

Anwendung nativer Casein-Micellen als Biotransporter für natürliche lipophile Lebensmittel-Inhaltsstoffe

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle 1:	Max-Rubner-Institut (MRI) Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch, Kiel Prof. Dr. Jan Fritsche/Dr. Dierk Martin
Forschungsstelle 2:	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück Dr. Volker Heinz/Dr. Ute Bindrich/Prof. Dr. Stefan Töpfl
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
	Projektkoordinator: Dr. Alan Wolfschoon, Mondelez Deutschland GmbH, München
Laufzeit:	2014 - 2017
Zuwendungssumme:	€ 437.900,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Casein-Micellen (CM) haben in der Milch die Aufgabe, Nährstoffe, wie Protein, Calcium und Phosphat, für Neugeborene verfügbar zu machen. Aufgrund ihrer natürlichen Funktion als „Bio-Transporter“ für in wässriger Phase schlecht lösliche Substanzen, insbesondere Calcium, sind CM auch für den Transport weiterer wasserunlöslicher Substanzen interessant. Darüber hinaus zeichnen sich CM durch eine hohe Verfügbarkeit, gute sensorischen Eigenschaften und einen hohen nutritiven Wert aus. Sie erfüllen zudem den GRAS (generally recognized as safe)-Status, d. h. sie sind als sichere Lebensmittelzutaten anerkannt.

Der zunehmende Verzehr fettreduzierter oder fettfreier Produkte kann zu einer reduzierten Aufnahme von fettlöslichen, bioaktiven Substanzen, wie z. B. von fettlöslichen Vitaminen, führen. Vor diesem Hintergrund ist die Anreicherung von Lebensmitteln mit lipophilen, bioaktiven Substanzen Gegenstand aktueller wissenschaftlicher Arbeiten verschiedener Arbeitsgruppen. Dabei ist auch von Bedeutung, dass eine gegebene Photosensibilität und/oder Oxidationsempfindlichkeit von freien, d.h. nicht in die Lebensmittelmatrix eingebundenen Naturstof-

fen, durch die Einbindung in die CM möglichst quantitativ reduziert wird und dadurch der Naturstoff vor Luft und Licht geschützt wird. Ein wichtiger Aspekt, insbesondere für die Milchindustrie, ist die Anwendung belasteter CM in fettreduzierten und/oder fettfreien Milchprodukten, wie z. B. Joghurt, wobei die homogene Verteilung des belasteten Proteins in der gegebenen Produktmatrix von großer Bedeutung ist.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Voraussetzungen für ein industrietaugliches Verfahren zur Integration von lipophilen Lebensmittelinhaltsstoffen in natürliche CM zu schaffen. Dabei sollten die mit dem Einsatz von Na-Caseinat verbundenen Nachteile und ein großer technischer Aufwand, wie er z.B. bei der Behandlung von CM mit hydrostatischem Hochdruck zu verzeichnen ist, vermieden werden. Die angestrebten Systeme sollen als Biotransporter zur Anwendung in fettreduzierten oder fettfreien Lebensmitteln dienen oder die Integration von lipophilen nutritiven Inhaltsstoffen in Säuglingsnahrungsmitteln vereinfachen.

Forschungsergebnis:

Forschungsstelle 1: Rohmilch wurde vom institutseigenen Versuchsgut in Schädtebek

bezogen, entrahmt und die Magermilch mikrofiltriert und anschließend dreimal diafiltriert. Es konnte gezeigt werden, dass die so gewonnenen CM-Retentate einen hohen Caseingehalt (> 90 %) aufwiesen und die CM-Struktur trotz thermischer und mechanischer Belastung erhalten geblieben ist.

Es konnte gezeigt werden, dass native CM bei 2°C und einem pH von 5,5 optimal für eine weitere Beladung konditioniert sind. Darauf basierend wurden CM-Suspensionen erfolgreich mit β -Carotin, Vitamin D2 (Vit. D2) bzw. Docosahexaensäure (DHA) beladen. Im Vergleich zu Studien mit artifiziellen CM zeigte sich, dass Vit. D2 und β -Carotin zu vergleichbaren und/oder höheren Gehalten in native CM eingelagert werden konnten. Versuche mit DHA führten hingegen zu deutlich geringeren Wiederfindungsraten. In welchem Maß sich die Substanz in die micellare Phase einlagerte, hing wesentlich von der Darreichungsform ab.

Des Weiteren konnte ermittelt werden, dass die Zugabe von Molkenproteinen zu denen mit Vit. D2 beladenen CM und eine Erhitzung (85 °C/ 2 min) einen stabilisierenden Effekt auf die Beladung hatte.

Um letztlich ein haltbares Produkt herzustellen, wurden mit Vit. D2 beladene CM-Suspensionen außerdem sprüh- bzw. gefriergetrocknet. Die so produzierten Pulver wiesen alle einen vergleichbaren Vit.-D2-Gehalt auf und waren lagerstabil: innerhalb von 3 Monaten blieb der Gehalt des lipophilen Stoffes in allen Pulvern konstant. In einem letzten Schritt wurde ein ausgewähltes Pulver einem Magermilch-Joghurt zugesetzt. Die Zugabe richtete sich dabei nach der DGE-Empfehlung für die tägliche Vit.-D2-Aufnahme. Im Rahmen einer sensorischen Prüfung konnte das Prüferpanel keinen Unterschied zum nicht-zugesetzten Joghurt erkennen. Magermilch-Joghurt wurde zuletzt mit Vit. D2 beladenen CM und mit reinem Vit. D2 angereichert. Im Rahmen einer In-vitro-Verdauung zeigte sich, dass noch 90 % des verkapselten Vit. D2 nach der Proteolyse quantifiziert werden konnten und somit theo-retisch den Dünndarm erreicht. Bei der Zugabe von reinem und daher ungeschütztem Vit. D2 waren es nur 59 %.

Forschungsstelle 2: Industriell hergestellte Halbfabrikate sowie native CM-Suspensionen wurden intensiv untersucht. Dabei zeigte sich generell, dass CM-Suspensionen nach der Mikrofiltration hinsichtlich Leitfähigkeit, Partikelgrößenverteilung und Ladungszustand an den Micellenoberflächen eine sehr große Schwankungsbreite aufwiesen. Die Ursachen dieser Unterschiede konnten im Rahmen des Projekts nicht geklärt werden. Es ist aber sicher, dass der Ausgangszustand die Modifizierung der Micellenstruktur zur Einlagerung lipophiler Lebensmittelinhaltsstoffe in starkem Maße beeinflusst.

Alternativ zu klassischen Verfahren der Beeinflussung des Zustands von CM erfolgte die Konditionierung mit Hilfe gepulster elektrischer Felder (PEF). Es konnten Bedingungen ermittelt werden, die eine Beladung von CM mit lipophilen Substanzen ermöglichte. Dabei gab es keine Unterschiede der Konditionierung nativer und rehydratisierter CM. Allerdings schränken die Unterschiede im Ausgangszustand die Reproduzierbarkeit der Beladung ein. Als Korrekturmöglichkeit wurde ermittelt, das negative Potential durch Absenkung des pH-Werts auf 6,3 anzuheben und die Leitfähigkeit der CM-Suspensionen auf einen einheitlichen Wert einzustellen.

Ein weiterer Entwicklungsschritt war die Stabilisierung der beladenen CM mit Hilfe von PEF als Alternative zur klassischen Thermisierung. Während für rehydratisierte CM PEF-Behandlungsbedingungen identifiziert wurden, die eine hohe Beladung der CM ermöglichten, waren diese Bedingungen für native CM nicht anwendbar. Es waren sowohl Anpassungen des Proteingehalts der CM-Suspensionen als auch von der Produkteingangstemperatur und des speziellen Energieeintrags der PEF-Behandlung erforderlich. Darüber hinaus wurde gefunden, dass eine Kombination der Behandlung mit PEF und einer nachträglichen kurzzeitigen Heißhaltung bei 60°C die Beladung nativer CM signifikant verbessert.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Ergebnisse des Vorhabens tragen sowohl für die Hersteller funktioneller Ingredienzen als auch für die Hersteller darauf aufbauender Produkte zur Sicherung der

Wettbewerbs-fähigkeit bei. Durch beide im Rahmen des Vorhabens entwickelten und evaluierten technologischen Verfahren können native Caseinmicellen (CM) als Transporter für lipophile wertgebende Inhaltsstoffe hergestellt und für ein breites Anwendungsspektrum verwendet werden.

Hierdurch ergeben sich für die Milchindustrie neue Anwendungsfelder bei Low-Fat- und Non-Fat-Produkten, wie z.B. Joghurt, im Bereich Säuglingsnahrungsmittel (insbesondere DHA-haltige CM), Sportlernahrungen sowie bei funktionellen Lebensmitteln.

In Deutschland gab es im Jahre 2015 insgesamt 124 milchverarbeitende Unternehmen, die einen Umsatz in Höhe von 23,5 Mrd. € erzielten.

Darüber hinaus besteht auch Nutzungspotential in der Pharmaindustrie, z. B. in der klinischen Ernährung. Die erzielten Ergebnisse kommen insbesondere KMU zugute, da die hierfür zugrunde liegenden und durchgeführten Forschungsarbeiten von diesen selbst nicht zu leisten sind. Die Ergebnisse sind für die Milchwirtschaft von fundamentaler Bedeutung, da der zunehmende Verzehr fettreduzierter oder fettfreier Lebensmittel prinzipiell die Gefahr einer reduzierten Aufnahme von bioaktiven lipophilen Substanzen, wie beispielsweise von fettlöslichen Vitaminen und unentbehrlichen Fettsäuren, birgt. Durch die Anwendung von nativen CM als Biotransporter für lipophile Substanzen ist damit die Entwicklung moderner und intelligenter Produkte mit hoher physiologischer Wertigkeit und hohem wirtschaftlichem Potential gegeben.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2017.
2. Möller, H., Martin, D., Schrader, K., Hoffmann, W., Pargmann, S., Kurz, J. & Lorenzen, P.C.: Comparative Studies of Loading Lipophilic Substances into Casein

- in Micelles and Investigating the Influence of Whey Proteins and Heat Treatment on Loading Stability. Intern. J. Food Sci. Technol. 71 (4), 954-965 (2018).
3. Möller, H., Martin, D., Schrader, K., Hoffmann, W. & Lorenzen, P.C.: Spray- or Freeze-drying of Casein Micelles Loaded with Vitamin D2: Studies on Storage Stability and in vitro Digestibility. LWT - Food Sci. Technol. 97, 87-93 (2018).
4. Bindrich, U.: Anwendung nativer Casein-Micellen als Biotransporter für natürliche lipophile Lebensmittelinhaltsstoffe. Jahrbuch DIL, 78-81 (2017/2018).
5. Möller, H., Martin, D., Schrader, K., Hoffmann, W. & Lorenzen, P.C.: Native casein micelles as nanocarriers for β -carotene: pH- and temperature induced opening of the micellar structure. Intern. J. Food Sci. Technol. 52, 1122-1130 (2017).

Weiteres Informationsmaterial:

Max-Rubner-Institut (MRI)
 Bundesforschungsinstitut für Ernährung und Lebensmittel
 Institut für Sicherheit und Qualität bei Milch und Fisch
 Hermann-Weigmann-Straße 1, 24103 Kiel
 Tel.: +49 431 609-2262
 Fax: +49 431 609-2300
 E-Mail: dierk.martin@mri.bund.de

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)
 Prof.-von-Klitzing-Straße 7
 49610 Quakenbrück
 Tel.: +49 5431 183-130
 Fax: +49 5431 183-200
 E-Mail: u.bindrich@dil-ev.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.