

Lebensmit

Standardisierung der Käseemilch mit Mikrofiltration

Andreas Thomet, Hans-Peter Bachmann, Karl Schafroth, Agroscope Liebefeld-Posieux, Eidg. 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

Die Mikrofiltration (MF) eignet sich vorzüglich zur Teilkonzentrierung der Kessmilch auf einen Protein- und Fettgehalt von 5 bis 6 %. Das Mengenverhältnis der Hauptbestandteile Protein, Fett und Laktose lässt sich mit der MF-Technologie (Filter 0.1 μm) ziemlich genau einstellen. Somit können die saisonalen Gehaltsunterschiede der Rohmilch vor der Käsefabrikation ausgeglichen werden. Die MF-Methode erlaubt es, mit den gleichen, bestehenden Fabrikationsanlagen 70 bis 80 % mehr Milch zu Käse zu verarbeiten. Die Kosten für Investitionen, Lab und Kulturen sinken deutlich. Zudem entsteht als Nebenprodukt (je nach Konzentrationsgrad) eine beachtliche Menge an «idealer Molke» mit besserem Wertschöpfungspotenzial. Mit der neuen Technologie konnten zum Beispiel qualitativ und sensorisch einwandfreie Raclettekäse hergestellt werden.

Seit mehreren Jahren findet die Teilkonzentration mittels Membranverfahren zur Standardisierung der Kessmilch Anwendung in der Praxis. In der Regel sind dazu Ultrafiltrationstechniken im Einsatz. Die Forschungsanstalt für Nutztiere und Milchwirtschaft in Liebefeld (ALP)

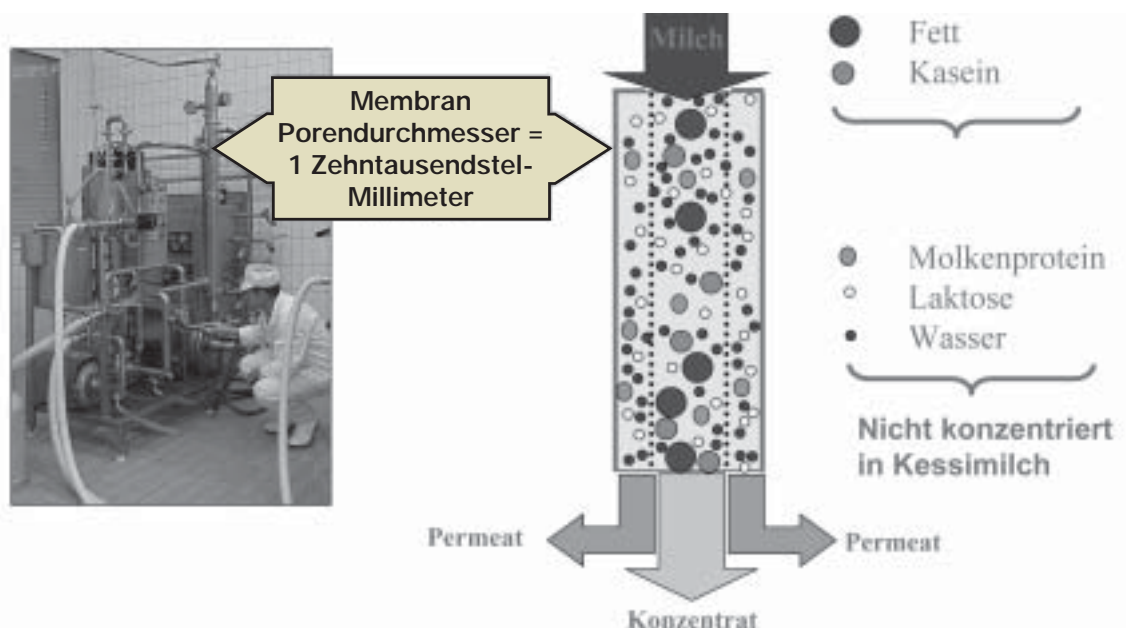
hat in einer grösseren Versuchsserie die Chancen und Grenzen der Mikrofiltration (MF-Methode) zur Herstellung von Halbhartkäse (Typ Raclette) aus teilkonzentrierter Milch ausgelotet. Was bietet die MF-Methode für Möglichkeiten zur Standardisierung der Kessmilch? Welche

Auswirkungen auf die chemische Zusammensetzung sowie auf die Qualitäts-, Reifungs- und Schmelzeigenschaften der Käse hat die neue Technologie?

Prinzip der Proteinfractionierung mit der MF-Methode

Das Besondere und im Speziellen für die Käseherstellung Interessante an der Mikrofiltration ist, dass im Unterschied zur Ultrafiltration (Filterporen nur 5 bis 80 nm) das nativ in der Milch vorkommende Molkenprotein nicht aufkonzentriert wird. Dies ermöglicht eine bedeutend kostengünstigere Aufkonzentrierung (mehr Fluxleistung, weniger Filterfläche) bei gleichzeitiger Abtrennung (Fraktionierung) von Molkenproteinen, welche über den Permeatweg wegfließen (Abb. 1). Mit Diafil-

Abb. 1. Prinzip der Proteinfractionierung mit der MF-Methode.



tel

tration und bei Bedarf kombiniert mit einer gezielten thermischen Vorbehandlung der Rohmilch kann der Molkenproteinanteil aber auch die Laktosekonzentration in der Kessmilch eingestellt werden.

Die Pilotanlage vom Typ Alcross M der Firma Tetra Pak ist für Konzentrierungs- und Fraktionierungsaufgaben im MF- und UF-Bereich ausgerüstet. Zur Verzögerung der Deckschichtbildung bei den Fraktionierungsschritten arbeitet die Maschine mit dem Crossflow-Prinzip (Abb. 2) und ist zusätzlich mit einem UTP-System (Thomet und Bachmann, 2003) ausgerüstet.

Bei der Mikrofiltration spielt die Wahl des Porendurchmessers (Cut-off-Wert) für die Partikelzusammensetzung im Konzentrat (Retentat) und Permeat eine entscheidende Rolle. Mehr und mehr Bedeutung in der Milchwirtschaft gewinnt die Proteinfractionierung mit einer 0.1 µm MF-Membran. Die gewonnenen Milchfraktionen lassen sich beinahe beliebig einsetzen (Thomet und Bachmann 2003; Maubois 2001) und zu innovativen Produkten mit guten funktionellen Eigenschaften verarbeiten. Das Retentat ist ein Kaseinkonzentrat mit geringem Anteil an Molkenproteinen und kann zu den verschiedensten Produkten weiterverarbeitet werden (Bachmann *et. al.* 2003). Die meisten Molkenproteine bleiben im Permeat zurück. Es handelt sich beim Permeat also um eine so-

Tab. 1. Übersicht der festgelegten Versuchsfaktoren und -stufen

Faktoren	Stufen	Gesetzmässigkeit
Protein	3,2 %, 4 %, 5 %, 6 %	4 ² = 16 Käse
Saison	Winter, Frühling, Sommer, Herbst	

nannte «ideale Molke». Diese ist mikrobiologisch praktisch steril, pH-stabil und enthält kein Restfett, keine Milchsäure, keine Glycomakropeptide (GMP), kein Kupfer, keine Restmengen von Labenzymen und Starterkulturen. Die Proteinfractionen liegen mehrheitlich noch in nativem Zustand vor (Thomet 2001).

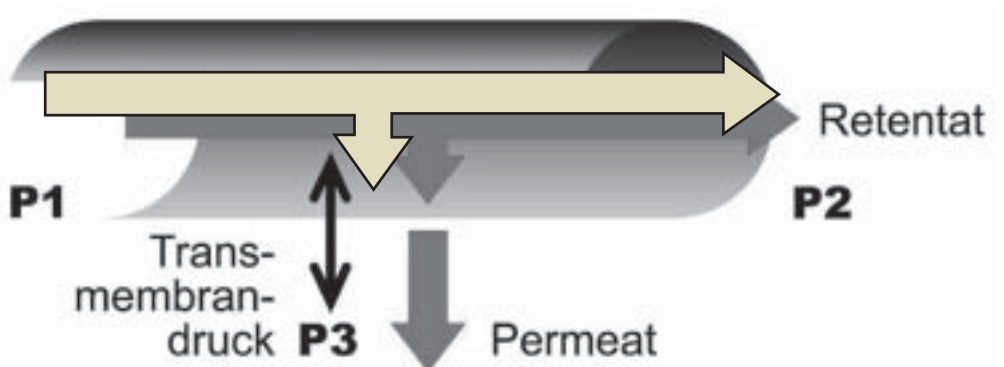
Versuchsdesign

Im Rahmen des ALP-Projektes «Neue Verfahren» wurde der Einsatz der Mikrofiltration (MF-Methode) zur Herstellung von Halbhartkäse (Typ Raclette) aus

teilkonzentrierter Milch (Tab. 1) geprüft.

Die Proteinstufe 3,2 % entspricht dem durchschnittlichen Proteingehalt der schweizerischen Verkehrsmilch und ist somit wenig bis praktisch «unverändert». Die Einstellung der Zielwerte erfolgte für alle Protein-stufen (auch Stufe 3,2 %) aus einer Mischung von MF-Retentat und -Permeat. Die Käsefabrikation erfolgte gemäss Rezeptur für Modellraclette (vollfett, pasteurisiert) mit den notwendigen Technologieanpassungen (Abb. 3) zur

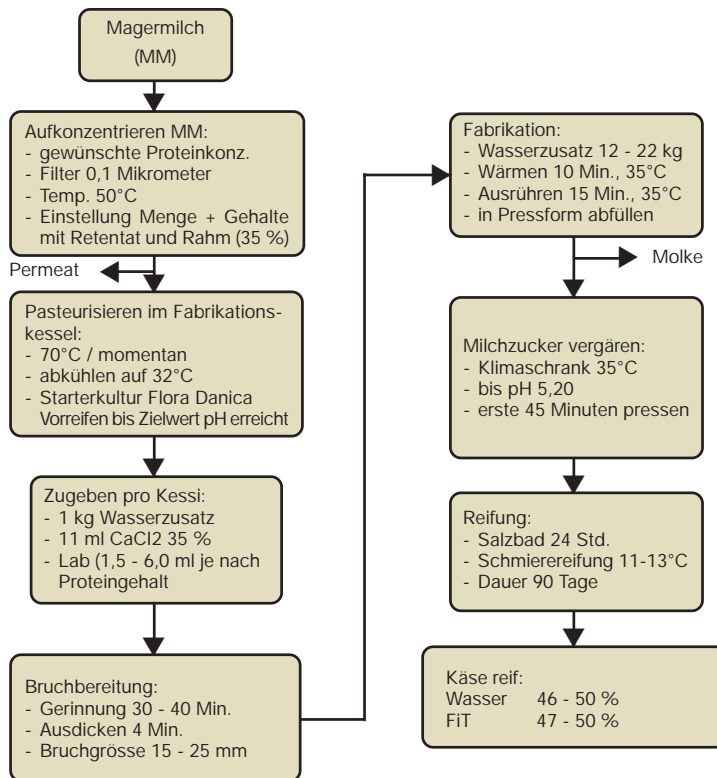
Abb. 2. Prinzip der Crossflow-Filtration (Graphik und Legende, ALP).



Legende

- P1: Druck Retentatseite inlet
- P2: Druck Retentatseite outlet
- P3: Druck Permeatseite

Abb. 3. Fabrikations-
schema Modellkäse
vom Typ Raclette
(5-6 kg Laibe) aus MF-
konzentrierter Milch.



Verarbeitung von teilkonzentrierter Milch.

Gezieltes Zerlegen von Milch Inhaltsstoffen

Durch den MF-Prozess (Abb. 4) und dem nachgelagerten Verkäseungsprozess gelingt es, wichtige Milch Inhaltsstoffe (Fett, Kasein, Molkenproteine, Laktose, Salze)

in die gewünschte Richtung zu zerlegen und in die verschiedenen Stoffströme überzuführen.

Hauptziel der beiden Prozessschritte Mikrofiltration (Abtrennung von Permeat) und Käsefabrikation (Abtrennung von Molke) ist, einerseits möglichst wenig wertvolle Anteile an Milch-

protein und Fett zu verlieren und andererseits die Laktose auf die im Käse erwünschte Ausgangsmenge zu reduzieren.

Die angestrebten standardisierten Fett- bzw. Proteingehalte der Kessmilch sind mit einer Abweichung von ± 2 g/kg erreicht worden. Mit steigender Teilkonzentrierung sinkt hingegen die Laktosemenge in der Kessmilch und der Molke, da mehr und mehr Laktose bereits über den Permeatweg abfließt.

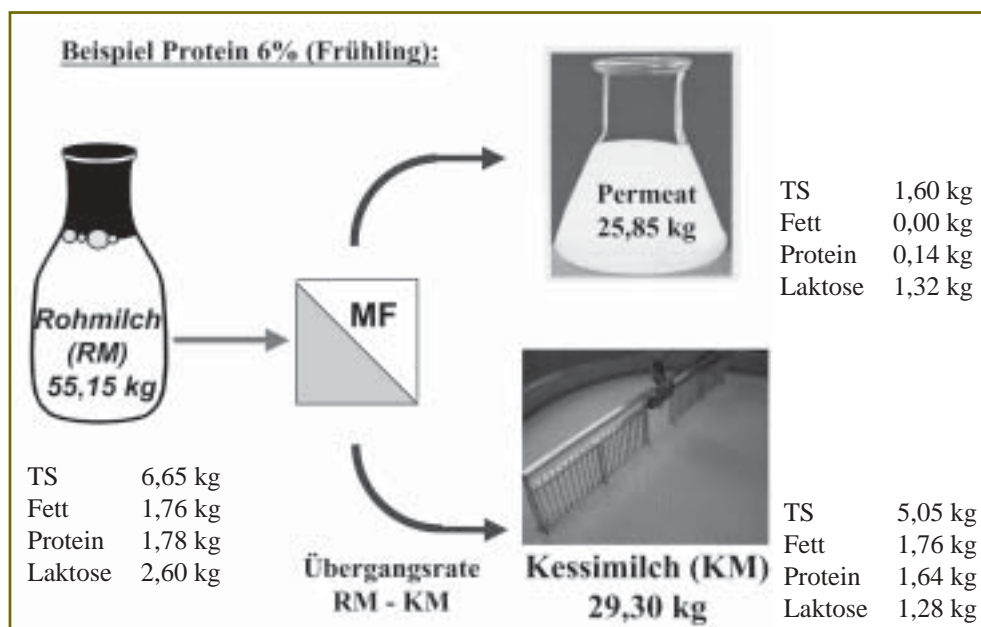
Die Verluste an Protein und Fett im Permeat (Abb. 5) sind äußerst gering, was die Effizienz dieses zusätzlichen Verfahrensschrittes beweist. Die Unterschiede der Verluste (Streuung) im Permeat sind von Filtration zu Filtration sehr klein. Wie die Kessmilchmengen nehmen auch die Molkenmengen pro Konzentrationsstufe ab. Deshalb gibt es mit steigender Proteinstufe weniger Proteinverluste in die Molke. Diese Effekte sind sowohl beim Kasein (Abb. 5) als auch beim Molkenprotein feststellbar. Wirtschaftliche Vorteile der Teilkonzentration ergeben die abnehmenden Kaseinverluste, wie ein einfaches Rechnungsbeispiel aufzeigt: Bei der Teilkonzentration 6 % verliert man rund 25 g weniger Kasein (Thomet, 2002) im Vergleich zur Versuchsvariante 4 %. Bei gleichbleibendem Wassergehalt im Käse bedeutet dies eine Steigerung der Ausbeute um 1,3 %.

Die Fettverluste in der Molke nehmen mit steigender Konzentration leicht zu. Bei schonender Bruchbearbeitung scheinen die Fettverluste jedoch minimal zu sein.

Chemische Zusammensetzung der reifen Käse

Die Berechnung und Angabe von Massenbilanzen (Käsegewicht reif * Konzentration In-

Abb. 4. Übergang der Milch Inhaltsstoffe in die teilkonzentrierte Kessmilch.



haltsstoffe) ergibt einen besseren Überblick über die chemische Zusammensetzung im reifen Käse im Vergleich zu Angaben über die Stoffkonzentration, da dadurch der Einfluss von Ausbeute, Wassergehalt und Stofftransfer eindeutig erkennbar wird.

Ausgehend von einer Rohmilchmenge (unfiltriert) von jeweils 55 kg erlaubt die Berechnung der Massenbilanz einen Quervergleich von Ausbeute und der spezifischen Stoffmengen (TS, Wasser, Fett, Rohprotein etc.) der verschiedenen Versuchsvarianten. Die Umrechnung der Rohproteinwerte aus den N-Werten (Methode Kjeldahl) erfolgte mit den einzelnen Faktoren (Schlimme und Buchheim 1995): Gesamtprotein 6.38, Labmolke 6.41, NPN 3.60.

Der Wassergehalt im Käse sinkt mit steigender Proteinstufe. In dieser Versuchserie liegt das Ausbeutemaximum bei der Proteinstufe 4 %. Will man die Ausbeute von MF-Käsen aus teilkonzentrierter Milch hochhalten, so gilt es, mit geeigneten technologischen Massnahmen (Thomet und Bachmann 2003) genügend Wasser in die Käse zu bringen. Der Mengenanstieg von Fett- und Rohprotein im Käse bis Proteinstufe 5 % zeigt, dass dank der Teilkonzentration der Stofftransfer beim Fabrikationsprozess mit weniger Verlusten abläuft: Mit steigender Teilkonzentrierung geht mehr Protein in die Käsematrix über. Es gibt weniger Proteinverluste (Kasein und Molkenprotein) in die Molke (Thomet 2002). Die Fettübergangsrate bleibt unabhängig von der Konzentration der Kessimilch recht stabil. Ab Proteinstufe 6 % gibt es mehr Fettverluste bei der Bruchherstellung, daher nimmt die Fettrate ab. Das ideale Zusammenspiel (Optimum) zwischen der Fett- und Proteinübergangsrate dürfte

Zerlegung Milchinhaltsstoffe (Serie Frühling)

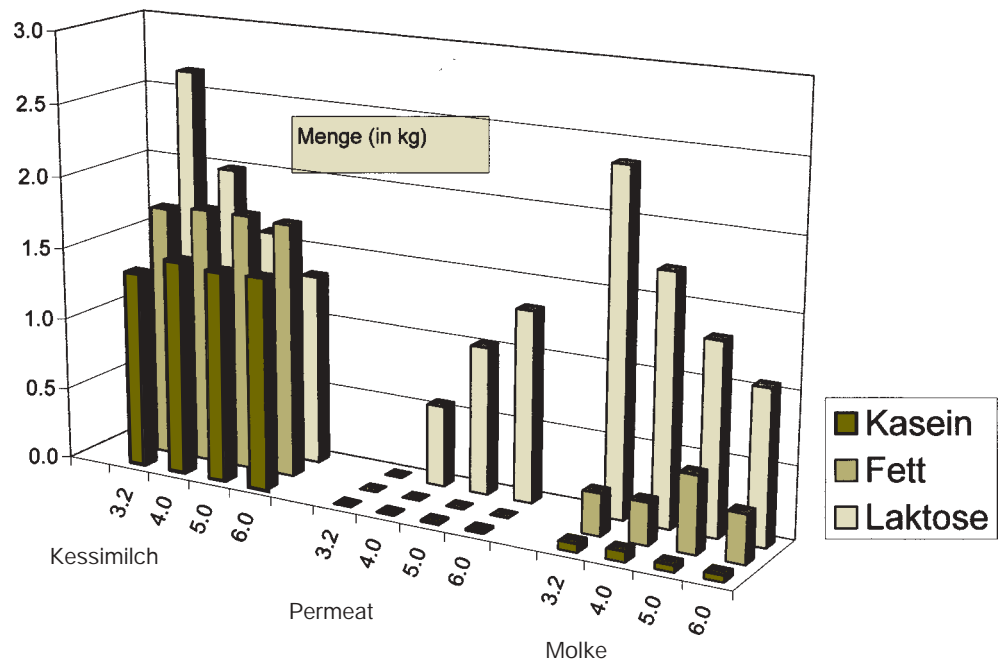


Abb. 5. Gesamtmen-gen (pro Käselab, Variante) der Inhaltsstoffe in Kessimilch, Permeat und Molke.

zwischen der Proteinstufe 5 % und 6 % liegen. Das bedeutet der ideale Konzentrationsfaktor (Volumen) von teilkonzentrierter MF-Kessimilch liegt bei 1,5 bis 1,8. Mit diesem Konzentrierungsgrad lässt sich das Retentat noch in den bestehenden, konventionellen Käseanlagen verarbeiten.

Ein wichtiges Ziel bei der Standardisierung von Kessimilch ist der Ausgleich der saisonalen Gehaltsunterschiede in der Aus-

gangsmilch zur Käsefabrikation. Über das ganze Jahr sollen die Hauptmilchbestandteile (Fett, Protein, Laktose und Salze) der Kessimilch möglichst im gleichen Verhältnis eingestellt sein. Das ergibt Vorteile bezüglich Ausbeute, Portionierung und Gehaltseinstellung der hergestellten Käse. Die MF-Behandlung (Thomet und Bachmann, 2003) ermöglicht analog zur Fettstandardisierung (Separator) zusätzlich eine Proteinstandardisierung mit gleichzeitiger Fraktionierung

Abb. 6. Gesamtmen-gen der Hauptbestandteile sowie die Ausbeutezahlen im reifen Käse (90 Tage).

Massenbilanzen im reifen Käse

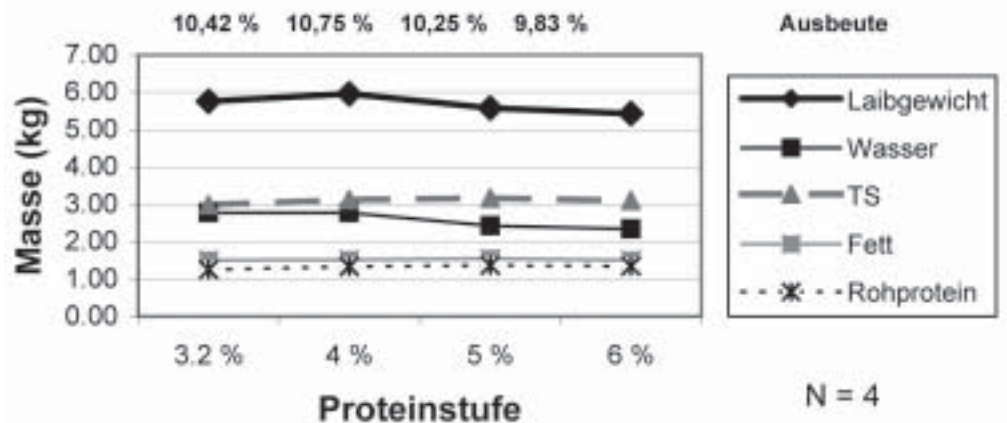


Abb. 7. Vergleich der Resultate aus der Käsebeurteilung (90 Tage) durch internes Fachpanel.



Legende:

> Lochung, Teigqualität, Aromaqualität	1 = sehr schlecht	4 = genügend	6 = sehr gut
> Teiglänge	1 = sehr kurz	4 = normal	7 = sehr lang
> Teigfestigkeit	1 = sehr weich	4 = normal	7 = sehr fest
> Aromaintensität	1 = sehr fad	4 = normal	7 = sehr aromatisch
> Schmelzen (Viskosität)	1 = dünnflüssig	4 = normal	7 = dickflüssig
> Schmelzen (Struktur)	1 = kurz	4 = normal	7 = lang
> Schmelzen (Konsistenz)	1 = weich	4 = normal	7 = fest

vorzunehmen (Aufkonzentrierung der Kaseine).

Entwicklung von Qualitäts- und Schmelzeigenschaften

Alle Versuchskäse erhielten bezüglich Qualitäts- (genügend bis gut) und Schmelzeigenschaften (3,0 bis 6,0) ansprechende Beurteilungsnoten (Abb. 7). Die Unterschiede bezüglich Teig- und Schmelzeigenschaften sind ausgeprägt. Sie sind hauptsächlich vom Faktor Wassergehalt im Käse beeinflusst, der mit zunehmender Konzentrationsstufe (Abb. 6) signifikant abnimmt. Der hohe Wassergehalt (> 50 %) der Käse der Proteinstufe 3,2 % bewirkte eine schnellere Reifung dieser Versuchskäse mit den entsprechenden Auswirkungen auf die Teig- (kürzer und weicher) und die Aromaqualität (leicht bitter und sauer, intensiver) nach 90 Tagen. Im Gegensatz dazu präsentierten sich die Käse der Proteinstufe 6 % dem

Panel in einem weniger ausgereiften Stadium mit Teigeigenschaften Richtung lang und fest sowie hohen Werten bei den Schmelzparametern Viskosität, Struktur und Konsistenz. Generell erhielten die Versuchskäse mit steigender Proteinstufe bezüglich Teig- und Aromaqualität sowie Schmelzeigenschaften höhere Noten. Das Qualitätsmerkmal Lochung zeigte beim Faktor Proteinstufe geringe Unterschiede.

Vergleich zur konventionellen Käseherstellung

Die Standardisierung kombiniert mit einer **Teilkonzentration** der Kessilmilch mit MF-Technologie bietet im Vergleich mit konventioneller Käseherstellung einige Vorteile:

- Bei einem Protein- und Fettgehalt von 5 bis 6 % kann mit den gleichen Anlagen 50 bis 80 % mehr Milch zu Käse verarbeitet

werden. Die totalen Investitionskosten für technische Anlagen sinken.

- Die Kosten für Lab und Starterkulturen sinken markant.

- Eine Steigerung der Ausbeute (relativ) um 3 bis 5 % ist realistisch, dank geringeren Kaseinverlusten über die Molke und grösseren Proteinübergangsraten.

- Das Mengenverhältnis der Hauptbestandteile Protein, Fett und Laktose lässt sich mit der MF-Technologie (Filter 0.1 µm) ziemlich genau einstellen.

- Ein Ausgleich der saisonalen Unterschiede bei der Milch (Gehalt, Zusammensetzung) ist mit der Standardisierung der Kessilmilch möglich.

- Die Teig- und Schmelzeigenschaften sind besser beeinflusst und steuerbar.

■ Die Fluxleistungen bei der Konzentrierung mit Mikrofiltration sind deutlich höher als mit Ultrafiltration.

Für die Käsehersteller stellt sich die Frage, ob die wirtschaftlichen Vorteile den Aufwand für Neuinvestitionen und Technologieentwicklungen kompensieren. Für den einzelnen Verarbeitungsbetrieb sehen die wirtschaftlichen und marktstrategischen Überlegungen wiederum etwas anders aus (Papadatos 2003). Ausbeuteerwartungen und Qualität der Käse aus teilkonzentrierter Milch sind vielversprechend. Zudem entsteht als Koppelprodukt je nach Konzentrierungsgrad eine beträchtliche Menge an „idealer Molke“ mit besserem Wertschöpfungspotenzial. Die Teilkonzentrierung mittels MF-Technologie ist besonders interessant für Betriebe, welche ihre Fabrikationsanlagen besser auslasten oder aus dem anfallenden Permeat hochwertige Produkte mit funktionellen Eigenschaften (native

Molkenproteinisolate, Lactosederivate, Gewinnung von Minorbestandteilen aus Milchserum) herstellen möchten.

Literatur

■ Bachmann H.-P., Thomet A., Schafroth K., 2003. Neues, innovatives Verfahren für die Herstellung von Käse. *Agrarforschung* **10** (10), 406-410

■ Maubois J.-L., 2001. Milk microfiltrate, a convenient starting material for fractionation of whey proteins and derivatives. *Proceedings of the 3rd International Whey Conference (Behr's Verlag)*, 59-72

■ Papadatos A., 2003. Economic Feasibility Evaluation of Microfiltration of Milk Prior to cheesemaking. *Journal of Dairy Science* **86**, 1564-1577

■ Thomet A., 2001. Molke und Milchserum, Rohstoffe mit Potenzial. *Schweizerische Milchzeitung* **127** (47), 7

■ Thomet A., 2002. Standardisation der Kessimilch mit MF-Techno-

logie (Teilkonzentration, saisonale Einflüsse, Serie 1). *Interner Bericht FAM* **18**, unveröffentlicht

■ Thomet A., Bachmann H.P., 2003. Standardisierung der Kessimilch mittels Mikrofiltration. *FAM-Information* **462**

■ Thomet A., Gallmann P.U., 2003. Neue Milchprodukte dank Membrantechnik. *FAM-Information* **453**

RÉSUMÉ

Standardisation du lait de fromagerie par microfiltration

La microfiltration (MF) est particulièrement appropriée pour concentrer partiellement le lait de chaudière à une teneur en protéines et matière grasse de 5 - 6 %. Le rapport quantitatif des composants principaux protéines, matière grasse et lactose peut être réglé de manière assez précise à l'aide de la technologie MF (filtre de 0,1 µm). Ainsi, il est possible d'équilibrer les différences saisonnières du lait cru (teneur, composition) avant la fabrication du fromage. La méthode MF permet de transformer 70-80 % de plus de lait en fromage en utilisant les mêmes installations de fabrication existantes. Les coûts pour les investissements, la présure et les cultures diminuent fortement. En outre, on obtient comme sous-produit (selon le degré de concentration) un «petit-lait idéal» en quantité importante et avec un meilleur potentiel de valeur ajoutée. Grâce à la nouvelle technologie, on a pu par exemple fabriquer des fromages à raclette irréprochables du point de vue qualitatif et sensoriel.

SUMMARY

Standardisation of cheese-milk with microfiltration

Micro filtration (MF) is especially suitable for partially concentrating cheese vat milk with a protein and fat content of 5 - 6 %. The quantitative ratio of the principal constituents, protein fat and lactose, can be set fairly precisely by the use of MF – technology (filter 0.1 mm). Thus it is possible to correct for seasonal variations in raw milk (content, composition) before cheese manufacture. The MF technique allows to transform 70 – 80 % more milk to cheese with existing installations. Investment costs as well as amounts of rennet and starter cultures sink sharply. In addition one obtains a by-product (depending on the degree of concentration) of «ideal whey» in considerable quantities with a greater net product value. Irreproachable Raclette cheese can be manufactured using this new technology.

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