Einfluss der molekularen Zusammensetzung von Gummi arabicum auf die Stabilisierung von Aroma- und Getränkeemulsionen

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Halle-Wittenberg Institut für Chemie Bereich Lebensmittelchemie Prof. Dr. Daniel Wefers/Frederike Kersten Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Ulrike van der Schaaf/Désirée Martin
Industriegruppe(n):	Deutscher Verband der Aromenindustrie e.V. (DVAI), Berlin
Projektkoordinator:	Matthias Saß AMD WILD Europe GmbH & Co. KG, Heidelberg
Laufzeit:	2021 – 2025
Zuwendungssumme:	€ 406.288,--

Ausgangssituation

Gummi arabicum (GA) ist ein aus Akazien gewonnenes Baumexsudat, welches aufgrund seiner herausragenden technofunktionellen Eigenschaften in aufgearbeiteter Form als Hydrokolloid bzw. Zusatzstoff (E414) verwendet wird. Unter anderem besitzt GA aus *Acacia senegal* eine hohe Emulgierfähigkeit, gleichzeitig jedoch auch eine sehr niedrige Viskosität in wässriger Lösung. Dadurch eignet sich GA besonders zur Stabilisierung von Aroma- und Getränkeemulsionen, d. h. zum Schutz der Aromaöltropfen gegen Koaleszenz durch Adsorption an die Öl-Wasser-Grenzfläche. Allerdings unterliegt der pflanzliche Rohstoff je nach geografischer Herkunft und Wachstumsbedingungen starken Qualitätsschwankungen bezüglich der funktionellen Eigenschaften: Mit GA-Chargen minderer Qualität können bei der Herstellung von Aromakonzentraten keine ausreichend kleinen Tropfen ($x < 1$ µm) für die Verwendung in Erfrischungsgetränken hergestellt werden. Zudem ist bei den in diesem Fall erzeugten Emulsionen häufig keine Langzeitstabilität und/oder Hitzestabilität gewährleistet. Die molekularen Ursachen für die funktionellen Unterschiede zwischen einzelnen Chargen konnten bislang nicht ausreichend aufgeklärt werden. Daher existieren keine definierten Qualitätsstandards und Anwender müssen bei der Wareneingangskontrolle jede einzelne Charge durch die Herstellung von Modellprodukten auf ihre funktionelle Eignung hin untersuchen. Dieser Prozess ist zeitaufwändig, erfordert die Beschaffung von teurem Laborequipment und verursacht somit hohe Kosten. Für die Hersteller und Vertreiber von GA führen Kundenreklamationen zu höheren Kosten bzw. im schlimmsten Fall zum Vertrauensverlust beim Kunden.

Ziel des Forschungsvorhabens war die Erforschung der Ursachen für das unterschiedliche Emulgierverhalten von Gummi arabicum (GA). Durch die Aufklärung des Zusammenhangs zwischen der Struktur von GA und seinen emulgierenden und emulsionsstabilisierenden Eigenschaften sollte ermöglicht werden, Unterschiede in den funktionellen Eigenschaften unterschiedlicher Rohstoffchargen zu erkennen und zu verstehen. Die Erkenntnisse sollten dazu dienen, die Qualität bestehender Produkte zu verbessern bzw. die Entwicklung innovativer Produkte zu ermöglichen. Gleichzeitig sollte die Grundlage für neue Qualitätsstandards für GA geschaffen werden, welche sich erstmals chemisch-analytisch untersuchen lassen.

Forschungsergebnis

Im Rahmen des Projektes wurden 20 verschiedene GA-Proben systematisch auf ihre strukturellen und emulgierenden Eigenschaften untersucht und verglichen. Hierbei war auffällig, dass die Größe der von GA stabilisierten Emulsionstropfen abnimmt mit steigendem Proteingehalt. Dieser Zusammenhang stand allerdings nicht in Verbindung zur Langzeitstabilität der Emulsionen. Weiterhin konnte gezeigt werden, dass die Viskosität positiv mit dem Molekulargewicht M_W korrelierte. An dieser Abhängigkeit war eine beginnende Separation der Proben nach den Qualitätsstufen erkennbar. M_W steht mit dem Anteil an Rhamnose in Zusammenhang, welche maßgeblich in Seitenketten des Kohlenhydratanteils vorkommt.

Acht GA-Proben, variabel in Qualität, Funktionalität und Struktur, wurden für eine tiefergehende Charakterisierung ausgewählt. Ein Fokus lag hierbei insbesondere auf der Fraktionierung der Proben in die drei Glykoproteine Arabinogalactan (AG), Arabinogalactan-Protein (AGP) und Glykoprotein (GP). Diese erlaubte einerseits eine genauere Strukturanalyse der jeweiligen Biopolymere sowie die Detektion von Strukturunterschieden, andererseits eröffnete die Fraktionierung die Möglichkeit, die Rolle der einzelnen Komponenten bzw. ihre Interaktion in vereinfachten Modellsystemen bzw. in Modellgetränken gezielt zu untersuchen. Hervorzuheben ist hierbei, dass eine deutliche Abstufung der acht GA-Proben in Qualitätsstufen auf Basis des prozentualen AGP-Gehaltes in Verbindung mit der durchschnittlichen, räumlichen Größe der AGP-Moleküle (Gyrationsradius R_G) möglich war. Als maßgeblich für die Langzeitemulsionsstabilität kann daher die Oberflächenausdehnung der proteinreichen Polymere in GA angesehen werden. Ebenfalls konnte gezeigt werden, dass die Molekülgröße von AGP vorwiegend von der Verzweigung des Kohlenhydratanteils abhängt. Je höher der Gehalt an Rhamnose oder Glucuronsäure in AGP, desto größer ist R_G der AGP-Moleküle.

Der Zusammenhang zwischen Struktur und Funktionalität ermöglichte zudem die Entwicklung einer alternativen Analysemethode für die Qualitätskontrolle von GA. Durch die Anwendung der hydrophoben Interaktionschromatographie als Festphasenextraktion kann AGP effizient isoliert sowie anschließend mittels HPSEC-RI/MALLS quantifiziert und auf R_G analysiert werden. Anhand der 20 GA-Proben konnte der Zusammenhang zwischen Qualität und dem Produkt aus Anteil AGP und Kugeloberfläche, berechnet aus R_G, dargestellt und validiert werden. Somit konnte ein Bogen von der Untersuchung und Analyse der molekularen Struktur, über die emulsionsstabilisierende Wirkung in Modellsystemen hin zu den funktionellen Eigenschaften in Getränken gespannt werden.

Wirtschaftliche Bedeutung

Hauptanwender von GA ist die Getränkeindustrie: Von den ca. 40.000 t GA aus *Acacia senegal*, die jährlich gehandelt werden, werden bis zu 15.000 t für die Stabilisierung von Getränkeemulsionen eingesetzt. Her-steller von GA, die Aromenindustrie sowie die Erfrischungsgetränkeindustrie sind die an der Wertschöpfungskette beteiligten Industriezweige. In allen Bereichen finden sich dabei kleine und mittlere Unternehmen, und ebenso „Hidden Champions“. Als Besonderheit ist die deutsche Aromenindustrie zu nennen, die sich im Vergleich zu den Nachbarländern durch eine hohe Anzahl an mittleren Unternehmen auszeichnet. Gemäß dem deutschen Verband der Aromenindustrie (DVAI) spiegelt sich dieser Umstand deutlich in der Zusammensetzung der deutschen Aromenhersteller wider. So sind über 75 % der DVAI-Mitglieder (Stand 2020) KMU. Mit ihren rund 5.000 Beschäftigten erwirtschaftete die Aromenindustrie 2017 einen Umsatz von 450 Millionen Euro. In Bezug auf Erfrischungsgetränke stellt Deutschland den viertgrößten Markt weltweit dar: Der Pro-Kopf-Konsum von

Limonaden betrug im Jahr 2023 mehr als 30 Liter. Die Erfrischungsgetränkeindustrie ist zu mehr als 91 % aus KMU mit weniger als 250 Beschäftigten zusammengesetzt. Insgesamt sind hier mehr als 26.000 Personen beschäftigt.

Bislang ist der Einsatz von GA gerade für KMU mit gewissen Risiken behaftet. Da die Qualität von GA nicht analytisch voraussagbar ist, werden in großen Unternehmen verschiedene, aufwendige Trial-and-Error-Versuche durchgeführt, um GA-Chargen auf ihre Anwendbarkeit im spezifischen Produkt zu überprüfen. Die hierfür benötigte Technikumsausstattung kann von KMU meist nicht finanziert werden, so dass diese kaum Möglichkeiten zur angemessenen Rohstoffbewertung haben. Dadurch kommt es zwangsläufig zu Fehlproduktionen, Produktreklamationen, und hohen Verlusten, da ganze Produktionschargen verworfen werden müssen. Die systematische Aufklärung des Einflusses der verschiedenen GA-Fraktionen und ihrer Struktur auf die Emulsionsstabilisierung sowie die Entwicklung vereinfachter Analysemethoden kann von KMU nicht eigenständig geleistet werden, die Ausgaben solcher Unternehmen für Forschung und Entwicklung betragen durchschnittlich nicht mehr als 5 % des Gesamtumsatzes, sodass die notwendige spezifische Messtechnik nicht angeschafft werden kann und ausreichend geschultes wissenschaftliches Personal nicht zur Verfügung steht. Selbst für größere Unternehmen stellen umfangreiche strukturelle und funktionelle Untersuchungen eine große Herausforderung dar, da eine Kombination von speziellem Prozesswissen mit tiefgehenden analytisch-chemischen Kenntnissen notwendig ist, welche gerade und ausschließlich durch das vereinte Knowhow von FE 1 und FE 2 gegeben ist.

Publikationen

1. FEI-Schlussbericht 2025
2. Kersten, F.; Martin, D.; van der Schaaf, U. S. & Wefers, D.: Gum Arabic – Same but different: Comparative analysis of structural characteristics and emulsifying properties of 20 *Acacia senegal* samples of various qualities. Food Hydrocoll, 165, 111231. https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2025.11123 (2025).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Halle-Wittenberg
Institut für Chemie
Bereich Lebensmittelchemie
Tel.: +49 345 55-25772
Fax: +49 345 55-27040
E-Mail: daniel.wefers@chemie.uni-halle.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik
Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik
Tel.: +49 721 608-43609
Fax: +49 721 608-45967
E-Mail: ulrike.schaaf@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 Energie

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 Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: ©Willy Benecke GmbH & Désirée Martin, Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Stand: 14. Juli 2025