

## Charakterisierung des Einflusses der Prozesskette und der Lagerung auf die Fließfähigkeit und Instanzeigenschaften von Magermilchpulver und Milchproteinkonzentratpulver

<b>Koordinierung:</b>	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
<b>Forschungsstelle:</b>	Hochschule Anhalt FB 7 - Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik AG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie Prof. Dr. Thomas Kleinschmidt/M.Sc. Frank Schulnies
<b>Industriegruppe(n):</b>	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
	Projektkoordinator: Dr. Robert Pospiech Müller Service GmbH, Leppersdorf
<b>Laufzeit:</b>	2015 – 2017
<b>Zuwendungssumme:</b>	€ 249.960,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

### Ausgangssituation:

Magermilchpulver (MMP) und Milchproteinkonzentratpulver (MPC), die eine proteinangereicherte Form von Magermilchpulver darstellen, werden hauptsächlich als Bulkware hergestellt. Als Zwischenprodukte nehmen sie eine wichtige Rolle in der weiterverarbeitenden Lebensmittelindustrie ein, z. B. zur Erzielung wesentlicher Produktstrukturen oder zur Beeinflussung von Textur, Stabilität und Sensorik der Endprodukte. Die Pulver werden dafür nicht nur hierzulande eingesetzt, sondern auch zunehmend exportiert. Für die betreffenden Pulver bedeutet dies lange Transport- und Lagerzeiten unter teilweise ungünstigen Klimabedingungen. Die mitunter dabei auftretende Verschlechterung des Löse- und Fließverhaltens verursacht neben einer Qualitätsminderung der Produkte auch schwerwiegende Weiterverarbeitungsprobleme. So sind aufgrund eines unbefriedigenden Fließverhaltens beim Entleeren von Dosierrichtern und Säcken Eingriffe von Mitarbeitern notwendig, woraus kostenintensive Störungen der Prozessabläufe resultieren können. Schlecht lösliche Produkte erfordern wiederum längere Einarbeitungszeiten in die Nassformulierung und können zu einer unerwünschten Sedimentbildung und zu geringerer Funktionalität der Endformulierungen führen. Die Pulver

müssen daher, auch nach längeren Lagerzeiten, ein gutes Fließ- und Löseverhalten besitzen, um eine störungsfreie Weiterverarbeitung zu gewährleisten.

Neben den Herstellungsparametern sind ebenso die Lagerbedingungen für die Fließ- und Löseeigenschaften entscheidend. Im Projekt sollte daher untersucht werden, wie sich die Prozessbedingungen auf die Instant- und Fließeigenschaften und die lagerbedingten Veränderungen auswirken.

Ziele des Vorhabens waren zum einen die Entwicklung eines Prozessmodells für Magermilchpulver (MMP) bzw. Milchproteinkonzentrate (MPC), das es erlaubt, die Instant- und Fließeigenschaften in Abhängigkeit der Verfahrensparameter der Herstellung zu beschreiben und zu optimieren, und zum anderen die Formulierung eines Kinetikmodells, mit dem Veränderungen der Fließfähigkeit und der Löse- und Benetzungseigenschaften in Abhängigkeit der Transport- und Lagerbedingungen charakterisiert werden können.

### Forschungsergebnis:

Für Milchproteinkonzentratpulver mit einem Proteingehalt von 85 % (MPC 85) konnte gezeigt werden, dass die Löslichkeiten im

Ablufttemperaturbereich von 80 °C bis 90 °C mit zunehmender Temperatur um bis zu 40 % abnehmen. Daraus folgt, dass die Dispergierzeiten zur Erzielung hoher Produktlöslichkeiten um das 6 bis 9-fache erhöht werden müssen, um gleiche Löslichkeiten wie bei niedrigen Ablufttemperaturen zu erhalten. Die Lagerstabilität in Bezug auf die Löslichkeit reduzierte sich durch die Ablufttemperaturerhöhung um 50 %.

Durch Diafiltration mit Natriumchlorid konnten Löslichkeitsverluste infolge hoher Trocknungstemperaturen kompensiert werden; problematisch ist jedoch hierbei die salzige Sensorik. Zudem lagen die Löslichkeitsverluste bei der Lagerung unter hohen Luftfeuchten auf einem ähnlich hohen Niveau wie bei MPC-Pulvern ohne Salzanreicherung.

Die Konzentraterhitzung nach dem Filtrationsprozess hatte keinen Einfluss auf die Pulverlöslichkeit direkt nach der Herstellung, reduzierte jedoch die Lagerstabilität um den Faktor 6. Der Verlust der Lagerstabilität infolge der Erhitzung konnte durch Zugabe von geringen Mengen an Natriumcitrat zur Speise (1,4 % db) bzw. zum Diafiltrationswasser (5 mM) mehr als kompensiert werden. Zudem zeigten die Citrat-angereicherten MPC auch unter hohen Luftfeuchten nur geringe Löslichkeitsverluste.

Die Calciumreduzierung durch pH-Wert-Senkung der Milch vor der Filtration führte zu keiner Verbesserung der Löslichkeit und Lagerstabilität.

Wie sich im Weiteren zeigte, kann eine Lagerung bei 80 % Luftfeuchte und 30 °C als Forcierungsmethode dienen, um Löslichkeitsverluste nach 30 bis 60 Tagen Lagerung bei 30 °C abzuschätzen. Die notwendige Lagerzeit für Stabilitätsuntersuchungen kann dadurch um den Faktor 9 reduziert werden.

Die Fließfähigkeiten der hergestellten MPC lagen im kohäsiven Bereich (ffc 2-3) und wurden nicht durch die Prozessbedingungen beeinflusst. Unter hohen Luftfeuchten erhöhte sich die Zeitverfestigung mit zunehmendem Natriumgehalt im Pulver deutlich. Unter geringen Luftfeuchten und hohen Lagertemperaturen wiesen die MPC dagegen keine Zeitverfestigungsneigung auf.

Bei kommerziellen Magermilchpulvern wurden sehr geringe Unlöslichkeitsindizes (0,05

ml) ermittelt. Untersuchungen zur Benetzbarkeit und Dispersibilität haben zudem gezeigt, dass für den Instantbereich eine mittlere Partikelgröße von 180 µm notwendig ist, um Benetzungszeiten von <30 s und Dispersibilitäten von >90 % zu erhalten. Bezüglich des Fließverhaltens zeigte sich ein Maximum im partikelgrößenabhängigen Verlauf der Fließfähigkeiten von engen Korngrößenfraktionen. Dies deutet darauf hin, dass zu große Agglomerate das Fließverhalten aufgrund von Partikelformeffekten verschlechtern. Des Weiteren wurden bei Fettgehalten von >0,6 % geringere Fließfähigkeiten ermittelt.

In Hinblick auf die Zeitverfestigung von Magermilchpulver wurde festgestellt, dass die Verklumpungszeiten bei 4 % Pulverfeuchte und Lagertemperaturen von 43 °C bis 50 °C im Bereich von 3 Stunden bis 20 Tagen liegen und vom Belastungsdruck abhängig sind. Bei hohen Druckspannungen wurde selbst in unmittelbarer Nähe zum Glasübergang eine Verklumpung nach langer Lagerdauer beobachtet. Um den Druckeffekt, beispielsweise bei einer sehr hoch gestapelten Palette, auszugleichen und um eine Verklumpung in unteren Schichten vorzubeugen, müsste theoretisch trockeneres Pulver weiter unten und feuchteres dagegen weiter oben gelagert werden. Mit Hilfe der erarbeiteten empirischen Gleichungen lässt sich die Verklumpungszeit in Abhängigkeit von Lagerdruck, Lagertemperatur und Pulverfeuchte abschätzen. Damit können entsprechende Pulverfeuchten ausgewählt werden, die bei den zu erwartenden Lagerbedingungen Verklumpungen verhindern.

Die Untersuchungen zum Einfluss der Prozessbedingungen auf die Löslichkeit von Magermilchpulver haben gezeigt, dass die Vorerhitzung keinen wesentlichen Einfluss auf den unlöslichen Anteil (ohne Lagerungseinfluss) nach der Trocknung hat. Die Erhöhung der Ablufttemperatur führte erst oberhalb von 95 °C zu einer deutlichen Zunahme des unlöslichen Anteils. Zudem stieg der unlösliche Anteil während der Lagerung deutlich an, wenn hohe Ablufttemperaturen zur Herstellung genutzt wurden. Das Fließverhalten der hergestellten Magermilchpulver verschlechterte sich mit zunehmender Ablufttemperatur aufgrund abnehmender Partikeldichten.

### Wirtschaftliche Bedeutung:

Die deutsche Milchindustrie erwirtschaftete 2016 einen Jahresumsatz in Höhe von 22 Mrd. €. In den rund 152 milchverarbeitenden Unternehmen in Deutschland, die zumeist mittelständisch geprägt sind, wurden 33 Mio. t Milch verarbeitet und ca. 702.000 t Trockenmilchprodukte hergestellt; davon entfielen rd. 435.000 t auf Magermilchpulver.

Der Export stellt einen wichtigen Absatzkanal für die deutsche Milchwirtschaft dar. In 2016 belief sich die Ausfuhr von Magermilchpulver auf 360.000 t, wobei 32 % der Menge in Drittländer exportiert wurde. Hauptabnehmer waren neben Ägypten und Algerien vor allem China, Indonesien und die Philippinen.

Die globale Produktion von Milchproteinkonzentratpulvern (MPC) stieg im Zeitraum von 2000 bis 2012 um das 6-fache auf 240.000 t. Nach Expertensicht wird die Produktion membranfiltrierter Milchproteine weiter expandieren und reine Caseinatprodukte zunehmend in spezielle Applikationen verdrängen.

Die Erkenntnisse des Forschungsvorhabens können im Produktionsprozess der MPC- und MMP-Herstellung Anwendung finden und zur Optimierung der Produktqualität genutzt werden. Die erarbeiteten Zusammenhänge helfen zudem bei der Verbesserung der Lagerstabilität der produzierten Pulver. Insbesondere bei MPC eröffnet sich dadurch die Option, den Export zu erweitern und das Marktpotential besser auszuschöpfen. Zudem kann das im Projekt generierte Prozesswissen milchverarbeitende Betriebe, bei denen Ultrafiltrationsanlagen vorhanden sind, motivieren, den MPC-Markt in Angriff zu nehmen und ihr Produktportfolio auszubauen.

Die Kurzzeitlagerung bei hohen Luftfeuchten kann als Forciermethode zur Beschleunigung von Lageruntersuchungen in der Qualitätssicherung eingesetzt werden. Prozessanpas-

sungen oder Änderungen der Produktformulierung können damit in Hinblick auf die Beeinflussung der Lagerstabilität von Milchproteinpulvern schnell beurteilt werden.

Des Weiteren können mit Hilfe der erzielten Ergebnisse Lagerbedingungen (Temperatur, Lagerdruck, Dauer der Beanspruchung) ausgewählt werden, die eine Verklumpung von Magermilchpulver verhindern. Zudem ist es möglich, die Pulver hinsichtlich ihrer Produktfeuchte für bestimmte Exportgebiete bzw. Lagertemperaturen zu optimieren.

### Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2017.
2. Schulnies, F., Feistauer, R. & Kleinschmidt, T.: Einfluss der Prozessbedingungen auf die Löslichkeit und Lagerstabilität von Milchproteinkonzentratpulver (MPC). *Molkerei-Ind.* 4, 38-42 (2018).

### Weiteres Informationsmaterial:

Hochschule Anhalt  
FB 7 - Angewandte Biowissenschaften  
und Prozesstechnik  
AG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie  
Bernburger Str. 55, 06366 Köthen  
Tel.: +49 3496 67-2539  
Fax: +49 3496 67-2574  
E-Mail: t.kleinschmidt@bwp.hs-anhalt.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)  
Godesberger Allee 125, 53175 Bonn  
Tel.: +49 228 3079699-0  
Fax: +49 228 3079699-9  
E-Mail: fei@fei-bonn.de

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

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.