

Facteurs qui influent sur la capacité fromagère du lait au niveau de l'exploitation.

Art Hill et Mary Ann Ferrer
Département des sciences de l'alimentation
Université de Guelph

Les gens demandent : « Pourquoi le fromage coûte-t-il cher? » L'une des explications réside dans le fait que seulement environ 50 % des solides du lait sont récupérés dans le fromage. Le tableau 1 indique le pourcentage de chacun des principaux composants du lait qui sont récupérés dans un fromage typique à coagulation à l'aide de présure, tel que le cheddar. Les fromagers sont toujours en quête de moyens permettant d'augmenter le rendement et d'améliorer la qualité, mais ce chemin commence à la ferme. Parmi les facteurs liés à l'exploitation qui influent sur la capacité du lait à produire du fromage, on peut citer la race et d'autres effets génétiques, le stade de la lactation, la saison, la mammité et l'historique des températures. Nous aborderons chacun de ces facteurs à tour de rôle, mais, pour situer le contexte, nous commencerons par une brève description du rôle de chacun des principaux composants du lait dans la fabrication du fromage.

Rôles des principaux composants du lait dans la fabrication du fromage

La **protéine brute** du lait canadien est de 3 à 4 %, répartie en 77 % de caséine, 17 % de protéines sériques et 6,0 % d'azote non protéique. Le prix du lait cru canadien est désormais calculé en fonction de la protéine vraie. Sur cette base, la protéine typique du lait se situe généralement entre 2,8 et 3,7, répartie en 81,9 % de caséine et 18,1 % de protéines de lactosérum (voir tableau 2). Ici, nous utiliserons la protéine brute.

Caséines. Dans le fromage coagulé avec de la présure et dans le fromage fabriqué par acidification avec coagulation du lait chaud (par exemple, le fromage cottage), les caséines forment un gel qui emprisonne les globules gras, l'eau et les composants solubles dans l'eau tels que les protéines sériques, le lactose et les minéraux. Comme l'indique le tableau 1, la valeur typique de récupération des protéines brutes dans le fromage est d'environ 79 %, dont la majeure partie est constituée de caséine et une petite quantité de protéines de lactosérum et d'azote non protéique.

Protéines sériques et protéines de lactosérum. Parmi les protéines de lactosérum, il y a les protéines sériques telles que la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine, qui ne sont pas sensibles à la coagulation avec de la présure ou par l'acidification, mais aussi des fragments de caséines produites par la présure ou des enzymes bactériennes. Les protéines de lactosérum jouent un rôle plus fonctionnel dans les variétés fabriquées par effet de la chaleur et acidification telles que la ricotta et le paneer : chauffer le lait à une température supérieure à 85 °C puis lancer un processus d'acidification provoque dans les protéines du petit-lait la formation de caillés constitués de caséines et de protéines de lactosérum.

La matière grasse du lait est présente sous forme de particules appelées globules gras du lait, d'un diamètre de 1 à 15 microns. Les principaux rôles de la matière grasse dans le fromage sont d'adoucir la texture et d'apporter de la saveur. Comme le montre le tableau 1, le taux de récupération de la matière grasse du lait dans le fromage coagulé avec de la présure est d'environ 93 %.

Races et variance génétique des protéines

Les différences dans la matière grasse, les protéines et le rendement du lait expliquent la plupart des effets de la race sur le rendement du fromage (voir tableau 3). Cependant, plusieurs variantes génétiques de protéines sont associées à l'amélioration des propriétés fromagères et de la capacité de production de fromage. La plus importante est la variante BB de la k-caséine, qui peut augmenter la capacité de rendement du fromage jusqu'à 5 % (Kroeker et al., 1985; Bittante et al., 2012). Il convient de noter que le lait de la race Jersey présente la fréquence la plus élevée de k-caséine de la variante BB.

Stade de lactation

Le lait de fin de lactation a des effets mitigés sur le rendement fromager. Le rendement de la transformation en fromage augmente avec des taux plus élevés de protéines et de matières grasses, et par une plus grande rétention d'humidité. Toutefois, le lait de fin de lactation coagule mal, ce qui entraîne des pertes accrues de matières grasses et de protéines dans le lactosérum (Sapru et al., 1997). Le lait de fin de lactation contient également plus de plasmine, une enzyme qui décompose les protéines, qui sont ensuite perdues dans le lactosérum.

Saison

Les taux de matière grasse et de protéine dans le lait sont généralement minimaux à la fin de l'été et maximaux à la fin de l'automne. La production de fromage suit des tendances similaires, comme l'illustre la figure 1.

Mammite

Le rendement fromager du lait de vaches touchées par la mammite est réduit principalement par : (1) l'altération de la composition du lait, en particulier la réduction de la caséine; (2) la protéolyse des caséines par la plasmine; et (3) la mauvaise qualité du caillé, tant pour les fromages coagulés avec de la présure que pour les fromages coagulés par acidification, entraînant des pertes de particules de caillé dans le lactosérum. Les seuils associés à la perte de rendement varient de 100 000 cellules/ml (Barbano 1991 et 2000) à 300 000 cellules/ml (Jadhav et al., 2018). Politis et al. (1988a et 1988 b) ont observé une réduction du rendement du fromage de 5 % à une numération des cellules somatiques de 500 000, et de 9 % à une numération des cellules somatiques de 1 000 000/ml. La numération des cellules somatiques moyenne dans les réservoirs ou bassins à lait en Ontario est d'environ 240 000/ml (Snelts et al., 2020), de sorte qu'il n'est peut-être pas possible pour la plupart des exploitations d'atteindre systématiquement un niveau inférieur à 200 000 cellules/ml.

Commented [JG1]: Assuming that SCC is somatic cell count?

Bactéries psychrotrophes

Les bactéries psychrotrophes (PB) constituent la grande majorité de la microflore du lait commercial. En effet, elles se développent bien à des températures froides tout en produisant des lipases (enzymes qui décomposent les graisses) et des protéases (enzymes qui décomposent les protéines) stables à la chaleur. Les bactéries ne survivent pas à la pasteurisation, contrairement à nombre de leurs lipases et protéases. Les enzymes sont généralement produites sur des surfaces mal nettoyées en contact avec le produit. Au cours de la fabrication du fromage, les enzymes continuent d'agir, entraînant la perte de fragments de graisse et de protéines dans le lactosérum. Les enzymes peuvent également produire des saveurs rances et amères pendant la maturation.

Historique des températures

De nombreux paramètres affectant la qualité et le rendement sont influencés par l'historique de la température, par exemple : (1) la croissance des bactéries d'altération et pathogènes; (2) les lipases et protéases bactériennes; et (3) la lipoprotéine lipase et la plasmine naturellement présentes dans le lait. La plupart des bactéries d'altération sont psychrotrophes et se développent bien jusqu'à environ 4 °C, mais très lentement à 2 °C ou moins. Il est donc important de refroidir rapidement le lait à moins de 2 °C, de préférence avant que le lait ne soit pompé dans le réservoir à lait. Cela ralentira la croissance bactérienne et l'activité des enzymes bactériennes et natives. Il est également important de minimiser l'agitation pour éviter l'activation de la lipoprotéine lipase.

Après avoir souligné l'importance de la chaîne du froid pour la qualité du lait, il convient de noter que de nombreuses variétés de fromage peuvent être fabriquées en toute sécurité à la ferme ou dans des coopératives locales à partir de lait non refroidi et non pasteurisé. De nombreuses normes internationales relatives aux fromages d'appellation d'origine protégée exigent que le fromage soit fabriqué à partir de lait du soir, non refroidi à moins de 15 °C, mélangé à du lait du lendemain matin. Le lait non refroidi favorise la croissance des bactéries lactiques qui empêchent la croissance des bactéries d'altération et des bactéries pathogènes. Il s'agit d'un moyen de diversifier davantage les variétés de fromage canadien.

Résumé

Les quantités absolues et relatives de matières grasses et de protéines sont les facteurs les plus importants qui déterminent la capacité de production fromagère du lait. La matière grasse, les protéines et la capacité de production de fromage par kilogramme sont les plus élevées à la fin de l'automne et en hiver, et les plus faibles en été. Le lait de fin de lactation présente des rapports protéine/graisse plus élevés, relativement plus de protéines de lactosérum et moins de caséine, ainsi qu'une plus grande activité de la plasmine. Les phénotypes protéiques restent intéressants à long terme pour augmenter légèrement la capacité de fabrication du fromage. Pour minimiser la détérioration bactérienne et enzymatique, il faut refroidir rapidement le lait à

Commented [JG2]: Having emphasized the importance of the cold chain to milk quality, **quality**

<2 °C, minimiser les fluctuations de température, éviter l'agitation et nettoyer méticuleusement l'équipement de traite.

Sources

- Barbano, D.M., Rasmussen, R.R., and Lynch, J.M., 1991. Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield. *J. Dairy Sci.* 74(2):369-388.
- Barbano, D.M. 2000. Influence of mastitis on cheese manufacture. In Emmons, D.B. *Practical Guide for control of cheese yield*. International Dairy Federation. Ref S.I. 001.
- Bittante, G., Penasa, M. and Cecchinato, A. 2012. Invited Review: genetics and modeling of milk coagulation properties. *J Dairy Science*. 95 (12):6843-6870.
- Hill, A.R. and Ferrer, M.A. 2021. [Cheese eBook](#). Consulté le 12 juillet 2023.
- Hill, A.R. 1995. Chemical species in cheese and their origin in milk components. In. Malin, E.L. and Tunick, M.H. Editors. *Chemistry of structure-function relationships in cheese*. Plenum Press, New York. pp. 43-58.
- Jadhav, P.V., Das, D.N., Suresh, K.P., and Shome, B.R. 2018. Threshold somatic cell count for delineation of subclinical mastitis cases. *Vet World*. 11(6):789-793.
- Kroeker, E.M., Ng-Kwai-Hang, K.F., Hayes, J.F. and Moxley, 1985. Effect of environmental factors and milk protein polymorphism on composition of casein fractions in bovine milk. *J. Dairy Sci.* 68:1752-1757.
- Lawrence, R.C. 1991. Cheese yield potential of milk, in Factors affecting the yield of cheese. D.B. Emmons, D.B., Ed. *IDF Special Issue No. 9301*, Int. Dairy Federation, Brussels, Belgium.
- Nicholas, G., Auldist, M. Molan, P. Stelwagen, K., and Prosser, C. 2002. Effects of stage of lactation and time of year on plasmin-derived proteolytic activity in bovine milk in New Zealand. *J. Dairy Research*. 69(4):533-540.
- Politis, I. and Ng-Kwai-Hang, K.F. 1988a. Effects of somatic cell count and cheese yielding capacity. *J. Dairy Sci.* 71(7):1711-1719.
- Politis, I. and Ng-Kwai-Hang, K.F. 1988b. Association between somatic cell count and cheese yielding capacity. *J. Dairy Sci* 71(7):1720-1727.
- Sapru, A., Barbano, D., Yun, J., Klei, L. Oltenacu, P. and Bandler, D. 1997. Cheddar cheese: Influence of milking frequency and stage of lactation on composition and yield. *J. Dairy Science* 80(3):437-446.
- Sneltjes, L., Chao, A., Hill, A., Corradini, M., 2020. Trends in Ontario milk composition from 1980 to the present. Food Technology Institute Annual Meeting and Food Expo.
- Van Slyke, L. and Price, W. 1949. *Cheese*. Orange Judd Publishing Company, Inc. p. 65.
- Wendorff, B., and Paulus, K. 2011. Impact of breed on the cheesemaking potential of milk: Volume vs content. *Dairy Pipeline: A technical resource for dairy manufacturers*. 23(1):1-7.

Tableau 1. Distribution des composants du lait pendant la fabrication du fromage en supposant que la matière grasse du lait est normalisée à 3,3 % de matière grasse, que l'humidité du fromage est de 40 % et que la matière grasse du fromage est de 31 %. Le rendement attendu est d'environ 10 % du poids du lait. Adapté de Hill (1995).

	Matières grasses	Protéines	Glucides	Cendres	Total des solides
Lait	3,3	3,2	5,0	0,73	12,4
Fromage	31,0	25,0	1,7	2,2	60,0
Lactosérum	0,22	0,61	5,30	0,58	7,0
% de transfert	93,0	78,8	3,0	30,0	49

Tableau 2. Protéines vraies et protéines brutes

	Protéine brute		Protéine vraie	
	% du lait	% de la protéine brute	% du lait	% de la protéine
Caséine	2,54	77,00	2,54	81,94
Protéines sériques	0,56	17,00	0,56	18,06
Azote non protéique	0,20	6,00		
Total	3,30	100,0	3,10	100

Tableau 3. Effets de la race sur la teneur et le rendement en matières grasses et en protéines du lait (Lawrence, 1991).

Race	Teneur en lait (%)			Rendement laitier (kg/lactation)	
	Matière grasse	Protéine	P/MG	Matière grasse	Protéine
Jersey	5,13	3,8	0,74	230	175
Guernsey	4,87	3,62	0,74	235	176
Ayrshire	3,99	3,34	0,84	210	176
Brune	4,16	3,53	0,84	243	210
Holstein	3,40	3,32	0,98	264	225

Remarques : Ces données sont basées sur une étude interrégionale aux États-Unis. P/MG est le rapport entre les protéines brutes et les matières grasses. Les valeurs moyennes de la matière grasse et de la protéine brute pour le lait cru canadien sont actuellement d'environ 3,9 et 3,3 % respectivement.

Tableau 4. Fréquence de la présence de κ -CN BB dans plusieurs races laitières (Wendorff et Paulus, 2011).

Race	% Fréquence de la présence de κ-CN BB
Jersey	86
Brown Swiss	67
Guernsey	27
Holstein	18
Shorthorn laitière	11
Ayrshire	7

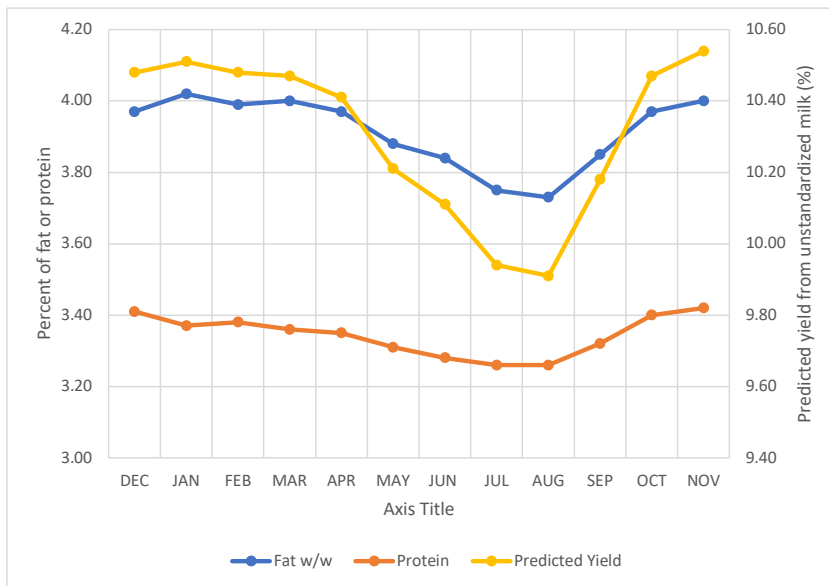


Figure 1. Variabilité saisonnière de la composition du lait et du rendement fromager en Ontario (Sneltjes et al., 2020). Les prévisions, calculées à l'aide de l'équation de rendement du fromage cheddar de Van Slyke et Price (1949), supposent que le lait n'est pas normalisé et concernent les rendements fromagers du fromage cheddar à 35 % d'humidité. Adaptation de Sneltjes et al. (2020).

