

Lebensmit

Raclettekäse mit Molkenproteinen – innovativ und wirtschaftlich

Andreas Thomet, Hans-Peter Bachmann, Karl Schafroth, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidgenössische Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft (ALP), CH-3003 Bern

Auskünfte: Andreas Thomet, E-Mail: andreas.thomet@alp.admin.ch, Fax +41 (0)31 322 86 16, Tel. +41 (0)31 323 26 52

Zusammenfassung

Der Einbau von wertvollen Molkenproteinen in die Käsematrix von Halbhartkäsen ist ein weitverbreitetes Ziel der Käseforschung. ALP hat ein attraktives, neues Verfahren entwickelt, um auch Molkenproteine in den Raclettekäse einzubauen. Das neu entwickelte Verfahren ermöglicht die Herstellung von Raclettekäse mit guten Qualitäts-, Reifungs- und Schmelzeigenschaften. Die Rohmilch wird vor der eigentlichen Käsefabrikation thermisch behandelt und anschliessend mittels Mikrofiltration auf rund 17 % TS teilkonzentriert. Die optimalen Pasteurisationsbedingungen - bei 30 Sekunden Heisshaltezeit - zur Vorbehandlung der Milch sind zwischen 80 °C (Qualitätsoptimum) und 85 °C (Ausbeutemaximum) zu wählen.

Die Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft Liebefeld-Posieux (ALP) hat in praktischen Forschungsexperimenten (Thomet und Bachmann 2003) den Einsatz der Mikrofiltration (MF) zur Standardisierung der Kessimilch sowie die Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung der Kessimilch und die Qualitäts-, Reifungs- und Schmelzeigenschaften der hergestellten Schnittkäse (Typ Halbhart, Raclette) untersucht. Die Teilkonzentrierung mittels MF-Technologie (Thomet *et. al* 2004) bietet Vorteile bei der Produktstandardisierung, hat bessere Fett- und Proteinübergangsraten (Ausbeutesteigerung), ergibt Qualitätsvorteile (Teig, Aroma, Schmelzeigenschaften), reduziert die Kosten für die Hilfsstoffe und ermöglicht eine bessere Ausnutzung der Anlageinvestitionen.

In einem weiteren Forschungsschritt geht es darum, die Möglichkeiten und Grenzen zur Einarbeitung von Molkenproteinen in teilkonzentrierten MF-Käsen

auszuloten. Als erfolgsversprechende Methode bietet sich die thermische Behandlung der Käse-*sereimilch* vor der Mikrofiltration an.

Einarbeitung von Molkenprotein in den Käse

Von speziellem Interesse wegen Ihrer funktionellen Eigenschaften (Einfluss auf Produkteigenschaften, Technologie, Käsereifung) sind die Molkenproteine. Sie sind ernährungsphysiologisch besonders wertvoll und haben ein hohes Wasserbindevermögen. Molkenproteine werden deshalb in vielen Produktgruppen wie Säuglings- und Sportnahrung, diätetischen Lebensmitteln, Nutrazeutika, Milchprodukten, Fleischprodukten, Eiscremeprodukten, Softdrinks etc. verwendet (Thomet 2001). Die Abtrennung der Molkenproteine mittels Filtrationsoperationen hat im Vergleich zu anderen Trennverfahren den Vorteil, dass die Molkenproteine mehrheitlich im nativen Zustand verbleiben, wenn diese Eigenschaft im Produkt erwünscht ist.

Aus vielen Gründen (Ausbeute, Wasserbindung, Texturverfeinerung, Ernährung) ist der Einbau von Molkenproteinen erklärtes Ziel der Käseforschung. Bisher konnten die Käsehersteller zur Einarbeitung von Molkenprotein in die Käsematrix zwischen vier verschiedenen Technologien auswählen:

1. Einarbeitung von Ziger in die Kessimilch (Ricottatechnologie) –

Die Arbeiten von Bachmann (2002) zeigen die positiven Möglichkeiten (Qualität, Ausbeute, Wassergehalt) der Einarbeitung von Molkenproteinen (MP) in den Käse mittels Zusatz von Ziger in die Kessimilch. Die eingearbeiteten MP bewirken einen weichen, geschmeidigen Käseteig bei hohem Wasserbindevermögen. Die Technologie eignet sich speziell zur gewerblichen Herstellung von qualitativ guten, fettreduzierten Halbhartkäsen.

2. Zugabe von partikulierten Molkenproteinen (in Pulver- oder Konzentratform) zur Kessimilch –

Die Technische Universität München (Schreiber *et al.* 1998; Steffl 1999) entwickelte ein Verfahren zur Einarbeitung von partikulierten Molkenproteinen in Weich- und Schnittkäse.

3. Herstellung von UF-Käsen (Teil- oder Vollkonzentrierung der Molkenproteine) –

Zahlreiche Verfahren und Technologien (FIL-IDF 1989) finden seit Jahren in der Käsebranche Anwendung. Insbesondere die

UF-Teilkonzentrierung (5 bis 50 nm Porengrösse) hat sich zur Herstellung von Weich- und Fetkäsen etabliert. Mit einer thermischen Behandlung der UF-Kessmilch gelingt es, die MP teilweise in den Käse zu transferieren.

4. Zugabe von speziellem Kaseinpulver zur Kessmilch:

Seit einigen Jahren sind spezielle MF-fractionierte Kaseinpulver mit definiertem Molkenproteinanteil auf dem Markt erhältlich. Diese Proteinpulver eignen sich gut zur Standardisierung der Kessmilch und verbessern die Käseausbeute.

Die meisten der vier beschriebenen Technologien erfordern mehrere Arbeitsgänge mit kosten- und energieintensiven Prozessschritten, wovon einige gar zeitlich verschoben zum Käseherstellprozess durchzuführen sind. Eine Vereinfachung der Prozessverfahren zur Einarbeitung von Molkenproteinen wäre durchaus im Sinne der gewerblichen und industriellen Käsehersteller.

Entwicklung der Verfahrensschritte

Mehr und mehr Bedeutung in der Milchwirtschaft gewinnt die Proteinfractionierung (Maubois 2001) mit einer 0.1 µm MF-Membran. Das Retentat der Milch nach der Filtrationsanlage ist ein Kaseinkonzentrat mit geringem Anteil an Molkenproteinen. Die meisten Molkenproteine bleiben im Permeat zurück. Wenig ist in der Literatur über

die Fractionierung von thermisch behandelter Milch vor der Mikrofiltration (MF) bekannt. Das erklärte Technologieziel dabei wäre: *Mittels einer gezielten thermischen Behandlung die Molkenproteine partiell zu denaturieren (Aggregatbildung). Die denaturierten sowie grösseren MP-Aggregate werden im MF-Schritt somit aufkonzentriert und beim anschliessenden Gerinnungsprozess in die Käsematrix eingeschlossen.*

Die Entwicklung und Optimierung der Filtrationsschritte, der Rezeptur sind in einer früheren ALP-Studie (Thomet und Bachmann 2003) erfolgt. Der Protein- und Fettgehalt der teilkonzentrierten Kessmilch (TS um 17 %) beträgt je 6 % und ist für alle Versuchsvarianten standardisiert.

Das Versuchsdesign bei den jetzigen ALP-Forschungsexperimenten unterscheidet sich



Abb. 1. Thermische Vorbehandlung mit ALP-Pilotanlage (flexibles Röhrentauschersystem; Leistung 100 l/h).

lediglich in der unterschiedlichen thermischen Behandlung der Rohmilch vor der Mikrofiltration. Die thermischen Versuchsvarianten sind:

70 °C	(30 sec.)
75 °C	(30 sec.)
80 °C	(30 sec.)
85 °C	(30 sec.)
90 °C	(30 sec.)

Die thermische Vorbehandlung (Pasteurisation) der Rohmilch erfolgt mit einem kontinuierlichen Röhrentauscher-System (Abb. 1) im Wärmetauscherverfahren.

Beim anschliessenden Filtrationsprozess handelt es sich um ein Verfahren im Bereich der Mikrofiltration (MF) mit einer Filterporengrösse von 0.1 µm (= 100 nm). Die Pilotanlage der ALP (Tetra Pak AG, Typ Alcross M) zur Durchführung der MF-Versuche ist mit einem UTP-System (uniform transmembrane pressure) ausgerüstet und eignet sich sehr gut zur Fraktionierung (Thomet und Bachmann 2003) von Kaseinmicellen von den Molkenproteinen. Die grossen Moleküle wie Fett und Kasein werden im Retentat zurückgehalten und aufkonzentriert. Sind die Molkenproteine vor dem Filtrationsschritt thermisch behandelt und aggregieren

gemäss Modelldarstellung (Abb. 2) zu tri- und polymeren Molekülen oder sind bereits an Kaseinmolekülen angelagert, so werden diese im Retentat (=Kessimilch) aufkonzentriert. Mit diesen Verfahrensschritten ist eine selektive Anreicherung von Molkenprotein im MF-Konzentrat möglich. Je nach thermischer Vorbehandlung gelingt es nun, mit diesem Verfahren den MP-Anteil in der Kessimilch und im Käse relativ gut auf den gewünschten Wert einzustellen.

Proteinübergang in den Käse

Die denaturierten Molkenproteine (MP) bilden ab der Temperaturstufe 75 °C erste Aggregate («Knäuelbildung»), was - anstelle von einzelnen Proteinmolekülen - Molkenproteinkomplexe (siehe Modell gemäss Abb. 2) mit zunehmender Partikelgrösse ergibt. Bei der MF-Behandlung werden diese MP in der konzentrierten Phase partiell aufkonzentriert. Dadurch sinkt der Kaseinanteil in der teilkonzentrierten Kessimilch.

Die gemessenen Mengen an nativem Molkenprotein (MP) in der behandelten und aufkonzentrierten Kessimilch sind deutlich höher als in der unbehandelten Tankmilch. Ab Stufe 85 °C nimmt die MP-Menge dynamisch ab (Abb. 3), weil sich

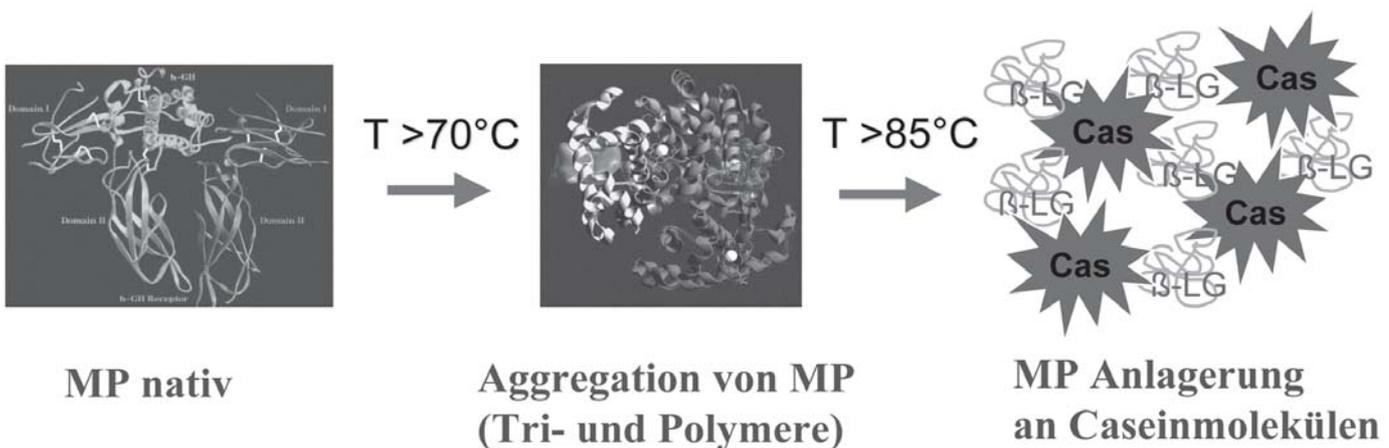
mehr und mehr denaturierte MP-Aggregate (Wong 1996) an den Kaseinmicellen anlagern. Diese denaturierten Proteine werden in der N-Analytik (Kjeldahl-Methode) vollumfänglich als Kasein-Fraktion bestimmt. Bei Stufe 90 °C ist der kaseinangelagerte MP-Anteil so gross, dass trotz höherer Proteinkonzentration kein intaktes Kaseingerüst (Gallerte) bei der Labgerinnung entsteht. Mit zunehmender thermischer Denaturierung nimmt der MP-Anteil in der Molke ab.

Ausbeute und Verluste

Mit der Einarbeitung von Molkenprotein nehmen das Käsegewicht und der Wassergehalt im Käse deutlich zu, wie Abbildung 4 aufzeigt. Die Totalmengen an Fett, Rohprotein und TS sind im reifen Käse bis und mit Stufe 85 °C recht konstant. Die Variante 90 °C unterscheidet sich in der chemischen Zusammensetzung (stark reduzierter Fett- und als Konsequenz auch TS-Anteil) des Käses deutlich. Die berechneten Mengen an nativen Molkenproteinen (MP) geben aufschlussreiche Informationen: Bereits bei Stufe 70 °C sind native Molkenproteine im Käse vorhanden.

Bei einer Vorbehandlung der MF-Milch auf 75 bis 85 °C gelingt es, pro Käse zwischen 100 bis 200 g MP (nativ oder denatu-

Abb. 2. Denaturierungsvorgang der Molkenproteine (MP) – Eine Modelldarstellung (ALP).



Bilanz Übergang native Molkenproteine

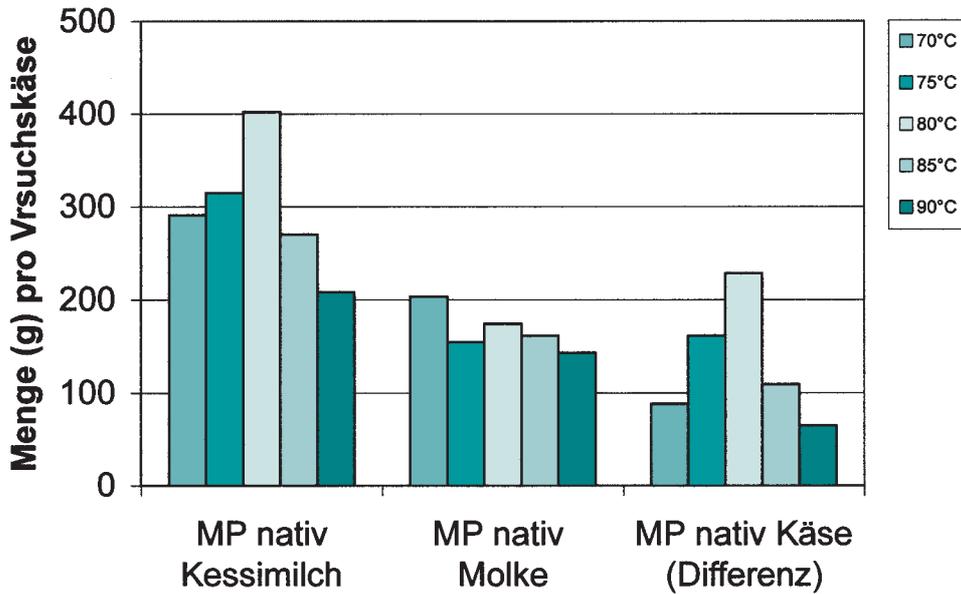


Abb. 3. Einarbeitung von nativem Molkenprotein in die Käsematrix.

riert) zu transferieren (Abb. 3). Die Molkenproteine können dank ihrem hohen Wasserbindungsvermögen im Käse grosse Wirkung auf den Wassergehalt aber auch auf die Teigeigenschaften ausüben. Bis Stufe 85 °C nimmt der berechnete Anteil an MP im Käse sukzessive zu. Es sind vermutlich MP-Aggregate mit einer grösseren Partikelgrösse (3 - 15 µm), die dadurch in die Käsematrix (Steffl 1999) eingebaut werden können. MP-Anlagerungen an Kaseinmicellen gibt es bei

diesen Versuchsvarianten noch wenig. Ab Stufe 85 °C nimmt der MP-Anteil deutlich ab: Die MP sind durch die thermische Belastung mehr und mehr denaturiert und haben sich an die Kaseine angelagert.

Ausbeutezahlen von 10.5 % und mehr sind für Raclettekäse aus teilkonzentrierter Kessimilch mit 6 % Protein sehr gut im Vergleich zu MF-Raclette ohne thermische Behandlung (Thomet und Bachmann 2004)

oder konventionell hergestellten Raclettekäsen. Anhand der Ergebnisse aus Massenbilanzen (Abb. 4) und Proteinübergang dürfte das Optimum der Protein-, Fett- und TS-Ausbeuten bei der Stufe «85 °C thermische Vorbehandlung» der MF-Kessimilch liegen.

Einfluss der Molkenproteine auf die Käsequalität

Wie die Ergebnisse der chemischen Käsezusammensetzung, der Milchsäuregärung und der

Massenbilanzen im reifen Käse (Kessimilchmenge = 29 kg)

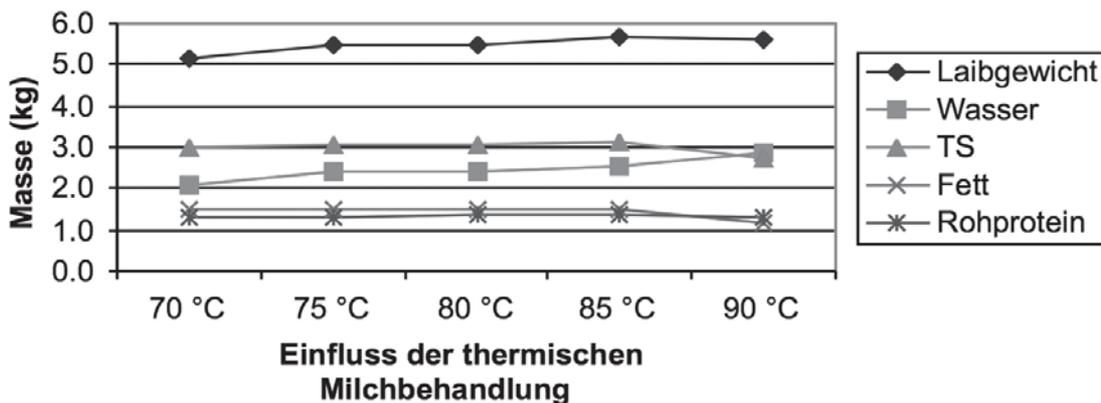
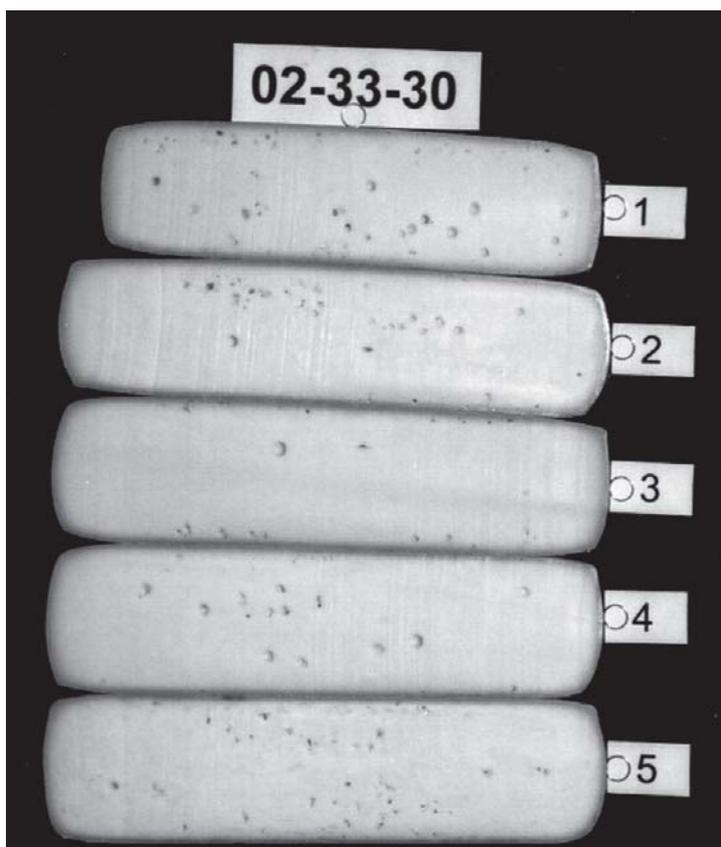


Abb. 4. Gesamtmen-gen der Hauptbestandteile in reifem Käse (90 Tage).

Abb. 5. Schnittbilder der 5 Versuchskäse nach 90 Tagen Reifung.



Käsereifung bereits hindeuten ist eine thermische Vorbehandlung der Rohmilch auf 80 bis 85 °C vor der MF-Konzentration ohne gravierende Einbußen in den Qualitäts- und Schmelzeigenschaften der hergestellten Käse möglich. Das Qualitätsoptimum liegt bei 80 °C. Eine thermische Milchvorbehandlung auf über 85 °C ist aus Qualitätsgründen nicht zu empfehlen. Die Schnittbilder (Abb. 5) zeigen die guten Qualitätseigenschaften

ten der Versuchskäse 1 bis 4 (70 bis 85 °C) bezüglich Form, Teig und Lochansatz.

Sehr aufschlussreich sind die sensorischen Ergebnisse aus der Qualitätsbeurteilung. Bis und mit Stufe 85 °C erzielten die MF-Versuchskäse gute bis genügende Qualitätsnoten. Klar schlechtere sensorische Qualitätseigenschaften weist der Versuchskäse der Temperaturstufe 90 °C auf. Die ungenügende Gerinnung, Bruchbildung und Synärese des Käsebruches und als Folge davon der zu hohe Wassergehalt und der zu tiefe Fettgehalt im Käse haben zur ungenügenden Entwicklung der Qualitätskriterien Lochung, Teig und Aroma geführt.

Die Schmelzeigenschaften (Thomet *et al.* 2004) sind je nach Einarbeitungs- und Denaturierungsgrad der MP in die Käsematrix unterschiedlich. Struktur

und Konsistenz der geschmolzenen Raclettekäse entwickeln sich gleich wie die Teigfestigkeit und werden mit steigendem Wassergehalt und MP-Anteil im Käse kürzer beziehungsweise weicher. Zur Optimierung der Viskosität der geschmolzenen Raclette sind noch weitere Versuche notwendig.

Anwendung für die Praxis attraktiv?

Mit einer kontrollierten thermischen Vorbehandlung der Rohmilch gelingt es, gezielt einen definierten Anteil an Molkenproteinen in die Käsematrix (Abb. 6) einzuarbeiten. Sind mehr Molkenproteine (MP) im Käse vorhanden, dann steigt der Wassergehalt im MF-Käse deutlich an. Die Haupteffekte sind vergleichbar wie bei der ALP-Technologie «Einarbeiten von Ziger in die Kessmilch» (Bachmann und Schafroth, 2002) beschrieben. Mit den herkömmlichen Fabrikationsanlagen ist die Verarbeitung von teilkonzentrierter MF-Milch bis zu einer TS von 15 bis 17 % ohne weitreichende technische Korrekturen möglich. Die Hersteller von teilkonzentrierten MF-Käsen sollten also Pasteurisationsbedingungen (bei 30 Sekunden Heisshaltezeit) zur Vorbehandlung der Milch zwischen 80 °C (Qualitätsoptimum) und 85 °C (Ausbeutemaximum) wählen. Das neue Verfahren unter Anwendung der vorgestellten Technologie kann für die Herstellung von Weich- und Halbhartkäsen eingesetzt werden. Wichtig ist, dass die verarbeitenden Betriebe die thermischen Behandlungskurven der Fabrikationsmilch vor den Filtrationschritten richtig und produktbezogen ermitteln und exakt durchführen. Nebst den besseren Ausbeutezahlen ermöglichen die in die Käsematrix eingearbeiteten Molkenproteine auch deutliche Qualitätsverbesserungen (Bachmann 2002) in den beiden Positi-

Abb. 6. Wird der Genuss von Käsen mit Molkenproteinen vermehrt möglich sein?



onen Käseteig und Aroma. Ideal sind die sensorischen Vorteile besonders bei unterfetteten Produkten im derzeit wachsenden Segment der Light-Käseprodukte. Gute Einsatzmöglichkeiten der MF-Methode bestehen auch im vielfältigen Feld der verschiedenen Käseprodukte für die Weiterverarbeitung. Der Vorteil in diesem Sektor besteht darin, die gewünschte chemische Zusammensetzung und sensorische Eigenschaften der Käserohstoffe gezielt und kostengünstig zu realisieren. Anwendungsmöglichkeiten im Bereich der Frischkäsesortimente wie beispielsweise für die Herstellung von Mozzarella oder Hüttenkäse sind denkbar. Die passenden Technologien müssten aber noch in spezifischen Versuchen weiterentwickelt werden.

Literatur

- Bachmann, H.-P., Schafroth, K., 2002. Ziger-Käse begeistert die Konsumenten. *Schweizerische Milchzeitung* **128** (8), 9
- Bachmann H.P., 2002. Fettreduzierte Käse als Gaumenfreude. *FAM-Information* **431**
- FIL-IDF, 1989. The use of ultrafiltration technology in cheesemaking. *Bulletin of the International Dairy Federation* **240**
- Maubois, J.L., 2001. Milk microfiltrate, a convenient starting material for fractionation of whey proteins and derivatives. *Proceeding of the 3rd International Whey Conference*, Behr's Verlag, 59-72
- Schreiber R., Neuhauser S., Schindler S., Kessler H.G., 1998. Einbau von Molkenprotein-Aggregaten in Schnittkäse, 1. Teil: Prozessoptimierung. *Deutsche Milchwirtschaft* **49**, 958-962
- Steffl, A., 1999. Weichkäse mit partikulierten Molkenproteinen. *Deutsche Molkereizeitung*, 182-187
- Thomet, A., 2001 Molke und Milchserum, Rohstoffe mit Potenzial. *Schweizerische Milchzeitung* **127** (47), 9
- Thomet, A., Bachmann, H.P., 2003. Standardisierung der Kessimilch mittels Mikrofiltration. *FAM-Information* **462**
- Thomet, A., Bachmann, H.P., Schafroth, K., 2004. Einbau von Molkenprotein in Raclettekäse mittels Mikrofiltration. *ALP Science*, **465**
- Wong, D.W.S., 1996. Structures and Functionalities of Milk Proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* **36** (8), 807-844

RÉSUMÉ

Fromage à raclette avec protéines sériques: une innovation économique

L'incorporation de précieuses protéines sériques dans la matrice du fromage des fromages à pâte mi-dure constitue un objectif largement répandu de la recherche fromagère. ALP a développé un procédé attractif innovateur permettant d'incorporer également des protéines sériques dans le fromage à raclette. Ce nouveau procédé permet de fabriquer du fromage à raclette disposant de bonnes aptitudes de fonte et d'affinage et qui soit de bonne qualité. Le lait cru subit un traitement thermique avant la fabrication du fromage proprement dite et est ensuite partiellement concentré à l'aide d'une microfiltration à environ 17 % de MS. Les conditions optimales de pasteurisation pour le traitement préliminaire du lait se situent, pour un temps de chauffage de 30 secondes, entre 80 °C (qualité optimale) et 85 °C (rendement maximal).

SUMMARY

Raclette cheese with whey proteins – innovative and economical

The incorporation of precious whey proteins into semi-hard cheeses is a worldwide aim. ALP has developed an attractive new procedure to assimilate whey proteins into Raclette cheese. This new technology permits the manufacture of high quality ripe Raclette cheese with good melting properties. The raw milk undergoes thermal treatment followed by concentration (approximately 17 %) by micro filtration before the proper cheese manufacturing process. The optimal conditions of thermal treatment lie between 80 °C (optimal quality) and 85 °C (optimal yield) for 30 seconds.

Key words: semi-hard cheese, microfiltration, whey proteins, fractionation, standardization, concentration