

Verwendung von Molke und Molkenenerzeugnissen

Das Interesse der Nahrungsmittelindustrie wie auch der pharmazeutischen Industrie gilt der Verwendung von Molke als wertvolle Rohstoffquelle. Molkeninhaltsstoffe weisen technologisch wie ernährungsphysiologisch funktionelle Eigenschaften auf, sie können z. B. Wasser binden oder prebiotische Eigenschaften aufzeigen. Membranapplikationen ermöglichen dabei Verbesserungen in der Qualität bereits existierender Produkte sowie die Entwicklung von neuen Produkten.

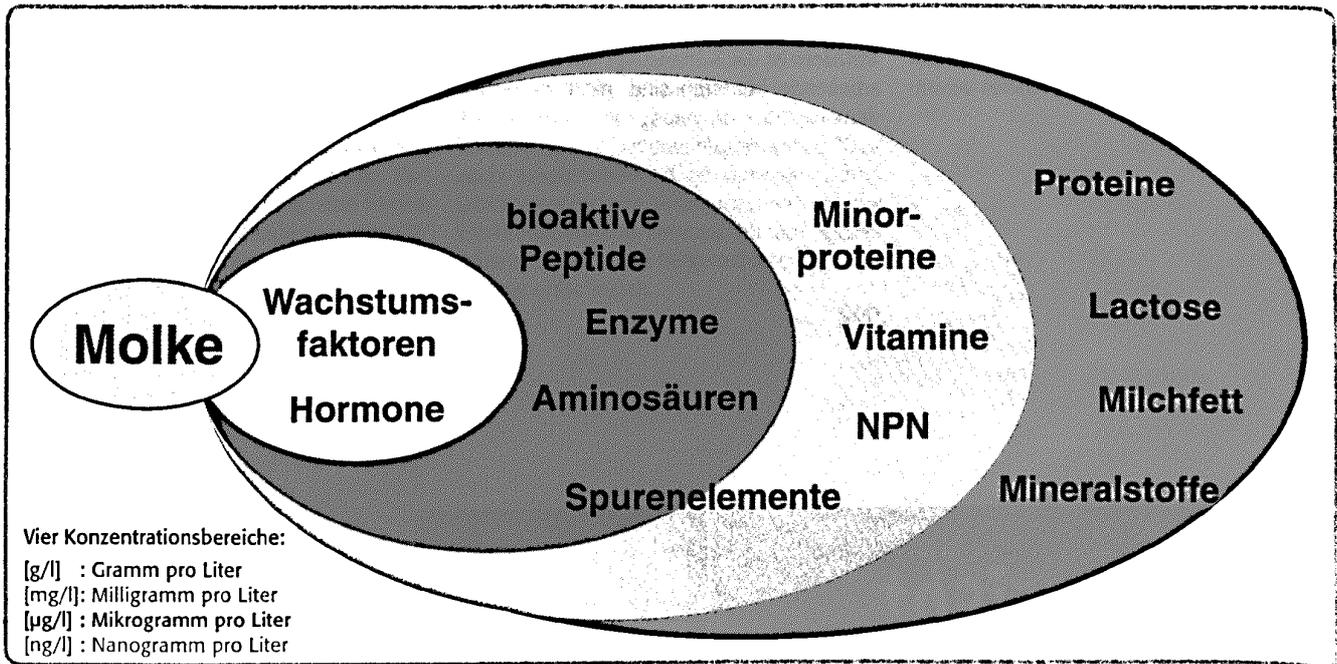


Abb. 1: Nährstoffe der Molke in vier Konzentrationsbereichen, verändert nach [2]

Die Molke – eine Rohstoffquelle [1, 2]
 Das Aufkommen von Molke wird weltweit auf mehr als 100 Millionen Tonnen pro Jahr geschätzt.

Molke ist eine nährstoffreiche Flüssigkeit, die Lactose, Proteine, Mineralstoffe, Fett und Vitamine enthält, aber auch Enzyme, bioaktive Peptide und Wachstumsfaktoren. Die Konzentration der Nährstoffe in der Molke lassen sich, wie Abbildung 1 zeigt, in vier Konzentrationsbereichen darstellen.

Im Grammbereich sind die Proteine β -Lactoglobulin, α -Lactalbumin, Serumalbumine, Immunoglobulin G und Proteose-Pepton anzusiedeln sowie Lactose, Milchfett, Milchsäure und Citronensäure als organische Säuren und die Mineralstoffe wie Calcium, Magnesium, Phosphor, Kalium, Chlorid und Natrium. Minorproteine wie Immunoglobulin A und Lactoferrin, die wasserlöslichen Vitamine der Molke und die Nicht-Protein-Stickstoff-Komponenten aus der Synthese oder dem Stoffwechsel von Milch Inhaltsstoffen wie Harnstoff, Aminosäuren, Cholin und Orotsäure so-

wie die Spurenelemente Zink, Eisen, Iod und Kupfer finden sich im Milligrammbereich. Im Mikrogrammbereich liegen Enzyme, Aminosäuren und Spurenelemente wie beispielsweise Kobalt und bioaktive Peptide vor. Bioaktive Peptide sind Aminosäuresequenzen aus Proteinen mit spezifischen biologischen Funktionen, die aus der Hydrolyse von Kaseinen und Molkenproteinen entstehen. Hormone wie Insulin und spezifische Peptide, die das Wachstum und die Heilung epidermischer Haut- und Darmzellen fördern, so genannte Wachstumsfaktoren, treten im Nanogrammbereich auf.

In der Vergangenheit wurde Molke vorwiegend als Abfallprodukt angesehen. Der Einsatz von Molke und Molkenpulver in der menschlichen Nahrung sowie zum Teil in Tierfutter wies durch die dominante Anwesenheit von Lactose und Mineralstoffen Schwierigkeiten auf. Für verschiedene Anwendungen in Milcherzeugnissen und Lebensmitteln ist daher, um einen neutralen Geschmack zu erhalten, eine Entmineralisierung erforderlich.

Die Einsatzmöglichkeiten von Molkeninhaltsstoffen in Produkten wurden durch die Einführung der Fraktionierungs- und Isoliertechniken erweitert.

Membranprozesse

Obwohl Membranprozesse beim Stoffaustausch in der Natur eine zentrale Rolle spielen, wird diese Technik in der Lebensmittelindustrie erst seit etwa 30 Jahren für Trennaufgaben verwendet.

Zur Gewinnung von Molkeninhaltsstoffen existieren verschiedene industrielle Verfahren. Die Membranfiltration dient im Allgemeinen der Fraktionierung von Inhaltsstoffen unterschiedlicher Molekulargrößen. Neben der Fraktionierung wird die Membranfiltration für die teilweise Entmineralisierung (Nanofiltration) und die vollständige Entmineralisierung (Umkehrosmose) von Lösungen eingesetzt. Die Entmineralisierung umfasst das Entfernen von Mineralstoffen und einigen organischen Säuren. Eine vollständige Entmineralisierung der Mineralstoffe kann zudem über Ionen-

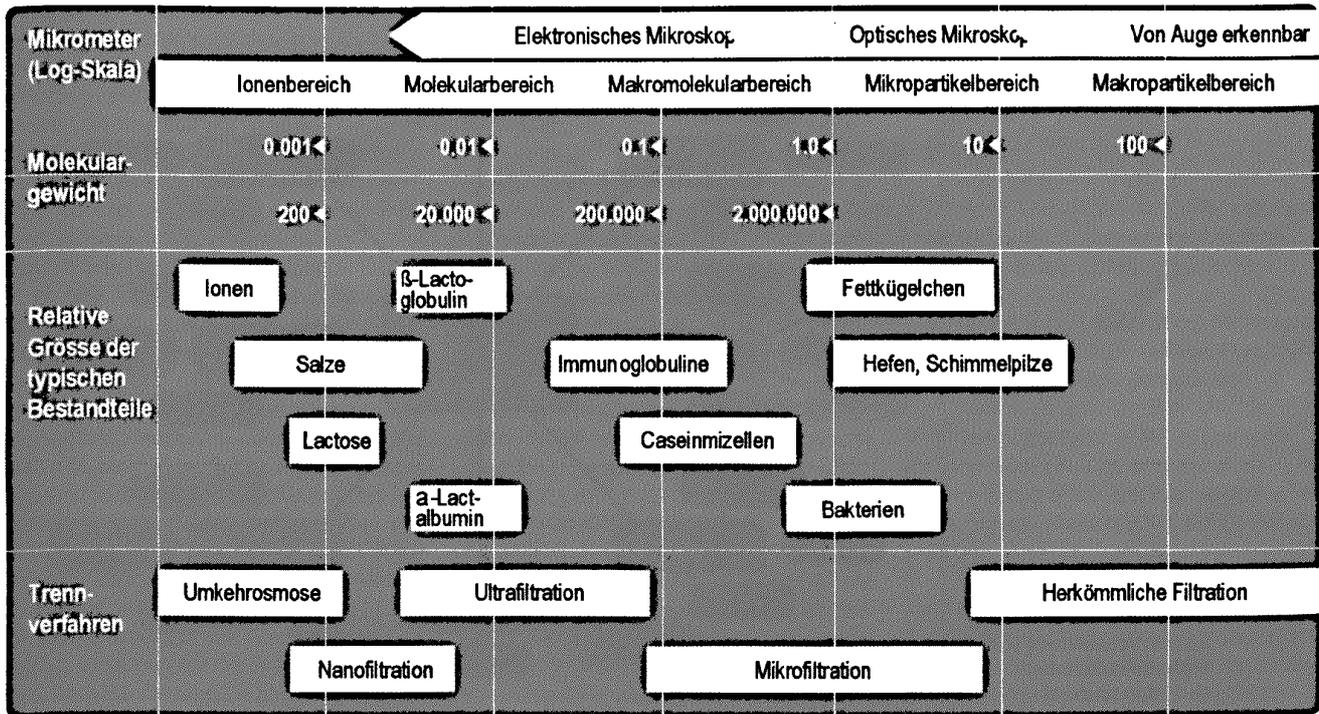


Abb. 2: Überblick über die verschiedenen Membrantrennverfahren

austauscher erfolgen. Aufgrund der für die zur Regenerierung benötigten Chemikalien ist dies jedoch sehr aufwändig und kostspielig. In der Milchwirtschaft wird die Nanofiltration zur Aufkonzentrierung und gleichzeitigen teilweisen Entmineralisierung von Molke verwendet. Polyvalente Ionen und Disaccharide werden durch die Nanofiltration zurückgehalten. Viele Umkehrosmose-Einrichtungen wurden durch die Nanofiltration ersetzt. Mit der Nanofiltrationstechnik werden Ionen in Abhängigkeit der Ladung und der Diffusionseigenschaften getrennt. Das wichtigste Prinzip des elektrostatistischen Effektes ist dabei das Gibbs-Donnan-Gleichgewicht. Es verlangt ein gleiches elektrochemisches Potenzial auf beiden Seiten der Membran und kann daher die Durchlässigkeit einer einfach geladenen Komponente erhöhen, sobald ein mehrfach geladenes Ion zurückgehalten wird. Weltweit ist heute in der Milchwirtschaft ein Total an Nanofiltrationsfläche von 150 000 bis 200 000 m² eingerichtet.

Membrantrennverfahren finden in der Milchverarbeitung vor allem für folgende Zwecke Anwendung:

- Entfernung von Mikroorganismen
- Aufbereitung der Salzlake
- Proteinstandardisierung
- Herstellung von Milchproteinkonzentraten
- Herstellung von Molkenderivaten
- Herstellung von Käse und Quark
- Aufkonzentrierung und Entmineralisierung der Molke
- Recycling von Reinigungsmitteln und Prozessenzymen

- Gewinnung von Prozesswasser
- Gewinnung von Lactose

■ Verwendung von Molke und Molken-erzeugnissen [2, 3, 6 bis 13]

Molke und Molken-erzeugnisse finden heutzutage aufgrund ihrer Nähr- und Funktionseigenschaften in der Nahrungsmittel- und in der pharmazeutischen Industrie in einer Vielzahl von Produkten Anwendung. Durch den Einsatz von Molken-erzeugnissen in Lebensmitteln und in pharmazeutischen Produkten kann Molke sinnvoll verwertet werden, was oft eine wirtschaftlich interessante Alternative zur Entsorgung darstellt.

Die von Molken-erzeugnissen gewünschte Wirkung im Endprodukt ist von den Wechselwirkungen der Molken-erzeugnisse mit den weiteren Inhaltsstoffen des jeweiligen Produktes abhängig. Diese Wechselwirkungen werden durch die Verarbeitungsschritte wie z. B. die Erhitzung bestimmt. Um die gewünschte Wirkung der Molkenproteine im Endprodukt zu erzielen, muss das richtige Molkenprodukt sowie die exakte Menge ausgewählt werden.

Der Einsatz von Molkeninhaltsstoffen in Nahrungsmitteln hat zum Ziel, Konsumentenerwartungen zu erfüllen und dabei den gesetzlichen Bestimmungen zu entsprechen, die Qualität der Produkte zu verbessern, das Kosten/Nutzen-Verhältnis zu optimieren sowie den Nährwert der Lebensmittel zu erhöhen. Abbildung 3 zeigt, in welchen Bereichen Molkeninhaltsstoffe in Nahrungsmitteln und Pharmazeutika bereits Eingang gefunden haben. Molken-erzeugnisse können in Milchproduk-

ten, Käse, Süßwaren, Backwaren, Fleischprodukten und Fertiggerichten sowie Säuglingsnahrung, diätetischen Lebensmitteln und Functional Food einen wesentlichen Bestandteil des Produktes darstellen.

In fermentierten Produkten tragen Molkenprodukte zu verbessertem Aroma, zur Erhöhung des Nährwertes und zur Reduktion der Synärese bei. In Speiseeis und gefrorenen Desserts liefern Molkenprodukte Proteine und Kalzium und tragen zur cremigen Textur und Wasserbindung bei. Die Entwicklung spezifischer Aromen während der Endveredelung wird in Süßwaren durch Molkenproteine gefördert. In Backwaren führt ihr Einsatz zu verbesserten Toasteigenschaften, zu Krustenbräunung, Aroma und verlängerter Haltbarkeit. Molkenprodukte dienen in Fleischprodukten der Wasser- und Fettbindung sowie der Gelierfähigkeit des Produktes während der Erhitzung. Molkenprodukte werden eingesetzt, um wärmebeständige Emulgier-eigenschaften und ausreichende Emulsionsstabilität während der Lagerung zu gewährleisten.

In Suppen und Saucen tragen Molkenproteine zu hitzebedingten Verdickungs- und Stabilisierungseigenschaften bei. Industriell hergestellte Säuglingsmilch soll der Muttermilch in ihrer natürlichen Zusammensetzung möglichst angeglichen werden. Eine Mischung von entmineralisierter Molke mit der entsprechenden Menge Magermilch dient daher in der Säuglingsnahrung als Muttermilchersatz. In Functional Food finden beispielsweise bioaktive Proteine wie Lactoferrin dank antimikrobieller, entzündungshemmender und

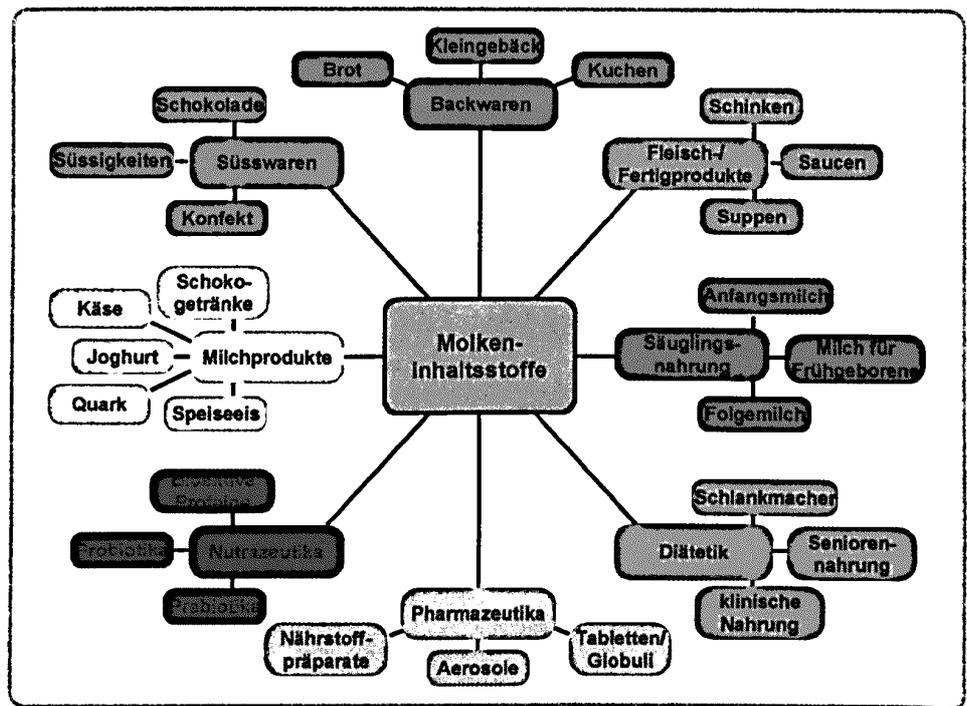


Abb. 3: Verwendung von Milkeninhaltsstoffen, verändert nach [2]

immunmodulierender Eigenschaften Einsatz. Des Weiteren können antimikrobielle Enzyme als biologischer Schutz der probiotischen Bakterien im Darm eingesetzt werden oder bioaktive Peptide, Galacto-Oligosaccharide und Lactulose als Nährstoffe für Probiotika dienen. Milkeninhaltsstoffe werden des Weiteren in «low-fat»-Applikationen eingesetzt, um bei der Reduktion des Fettgehaltes die sensorischen Eigenschaften des Fettes zu übernehmen und das in der Rezeptur zunehmende Wasser zu binden. Süßmolke eignet sich als Trägerstoff für Würze, da sie sich mit den unterschiedlichen Geschmackscomponenten gut mischt und anderen Aromen ihre Aromaentfaltung ermöglicht. Dabei sind nicht-hygroscopische Eigenschaften der molkenhaltigen Würze für die Gewährleistung der Rieselfähigkeit des Produktes während der Lagerung wichtig.

Der Einsatz von Molkenprodukten in Molken-erfrischungsgetränken erhöht deren Nährwert und ermöglicht eine schnelle Verfügbarkeit von Energie und Mineralstoffen. In Pulverform ist dabei die Löslichkeit des Molkenproduktes primäres Kriterium. Die nach der Protein- und Lactoseentfernung verbleibende Milchsatzlösung kann als Ersatz für Tafelsalz in seiner natürlichen (physiologischen) Zusammensetzung Einsatz finden. Die hohe lösliche Kaliumkonzentration bietet einen Ernährungsvorteil. Trotz verbleibendem Rest an Lactose rufen Milchsätze dieselbe Salz-Empfindung hervor wie Tafelsalz. Milchsatz kann aus entzuckerter Molke oder UF-Permeat gewonnen werden. Ein Interesse besteht zudem, Milchsätze ähnlich der «Schüssler Salze» einzusetzen. Nach Dr. Schüssler in der Homöopathie sind Bau und Lebensfähigkeit des menschlichen

Organismus im Wesentlichen vom Vorhandensein bestimmter Mineralsalze abhängig.

■ Einsatz von Lactose und Lactosederivaten [2, 3, 6, 13]

Lactose ist Hauptbestandteil der Molke. Für Lactose bestehen vielfältige Einsatzmöglichkeiten im Lebensmittel- wie auch im Pharmabereich. Im Lebensmittelbereich findet die so genannte «edible» (genießbare) Lactose als Zutat für Säuglingsnahrung, Backwaren, Fleischwaren, Suppen, Saucen, Speiseeis und Süßwaren Verwendung. Zur Gewinnung der Pharmaqualität ist ein zusätzliches Raffinierungsverfahren der «edible» Lactose nötig. Lactose ist der wichtigste Arzneistoffträger in pharmazeutischen Anwendungen. Raffinierte Lactose wird aufgrund ihrer Reinheit und ih-

rer chemischen und physikalischen Stabilität als inertes Trägermaterial für medizinische Wirkstoffe in Tabletten und Aerosolen eingesetzt. Dabei ist der aktive Wirkstoff in kleinen gleichmäßigen Lactosepartikeln eingebunden. Mehrere tausend Tonnen Lactose werden jährlich in Medikamenten eingesetzt. Eine wichtige funktionelle Eigenschaft der Pharmalactose wird durch die Partikelgröße bestimmt, die durch Mahlen und Sieben des getrockneten Produktes beeinflusst werden kann. Neben der Lactose finden zudem verschiedene Derivate der Lactose Eingang in den Pharma- und in den Lebensmittelbereich. Die Hauptderivate der Lactose sind Lactobionsäure, Lactulose, Lactitol, Galactose und Glucose sowie Galacto-Oligosaccharide (Abbildung 4).

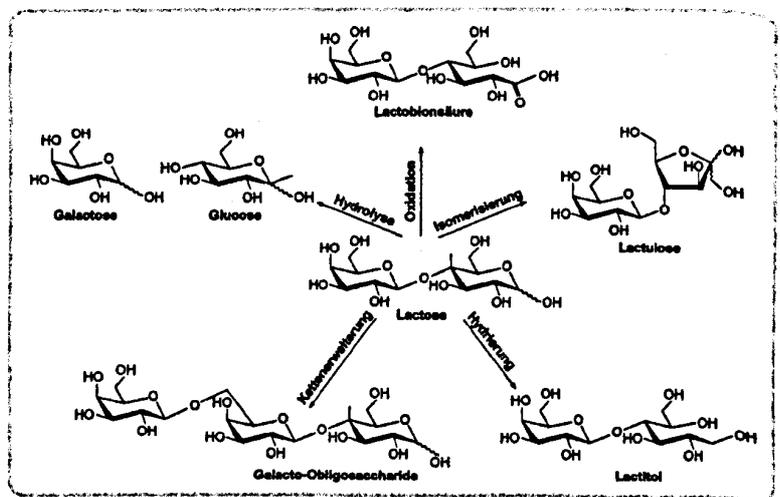


Abb. 4: Durch chemische oder biochemische Veränderungen erzeugte Lactosederivate [2]

Lactobionsäure entsteht durch Oxidation der Lactose. Die Kalziumsalze der Lactobionsäure werden als Trägermaterial für Antibiotika in pharmazeutischen Anwendungen eingesetzt. In den USA ist durch die Food and Drug Administration (FDA) Kalziumlactobionat zudem als Lebensmittelzusatzstoff für die Verwendung als Dickungsmittel in trockenen Puddingmischungen zugelassen.

Durch Isomerisierung von Glucose zu Fructose im Alkalischen resultiert Lactulose. Lactulose fördert die Entwicklung der Bifidobakterien im Darmtrakt und wird daher häufig der Säuglingsnahrung als Prebiotikum zugesetzt. Prebiotika sind unverdauliche Lebensmittelbestandteile, die das Wachstum probiotischer Bakterien, besonders die der Bifidus-Gruppe, fördern und damit deren Aktivität im Darm begünstigen, wodurch sie die Gesundheit des Menschen verbessern können. Lactitol ist ein Disaccharidzuckeralkohol und entsteht durch Hydrierung. In vielen Lebensmitteln ist Lactitol Saccharoseersatz. Die Süsse von Lactitol beträgt, verglichen mit der Süsse von Saccharose, etwa 35 Prozent. Da Lactitol im Dünndarm nicht absorbiert wird, sondern stattdessen im Dickdarm von Bakterien zu Biomasse und kurzkettigen Fettsäuren umgesetzt wird, ist Lactitol für Diabetiker geeignet.

Die Lactosehydrolyse zu Galactose und Glucose erfolgt durch das Enzym Lactase, das kommerziell aus Hefe gewonnen wird. Die Enzymkosten spielen im Preis von hydrolysierten Lactoseerzeugnissen eine beträchtliche Rolle. Daher wurde die Technik der Immobilisierung des Enzyms eingeführt, um eine wiederholte Verwendung der Enzyme zu ermöglichen. Eine günstige Variante besteht zudem, wie aktuelle Forschungsergebnisse zeigen [4], in der Gewinnung von Lactase (β -Galactosidase) aus Mikroorganismen. Dabei wird die traditionelle Streptococcus-ther-

mophilus-Kultur in Magermilch fermentiert und in grossem Massstab gewonnen. Zur Gewinnung des Endoenzyms wird die durch Zentrifugation erhaltene Zellmasse mechanisch aufgebrochen. Dieser Extrakt ist geschmacksneutral und kann ohne weitere Reinigungsschritte für die Herstellung von z. B. lactosefreier Milch eingesetzt werden. Zur vollständigen Inaktivierung der Mikroorganismen muss die Milch anschliessend hitzebehandelt werden. Die Eigenschaften der hydrolysierten Lactose zeichnen sich durch verbesserte Löslichkeit, erhöhte Süsskraft und leichtere Verdaulichkeit aus. Galacto-Oligosaccharide werden während der enzymatischen Hydrolyse von Lactose unter spezifischen Bedingungen gebildet. Galacto-Oligosaccharide gehören zu den Prebiotika. Molkeninhaltsstoffe weisen multiple funktionelle Eigenschaften auf. Das Interesse der Nahrungsmittel- und Pharmaindustrie gilt daher der Verwendung von Molkeninhaltsstoffen zur Herstellung innovativer Produkte verbesserter technologischer und ernährungsphysiologischer Eigenschaften. Es besteht eine zunehmende Notwendigkeit, hochwertige Komponenten aus Milch, Molke und UF-Permeat isolieren und reinigen zu können. Die Membrantrenntechnik dient als Schlüsseltechnik dazu, die Qualität bereits existierender Produkte zu verbessern und Produkte mit Zutatens aus einer wertvollen Rohstoffquelle zu entwickeln.

Brita Rehberger, Andreas Thomet

Auskünfte:

*Brita Rehberger
Eidgenössische Forschungsanstalt für
Milchwirtschaft, Liebefeld (FAM)
CH-3003 Bern
Telefon 031 323 84 03
Telefax 031 322 86 16
brita.rehberger@fam.admin.ch*

Möglichkeiten des Einsatzes verschiedener Molkenprodukte

Süsmolkenpulver:	Backwaren, Getränke, Käseerzeugnisse, Gewürze
Sauerolkenpulver:	Brotaufstriche, Gewürze, fermentierte Milcherzeugnisse
entmineralisiertes Molkenpulver:	Eisdesserts, Diätprodukte, Babynahrung, Süsswaren
entzuckerte Molkenprodukte:	Knabberartikel, Käseerzeugnisse, Gewürze
entzuckertes/entmineralisiertes Molkenpulver:	Speiseeis, Eisdesserts, Säuglingsmilch
Molkenpulverkonzentrat (WPC):	fraktionierte Zutat in Back- und Fleischwaren, Gewürze, «low-fat»-Anwendungen, Nährzusatz in Gesundheits- und klinischer Nahrung
Lactose «edible»:	Säuglingsmilch, Süsswaren, Suppen/Saucen
Lactose (Pharmaqualität):	alle Arten pharmazeutischer Anwendungen
Lactosederivate (Pharmaqualität):	Säuglingsnahrung, diätetische Lebensmittel, pharmazeutische Anwendungen
Milchsalze:	Ersatz von Tafelsalz, evtl. in der Homöopathie
Kalziumphosphat:	kalziumangereicherte Milchprodukte
bioaktive Peptide:	Einsatz in Functional Food, in Pharmazeutika oder in Kosmetika

Literatur

- [1] *Belitz, Grosch*: Lehrbuch der Lebensmittelchemie, 4. überarbeitete Auflage, Springer-Verlag, 1992
- [2] *de Wit, J. N.*: Lehrbuch der Molke und Molkenzeugnisse, 1. Auflage, European Whey Products Association, 2001
- [3] *The Importance of Whey and Whey Components in Food and Nutrition*; Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Munich 2001, Behr's Verlag, 2002
- [4] *Geciova, J., Giesova, M., Jelen, P., Plockova, M.*: Disruption of Streptococcus thermophilus 143 culture by three mechanical methods for increased β -galactosidase activity, *Milchwissenschaft* 57 (9/10), 2002
- [5] *Walzem, R. L.*: Health enhancing properties of whey proteins and whey fractions, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>
- [6] *Young, S.*: Whey products in ice cream and frozen desserts, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>
- [7] *Johnson, B.*: Whey products in snacks and seasonings, U.S. Dairy Export Council, 2000, <http://www.usdec.org>
- [8] *Burrington, K.*: Whey products in baked goods, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>
- [9] *Huginin, A.*: Whey products in yogurt and fermented dairy products, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>
- [10] *Johnson, B. R.*: Whey protein concentrates in low-fat applications, U.S. Dairy Export Council, 2000, <http://www.usdec.org>
- [11] *Young, S.*: Whey products in cold pack and pasteurized processed cheese foods and cheese spreads, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>
- [12] *Bouzas, J.*: Whey products and Lactose in confectionery applications, U.S. Dairy Export Council, 1999, <http://www.usdec.org>