

## Thermisch induzierte Beeinflussung der Sekundär- und Aggregatstruktur von unfraktionierten Molkenproteinen und ihre Auswirkung auf technofunktionelle Eigenschaften

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle I:</b>	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück Dr. V. Heinz/Dr. U. Strijowski/Dr. U. Bindrich
<b>Industriegruppen:</b>	Milchindustrie-Verband e.V., Berlin
	Projektkoordinator: Dr. M. Sell, Humana GmbH, Herford
<b>Laufzeit:</b>	2008 – 2010
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 365.400,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Aufgrund der stetig steigenden Produktion von Käse und Käseerzeugnissen kommt es zu einem erhöhten Anfall an Molke, die betriebsspezifisch hinsichtlich Zusammensetzung und Proteinstruktur unterschiedlich ist. Sie enthält ernährungsphysiologisch wertvolle Proteine mit hervorragendem Potential an technofunktionellen Eigenschaften, wie Schaum- und Gelbildung. Im nativen Zustand weisen Molkenproteine überwiegend eine globuläre Struktur auf, die jedoch hinsichtlich der funktionellen Eigenschaften nicht optimal ist. Eine Wärmebehandlung, die zur Veränderung der nativen Struktur führt, verbessert technofunktionelle Eigenschaften. Diese Vorgänge wurden bisher mit Hilfe des Denaturierungsgrads beschrieben, der allerdings nur zwischen nativem und denaturiertem Zustand unterscheidet. Die Existenz von Zwischenstufen ist bekannt, aber bisher noch nicht systematisch hinsichtlich der Auswirkungen auf funktionelle Eigenschaften untersucht. Die derzeit vorliegenden empirischen Ergebnisse sind nicht ausreichend, um funktionelle Eigenschaften im gewünschten Maße einstellen zu können. Funktionelle Eigenschaften für bestimmte Anwendungen (Gele, Schäume) haben ein erhebliches Potential für eine Optimierung. Dies gilt sowohl für die Zusammensetzung, die u.a. durch Ultra- und Diafiltration beeinflusst wird, als auch für Veränderungen an den Molkenproteinen.

Veränderungen an Proteinen werden u. a. durch

pH-Wert, Ionenkonzentration und/oder Temperaturbehandlung sowie Scherung bewirkt. Die Praxis zeigt, dass jede Veränderung dieser Variablen zur Änderung der Zusammensetzung der Rohstoffe und damit zu unterschiedlichen Eigenschaften führt. Infolgedessen ist die Ausgangsbasis für jeden Rohstoff betriebsspezifisch unterschiedlich und damit für die Herstellung vergleichbarer Spezialprodukte zu berücksichtigen. Um zu reproduzierbaren Eigenschaften für die Anwendung zu kommen, ist deshalb die gezielte Beeinflussung der Be- und -verarbeitung von Molke für die Anwendungsaufgaben notwendig. So wird bereits jetzt bei der Produktion von gelbildenden Molkenproteinpräparaten der Weg vom Rohstoff (Entrahmung/Erhitzung) über die Caseinabtrennung bis hin zur Ultra- und Diafiltration exakt spezifiziert. Es liegen bislang kaum systematische Untersuchungen über die Zusammenhänge von Proteinstruktur (Sekundärstruktur, Aggregate) und daraus resultierenden funktionellen Eigenschaften vor.

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, quantitative Zusammenhänge zwischen den Gehalten an Sekundärstrukturelementen ( $\alpha$ -Helix und  $\beta$ -Faltblatt) sowie an Aggregaten und den technofunktionellen Eigenschaften (Gel- und Schaumbildung) herzustellen. Die Zielstellung für die industrielle Anwendung bestand darin, den real vorliegenden Strukturzustand der Molkenproteine in Molkenprodukten sowie die Spannbreiten der Variation zu erfassen und Empfehlungen zu erarbeiten, wie durch eine

Konditionierung die jeweils gewünschten technofunktionellen Eigenschaften hinsichtlich Gel- und Schaumbildung erreicht werden können.

#### Forschungsergebnis:

Die gezielte Beeinflussung der Molkenproteinstruktur durch Temperatur-Zeit-Regimes zur Optimierung funktioneller Eigenschaften wurde durch die Verwendung von Systemen mit definierter thermischer Vorgeschichte erreicht. Strukturveränderungsprozesse beginnen oberhalb von 65 °C und sind bei 90 °C nahezu abgeschlossen. Anhand der Untersuchungen an den Modellsystemen ist festzustellen, dass Strukturveränderungen durch eine vorherige thermische Beanspruchung (z.B. Pasteurisierung, Trocknung) nicht reversibel sind. Die analytischen Daten zur Beschreibung der Proteineigenschaften, z.B. Sekundärstruktur, waren in der Regel signifikant untereinander korreliert. Auch zwischen dem mittels IR bestimmten Anteils an  $\alpha$ -Helix und der Schaumstabilität war eine signifikante Korrelation vorhanden. Ein Zusammenhang von Temperatur und Behandlungsdauer lässt sich z.B. für den Anteil an  $\alpha$ -Helix in den Molkenproteinen berechnen. Bezüglich der technofunktionellen Eigenschaften konnte ebenfalls ein signifikanter Einfluss der Behandlungsparameter auf die Schaumkapazität festgestellt werden, für alle Parameter scheint der Einfluss der Temperatur gegenüber dem der Dauer der Behandlung zu überwiegen. Es konnte ermittelt werden, dass Molkenproteine hinsichtlich ihrer Eignung für Schaum- und Gelbildung sehr unterschiedlicher thermischer Voraussetzungen bedürfen. Ausgehend vom nativen Zustand ist für eine optimale Schaumbildung nur ein relativ geringer thermischer Energieeintrag erforderlich. Hinsichtlich der Schaumeigenschaften konnte geklärt werden, dass die Schaumkapazität mit der Verteilung der Sekundärstrukturen in Verbindung gebracht werden kann. Allerdings sind für die Schaumstabilität auch Eigenschaften, wie Filmbildungsvermögen und Viskoelastizität des Grenzflächenfilms, von Bedeutung. Für die Bildung von Gelen ist hingegen eine intensivere thermische Vorgeschichte erforderlich. Diese lässt sich aber nicht durch Veränderungen von Sekundärstrukturen charakterisieren, sondern bedarf der Bildung von stabilen Aggregaten, diese sind durch eine eingeschränkte Löslichkeit gekennzeichnet. Der Einfluss der Minorkomponenten (Calcium, Kalium, Phosphat, Lactose, pH) auf die Proteinstruktur sowie die funktionellen

Eigenschaften sind sehr heterogen. Insbesondere hinsichtlich des Zusatzes von Lactose zeigt sich, dass sowohl Gel- als auch Schaumbildung negativ beeinflusst werden, während die Proteine offenbar stabilisiert werden. Die Bereitstellung von Calcium- und Phosphationen führt hingegen zu einer deutlichen Verfestigung von Molkenproteingelen. Auffällig ist, dass hohe Calciumkonzentrationen die Bildung von Carboxymethyllysin begünstigen, und dies schon bei geringer Temperatur. Der Einfluss von ionischen Zusätzen auf die Eigenschaften von Molkenproteinschäumen ist differenziert, wobei besonders die Schaumstabilität variiert.

#### Wirtschaftliche Bedeutung:

Jährlich werden in Deutschland ca. 27 Mio. t Milch in 246 Molkereien und milchverarbeitenden Betrieben mit insgesamt rund 40.000 Beschäftigten verarbeitet. Davon sind ca. 200 kleine und mittelständische Unternehmen. Ca. 30 % der Milch werden zu Käse verarbeitet. Dabei fällt Lab- und Sauermolke in hohen Mengen an, wobei Zusammensetzung und Zustand der Proteine betriebsspezifisch verschieden sind.

Die Untersuchungen dienen in ihrer Breite dazu, die Vorgänge bei der gezielten Denaturierung von Molkenproteinen besser zu verstehen und hinsichtlich der Wechselwirkungen zwischen den unterschiedlichen Inhaltsstoffen aufzuklären. Dabei wurden sowohl Modellsysteme (kaseinfreies Milchserum) als auch Molkenprodukte, die industriell hergestellt werden, eingehend untersucht. Das bietet den Unternehmen die Möglichkeit, das Potential ihrer Produkte hinsichtlich der Einstellung bestimmter Produkteigenschaften abzuschätzen. Damit können diese Erkenntnisse sowohl in die Entwicklung neuer Produkte einfließen als auch einen Beitrag zur Qualitätssicherung leisten.

Die Ergebnisse des Projektes hinsichtlich der Einstellbarkeit der funktionellen Eigenschaften unfraktionierter Molkenproteinpräparate ermöglichen kleinen und mittleren Unternehmen die gezielte Einstellung der Funktionalität ihrer Molkenproteinpräparate durch Hitzebehandlung. Die Korrelation zwischen den Schaumeigenschaften und dem FT-IR-Spektrum ermöglicht die Zustandsbestimmung mithilfe einer Untersuchung und damit einen entscheidenden Vorteil gegenüber der Charakterisierung der Schaumbildungseigenschaften mithilfe umfangreicher Experimente.

Die Untersuchungen zur Breite der Molkenproteinprodukte zeigen die Möglichkeiten der Verwendungen der entsprechenden Produkte hinsichtlich der unterschiedlichen Anwendungsmöglichkeiten. Die Ergebnisse des Projektes sind insbesondere ein Beitrag zur Qualitätssicherung, da durch die gezielte Beeinflussung der funktionellen Eigenschaften eine maßgebliche Standardisierung der Produkte und damit eine erhöhte Produktsicherheit gewährleistet werden kann, die zwangsläufig zu einer höheren Wertschöpfung führt. Die Korrelation zwischen den Schaumeigenschaften und dem FT-IR-Spektrum ermöglicht die Zustandsbestimmung mithilfe einer Untersuchung und damit einen entscheidenden Vorteil gegenüber der Charakterisierung der Schaumbildungseigenschaften mithilfe umfangreicher Experimente.

#### Weiteres Informationsmaterial:

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)  
Prof.-von-Klitzing-Str. 7, 49610 Quakenbrück  
Tel.: +49 5431 183-228  
Fax: +49 5431 183-200  
E-Mail: [info@dil-ev.de](mailto:info@dil-ev.de)

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: [fei@fei-bonn.de](mailto:fei@fei-bonn.de)

#### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2010.
2. Rudzik, L., Fehrmann-Reese, A., Pietsch, S., Strijowski, U.: Bestimmung von Eiweißsekundärstrukturen mittels FT-IR-Spektroskopie. Dt. Milchwirt. 55, 444-446 (2009).

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via:

