Nachbehandeln konzentrierter Mikrogelsuspensionen mit Hochleistungsultraschall für eine reduzierte Viskosität am Beispiel proteinreicher fermentierter Milchprodukte



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Milchwissenschaft und -technologie Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs
Industriegruppe(n):	Milchindustrie-Verband e.V. (MIV), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Christian Trgo J. Bauer GmbH & Co. KG, Wasserburg/Inn
Laufzeit:	2020 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 243.771,--

Ausgangssituation

Bei fermentierten Milchprodukten mit erhöhtem Proteingehalt (8 bis 12 %), wie z. B. Skyr, Frischkäseprodukte oder konzentrierte Joghurts (Greek-Style), handelt es sich um konzentrierte Mikrogelsuspensionen, die sich steigender Beliebtheit bei den Konsumenten erfreuen. Es handelt sich um eine neue Produktgruppe, die meist ohne Fett in ihren Textureigenschaften zwischen Joghurt und Quark angesiedelt ist. Der Trend geht dabei zu immer höheren Proteingehalten, die, ohne Fett zu enthalten, nach wie vor cremig sein sollen. Je höher allerdings der Proteingehalt ist, desto mehr neigen die Produkte zu sensorischen Mängeln. Für die Hersteller ist es herausfordernd, die Textur und die sensorischen Eigenschaften dieser fermentierten Milchprodukte gezielt einzustellen. Aktuell werden hierzu verschiedene Technologien einzeln oder in Kombination eingesetzt, um die Textureigenschaften einzustellen, wie z. B. Mischen von Quark mit fettfreiem Joghurt, eine mechanische Nachbehandlung oder die Zugabe von Molkenproteinaggregaten. Diese Optionen haben jedoch ihre Grenzen, z. B. vermindert das Mischen von Quark mit Joghurt zwar die Festigkeit, jedoch wird gleichzeitig der Proteingehalt des Endprodukts abgesenkt.

Vorversuche der Forschungsstelle zeigten, dass Hochleistungsultraschall (US) (f ≥ 20 kHz) grundsätzlich dafür geeignet ist, die Textureigenschaften eines fermentierten Milchprodukts einzustellen. Offen waren allerdings im Hinblick auf einen praktischen Einsatz dieser Technik folgende Fragen:

- Wie wirken sich die Parameter einer Ultraschallbehandlung auf die Fließeigenschaften einer konzentrierten Mikrogelsuspension im Proteinbereich von 8 bis 12 % aus?
- Wie werden die Mikrogelpartikel in fermentierten Milchprodukten durch eine derartige Behandlung verändert?

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, die durch Ultraschall auf mikro- und makrostruktureller Ebene induzierten Effekte in konzentrierten Mikrogelpartikelsuspensionen zu untersuchen. Die gewonnenen

Erkenntnisse sollen helfen, eine Scale-up-fähige Technologie zu entwickeln, um die Textur hochproteinhaltiger fermentierter Milchprodukte gezielt einsetzen zu können.

Forschungsergebnis

Als Modellsystem für hochproteinhaltige, fettfreie Mikrogelsuspensionen wurde fettfreier Frischkäse (9 bis 12 g/100 g Protein) ausgewählt. Für den Technikumsmaßstab wurde ein experimenteller Behandlungs- und Messaufbau entwickelt, konzipiert und aufgebaut, mit dem konzentrierte Mikrogelsuspensionen kontinuierlich mit Hochleistungsultraschall behandelt werden. Neben Temperieren erlaubt der experimentelle Aufbau die kontinuierliche und auch zyklische Behandlung. Die Proben wurden neben chemischer Zusammensetzung bzgl. Protein-Volumenanteil (Mikrogelpartikel = Protein + immobilisiertes Serum), Partikelgrößenverteilung, Viskosität und Fließgrenze charakterisiert.

Für das Modellsystem mit 9 g/100 g Protein sank mit zunehmendem Ultraschall-Energieeintrag der Volumenanteil der Mikrogelpartikel von größer 0,5 auf kleiner 0,4 (Temperaturbereich 5 bis 15 °C). Ein Energieeintrag von 74 MJ m^{-3} reduzierte gegenüber der unbehandelten Probe den Volumenanteil um 60 % und den Span der Partikelgrößenverteilung um 30 %. Dadurch konnten die Viskosität und Fließgrenze um 86 % bzw. 99 % verringert werden. Für eine Behandlungstemperatur von 35 °C wurde ab einem Energieeintrag von 55 MJ m^{-3} ein wieder steigender Volumenanteil beobachtet, was auf eine temperaturinduzierte Aggregation von Mikrogelpartikeln zurückgeführt werden konnte. Die Fließgrenze stieg wieder an. In weiteren Experimenten wurde der Einfluss des Proteingehalts näher untersucht (11 bzw. 12,8 g/100 g Protein). Durch die Ultraschallbehandlung konnte eine vergleichbare relative Reduktion der rheologischen Eigenschaften erreicht werden. Für alle Proben war es möglich, die Viskosität und Fließgrenze unter die eines fettfreien Rührjogurts aus dem Handel zu reduzieren, wobei mit zunehmendem Proteingehalt ein erhöhter Energieeintrag notwendig war.

In einer Sensorikstudie (Modellsystem Frischkäse 9 g/100 g Protein) wurde von den Probanden mit zunehmendem Ultraschall-Energieeintrag eine Verschiebung des texturellen Eindrucks von klebrig über cremig bis zu wässrig ermittelt. Ab einem Energieeintrag von > 15 MJ m^{-3} wurde die Bildung von off-flavor beschrieben. Die Hypothese wurde bestätigt: Durch Behandeln mit niederfrequentem Hochleistungsultraschall können die Viskosität und Fließgrenze von konzentrierten fermentierten Milchprodukten gezielt reduziert werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Mit dem Aufkommen des Gesundheitstrends für fettfreie, hochproteinhaltige fermentierte Milchprodukte ist zwischen 2018 und 2021 der mehrmalige wöchentliche Konsum in Deutschland von Frischkäse um 10,9 % von 17,4 auf 19,3 Mio. Menschen gestiegen, im Segment Quark um 24 % von 4,87 auf 6,04 Mio. Menschen. Üblicherweise werden diese proteinangereicherten Produkte hergestellt, indem zunächst die Milch fermentiert und dann mittels Membrantrennverfahren oder Separator konzentriert wird. Nachteilig ist in beiden Fällen, dass die hohen Proteingehalte zu einer hochpastösen, wenig fließfähigen Konsistenz mit zum Teil stark haftendem, trockenem Mundgefühl führen und den Produkten die „Cremigkeit“ fehlt. Daher griffen rund 42 % der Konsumenten im Jahr 2022 im Segment proteinreiche Milchprodukte zum (High-)Protein Jogurt, der damit das beliebteste Produkt vor Skyr (36 %) und Quark (31 %) war.

Durch Einsatz einer Ultraschall-Nachbehandlung können derzeit eingesetzte aufwändige Technologien, wie das Einmischen von mikropartikuliertem Molkenprotein, ersetzt werden. Auf Basis der Ergebnisse können neue proteinangereicherte fermentierte Milchprodukte mit geringer Viskosität gezielt entwickelt bzw. produziert werden, z. B. Sportlerdrinks oder Spezialprodukte, die in besonderen Lebenssituationen, z. B. für Menschen in Senioren- und Pflegeheimen gegen Muskelabbau (Sarkopenie) oder bei Schluckbeschwerden (Dysphagie) eingesetzt werden. Insbesondere bei Dysphagie-Patienten werden gerne Joghurtprodukte angereichert mit Molkenproteinen eingesetzt, um den Proteingehalt zu erhöhen. Proteinangereicherte fermentierte, aber in ihrer Viskosität reduzierte Milchprodukte wie Frischkäse wären somit ideal für diese Konsumentengruppe. Diese Zielgruppe ist ein Wachstumsmarkt, der mit Spezialprodukten die Wertschöpfung in KMU verbessern kann.

Die Erkenntnisse bzgl. des Effekts von Ultraschall auf Mikrogelpartikel lassen sich darüber hinaus auch für andere Hydrogel-Anwendungen, z. B. im Pharma- oder Kosmetikbereich, nutzen.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Piskors, N., Heck, A., Filla, J. M., Atamer, Z. & Hinrichs, J.: High Protein—Low Viscosity? How to Tailor Rheological Properties of Fermented Concentrated Milk Products. Dairy. 4, 594–605 (2023).
3. Heck, A., Nöbel, S. & Hinrichs, J.: Inline Particle Size Analysis during Technical-Scale Processing of a Fermented Concentrated Milk Protein-Based Microgel Dispersion: Feasibility as a Process Control. Dairy. 4, 180–199 (2023).
4. Heck, A., Schäfer, J., Hitzmann, B. & Hinrichs, J.: Fat-free fermented concentrated milk protein-based microgel dispersions manufactured at technical scale: Production parameters as drivers of textural properties. Intern. Dair. J. 127, 105195 (2021).
5. Heck, A., Nöbel, S., Hitzmann, B. & Hinrichs, J.: Volume Fraction Measurement of Soft (Dairy) Microgels by Standard Addition and Static Light Scattering. Food Biophys. 16, 237–253 (2021).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Milchwissenschaft und -technologie
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-23792
Fax: +49 711 459-23617
E-Mail: j.hinrichs@uni-hohenheim.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:
Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
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.

Bildnachweis - Seite 1: © Universität Hohenheim

Stand: 17. März 2026