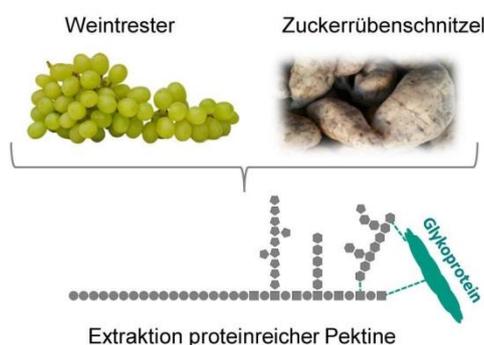


Proteinreiche Pektine: Aufklärung der funktionellen Zusammenhänge zwischen Extraktionsbedingungen, molekularer Struktur und Kolloid- sowie Emulgierereigenschaften



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Angewandte Biowissenschaften Abt. Lebensmittelchemie und Phytochemie Prof. Dr. Mirko Bunzel/Prof. Dr. Daniel Wefers Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Heike P. Karbstein/Dr. Ulrike van der Schaaf
Industriegruppe(n):	Fachverband Pektin e.V., Neuenbürg
Projektkoordinator:	Prof. Dr. Hans-Ulrich Endreß Herbstreith & Fox GmbH & KG, Neuenbürg
Laufzeit:	2018 – 2021
Zuwendungssumme:	€ 408.170,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation

Viele Lebensmittel, wie Softdrinks, Saucen oder Desserts, sind emulsionsbasiert und erfordern daher zur Stabilisierung den Einsatz von Emulgatoren und Stabilisatoren. Aufgrund eines geänderten Konsumentenverhaltens werden hierfür immer öfter natürliche, z.T. pflanzliche Rohstoffe nachgefragt. Daher werden häufig Proteine eingesetzt, die jedoch eine hohe Sensitivität gegenüber pH-Wert-Änderungen oder Hitzeinflüssen aufweisen, was zu einem Stabilitäts- und somit Qualitätsverlust der emulsionsbasierten Lebensmittel führen kann. Durch die kovalente Verknüpfung von Proteinen mit Polysacchariden kann jedoch die Funktionalität der Proteine stark verbessert werden, so dass sich feindisperse Emulsionen auch bei sonst ungünstigen pH-Werten stabilisieren bzw. Emulsionen mit verbesserter Hitze- und pH-Stabilität produzieren lassen.

Eine Möglichkeit, Protein-Polysaccharid-Konjugate herzustellen, ist die langsame und trockene Erhitzung von Proteinen in Gegenwart von Polysacchariden. Trotz ihrer sehr guten technologischen Eigenschaften ist die Anwendung solcher gezielt hergestellten Konjugate zurzeit noch begrenzt, da das derzeitige Herstellungsverfahren durch sehr geringe Durchsätze und hohen Kosten gekennzeichnet ist.

Eine weitere Möglichkeit zur Gewinnung von Protein-Polysaccharid-Konjugaten ist die Extraktion solcher Konjugate aus pflanzlichen Rohstoffen. Protein-Polysaccharid-Konjugate sind in Form von Glykoproteinen, die mit Pektinen verknüpft bzw. vergesellschaftet vorliegen, ein natürlicher Bestandteil vieler Pflanzen bzw. pflanzlicher Rohstoffe. Hohe Anteile pflanzlicher Glykoproteine sind z.B. in *Gummi arabicum* enthalten, das aufgrund seiner guten emulgierenden und stabilisierenden Eigenschaften breite Verwendung als Zusatzstoff

findet. Auch in heimischen pflanzlichen Industrienebenprodukten, wie z.B. Traubentrester oder Zuckerrübenschnitzeln, sind in Form von Pektinen und Pektin-assoziierten Verbindungen große Mengen an Glykoproteinen enthalten. Bei Pektinen handelt es sich um bereits zugelassene Zusatzstoffe, die jedoch im Gegensatz zu vielen anderen Emulgatoren bzw. Stabilisatoren ein positives Verbraucherimage besitzen. Zusätzlich ist es möglich, Pektine aus Rohstoffen regionaler Herkunft bzw. aus ökologischem Anbau zu gewinnen. Pektine könnten bisher verwendete Zusatzstoffe, wie *Gummi arabicum* oder modifizierte Stärke, ersetzen, vorausgesetzt, ihre Funktionalität wird verbessert.

Pektine sind ubiquitär in pflanzlichen Zellwänden verbreitete Polysaccharide, die in isolierter Form typischerweise als Gelbildner eingesetzt werden. Im IGF-Projekt AiF 18644 N konnte an Forschungsstelle 2 bereits gezeigt werden, dass Pektine aus Zuckerrübenschnitzeln ebenfalls ausgezeichnete emulgierende Eigenschaften aufweisen. Diese Pektine waren durch einen hohen Proteingehalt, aber auch durch einen sehr niedrigen Galacturonsäuregehalt charakterisiert, der nur knapp über dem gesetzlich erforderlichen Wert von 65 % lag. In vorangegangenen Arbeiten wurde festgestellt, dass der Proteinanteil nicht der einzige entscheidende Parameter für die emulgierende Wirkung ist, sondern dass auch andere funktionelle Gruppen des strukturell komplexen Pektins eine wichtige Rolle spielen können.

Die Struktur isolierter Pektine wird maßgeblich durch die bei der Extraktion vorherrschenden Bedingungen beeinflusst. Die Extraktion von Pektinen aus Zuckerrübenschnitzeln wurde bereits in einigen Studien untersucht, wobei jedoch keine systematischen Untersuchungen zur Extraktion von proteinreichen Pektinen mit bestmöglichen emulsionsstabilisierenden Eigenschaften durchgeführt wurden. Trester aus weißen Trauben stellen einen bislang praktisch nicht genutzten Rohstoff mit Potential zur Extraktion von proteinreichen Pektinen dar. So wurden bereits bedeutende Mengen an Pektinen bzw. Glykoproteinen in Trauben und in Folgeprodukten, wie Traubentrester und Wein, nachgewiesen. Die Extrahierbarkeit proteinreicher Pektine aus Traubentrester wurde jedoch bislang noch nicht untersucht. In vorherigen Studien zur Pektinextraktion aus Zuckerrüben konnte gezeigt werden, dass bei der konventionell angewendeten Säureextraktion vielfältige strukturelle Veränderungen stattfinden. Dagegen führt eine Verwendung von Komplexbildnern oder Enzymen zu einer schonenderen Extraktion und somit einer geringeren strukturellen Modifikation. Allerdings gibt es auch kaum Erkenntnisse über eine gezielte Anwendung dieser Verfahren zur Gewinnung proteinreicher Pektine.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, das Potential des bisher nicht genutzten Rohstoffs Traubentrester aufzuzeigen sowie ein verbessertes Verfahren zur Extraktion von emulsionsstabilisierenden Pektinen zu entwickeln. Es sollte der emulsionsstabilisierende Mechanismus dieser proteinreichen Pektine verstanden werden, um Empfehlungen für einen zielführenden Einsatz dieser Pektine geben zu können. Für die Gewinnung proteinreicher Pektine sollten sowohl eine Säureextraktion als auch eine Kombination aus einer Komplexbildnerextraktion und einer enzymatischen Hydrolyse zum Einsatz kommen, jeweils unter variierenden Bedingungen. Die Analyse der strukturellen und emulgierenden Eigenschaften der Pektinpräparate sollte es ermöglichen, Prozess-Struktur- sowie Struktur-Eigenschaftsbeziehungen aufzustellen. Mithilfe der erhaltenen Ergebnisse sollten die vielversprechendsten Extraktionsmethoden ausgewählt und durch den Einsatz pektinolytischer Enzyme gezielt verbessert werden.

Forschungsergebnis

Im Rahmen des Vorhabens wurden verschiedene Extraktionsbedingungen bzw. -methoden gewählt und somit etwa 200 Pektine mit unterschiedlichen strukturellen Eigenschaften extrahiert. Die gewonnenen Pektine wurden mittels verschiedener analytisch-chemischer Analysemethoden in Hinblick auf Ausbeute, Galacturonsäuregehalt, Veresterungsgrad, Molekulargewicht, Monosaccharid- und Aminosäurezusammensetzung, Polysaccharid-Bindungsverhältnisse sowie Protein- und Ferulasäuregehalt charakterisiert. Neben den strukturellen Eigenschaften wurden zudem die kolloidalen und emulsionsstabilisierenden Eigenschaften der Pektine charakterisiert.

Basierend auf den strukturellen und emulsionsstabilisierenden Eigenschaften wurden Struktur-Eigenschafts-Beziehungen aufgestellt und daraufhin Verbesserungen der vielversprechendsten Extraktionsbedingungen vorgenommen. Für eine Vielzahl von Pektinen wurden Korrelationen zwischen den Anteilen der einzelnen Strukturelemente und den emulgierenden Eigenschaften des jeweiligen Pektins aufgestellt. Die beobachteten Struktur-Eigenschaftsbeziehungen wurden über eine gezielte enzymatische Hydrolyse überprüft und näher spezifiziert. Es konnte gezeigt werden, dass eine möglichst wenig modifizierte Pektinstruktur mit einem hohen Anteil verzweigter Arabinanseitenketten zu verbesserten emulgierenden Eigenschaften führte. Um bei der Pektinextraktion einen hohen Anteil dieser Strukturen zu erzielen, ist die Wahl möglichst schonender Extraktionsbedingungen (z.B. kurze Extraktionszeiten) notwendig.

Um einen potentiellen Einsatz in Lebensmitteln zu untersuchen, wurden die Anwendungsmöglichkeiten ausgewählter Pektine geprüft. Dazu wurden pektinstabilisierte Emulsionen hergestellt und nachträglich einer pH-Wert-Änderung, einer Würzung und einer Pasteurisation unterzogen, um deren Prozessstabilität aufzuzeigen. Zusätzlich wurden Modelllebensmittel (Salatsaucen und Erfrischungsgetränke) hergestellt und die Langzeitstabilität dieser Produkte untersucht. Mit ausgewählten Zuckerrüben- und Traubenpektinen (Rebsorte: Muskateller) konnten sowohl modellhafte Salatsaucen als auch Erfrischungsgetränke hervorragend stabilisiert werden. Daher kann das Anwendungspotential dieser Pektine für die Lebensmittelindustrie als sehr hoch eingeschätzt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Für viele Lebensmittelsysteme besteht eine steigende Nachfrage nach möglichst natürlichen emulsionsstabilisierenden Zusatzstoffen. Pektine sind bereits zugelassene Zusatzstoffe mit einem positiven Image bei den Verbrauchern und besitzen nachweislich Potential zur Stabilisierung von Emulsionen. Jedoch wurde die Pektinextraktion bislang nur auf eine verbesserte Gelierfähigkeit bzw. Viskositätserhöhung hin optimiert. Mithilfe der erzielten Ergebnisse im Rahmen des Forschungsprojektes konnte gezeigt werden, dass durch eine gezielte Verbesserung des Extraktionsprozesses in ihrer Funktionalität verbesserte Pektine erhalten werden können. Diese Pektine könnten bisher verwendete Zusatzstoffe, wie *Gummi arabicum* oder modifizierte Stärken, ersetzen. Da die für die Herstellung der Pektine verwendeten Rohstoffe aus regionaler Produktion stammen und ein ökologischer Anbau möglich ist, können zusätzlich zur langfristigen Qualitätsverbesserung bestehender Produkte neue Konsumentengruppen erschlossen werden. Des Weiteren ist mit der Entwicklung neuartiger Produkte mit innovativen Produkteigenschaften auf Basis der identifizierten Pektine zu rechnen.

Um die Wettbewerbsfähigkeit insbesondere von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) durch Prozess- und Produktinnovationen zu steigern, sind grundlegende Kenntnisse über die Zusammenhänge zwischen Rohstoffauswahl, Extraktionsbedingungen, Prozessführung und Produkteigenschaften nötig. Gerade bei der Verwendung von Rohstoffen aus natürlichen Quellen, wie die hier im Fokus stehenden Zuckerrüben- und Traubenpektine, war bislang noch sehr wenig verständnisbasiertes Wissen vorhanden. Durch die im Rahmen des Vorhabens durchgeführten anwendungsorientierten Untersuchungen konnten wichtige Erkenntnisse über Prozess-Struktur- und Struktur-Eigenschaftsbeziehungen gewonnen werden.

Es konnte gezeigt werden, dass ein weitestgehender Erhalt der nativen Pektinstruktur im Zuge der Extraktion in Pektinen mit verbesserten Eigenschaften resultiert. Dementsprechend sind schonende Extraktionsverfahren zu empfehlen. Um hierbei eine gute Ausbeute zu erzielen, konnten kurze Extraktionszeiten bei pH 2 sowie lange Extraktionszeiten bei pH 3 bzw. pH 4 als vielversprechende Optionen zur Pektinextraktion aus Zuckerrübenschnitzeln ermittelt werden. Diese Extraktionsmethoden führen, ebenso wie eine 20-minütige Autoklavenextraktion, zu hohen Ausbeuten an Pektinen mit hervorragenden emulgierenden Eigenschaften. Eine weitere Ausbeutesteigerung kann durch Nachinkubation mit cellulolytischen Enzymen erreicht werden.

Autoklavenextraktionen eignen sich auch zur Pektinextraktion aus Traubentrester. Für Traubentrester der Rebsorte Muskateller konnten durch Autoklavenextraktion im Vergleich zur klassischen Säureextraktion sowohl eine höhere Ausbeute als auch verbesserte Eigenschaften beobachtet werden. Zur Stabilisierung von

Emulsionen mit sehr kleinen Tropfen ($< 1 \mu\text{m}$) mittels Hochdruckhomogenisation sind nur sehr geringe Pektinmengen (ca. 0,5 % Zuckerrübenpektin bzw. 1,5 % Traubenpektin bei 10 % Pflanzenöl) notwendig. Dies liegt weit unter der typisch eingesetzten Konzentration von *Gummi arabicum*.

Die Kenntnis darüber, welche Strukturen und damit welche Extraktionsbedingungen benötigt werden, um die Pektine in verschiedenen Lebensmittelanwendungen einzusetzen, ermöglicht es pektinverarbeitenden Unternehmen und der Getränkeindustrie auf die bisher übliche, sehr aufwändige und nicht immer erfolgreiche „Trial-and-error“-Vorgehensweise zu verzichten und stattdessen systematisch an die Produktentwicklung heranzugehen.

Da die im Projekt erzielten Forschungsergebnisse an modellhaft gewählten Basisrezepturen erarbeitet wurden, nicht firmengebunden sind und zudem öffentlich zugänglich sind, können die Erkenntnisse schnell von interessierten Unternehmen umgesetzt werden. Für die industrielle Umsetzung der Projektergebnisse sind keinerlei Investitionskosten erforderlich, was eine sofortige Implementation seitens interessierter KMU begünstigt.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2021.
2. Eichhöfer, H., Bindereif, B., Karbstein, H. P., Bunzel, M., van der Schaaf, u. S. & Wefers, D.: Influence of Arabinan Fine Structure, Galacturonan Backbone Length, and Degree of Esterification on the Emulsifying Properties of Acid-Extracted Sugar Beet Pectins. *J. Agric. Food Chem.* 71 (4), 2105-2112, doi: 10.1021/acs.jafc.2c07460 (2023).
3. Bindereif, B., Karbstein, H.P. & van der Schaaf, U.S.: Sugar beet pectins for the formulation of dressings and soft drinks: Understanding the complexity of charged hydrocolloids in industrial food emulsions. *Food Hydrocoll.* 135, 108054, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.108054> (2023).
4. Bindereif, B., Karbstein, H.P. & van der Schaaf, U.S.: Can Enzymatic Treatment of Sugar Beet Pectins Reduce Coalescence Effects in High-Pressure Processes? *J. Coll. Interf.* 6 (4), 69, <https://doi.org/10.3390/colloids6040069> (2022).
5. Bindereif, B., Eichhöfer, H., Bunzel, M., Karbstein, H. P., Wefers, D. & van der Schaaf, U. S.: Arabinan side-chains strongly affect the emulsifying properties of acid-extracted sugar beet pectins. *Food Hydrocoll.* 121, 1-10 (2021).

Weiteres Informationsmaterial

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

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik
Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42497
Fax: +49 721 608-45967
E-Mail: heike.karbstein@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/via



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.

Bildnachweis - Seite 1: © Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Stand: 25. Mai 2021