

Hochintensiv-Ultraschall induzierte Reduktion der Konzentratviskosität bei der Herstellung milchbasierter Pulver



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Hochschule Anhalt FB 7 - Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik AG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie Prof. Dr. Thomas Kleinschmidt/ Dr. Sebastian Kleinschmidt/M.Sc. Frank Schulnies
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Simon Bauer BMI - Bayrische Milchindustrie eG, Wang
Laufzeit:	2021 - 2024
Zuwendungssumme:	€ 270.617,--

Ausgangssituation

Die Herstellung milchbasierter Pulver ist ein energieintensives Verfahren. Etwa ein Viertel des gesamten Energiebedarfs der deutschen Milchindustrie werden alleine zum Wasserentzug während der Konzentrierung und Trocknung benötigt, wobei die Sprühtrocknung im Vergleich zur Vakuumkonzentrierung gut das 20-fache an Energie pro kg Wasserverdampfung erfordert. Obwohl die Effizienz derartiger Produktionsanlagen in den letzten Jahrzehnten verbessert werden konnte, gibt es immer noch Optimierungsansätze. Neben einer Verbesserung der Wärmerückgewinnung zählen dazu vor allem die Vorkonzentrierung mittels Membranfiltration sowie die Sprühtrocknung von Hochkonzentraten mit höherer Trockensubstanz. Eine Erhöhung der Trockenmasse über ein bestimmtes Niveau ist jedoch nicht ohne Weiteres möglich, da die stark steigende Viskosität, eine einsetzende Gelbildung sowie ein mögliches alterungsbedingtes Nachdicken („age thickening“) die Verarbeitbarkeit erheblich beeinträchtigen. Dies betrifft vor allem die Pumpfähigkeit, aber auch die für die Sprühtrocknung essenzielle Zerstäubbarkeit. Insbesondere hochproteinhaltige Produkte, wie MPC, MPI oder MCC, sind durch die mit zunehmendem Konzentrierungsgrad schnell ansteigende Viskosität in ihrem Trockenmassegehalt hinsichtlich der Verarbeitbarkeit limitiert. Bei der Herstellung milchbasierter Pulver ist daher stets ein Kompromiss zwischen einer sicheren Verarbeitbarkeit und einer möglichst hohen Energieeffizienz zu finden.

Vor diesem Hintergrund könnte durch eine Viskositätssenkung sowohl die Verarbeitbarkeit von Milchkonzentraten als auch die Wirtschaftlichkeit bei der Milchpulverherstellung verbessert werden. Typischerweise wird eine Viskositätsverringerung über hohe Temperaturen oder starke Scherung erreicht. Wie vereinzelte Studien zeigten, besteht in der Anwendung von hochintensivem Ultraschall eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Konzentratviskosität. Dabei werden in kurzer Zeit mechanische Schwingungen über eine Sonotrode in das zu behandelnde Medium abgegeben. Dadurch entstehen Kavitationsblasen (akustische Kavitation), die bei Implosion temporär hohe Drücke und Scherkräfte hervorrufen. Inwieweit sich die einzelnen Beschallungsparameter bei verschiedenen Milch- und Proteinkonzentraten auf das Viskositätsverhalten auswirken, wurde

jedoch nur unzureichend untersucht. Insgesamt fehlen systematische Untersuchungen zur viskositätsreduzierenden Wirkung. Diese Wissenslücke sollte im Forschungsvorhaben geschlossen werden.

Forschungsergebnisse

Im Rahmen der Ultraschallbehandlung von Proteinkonzentraten zeigte sich für rekonstituiertes mizellares Caseinkonzentrat (MCC) eine deutliche Viskositätssenkung mit zunehmender Energiedichte. Mit einer Energiedichte von 100 J/g wurde eine etwa 50%-ige Senkung der Viskosität und ein kompletter Abbau ungelöster Bestandteile beobachtet. Letztere leisten aufgrund ihrer hohen Wasserbindung selbst nach langen Lösezeiten und bei nur geringer Konzentration einen enormen Beitrag zur Viskosität. An dieser Stelle kann eine Beschallung schnell und effektiv die Verarbeitbarkeit derartiger Konzentrate verbessern. Allerdings zeigte der Ultraschall keinen Effekt auf die Viskosität von membranfiltriertem MCC. Bei Molkenproteinisolat konnte die Viskosität um maximal 14% gesenkt werden.

Bei Magermilchkonzentraten ergab sich eine größere Reduzierung der Viskosität mit Abnahme des undenaturierten Molkenproteinstickstoffindexes (WPNI). Während der Ultraschall im low-heat Bereich keine Wirksamkeit zeigte, konnten im medium high-heat Bereich Reduzierungen von 20-60% erzielt werden. Eine Ultraschallbehandlung erscheint daher erst ab einem $WPNI \leq 4.5$ mg/g sinnvoll zu sein. Die erreichten Viskositätsreduzierungen ermöglichen eine Trockenmasse-Erhöhung von 1-3% an der Verarbeitungsgrenze (100-150 mPas). Im Weiteren zeigte sich, dass im Batch-Setup eine Energiedichte von 10 bis 20 J/g ausreichend ist, um eine optimale Viskositätsreduktion zu erzielen. Eine weitere Erhöhung der Energiedichte führte tendenziell zu schlechteren Resultaten. Die Beschallung bei Trockenmassen von 40% führte zu besseren Ergebnissen als die Beschallung der Konzentrate am Ende der Eindampfung, was eine Integration der Beschallung in den Eindampfprozess nahelegt. Eine Erhitzung der Konzentrate nach der Beschallung hat keinen Einfluss auf die bereits erzielte Viskositätssenkung. Die Beschallung von nachgedickten Magermilchkonzentraten führte zu einer erheblichen Senkung der Viskosität. Der Ultraschall ermöglichte bis zu Lagerzeiten von 30 min ein „Zurücksetzen“ der Viskosität auf das Ausgangsniveau oder darunter.

In Durchflussversuchen mit Magermilchkonzentraten resultierte aus einem einzelnen Durchgang eine nur geringe Reduktion der Viskosität. Eine Mehrfachbehandlung mit 4 Durchgängen mit 10 J/g pro Durchgang führte dagegen zu einer sukzessiven Viskositätsabnahme, wobei allerdings im Vergleich mit den Batch-Versuchen bei gleicher Energiedichte eine geringere Viskositätssenkung erzielt wurde. Amplitude und Durchsatz zeigten bei der Mehrfachbehandlung kein Einfluss auf die Wirksamkeit. Entscheidend waren vielmehr die Gesamt-Energiedichte sowie die Anzahl der Durchgänge.

Die durch Ultraschall erreichte Viskositätssenkung beeinflusste weder die Gelbildungs-Funktionalität noch die Emulgieraktivität und Stabilität von Emulsionen. Zudem zeigten die Pulver aus beschallten Konzentraten feinere Partikelgrößen und wiesen nach dem Rekonstituieren einen geringeren Anteil an schwer löslichen Partikeln auf. Die Ergebnisse unterstreichen das Potenzial der Ultraschalltechnologie für eine breite industrielle Anwendung zur Verbesserung der Verarbeitbarkeit von Milch- und Proteinkonzentraten bei gleichzeitigem der Produktqualität.

Wirtschaftliche Bedeutung

Im Jahr 2023 wurden in Deutschland 750 kt an milchbasierten Trockenprodukten hergestellt. Die Grenzen für die Trockenmasse in der Speise variieren je nach Produkt, Proteingehalt, Denaturierungsgrad etc., liegen im Mittel aber bei etwa 20 - 35% für Proteinkonzentrate und etwa 50-55% für Milchkonzentrate. Darüber hinaus kann eine optimale Zerstäubung aufgrund der hohen Viskosität nicht mehr gewährleistet werden. In Anbetracht des enormen Energiebedarfs der Sprühtrocknung würden sich bereits aus geringen Trockenmasseerhöhungen hohe Einsparpotentiale ergeben. Wie die Ergebnisse zeigen, sind durch die Beschallung mit moderaten Energiedichten Trockenmasseerhöhungen von 1-3% bei gleicher Viskosität möglich. Damit bietet die Hochintensiv-Ultraschall-Technologie ein großes Potential zur Energieeinsparung bei der Herstellung milchbasierter

Pulver. Zudem würde eine reduzierte Viskosität die Verarbeitung konzentrierter Speisen erleichtern und u.a. Produktionsstörungen durch Gelieren verhindern sowie die Aufrechterhaltung der Pumpfähigkeit bei Produktionsunterbrechungen sicherstellen. Eine verringerte Viskosität kann auch die Zerstäubung verbessern, wodurch die Möglichkeit entsteht, Restfeuchte und Lagerstabilität (Glasübergang) sowie die Partikelgrößenverteilung zu optimieren.

Ultraschallsysteme bestehen im Wesentlichen aus Erreger, Schallwandler und Sonotrode. Platzbedarf und Umbauaufwand sind verglichen mit anderen Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz gering. Zudem ist die Skalierbarkeit der Technologie unter Nutzung des Energiedichtekonzepts verhältnismäßig einfach. Insgesamt ergeben sich dadurch niedrige Barrieren für eine industrielle Umsetzung der gewonnenen Erkenntnisse.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024
2. Schulnies, F., Höhme, L. & Thomas Kleinschmidt, T.: Ultrasonication of Micellar Casein Concentrate to Reduce Viscosity—Role of Undissolved Material. *Foods*, 12(24):4519,doi:10.3390/foods12244519 (2023).

Weiteres Informationsmaterial

Hochschule Anhalt
FB 7 - Angewandte Biowissenschaften und Prozesstechnik
AG Lebensmittelverfahrenstechnik/Milchtechnologie
Bernburger Straße 55, 06366 Köthen
Tel.: +49 3496 67-2539
E-Mail: sebastian.kleinschmidt@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

Förderhinweis

... ein Projekt der Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



FORSCHUNGSKREIS
DER ERNÄHRUNGSINDUSTRIE E.V.



INDUSTRIELLE
GEMEINSCHAFTSFORSCHUNG

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