur sec dans un fromage, avant sa fabrication, ainsi qu'une autre formule permettant de régler le taux butyreux du lait selon les besoins du gras sur sec dans le fromage.

Nous trouvons important l'emploi de ces résultats dans la fabrication des fromages Prato et Minas, malgré l'absence, au Brésil, d'exigences en ce qui concerne la teneur minimale en gras sur sec dans les fromages. Les bons produits maintiennent le standard de qualité et l'on ne peut pas fixer, au cours de toute une année, le même taux de matière grasse dans le lait pour l'élaboration de tel ou tel fromage. Il faut absolument considérer les variations saisonnières de la composition du lait, surtout en ce qui concerne l'extrait sec dégraissé, normalement oublié par ceux qui ne se préoccupent que de la normalisation de la teneur du lait en matière grasse. Donc, si l'on détermine le taux butyreux du lait de mélange tout en considérant l'extrait sec dégraissé, nous pouvons être sûrs de la standardisation du produit fini, quelles que soient les variations saisonnières de la composition du lait.

Ainsi, nous avons mis au point des formules qui permettent de régler ces paramètres, spécifiquement dans les fabrications des fromages brésiliens Prato et Minas.

Pour cela, nous avons employé des données déjà présentées, ou les chiffres de transition de la matière grasse et de l'extrait sec dégraissé du lait. Les formules sont les mêmes pour les deux fromages, à l'exception du facteur présenté, à cause des différences de transition existant entre les deux types de fromages, pour les motifs déjà exposés.

En ce qui concerne le Minas, nous avons établi un rapport entre la transition de la matière grasse du lait (87,93 p.100) et la transition de son extrait sec dégraissé (36,03 p.100), selon ces deux formules :

a) Formule pour la prévision du gras sur sec dans le fromage Minas :

$$GS = \frac{100 Gb}{Gb + 0,41 ESD}$$

ou : GS = gras sur sec prévu dans le fromage.

Gb = teneur du lait en matière grasse.

ESD = extrait sec dégraissé du lait.

0,41 = constante.

b) Formule permettant de régler le taux butyreux du lait selon le gras sur sec souhaité dans le fromage Minas :

$$Gb = \frac{(ESD \times GS) 0,41}{100 - GS}$$

ou : Gb = taux de matière grasse à régler dans le lait de mélange.

ESD = extrait sec dégraissé du lait.

GS = gras sur sec souhaité dans le fromage.

0,41 = constante.

Pour le Prato, nous avons établi le même type de rapport entre le chiffre de transition de la matière grasse du lait (83,80 p.100) et la transition de son extrait sec dégraissé (37,78 p.100), en ayant construit les deux formules suivantes :

a) Formule pour la prévision du gras sur sec dans le fromage Prato :

$$GS = \frac{100 Gb}{Gb + 0,45 ESD}$$

ou : GS = gras sur sec prévu dans le fromage.

Gb = teneur de matière grasse dans le lait.

ESD = extrait sec dégraissé du lait.

0,45 = constante.

b) Formule permettant de régler le taux butyreux du lait selon le gras sur sec souhaité dans le fromage Prato ;

$$G_b = \frac{(ESD \times GS) 0,45}{100 - GS}$$

ou : G_b = taux de matière grasse à régler dans le lait de mélange.

ESD = extrait sec dégraissé du lait.

GS = gras sur sec souhaité dans le fromage.

0,45 = constante.

Les formules présentées ont été utilisées dans plusieurs essais avec de bons résultats, soit pour la prévision du gras sur sec, soit pour la standardisation du lait de mélange. En ce qui concerne le gras sur sec dans les fromages, une variation de -2 à $+4$ p. 100 dans la fourchette est acceptée (Spreer, 1975).

Prévision du rendement d'une fabrication

Les variations dans le rendement d'une fabrication sont fonction de plusieurs aspects mais, surtout, comme nous l'avons démontré, de la transition des protéines et matière grasse du lait au moment de la coagulation. C'est là, évidemment, le rôle de l'humidité du caillé en ce qui concerne le rendement fromager. De toute façon, compte tenu de l'hygroscopicité de la caséine, celle-ci demeure importante sous cet aspect et aucune formule, pour le rendement d'une fabrication, ne peut être construite sans considérer la transition de l'extrait sec, ainsi que l'humidité du caillé.

Nous avons étudié le rôle des protéines du lait dans le rendement de la fabrication et les résultats trouvés figurent dans le tableau 6.

Comme on peut le constater, au fur et à mesure qu'on obtient un transfert plus important des protéines pour le fromage, il y a une augmentation de la transition des solides totaux du lait pour le caillé. Cela s'accompagne évidemment d'une augmentation dans le rendement de la fabrication.

Plusieurs formules ont été proposées, par différents auteurs, pour envisager la prévision du rendement dans la fabrication de fromages. Dans chaque formule, on peut trouver différents facteurs qui ont été considérés dans les calculs, tels que la matière grasse, l'extrait sec total ou dégraissé, la teneur en protéines ou caséine du lait, etc. De toute façon, il faut signaler que la plupart des formules sont spécifiques et que, même, elles ne conduisent jamais à une exactitude définitive.

Pour construire une formule, nous avons établi un rapport entre la transition des solides totaux dans la fabrication des deux fromages, ainsi que leur extrait sec moyen et l'extrait sec total du lait de mélange. Comme cela, on peut éviter la détermination spécifique des taux de protéines, matière grasse, lactose et cendres du lait ; il faut,

TABLEAU 6

Rapport entre la quantité de protéines retenues dans le fromage et le chiffre de transition des solides totaux du lait

Type de fromage	Protéines retenues (kg/100 l lait)	Pourcentage transition (solides totaux)
Prato	2,27	48,32
	2,37	49,87
	2,46	50,41
	2,71	50,59
	3,00	52,44
Minas	1,79	46,68
	2,44	50,84
	2,58	50,90
	2,72	51,33
	2,82	54,00

tout simplement, connaître l'extrait sec total du lait de mélange et celui souhaité dans le produit fini.

Comme on peut le constater dans le tableau 2, nous avons observé un chiffre de transition de 51,70 p.100 pour l'extrait sec total du lait, dans la fabrication du fromage Minas. Nous avons établi un rapport entre cette donnée et le pourcentage de solides totaux souhaité dans le produit fini, ayant trouvé le facteur f . Le même type de raisonnement a été employé pour le fromage Prato, où l'on a employé le chiffre de 50 p.100 concernant la transition de l'extrait sec total du lait au moment de la coagulation.

Donc, on a trouvé cette formule qui peut être utilisée pour les deux fromages, en faisant varier seulement le facteur f :

$$P = \frac{(EST \times f) V}{100}$$

- ou : P = production prévue dans la fabrication (kg).
EST = pourcentage d'extrait sec total du lait travaillé.
V = volume de lait travaillé (litres).
f = facteur variable.

Comme on l'a déjà dit, le facteur f est le résultat du rapport « pourcentage de transition des solides totaux du lait / extrait sec total souhaité dans le fromage ». Nous pensons que l'utilisation, dans la formule, d'une donnée qui varie en fonction de l'extrait sec du fromage, permettra l'obtention de résultats plus corrects.

Dans le tableau 3 nous avons présenté les résultats de plusieurs analyses des fromages, et on peut y donner les fourchettes concernant les solides totaux dans les deux fromages, c'est-à-dire de 53 p. 100 à 59,20 p. 100 pour le Prato et 51,3 p. 100 à 56,8 p. 100 pour le Minas. Donc, si l'on emploie les facteurs calculés à partir de ces données, la formule peut être utilisée efficacement dans la fabrication des deux fromages.

Le tableau 7 rend compte du facteur f trouvé, par rapport aux différents pourcentages d'extrait sec souhaités dans les fromages.

Les formules ont été appliquées dans plusieurs essais à l'usine, et nous avons trouvé une erreur de 3,7 p. 100 et 2,2 p. 100 dans la prévision du rendement, respectivement, pour les fromages Minas et Prato. Dans des conditions industrielles, où le volume de lait travaillé atteignait 3 000 l, le pourcentage moyen d'erreur a été de 4,1 p. 100 pour le Minas (neuf fabrications observées) et 4,7 p. 100 pour le Prato (douze fabrications observées).

En utilisant les chiffres de transition des solides totaux du lait, nous avons construit des tableaux d'utilisation simple, avec lesquels on peut prévoir le rendement (P/V) en pourcentage, des fabrications : il faut calculer le facteur f pour des fromages présentant différents taux d'humidité, et celui-ci sera multiplié par le taux d'extrait sec du lait travaillé ; le résultat obtenu représente le rendement (P/V) en pourcentage.

Pertes de poids dans la saumure

Comme on l'a déjà dit, nous avons considéré dans notre étude le rendement fromager avant le salage des fromages Prato et Minas, et ce qui se passe normalement en saumure. Nous avons toujours utilisé la même saumure, dont la concentration de sel était de 18 p. 100 à 20 p. 100 (17° à 19° Beaumé) ; la température était de 12° C et l'acidité de la saumure était contrôlée à travers son pH, qui variait de 5,1 à 5,3.

Nous trouvons important de présenter les résultats de cette étude parce que, très souvent, on trouve des fromagers qui contrôlent le rendement de leurs fabrications en utilisant le poids obtenu après le salage en saumure. Compte tenu de nos conclusions, obtenues

TABLEAU 7

Facteur f à employer dans la formule du rendement, selon les différents pourcentages d'extrait sec des fromages

Type de fromage	Extrait sec	Facteur f
Prato	53,00	0,943
	54,00	0,926
	55,00	0,909
	56,00	0,893
	57,00	0,877
	58,00	0,862
	59,00	0,847
Minas	51,00	1,014
	52,00	0,994
	53,00	0,975
	54,00	0,957
	55,00	0,940
	56,00	0,923
	57,00	0,907

toujours du poids des fromages avant le salage, il faut montrer les variations subies après le passage en saumure.

Les phénomènes du salage en saumure sont assez connus : il s'agit de l'immersion des fromages dans une solution de sel ; compte tenu de la différence de concentration saline entre les deux liquides, c'est-à-dire, dans le fromage et dans la saumure elle-même, il y a une diffusion du liquide dans le sens de celui moins concentré vers l'autre plus concentré. C'est un cas de diffusion, où l'on cherche l'équilibre dynamique entre deux liquides (Perrot et Ull, 1977). La diffusion vers le liquide plus concentré se fait plus intensément qu'en sens contraire ; donc, il y a une perte de poids du fromage dans

le salage, parce que celui-ci se présente moins concentré en teneur saline que la saumure.

Il y a beaucoup de facteurs agissant sur ce phénomène, tels que le temps de salage, la température et la concentration du sel de la saumure.

Selon Mansour et Alais (1972), pour un taux d'humidité égal, la température et la concentration élevées des saumures accélèrent la diffusion du sel, et provoquent un fort drainage, c'est-à-dire, une perte plus importante de poids dans le fromage. Les mêmes auteurs signalent que, dans une saumure à température ambiante, et avec 18 p.100 de sel, les fromages perdent environ 15 p.100 de leur poids initial, alors qu'avec 15 p.100 de sel ils en perdent 10 p.100. Pour la conservation à 10° C, selon les auteurs, il y a encore une faible perte de poids, à 18 p.100 de sel.

Donc, pour l'application des résultats de cette étude, dans des usines où le contrôle est réalisé après le salage en saumure, il faut considérer les pertes de poids qui peuvent varier en fonction des paramètres déjà mentionnés. De toute façon, la plupart des usines emploient la saumure à 18 p.100 à 20 p.100 de sel et à une température moyenne de 12° C. C'est le cas où nous nous sommes placés pour obtenir les résultats présentés dans le tableau 8.

TABLEAU 8

Pertes de poids des fromages Prato et Minas dans la saumure

Type de fromage et temps de salage	Poids avant salage (g)	Poids après salage (g)	Pertes (p. 100)
Prato (48 h)	11,345	11,192	1,53
	11,094	10,872	2,00
	11,248	10,922	2,90
	10,745	10,557	1,75
Minas (24 h)	13,259	13,000	1,95
	12,322	11,974	2,82
	12,933	12,572	2,79
	12,293	11,987	2,49

Nous avons trouvé des pertes moyennes de 2 p.100 et 2,5 p.100 pour le Prato et le Minas, respectivement. Malgré le temps plus court de maintien en saumure, le Minas a présenté des pertes plus élevées. Il apparaît que la perte de poids est en rapport avec la relation surface/volume : le Prato pèse environ 2 kg et le Minas environ 1 kg, mais ils ont des formats différents. De plus, il y a des différences entre le caillé des deux fromages : le caillé du Minas présente plus de porosité, ce qui facilite, non seulement le salage, mais également le drainage du lactosérum à l'intérieur de la pâte, vers la saumure.

De toute façon, nous insistons sur le besoin de considérer ces pertes quand on fait le contrôle des rendements et que l'on pèse les fromages après salage en saumure.

CONCLUSIONS

La fabrication des fromages brésiliens Prato et Minas a été étudiée. On a examiné plus particulièrement la composition du lait de mélange, la composition du lactosérum et celle des fromages obtenus. Les résultats présentement obtenus en fabrications expérimentales et industrielles permettent de maîtriser plus efficacement la fabrication, à travers l'utilisation des paramètres établis et discutés.

Le rendement d'une fabrication est fonction de la transition des solides totaux du lait pour le caillé, au moment de la coagulation et du découpage. Nous avons trouvé des différences entre les chiffres pour le Prato et le Minas, mais qui sont considérés normaux si l'on observe le procédé de fabrication de chaque fromage.

En utilisant la transition des solides totaux du lait (51,7 p.100 pour le Minas et 50 p.100 pour le Prato) et le taux d'extrait sec souhaité dans le produit fini, nous avons construit une formule qui permet de prévoir la production dans une fabrication.

D'autre part, l'emploi des chiffres de transition de la matière grasse (83,8 p.100 pour le Prato et 87,9 p.100 pour le Minas) et l'extrait sec dégraissé du lait (37,78 p.100 pour le Prato et 36,03 p.100 pour le Minas), a contribué à la construction d'une formule qui nous permet de régler le taux butyreux du lait de mélange, selon le gras sur sec souhaité dans le fromage.

Nous avons également établi un rapport entre les taux de protéines et de matière grasse du lait, et la transition des solides totaux au moment de la coagulation. Nous avons travaillé avec du lait dont la teneur moyenne en matière grasse était autour de 3,52 p.100 et celle de protéines autour de 3,26 p.100. Si l'on considère surtout le rôle spécifique de la matière grasse dans le rendement, compte tenu de son chiffre élevé de transition (83,8 p.100 pour le Minas et

87,93 p. 100 pour le Prato) il est facile de comprendre que, plus on perd, moins on obtient de rendement. Selon nos conclusions, les variations dans les pertes sont fonction de la teneur en protéines du lait, c'est-à-dire, du rapport matière grasse / protéines dans le lait de mélange. De toute façon, des conclusions définitives pourront être obtenues dans une étude plus approfondie.

Nous avons étudié également les pertes de poids des fromages, dans la saumure. Pour le Prato, dont le temps de salage correspond à 48 h, la perte moyenne trouvée a été de 2 p. 100, tandis que, pour le Minas, après 24 h de salage, nous avons noté 2,5 p. 100. Les résultats sont importants pour ceux qui font le contrôle de rendement de la fabrication, en pesant les fromages après le salage.

Les résultats présentés pourront être améliorés dans d'autres études futures ; cependant, nous espérons que ceux présentés ici, seront utiles aux industriels et techniciens désireux de mieux maîtriser leurs fabrications de Prato et Minas.

Résumé

Le présent mémoire décrit la fabrication des fromages brésiliens Prato et Minas, ainsi que les divers facteurs réglant les procédés et ayant des influences sur le rendement de la fabrication et la standardisation du produit fini. Les chiffres de transition de chaque composant du lait, au moment de la coagulation, sont présentés, et leur utilisation a permis la construction de formules pour prévoir le rendement de la fabrication et faire le réglage du taux butyreux du lait selon le gras sur sec souhaité dans le fromage. Les pertes de poids des fromages dans la saumure ont été également étudiées et décrites dans cette étude. Nous avons déterminé également la composition du lait et du lactosérum dans la fabrication des fromages mentionnés.

Summary

The manufacture techniques of the brazilian cheeses Minas and Prato, as well as the influence of some factors on cheese yield are here described. The mean transition figures of the milk fat, proteins, lactose, ashes, total solids and solids non fat, when the curd is formed, are determined. The utilization of such figures allowed the establishment of some formulae to calculate the fat content in the dry matter of the cheese, as well as to calculate the cheese yield during cheesemaking. The mean weight loses of each cheese variety in the brine are also determined. Milk and whey composition are also included.

Remerciements

Nous adressons nos sincères remerciements aux étudiants et assistants techniciens de l'Instituto de Laticínios « Cândido Tostes », M. Wasen, Ilôï e M. Klechen, Itamar, qui ont beaucoup contribué avec leur appui pratique, à la réalisation du travail.

Nous remercions vivement le professeur T. I. Hedrick pour sa précieuse collaboration en discutant le manuscrit de ce Mémoire.

Reçu pour publication en mai 1978.

Bibliographie

- INTERNATIONAL DAIRY FEDERATION (1974). — Determination of the lactose content of milk. Norme F.I.L. I.D.F., 28.
- MANSOUR (A.) et ALAIS (Ch.) (1972). — Etude du salage et de l'affinage du fromage en saumure. Aspect biochimique : évolution de la composition du fromage et rendement. *Le Lait*, 52, 518, 515-535.
- OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS OF THE ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (1975) 12th ed. Published by the Association of Official Analytical Chemists, Washington (U.S.A.).
- PERROT (M. M.) et ULL (1977). — Le salage des fromages. *Revue des E. N. I. L.*, 21, 23-31.
- SPREER (E.) (1975). — *Lactologia Industrial* Editorial Acirbia, Zaragoza (Espana).
- VAN SLIKE (L. L.) and PRICE (W. V.) (1941). — *Cheese* Orange Judd Pub. Co. Inc., New York (U.S.A.).
- WOLFSCHOON-POMBO (A. F.) et MANSUR-FURTADO (M.) (1978). — Etude de quelques aspects de la fabrication des fromages brésiliens Prato et Minas. *Avant-propos. Le Lait*, 577, 397-400.
-