



## Fromage à raclette: moins de calcium pour une meilleure aptitude à la fonte

M.-T. FRÖHLICH-WYDER, U. BÜTIKOFER, D. GUGGISBERG et D. WECHSLER,  
Station de recherche Agroscope Liebefeld-Posieux ALP, 3003 Berne

@ E-mail: [marie-therese.froehlich@alp.admin.ch](mailto:marie-therese.froehlich@alp.admin.ch)  
Tél. (+41) 31 32 38 223.

### Résumé

ALP a réalisé des essais afin de mieux comprendre l'influence du calcium sur l'aptitude à la fonte du fromage à raclette. L'essai présenté ici a permis de diminuer la teneur totale en calcium du fromage à l'aide de divers facteurs et d'augmenter la part de calcium soluble. L'ajout d'acide citrique à l'eau de lavage est le facteur qui a le plus amélioré les paramètres de la fonte, à l'exception du goût et de la préférence.

L'importance du rôle du calcium – moins la pâte contient de calcium lié, meilleure est l'aptitude à la fonte – a pu être confirmée.

La variation de la température lors de la pasteurisation du lait, pendant le processus de fabrication et lors du saumurage, n'a que peu influencé la teneur en calcium et l'aptitude à la fonte. Les fromages d'essai d'ALP, comparés aux fromages à raclette de la pratique, présentaient une teneur en calcium peu élevée et disposaient d'une bonne aptitude à la fonte. C'est pourquoi les facteurs techniques utilisés ont difficilement pu abaisser davantage la teneur en calcium.

lors de la fonte du fromage à raclette. Moins le fromage contient de calcium, meilleure est son aptitude à la fonte. C'est avant tout le calcium lié qui influence négativement la fonte (Fröhlich-Wyder et Bütikofer, 2005). C'est pourquoi l'acidification, donc l'évolution du pH pendant la fabrication, est un facteur d'influence important. Un pH peu élevé au début de la fabrication et en cours d'affinage engendre une augmentation de la libération de calcium provenant de la matrice du fromage (Johnson et Lucey, 2006).

La protéolyse a également un impact sur l'aptitude à la fonte du fromage à raclette. Toutefois, ce facteur est plus difficile à influencer, car il dépend fortement des interactions d'autres facteurs. Si l'on souhaite obtenir une bonne aptitude à la fonte, la protéolyse doit être optimale. Selon Rüegg (1989), une protéolyse en largeur est un avantage, tandis qu'Eberhard *et al.* (1988) optent plutôt pour une protéolyse en profondeur. D'une manière générale, les peptides à longue chaîne engendrent plutôt une pâte longue et visqueuse, tandis que les peptides à chaîne plus courte, qui peuvent lier davantage d'eau, engendrent une pâte plutôt courte et liquide.

### Introduction

Le fromage à raclette<sup>1</sup>, comme son nom l'indique, est consommé principalement sous forme fondue. Il se caractérise donc notamment par ses propriétés à la fonte. La consommation du fromage à raclette a progressivement augmenté ces dernières années. Ce produit occupe désormais la deuxième place dans les ventes des fromages suisses à pâte mi-dure. La production annuelle atteint environ 13 000 tonnes (2005) dont 2000 tonnes de fromage à raclette du Valais.

L'objectif de chaque producteur est de fabriquer, à l'aide des technologies dont il dispose, un produit qui fonde aussi bien que possible et en ayant re-

cours à des durées d'affinage relativement courtes (12-14 semaines). Durant l'affinage, la combinaison de différents facteurs influence l'aptitude à la fonte du fromage à raclette.

### Facteurs influençant l'aptitude à la fonte

L'eau est probablement le facteur qui influence le plus l'aptitude à la fonte du fromage: une teneur en eau élevée influence positivement l'aptitude à la fonte (Rüegg, 1990; Eberhard *et al.*, 1987). Cependant, il n'est pas possible d'augmenter cette teneur à volonté sans que la qualité en pâtisse. Lorsque la pâte des fromages est trop molle ou trop collante, la forme des meules devient instable et l'aptitude à la coupe diminue.

Des analyses effectuées par ALP ont montré à plusieurs reprises que la teneur en calcium joue un rôle important

### Calcium et structure du fromage

Chaque sorte de fromage a une teneur spécifique en calcium, qui influence considérablement sa structure et sa texture. Elle dépend de la courbe d'acidification du fromage pendant sa fabrication – du lait de chaudière jusqu'au fromage de 24 heures. Jusqu'à la fin des années 80, seule la teneur totale en calcium du fromage était déterminée,

<sup>1</sup>Dans le présent travail, il s'agit de fromage à raclette issu de lait pasteurisé dont l'appellation devrait être redéfinie après l'entrée en vigueur d'une éventuelle appellation d'origine contrôlée (AOC).

sans tenir compte de la teneur en calcium lié. La protéolyse et le pH sont considérés comme les paramètres les plus importants pour la texture du fromage. L'importance de l'équilibre entre calcium lié et calcium soluble n'a été reconnue que peu à peu. Aujourd'hui, la plupart du temps, la part de calcium non soluble est également indiquée en pourcentage de la teneur totale en calcium (Johnson et Lucey, 2006).

Plus l'acidification est importante, plus le calcium lié sera solubilisé et extrait de la matrice de caséine. Dans les fromages traditionnels élaborés à ALP, le pH optimal du fromage frais est de 5,0 à 5,3. La part de calcium soluble est optimale et la capacité à lier l'eau est bonne. On peut donc s'attendre à une bonne aptitude à la fonte. L'abaissement du pH et la solubilisation du calcium pendant la fabrication du fromage est un moment très important. Un lait de chaudière avec un pH bas lors du caillage et l'évolution de l'acidification au début de la synérèse sont importants pour obtenir une bonne solubilisation du calcium hors de la caséine.

On connaît depuis longtemps l'importance du calcium lié à la caséine lors de la fonte de la mozzarella et du cheddar. Un abaissement ciblé du pH au cours de la fabrication visant à libérer le calcium lié aux micelles de caséine est une étape déterminante lors de la fabrication de ces deux fromages (Joshi *et al.*, 2002; Lee *et al.*, 2005).

Une bonne acidification joue également un rôle incontesté pour le fromage à raclette. Les connaissances sur la fonction du calcium lors de la fonte sont encore lacunaires et ont motivé ALP à réaliser des essais.

## Essais effectués dans la fromagerie pilote

Dans la fromagerie pilote d'ALP à Liebefeld, il est possible de tester parallèlement huit variantes par jour avec le même lait. Lors d'un premier essai plurifactoriel réalisé avec un fromage à raclette expérimental issu de lait pasteurisé (70 l de lait par chaudière), quatre facteurs ont été testés en vue d'abaisser la teneur en calcium du fromage:

- **température de pasteurisation** à 70 °C et à 75 °C (impact sur le calcium lié dans le lait);
- **gestion de la température pendant la fabrication** selon la recette standard: 32 °C à la coagulation et au décaillage, puis 35 °C au chauffage et au brassage ainsi que durant l'ensemble du processus de fabrication (impact sur l'acidification);

- **ajout de 50 g d'acide citrique** ( $C_6H_8O_7 \cdot H_2O$ ) à l'eau de lavage (impact sur le pH et la formation de complexes avec du calcium);
- **température du bain de sel** à 11 °C et à 16 °C (impact sur l'acidification).

Lors d'un essai complémentaire, différentes variantes pour abaisser le pH ont été testées, avec de l'acide lactique et du lait prématuré (données non traitées ici).

## Tests sensoriels du fromage à raclette fondu

Les échantillons de fromage à raclette ont été placés dans un four Stöckli Cheeseboard V8 1100 W et fondus

pendant exactement 2 minutes et 15 secondes (régime maximal). L'évaluation a été effectuée directement après la fonte dans les poêlons. Afin de procéder à une analyse sensorielle aussi réaliste que possible, un deuxième poêlon a été retiré du four après la fonte, le fromage a été raclé sur une assiette en céramique et analysé après 30 secondes. La température à l'intérieur du fromage est environ 15 à 20 °C moins élevée sur l'assiette que sur le poêlon (fig.1), ce qui peut influencer considérablement l'évaluation. Une échelle de 1 à 5 a été utilisée pour évaluer les paramètres séparation de la graisse, viscosité, formation de fils, aspect gommeux et formation de coiffe. Plus la note attribuée par le panel était élevée, meilleures étaient les propriétés de fonte du fromage.

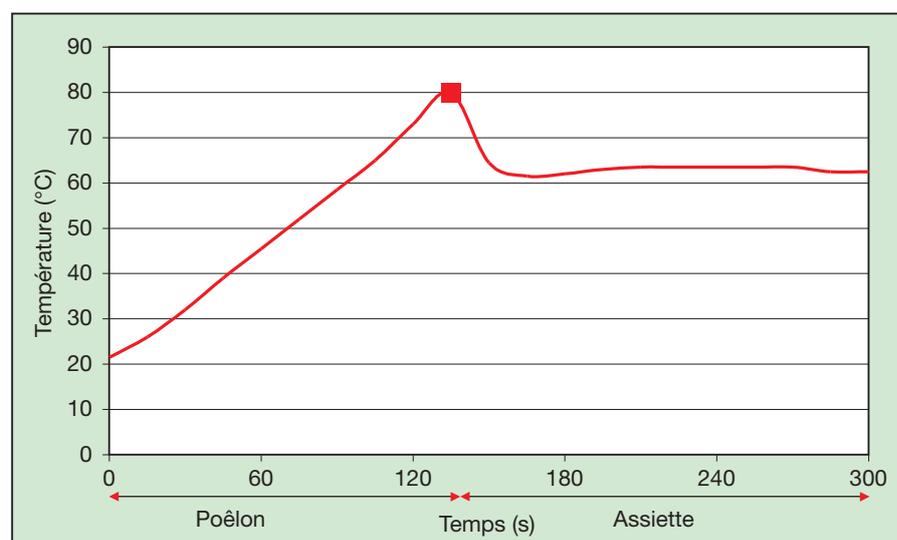


Fig. 1. Evolution de la température d'un fromage à raclette pendant le chauffage dans le poêlon et le refroidissement sur l'assiette en céramique (moyenne de deux mesures).

Tableau 1. Evolution du pH, teneurs en galactose, en acide lactique et en eau d'un fromage de 24 heures.

Facteur (n = 8)		pH 2 h	pH 4 h	pH 20 h	ALT (mmol/kg)	Galactose (mmol/kg)	Eau (g/kg)
Pasteurisation	70 °C	5,56	5,25	5,17	154,38	3,36	473,13
	75 °C	5,45	5,23	5,16	156,13	2,76	472,38
Température	normale	5,49	5,23	5,20	153,50	2,79	463,75
	constante	5,52	5,25	5,13	157,00	3,34	481,75
Ajout d'acide citrique	0 g	5,58	5,29	5,18	159,38	3,00	477,88
	50 g	5,44	5,19	5,15	151,13	3,13	467,63
Température du bain de sel	11 °C	5,47	5,23	5,19	152,25	2,90	473,25
	16 °C	5,55	5,25	5,14	158,25	3,23	472,25
Pasteurisation		0,068	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.
Température		n.s.	n.s.	***	n.s.	*	*
Acide citrique		*	***	n.s.	*	n.s.	n.s.
Température du bain de sel		n.s.	n.s.	**	0,064	n.s.	n.s.

\* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01; \*\*\* p ≤ 0,001.  
n.s. = non significatif; ALT = acide lactique total; normale = selon la recette standard; constante = à 35 °C.

## Analyse des fromages après 24 heures

Les facteurs acide citrique, gestion de la température pendant la fabrication et température du bain de sel ont eu un impact important sur les fromages au cours des premières 24 heures déjà (tabl. 1).

L'ajout d'acide citrique a abaissé le pH au cours des premières heures. Cependant, après 20 heures, le pH était équilibré. L'activité des bactéries lactiques a été ralentie par l'abaissement prématuré du pH. Par conséquent, le fromage à 24 heures contenait moins d'acide lactique. La mauvaise cohésion des grains

de caillé dans les fromages avec acide citrique (fig. 2) était frappante et a entraîné de grandes pertes d'eau dans le bain de sel (tabl. 2). Cela est dû à une plus grande surface des grains de caillé par laquelle une quantité plus importante de petit-lait peut être expulsée par la synérèse.

La température constante de 35 °C a influencé en premier lieu la teneur en eau du fromage, supérieure de 15 g/kg. En conséquence, davantage de galactose est restée dans le fromage, d'où une teneur en acide lactique plus élevée et, proportionnellement, un pH plus faible après 20 heures.

Les variantes avec une température de bain de sel élevée (16 °C) ont également présenté un pH moins élevé et davantage d'acide lactique après 20 heures, ce qui dénote une fermentation lactique plus intense.

## Bilan en calcium modifié

Le bilan en calcium des fromages d'essai a principalement été influencé par l'ajout d'acide citrique. Ce dernier lie d'une part le calcium sous forme de complexe et, d'autre part, provoque une baisse marquée du pH et ainsi une plus grande solubilisation du calcium hors de la matrice de caséine (tabl. 2). En conséquence, la perte de calcium par le biais du petit-lait a été élevée et la teneur en calcium déterminée dans le fromage nettement plus faible. Ainsi, l'objectif recherché, à savoir moins de calcium dans la matrice de caséine, a été atteint. L'équilibre entre calcium lié et calcium soluble est également significatif: dans les fromages mûrs de la variante avec acide citrique, le taux de calcium lié était nettement moins élevé, en relation directe avec le pH inférieur. De même, le maintien d'une température constante de 35 °C a permis d'obtenir une teneur en calcium moins élevée ainsi qu'une part de calcium lié moins grande dans le fromage arrivé à maturité. Cela est dû au pH moins élevé après 20 heures et à la teneur en eau plus élevée dans le fromage affiné. Finalement, tous les fromages d'essai d'ALP contenaient nettement moins de calcium que les fromages issus de la pratique, qui enregistrent des teneurs en calcium d'environ 6 g/kg.

## Comparaison des fromages affinés

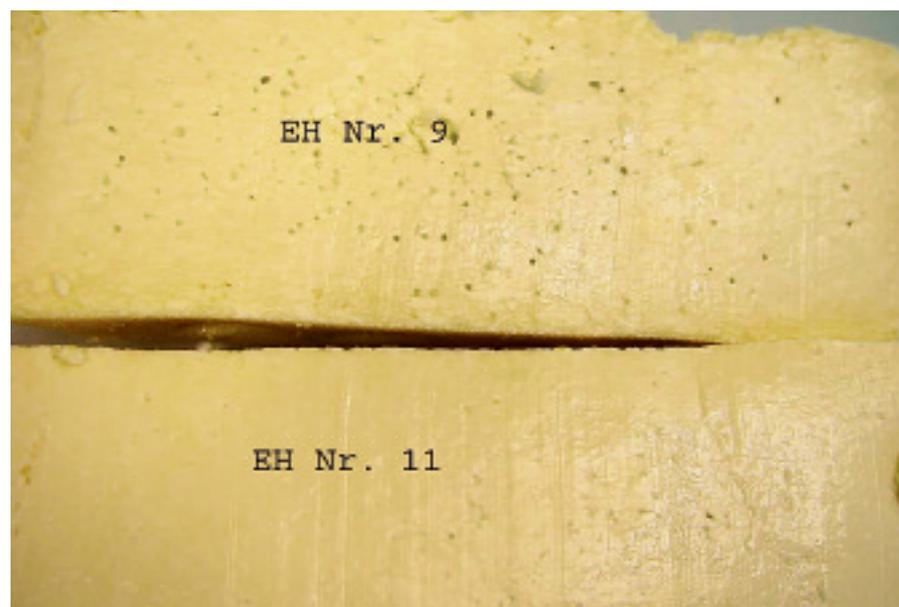
L'ajout d'acide citrique a également influencé les paramètres chimiques des fromages affinés de 14 semaines (tabl. 3). Le pH et la teneur en eau étaient bien moins élevés et la protéolyse s'est déroulée de manière plus intense (teneurs plus élevées en azote soluble et en azote non protéinique à un pH de 4,6). On sait que plus la part de calcium soluble est élevée et plus la teneur en calcium est basse, plus l'activité protéolytique croît (Johnson et Lucey, 2006), car la matrice de caséine devient plus accessible aux enzymes et moins stable en raison de l'absence de ponts calcium-phosphate. Il est possible que l'activité de la chymosine soit elle aussi intensifiée à cause du pH moins élevé.

**Tableau 2. Teneur en calcium du petit-lait et du fromage de 14 semaines et perte d'eau dans le bain de sel.**

Facteur (n = 8)		Calcium petit-lait (mg/kg)	Perte d'eau dans le bain de sel (g/kg)	Calcium total (g/kg)	Calcium lié (%)
Pasteurisation	70 °C	356,50	4,91	4,99	24,2
	75 °C	367,06	9,44	4,85	22,5
Température	normale	365,56	8,38	5,03	24,4
	constante	358,00	5,97	4,82	22,2
Ajout d'acide citrique	0 g	290,75	2,97	5,64	30,7
	50 g	432,81	11,38	4,21	16,0
Température du bain de sel	11 °C	358,63	6,00	4,86	22,8
	16 °C	364,94	8,34	4,98	23,8
Pasteurisation		*	n.s.	n.s.	n.s.
Température		n.s.	n.s.	*	n.s.
Acide citrique		***	*	***	***
Température du bain de sel		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

\* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01; \*\*\* p ≤ 0,001.

n.s = non significatif; normale = selon la recette standard; constante = à 35 °C.



**Fig. 2.** Cohésion des grains de caillé d'un fromage de 24 heures. La cohésion a été nettement moins bonne dans les variantes avec ajout d'acide citrique (EH N° 9) que dans les variantes sans ajout (EH N° 11).

**Tableau 3. Paramètres chimiques du fromage de 14 semaines.**

Facteur (n = 8)		pH	Eau (g/kg)	MG/ES (g/kg)	NaCl (g/kg)	TN (g/kg)	LN4,6 (g/kg)	NPN (g/kg)
Pasteurisation	70 °C	5,36	451,0	500,4	22,65	37,05	8,23	6,07
	75 °C	5,40	453,4	490,5	23,54	37,38	8,86	6,28
Température	normale	5,39	445,3	499,5	22,34	37,54	8,57	6,11
	constante	5,36	459,1	491,4	23,85	36,89	8,53	6,23
Ajout d'acide citrique	0 g	5,47	459,9	490,6	23,30	36,68	8,01	5,96
	50 g	5,29	444,4	500,3	22,89	37,75	9,08	6,38
Température du bain de sel	11 °C	5,40	453,9	496,4	23,99	37,13	8,47	6,11
	16 °C	5,36	450,4	494,5	22,20	37,30	8,63	6,23
Pasteurisation		*	n.s.	*	n.s.	n.s.	**	*
Température		n.s.	*	*	0,087	0,058	n.s.	n.s.
Acide citrique		***	*	*	n.s.	**	***	***
Température du bain de sel		*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.

\* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01; \*\*\* p ≤ 0,001.

n.s. = non significatif; MG/ES = matière grasse dans l'extrait sec; TN = azote total; LN4,6 = azote soluble lors d'un pH de 4,6; NPN = azote non protéinique; normale = selon la recette standard; constante = à 35 °C.

La pasteurisation à la température plus élevée de 75 °C a engendré une protéolyse plus marquée en profondeur. Cela s'explique d'une part par la teneur en eau légèrement plus élevée et d'autre part par l'activation plus importante des plasminogènes.

La température du bain de sel a surtout influencé l'absorption de sel dans le fromage: la température plus basse a augmenté l'absorption de sel.

## Propriétés sensorielles des fromages non fondus

L'acide citrique a fortement influencé les propriétés sensorielles des fromages. L'appréciation de la qualité a été moins bonne pour l'ensemble des critères (ouvertures, pâte, arôme) tout comme pour

la préférence. Le nombre de trous était moins élevé, la pâte plus courte et plus ferme, le goût plus acide et salé. La température de pasteurisation élevée a provoqué davantage d'amertume. La constance de la température pendant la fabrication a engendré plus de trous et de plus petite dimension, raison pour laquelle l'ouverture a obtenu une mauvaise note.

## Evaluation sensorielle des propriétés de fonte

L'ajout d'acide citrique a le plus influencé les propriétés de fonte du fromage à raclette. Le fromage était moins visqueux, moins filant, moins gommeux et moins coiffé. L'évaluation du fromage dans les poêlons a débouché, en

raison de la température plus élevée du fromage, sur de meilleures notes pour la viscosité et les paramètres relatifs à la formation de fils et à l'aspect gommeux (tabl. 4). La température de pasteurisation de 70 °C a engendré un fromage moins visqueux et formant moins de fils, mais avec une séparation de graisse plus importante qu'à 75 °C. Le facteur température de 35 °C pendant la fabrication et la température du bain de sel de 16 °C ont en général donné lieu à une appréciation légèrement meilleure des propriétés de fonte, mais pas de manière significative.

## Conclusions

- ❑ Dans certaines variantes de l'essai, la teneur en calcium du fromage à raclette a pu être considérablement diminuée et la teneur en calcium soluble augmentée.
- ❑ L'importance du rôle du calcium a pu être confirmée: moins la pâte contient de calcium lié, meilleures sont ses propriétés de fonte.
- ❑ L'ajout d'acide citrique est le facteur qui a le plus influencé, dans le sens positif, les propriétés de fonte du fromage. L'impact de l'acide citrique repose autant sur l'abaissement du pH que sur la complexation du calcium, mais il n'est pas clair lequel des deux effets est le plus important. Tous les deux provoquent une plus importante solubilisation du calcium.

**Tableau 4. Evaluation sensorielle de fromages à raclette de 14 semaines<sup>a</sup>.**

Facteur (n = 8)	Séparation de graisse		Viscosité		Formation de fils		Gommeux		Formation de coiffe		
	Poêlon	Assiette	Poêlon	Assiette	Poêlon	Assiette	Poêlon	Assiette	Poêlon	Assiette	
Pasteurisation	70 °C	3,29	3,96	4,66	3,33	4,50	3,84	3,56	3,49	3,75	4,04
	75 °C	4,09	4,50	3,89	2,80	3,70	2,83	3,58	3,09	3,30	3,76
Température	normale	3,73	4,19	4,15	2,86	3,88	3,24	3,45	3,18	3,31	3,78
	constante	3,65	4,28	4,40	3,26	4,32	3,43	3,69	3,40	3,74	4,03
Ajout d'acide citrique	0 g	3,90	4,32	4,08	2,80	3,81	2,78	2,96	2,85	3,11	3,70
	50 g	3,48	4,14	4,48	3,33	4,39	3,89	4,18	3,73	3,94	4,10
Bain de sel	11 °C	3,80	4,30	4,24	3,06	4,00	3,14	3,55	3,09	3,51	3,85
	16 °C	3,58	4,16	4,31	3,06	4,20	3,53	3,59	3,49	3,54	3,95
Pasteurisation		**	n.s.	**	*	***	***	n.s.	n.s.	**	n.s.
Température		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.
Citrate		n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	***	***	**	***	*
Bain de sel		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

\* p ≤ 0,05; \*\* p ≤ 0,01; \*\*\* p ≤ 0,001. n.s. = non significatif; normale = selon la recette standard; constante = à 35 °C.

<sup>a</sup>échelle pour l'évaluation sensorielle: 5 = léger; 3 = moyen; 1 = élevé.

- ❑ Seuls le goût et la préférence n'ont pas été améliorés par le procédé avec acide citrique.
- ❑ Dans les fromages affinés et contenant de l'acide citrique, le pH et la teneur en eau étaient plus faibles, la teneur en LN plus élevée et celle en eau moins élevée. Il faut souligner que les fromages contenant de l'acide citrique étaient des produits d'un tout autre genre et qui ont subi également des modifications défavorables par rapport au goût.
- ❑ La température de pasteurisation, la gestion de la température pendant la fabrication et la température du bain de sel ont eu une influence moins marquée. La pasteurisation effectuée à une température moins élevée (70 °C) a influencé positivement les propriétés de fonte (moins de viscosité, moins de formation de fils et moins de coiffe). Le pH du fromage affiné était moins élevé. La température constante de 35 °C a surtout entraîné une augmentation de la teneur en eau, d'où un fromage fondu plus visqueux. La température du bain de sel a avant tout influencé la fermentation lactique. Avec la température du bain de sel plus élevée de 16 °C, la teneur en acide lactique était plus élevée et le pH moins élevé. L'absorption du sel était plus faible. Le fromage fondu était moins visqueux.
- ❑ D'une manière générale, les fromages expérimentaux d'ALP présentaient une teneur en calcium nettement moins élevée que les fromages à raclette conventionnels. C'est pourquoi les facteurs technologiques ont eu un impact moins marqué.
- ❑ Les appréciations des différents paramètres testés s'appliquent aussi bien aux fromages placés dans les poêlons qu'à ceux placés sur assiette. Les appréciations des fromages placés sur assiette ont été plus nombreuses et plus claires. Pour cette raison et parce qu'elles correspondent plutôt à la forme de consommation la plus répandue, c'est à ce type d'appréciation qu'il faut donner la préférence. En outre, on reconnaît plus facilement les produits qui présentent une aptitude à la fonte insuffisante s'ils sont placés sur une assiette.

## Zusammenfassung

### Raclettekäse: weniger Kalzium für bessere Schmelzeigenschaften

ALP hat Versuche mit Raclettekäse aus pasteurisierter Milch durchgeführt, um den Einfluss von Kalzium auf dessen Schmelzeigenschaften zu verstehen. Das Ziel des hier vorgestellten Versuches, mittels verschiedener Faktoren den Kalziumgehalt im Käse zu senken und den Anteil an gelöstem Kalzium zu erhöhen, konnte erreicht werden. Die stärkste Wirkung hatte die Zugabe von Zitronensäure mit dem Waschwasser. Die Schmelzeigenschaften waren in diesen Käsen praktisch über alle Parameter hinweg (ausser Geschmack, Beliebtheit) hoch signifikant besser. Die wichtige Rolle des Kalziums – je weniger gebundenes Kalzium im Teig, desto besser die Schmelzeigenschaften – konnte hiermit bestätigt werden. Die Variation der Temperaturen bei der Milchpasteurisation während des Herstellungsprozesses und im Salzbad hatte nur eine geringe Wirkung auf den Kalziumgehalt und die Schmelzeigenschaften. Die ALP-Versuchskäse wiesen, verglichen mit Raclettekäse aus der Praxis, bereits einen tiefen Kalziumgehalt und ein gutes Schmelzverhalten auf. Es war daher schwierig mittels technologischer Faktoren den Kalziumgehalt weiter zu senken.

## Riassunto

### Formaggio da raclette: meno calcio per una migliore attitudine alla fusione

ALP ha effettuato una serie di test sul formaggio da raclette a base di latte pastorizzato, al fine di analizzare l'azione del calcio sull'attitudine alla fusione. Il test presentato qui ha permesso di ridurre il tenore totale del calcio nel formaggio mediante diversi fattori e aumentare la percentuale di calcio solubile. L'aggiunta di acido citrico all'acqua di lavaggio è stato il fattore che ha migliorato di più i parametri della fusione, se non si tiene conto del gusto e delle preferenze. Il ruolo fondamentale del calcio – meno la pasta contiene di calcio legato, migliore è l'attitudine alla fusione – ha trovato quindi conferma. La variazione delle temperature durante la pastorizzazione del latte, il processo di fabbricazione e la salatura ha avuto un effetto minimo sul tenore di calcio e sull'attitudine alla fusione. Il formaggi sottoposti ai test di ALP, se paragonati a formaggi da raclette comunemente fabbricati, presentano un tenore di calcio minore e una buona attitudine alla fusione. Per questa ragione i fattori tecnici utilizzati sono riusciti difficilmente ad abbassare ancora di più il tasso di calcio.

## Summary

### Raclette cheese: less calcium for better melting properties

ALP conducted studies with experimental raclette cheese made from pasteurised milk to obtain a better understanding of the influence of calcium on the melting properties of raclette cheese. The trial presented here achieved its aim of using various factors to lower the calcium content of the cheese and increase the proportion of dissolved calcium. The addition of citric acid with the wash water had the most dramatic effect. In these cheeses the melting properties were very significantly superior across practically all parameters (apart from taste). This confirmed the important role of calcium – the less bound calcium in the curd, the better the melting properties. Temperature variations in milk pasteurisation, during the manufacturing process and in the brine had only a minimal effect on calcium content and melting properties. Compared with raclette cheeses in practice the ALP trial cheeses had a low calcium content and good melting properties. It was therefore difficult to further reduce the calcium content by means of technological factors.

**Key words:** raclette cheese, melting properties, calcium, citric acid, sensorial testing.

## Bibliographie

- Eberhard P., Moor U. & Rüeegg M., 1988. Zusammensetzung und physikalische Eigenschaften gut und ungenügend schmelzender Raclettekäse. *Schweiz. Milchw. Forschung* **17**, 3-8.
- Fröhlich-Wyder M. T. & Bütikofer U., 2005. Einfluss von Calcium auf die Schmelzeigenschaften von Raclette. *ALP intern* **125**, 1-44 (non publié).
- Johnson M. E. & Lucey J. A., 2006. Calcium: a key factor in controlling cheese functionality. *Austr. J. Dairy Technol.* **61** (2), 147-153.
- Joshi N.S., Muthukumarappan K. & Dave R. I., 2002. Role of soluble and colloidal calcium contents on functionality of salted and unsalted part-skim mozzarella cheese. *Australian J. Dairy Technol.* **57**, 203-210.
- Lee M.-R., Johnson M. E. & Lucey J. A., 2005. Impact of modifications in acid development on the insoluble calcium content and rheological properties of cheddar cheese. *J. Dairy Sci.* **88**, 3798-3809.
- Rüeegg M., 1989. Schmelzeigenschaften von Käse. *Milchw. Berichte* **101**, 242-246.