Entwicklung mechanisch-enzymatischer Verfahren zur Herstellung niedrigviskoser Ballaststoffkonzentrate



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Technische Universität Berlin Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie FG Lebensmitteltechnologie und -materialwissenschaften Prof. Dr. Stephan Drusch/Dr. Rocío Morales-Medina Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Angewandte Biowissenschaften Abt. Lebensmittelchemie und Phytochemie Prof. Dr. Mirko Bunzel/Dr. Judith Keller
Industriegruppe(n):	Fachverband Pektin e.V., Neuenbürg
Projektkoordinator:	Prof. Dr. Hans-Ulrich Endreß Herbstreith & Fox GmbH & Co. KG Pektin-Fabriken, Neuenbürg
Laufzeit:	2021 - 2024
Zuwendungssumme:	€ 378.378,--

Ausgangssituation

Die in Lebensmitteln enthaltenen Faserstoffe werden unter dem Begriff „Ballaststoffe“ als nicht verwertbare Lebensmittelinhaltsstoffe zusammengefasst und werden als wichtiger Faktor für die Gesundheit angesehen. Als Ballaststoffe („dietary fibre“, Nahrungsfasern) werden Kohlenhydrate definiert (Codex Alimentarius), die aus drei oder mehr Monomeren bestehen und im Dünndarm weder verstoffwechselt noch absorbiert werden. In den deutschsprachigen Ländern (D-A-CH) wird eine Zufuhr von 30 g Ballaststoffen/Tag empfohlen. Diese Zufuhrmenge wird jedoch nach den Ergebnissen der Nationalen Verzehrstudie in keiner Altersgruppe und weder von Frauen noch von Männern erreicht. Strategien zur Steigerung der Aufnahme umfassen zum einen eine bessere Verbraucherinformation, zum anderen aber auch die Entwicklung von Lebensmitteln mit Ballaststoffanreicherung.

Die Quellen von Ballaststoffen, die für die Gestaltung derartiger Lebensmittel genutzt werden können, sind heterogen: So stellt Weizenkleie den Goldstandard bezgl. reduzierter Transitzeiten des Chymus im Gastrointestinaltrakt dar, für mixed-linked β-Glucane existieren Health Claims bzgl. der Senkung des Cholesterin- und des Blutzuckerspiegels und für bestimmte Oligosaccharide, wie z.B. Galaktooligosaccharide oder Oligofructose, sind präbiotische Eigenschaften nachgewiesen. Bei der Anreicherung von Lebensmitteln mit Ballaststoffen existieren jedoch Limitationen: Zellulose und hemizellulosereiche Ballaststoffe aus Getreide oder Leguminosen können zwar in festen Lebensmitteln, wie z.B. Backwaren, eingesetzt werden, eine Anreicherung von gelartigen oder flüssigen Lebensmitteln ist jedoch aufgrund der sensorischen Veränderungen nur bedingt möglich.

Hier werden eher Rohstoffe mit einem hohen Anteil an löslichen Ballaststoffen, wie z.B. β-glukanreiche Getreidefraktionen oder pektinreiche Apfelfasern, eingesetzt. Diese haben (z. T. durch mechanischen Aufschluss) eine hohe Wasserbindekapazität und unterstützen die Strukturausbildung in diesen Lebensmitteln. Aufgrund dieser Eigenschaft können jedoch häufig nicht die für eine Auslobung notwendigen Mengen von 3 bzw. 6 g/100 g in Lebensmittel eingebracht werden, um das Produkt als „Ballaststoffquelle“ bzw. „reich an Ballaststoffen“ zu bewerben. Daher existiert Bedarf an niedrigviskosen, partiell abgebauten Ballaststoffkonzentraten, die sich in entsprechenden Mengen in gelartige und flüssige Lebensmittel einbringen lassen, ohne die Produkteigenschaften zu verändern.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, kombinierte mechanisch-enzymatische Verfahren zur Herstellung niedrigviskoser Ballaststoffkonzentrate mit einem erhöhten Anteil an niedermolekularen Ballaststoffkomponenten (Oligosacchariden) zu entwickeln und deren Eignung zum Einsatz in gelartigen und flüssigen Lebensmitteln aufzuzeigen. Hierbei ist das Profil der erhaltenen Ballaststoffkonzentrate abhängig von der Faserzusammensetzung des Ausgangsstoffes sowie der Auswahl an Prozessparametern und eingesetzter Enzyme sowie dem Zeitpunkt des Enzymeinsatzes (vor oder nach der Hochdruckhomogenisation).

Forschungsergebnis

Zur Herstellung von Faserzubereitungen mit niedriger Viskosität wurden zwei Ansätze getestet: eine Kombination aus enzymatischer Hydrolyse und anschließender Hochdruckhomogenisierung zur Herstellung von Suspensionen mit einer Viskosität von weniger als 30 mPa·s und eine Kombination aus Homogenisierung und anschließender enzymatischer Hydrolyse zur Herstellung von Suspensionen mit einer Viskosität von weniger als 10 mPa·s und hohem Oligosaccharidgehalt.

Durch den ersten Ansatz konnten durch die Wahl der geeigneten Enzymmischung und der Hydrolysezeit stabile Suspensionen mit einer Viskosität von etwa 10 mPa·s für alle Fasermaterialien hergestellt werden. Bei Lupineninnenfasern wurden physikalisch stabile Suspensionen durch eine lange Hydrolysezeit mit Polygalacturonanase (PG) und Mikrofluidisierung erzielt, während für die anderen Substrate eine Kombination von Cellulase, Xylanase, Arabinase, Galactanase und PG erforderlich war. Durch die enzymatisch-mechanische Behandlung kam es in allen Präparaten vor allem zu einer Reduktion des Anteils an unlöslichen Ballaststoffen, bei paralleler Zunahme des Gehalts an freien Mono- und Disacchariden. Während sich die untersuchten enzymatisch-mechanisch behandelten Erbsenaußenfasern hinsichtlich Technofunktionalität und Zusammensetzung kaum unterschieden, unterschied sich der enzymatisch-mechanisch behandelte Karottentrester, welcher unter Einsatz eines hohen Anteils an PG hergestellt wurde, von den übrigen enzymatisch-mechanisch behandelten Karottentrester. Die genaue Rolle der einzelnen Enzyme konnte aufgrund einer unvollständigen Inaktivierung der Enzyme und unspezifischer Nebenaktivitäten der Enzyme nicht aufgeklärt werden. Auch die enzymatisch-mechanisch behandelten Lupineninnenfasern unterschieden sich kaum voneinander, bis auf den Anteil an Mono- und Disacchariden.

Die Ergebnisse des zweiten Ansatzes zeigten für alle Probenmaterialien einen geringen Anstieg der niedermolekular löslichen Ballaststoffe, was sich durch die Bildung an Oligosacchariden erklären lässt. Im zweiten Ansatz wurden bei allen drei Rohstoffen weniger Enzyme wie im ersten Ansatz benötigt. Zudem kann beim Karottentrester auf eine vorherige mechanische Behandlung verzichtet werden.

Ausgewählte Karottenproben wurden erfolgreich in Getränken und Joghurts eingesetzt. Getränke mit den claims "Ballaststoffquelle" und "Hoher Ballaststoffgehalt" wurden von einer Gruppe von Panelisten bewertet, das Mundgefühl und der Gesamteindruck waren unabhängig von der Ballaststoffkonzentration. Der angereicherte Joghurt hatte den Charakter eines viskoelastischen Gels, die Struktur war etwas schwächer als die eines Vollmilchjoghurts ohne Faseranreicherung. Das aktuelle Projekt hat gezeigt, dass stabile niedrigviskose Fasersuspensionen mit definierter Viskosität und substratspezifischem Oligosaccharidprofil hergestellt und in flüssige und halbfeste Lebensmittelmatrizes eingearbeitet werden können.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Ausgangsmaterialien zur Herstellung von Ballaststoffen stellen i.d.R. Nebenprodukte in der Prozesskette der Obst- und Gemüseverarbeitung sowie der Stärke- und Proteingewinnung dar. Insgesamt fallen allein in der EU jährlich 16,9 Mio. t Nebenprodukte bei der Lebensmittelproduktion an. Deutschland zählt hierbei zu den fünf größten Produzenten von prozessiertem Obst und Gemüse mit einem Anteil von rund 12 % am Marktvolumen (ca. 51,5 Mrd. €).

Mit 261 Betrieben und mehr als 33.000 Beschäftigten (2018) ist die obst- und gemüseverarbeitende Industrie der drittgrößte Sektor der Lebensmittelindustrie, während in der Fruchtsaftindustrie (344 Betriebe) rd. 6.600 Beschäftigte tätig waren. Beide Wirtschaftsbereiche haben einen hohen Anteil an kleinen und mittelständischen (KMU), in denen eine unzureichende Nutzung der Nebenprodukte die Wertschöpfung limitiert. Diese Nebenprodukte sind auf dem Markt teilweise nicht verkäuflich oder es lassen sich für diese lediglich Preise von ca. 0,30 €/kg erzielen. Diesem Fakt stehen marktübliche Preise von bis zu 5 €/kg für Ballaststoffe oder 10-40 €/kg für Oligosaccharidprodukte mit einer spezifischen technologischen bzw. ernährungsphysiologischen Funktionalität gegenüber. Durch Verwertung ihrer Nebenprodukte als Ausgangsmaterial für funktionelle Ballaststoffe können die Betriebe dieser Wirtschaftszweige daher eine deutlich höhere Wertschöpfung erzielen.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Schmidt, R. E., et al.: Production and characterization of mechanically-enzymatically treated suspensions of the food by-product pea hull. Frontiers in Nutrition, 13, 10.3389/fnut.2026.1852207 (2026).
3. Schmidt, R. E., & Bunzel, M.: A HILIC-PDA (-MS) profiling approach for the analysis of (methyl esterified) unsaturated galacturonic acid oligosaccharides released from pectins and food by-products. Carbohydrate Research, 562, 10.1016/j.carres.2026.109816 (2026).
4. Schmidt, R. E., & Bunzel, M.: Evaluation of AOAC-Method 2017.16: Detection of Oligosaccharides as Low Molecular Weight Soluble Dietary Fiber. Cereal Chemistry, 102, 431-437, https://doi.org/10.1002/cche.10885 (2025).

Weiteres Informationsmaterial

Technische Universität Berlin
Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie
FG Lebensmitteltechnologie und -materialwissenschaften
Königin-Luise-Straße 22, 14195 Berlin
Tel.: +49 30 314-71819
Fax: +49 30 314-71492
E-Mail: stephan.drusch@tu-berlin.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Angewandte Biowissenschaften
Abt. Lebensmittelchemie und Phytochemie
Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42936
Fax: +49 721 608-47255
E-Mail: mirko.bunzel@kit.edu

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: © bergamont - stock.adobe.com #42033971

Stand: 22. September 2026