

Einfluss von Schaumkomposition und -struktur auf die Aromastofffreisetzung und Aromawahrnehmung gasbeaufschlagter Lebensmittelsysteme

(Teilprojekt 4 im DFG/AiF-Cluster 5)

Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle I:	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Lebensmittel tierischer Herkunft Prof. Dr. Dr. Jörg Hinrichs
Forschungsstelle II:	Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie (DFA), Freising-Weihenstephan Prof. Dr. Dr. Peter Schieberle
Industriegruppen:	Milchindustrie-Verband e.V., Berlin Bundesverband der Deutschen Süßwarenindustrie e.V. (BDSI), Bonn Vereinigung zur Förderung der Milchwissenschaftlichen Forschung an der Technischen Universität München e. V., Freising-Weihenstephan
	Projektkoordinator: Dr. Matthias Eisner FrieslandCampina Germany GmbH, Heilbronn
Laufzeit:	2011 – 2014
Zuwendungssumme:	€ 423.850,-- (Förderung durch BMWi via AiF/FEI)

Ausgangssituation:

Schäume sind Dispersionen von Gasen in Flüssigkeiten. Milchbasierte Schäume können auf Basis ihrer Zusammensetzung, ihrer Struktur oder ihrer Stabilität in Fett- und Proteinschäume, Kugel- oder Polyederschäume sowie erstarrte und nicht-erstarrte Schäume unterschieden werden. Praktische Beispiele sind geschlagene Sahne oder Milchschaum. Der Gasphasenanteil vieler milchbasierter Schäume (Sprühsahne, Mousse, Frischkäsedesserts etc.) liegt unter 75 %, die Gasblasen sind räumlich voneinander entfernt. Aber auch Polyederschäume, wie beispielsweise Cappuccino-Schaum, kommen vor.

Milchbasierte Proteinschäume werden durch Dispergieren der Gasphase in der Matrix mittels mechanischer Agitation hergestellt. Die Schaumstruktur bedingt das Mundgefühl und ist abhängig vom Gasphasenanteil sowie der Gas-

blasengrößenverteilung. Als disperse Phase werden sterilfiltrierte Luft, Stickstoff sowie Distickstoffmonoxid (Lachgas) eingesetzt.

Das charakteristische „Aroma“ eines Lebensmittels bzw. eines geschäumten Produkts entsteht durch das Zusammenwirken einer Vielzahl verschiedener Aromastoffe. Für deren Verteilung von besonderer Bedeutung ist der log P-Wert als Maß ihrer Fettlöslichkeit. Der Verteilungskoeffizient $K_{M/G}$ beschreibt den Aromastoffanteil in der Matrix im Verhältnis zum Kopfraum im thermodynamischen Gleichgewicht. Hydrophobe Aromastoffe ($\log P > 0$) werden in fetthaltigen Matrices sehr stark, in fettarmen hingegen kaum zurückgehalten. Die spezifische Verteilung der einzelnen Aromastoffe wirkt sich wiederum auf die tatsächliche Geruchsintensität (nasale Wahrnehmung) und Geschmacksintensität (retronasale Wahrnehmung) aus.

Zur Aromatisierung eingesetzte Aromakompositionen für Lebensmittel enthalten mehrere als relevant erkannte Aromastoffe in einem spezifischen Verhältnis. Der vom Verbraucher erwartete Aromaeindruck kann nur gewährleistet werden, wenn dieses Verhältnis den jeweiligen Matrixeigenschaften, z.B. fettarm, geschäumt usw., angepasst wird. Aufgabe von Flavoristen ist es deshalb, das Verhältnis der einzelnen Aromastoffe in einer Komposition so aufeinander abzustimmen, dass der angestrebte Aromaeindruck auch in Produkten unterschiedlicher Zusammensetzung und Textur realisiert wird. Anpassungen in Hinblick auf die Schaumkomposition und die Schaumstruktur erfolgen rein empirisch ohne jegliche Kenntnis der für Aromastoffverteilung und -wahrnehmung entscheidenden Grenzflächeneigenschaften. Geschäumte Produkte werden beim Verzehr oft als sensorisch angenehmer empfunden als nicht aufgeschäumte Produkte gleicher Zusammensetzung.

Ziel des Vorhabens, Teilprojekt (TP) 4 des DFG/AiF-Clustervorhabens [„Proteinschäume in der Lebensmittelproduktion: Mechanismenaufklärung, Modellierung und Simulation“](#), war es, systematisch zu erfassen, in welche Richtung und in welchem Ausmaß kompositorische und prozesstechnologische Parameter der Herstellung die Aromastoffverteilung und -wahrnehmung beeinflussen. Angestrebt wurde eine Korrelation der stoffspezifischen chemisch-physikalischen Aromastoffeigenschaften mit den Eigenschaften der Schaummatrix in Hinblick auf die ortho- und retronasale Aromawahrnehmung. Die Forschungsergebnisse helfen in der praktischen Anwendung, Aromakompositionen an die kompositorischen und strukturellen Schaumeigenschaften neu oder weiter entwickelter geschäumter Produkte zielgerichtet anzupassen.

Forschungsergebnis:

An Forschungsstelle 1 (LTH) wurden micellares Casein sowie β -Casein für die experimentelle Arbeit der Projektpartner im Technikumsmaßstab hergestellt. Durch eine Kombination aus Mikro- und Diafiltration wurde aus Magermilch micellares Caseinkonzentrat gewonnen und anschließend getrocknet. Durch Kombination mehrerer Präzipitations-, Separations- und Extraktionsschritte wurde aus micellarem Casein anschließend eine β -Casein-Lösung gewonnen, die wiederum getrocknet wurde. Damit wurden die notwendigen Mengen

an β -Casein den Forschungspartnern zur Verfügung gestellt.

Zum Erfassen kompositorischer Parameter wurden Methoden zur Schaumcharakterisierung entwickelt und etabliert sowie die Verteilungskoeffizienten in standardisiert hergestellten, mittels Na-Alginat erstarrten Schäumen verschiedener Zusammensetzung untersucht.

Zum Herstellen der Untersuchungsmatrix wurden micellares Caseinpulver, Molkenproteinisolatpulver und Ultrafiltrationspermeatpulver mit destilliertem Wasser gemischt, die Lösung mit Na-Alginat versetzt und zur mikrobiologischen Stabilität (Sensorik) erhitzt. Aromatisiert wurde mit einer kommerziell erhältlichen Mischung Typ Erdbeere. Zur Variation des Fettgehalts der Modellsysteme wurde hocherhitzter Rahm beigemischt. Aus der stabilisierten aromatisierten Matrix wurden Schäume mittels Rotor-Stator-Prinzip (mechanische Agitation) hergestellt.

Der Gasphasenanteil der unterschiedlichen Modellsysteme wurde aus der relativen Leitfähigkeit ermittelt; er diente zur Berechnung des Overruns der Schäume. Die Mikrostruktur der Modellschäume wurde über die Parameter Schaumfestigkeit und das rheologische Verhalten beschrieben. Über Bildanalyse (μ CT, Teilprojekt 3) wurde die Gasblasengrößenverteilung der Schäume analysiert und mit Hilfe des konfokalen Lasermikroskops die Blasen-Matrix-Grenzfläche visualisiert. Für die Bestimmung der Verteilungskoeffizienten der Aromastoffe in der Schaummatrix wurden spezielle Analysen-Vials entwickelt sowie eine Analyse-methode auf das experimentelle Arbeiten mit Schäumen angepasst. Aus den ermittelten Daten wurden die Verteilungskoeffizienten der im Projekt eingesetzten Aromastoffe der verschiedenen Modellschäume bestimmt. Variiert wurden der Proteingehalt, der Fettanteil sowie das Casein-Molkenprotein-Verhältnis. Als Referenz dienten jeweils die nichtgeschäumten Systeme.

Die Aromaretention war entgegen den Erwartungen in geschäumten Matrices im Gegensatz zu den ungeschäumten schwächer. Im geschäumten System wird die Blasenrenzfläche durch Proteine belegt; beobachtet wurde bei den CLSM-Aufnahmen, dass diese Schichtdicke an der Blasenrenzschicht mit steigendem Proteingehalt zunimmt. Damit steht weniger Protein in der Bulklösung für die Matrix-Aromastoff-

interaktion zur Verfügung und die Aromaretention in der Matrix sinkt. Mit einem steigendem Gesamtproteingehalt sowie einem Anstieg des Fettanteils wird der Verteilungskoeffizienten K_{MG} der Modellschäume größer. Die CLSM-Aufnahmen zeigten, dass mit steigendem Fettanteil im Modellschaum mehr Fettpartikel in den Proteinfilm integriert werden. Das Casein-Molkenprotein-Verhältnis beeinflusst die Verteilungskoeffizienten in den Modellschäumen nicht.

Die im Labormaßstab gewonnenen Erfahrungen und Erkenntnisse wurden in Zusammenarbeit mit Teilprojekt 3 als Technikumsversuch umgesetzt. Dazu wurden insbesondere Versuchsreihen mit unterschiedlicher Gasblasengröße bei einem konstanten Gasvolumenanteil durchgeführt und bestätigt.

An Forschungsstelle 2 (DFA) wurden die im Projekt benötigten Stabilisotopen-markierten Aromastoffe synthetisiert. Mit Hilfe dieser markierten Verbindungen wurde die Zusammensetzung des kommerziellen Erdbeeraromas, das im Projekt verwendet werden sollte, durch Stabilisotopenverdünnungsanalysen quantifiziert. In Vorversuchen wurde die Verteilung der Aromastoffe des Erdbeeraromas in einem Milch/Milchschaum-System untersucht. Anschließend wurden unterschiedliche sensorische Untersuchungen mit aromatisiertem Milchschaum durchgeführt. Zudem wurden PTR-MS-Messungen mit aromatisierter Milchmatrix sowie Milchschaum durchgeführt. Zunächst wurden die Bestimmungsbereiche der Aromastoffe in Wasser gemessen, um die erforderlichen Konzentrationen der Aromastoffe zu ermitteln. Anschließend wurde die Aromastofffreisetzung aus Milchschaum und Milchmatrix an der Model-Mouth-Apparatur durch PTR-MS-Messungen in Abhängigkeit vom Protein- und Fettgehalt sowie der Gasblasengröße bestimmt. Mittels EXOM-Technik wurde abschließend die Aromastofffreisetzung durch Messung der Aromastoffe in der Atemluft von Probanden quantifiziert.

Wirtschaftliche Bedeutung:

Die Forschungsergebnisse sind für zahlreiche Sparten der Lebensmittelindustrie, insbesondere für die Milch- und die Süßwarenindustrie, von Interesse. Der aus rund 100 Unternehmen bestehende deutsche Milchverarbeitungssektor beschäftigt ca. 38.000 Mitarbeiter. Mit 28,4 Mrd. € in 2013 erzielte er knapp 16 % des

Gesamtumsatzes der deutschen Lebensmittelindustrie. Die sogenannte Weiße Linie (Joghurt, Desserts, Quark etc.) ist mit 5,7 Mrd. € der umsatzstärkste Bereich. Das darunter angesiedelte Sortiment geschäumter Produkte ist durch wachstumsstarke Marken und eine hohe Anzahl von Produktneuerscheinungen gekennzeichnet. Insbesondere auf Genuss ausgerichtete Premiumprodukte werden vom Verbraucher gut angenommen. Da geschäumte Produkte hinsichtlich der Genussparameter Cremigkeit und Leichtigkeit hoch bewertet werden, ist mit einem steigenden Anteil solcher Systeme auch im „Low fat“-Bereich zu rechnen.

In Deutschland wurden im Jahr 2013 etwa 3,9 Mio. Tonnen Süßwaren im Wert von 12,6 Mrd. € produziert, davon wurden Waren im Wert von ca. 4,2 Mrd. € exportiert (201 Betriebe mit insgesamt ca. 50.000 Beschäftigten). Die Süßwarenbranche ist von vielen kleinen und mittleren Betrieben (KMU) geprägt. Eine bedeutende Rolle spielen hierbei sowohl mengen- als auch wertmäßig die Produktion von Speiseeis (361.956 t), gefüllten Schokoladenerzeugnissen (304.391 t), Pralinen (135.147 t) und Zuckerwaren (536.849 t). In diesen Kategorien finden sich zahlreiche schaumbasierte Produkte, wie Marshmallows, Schaumwaffeln, Schaumküsse, mit Mousse gefüllte Pralinen etc.

Von den Ergebnissen des Clusters werden die Hersteller geschäumter Produkte und ihre Zulieferer (z. B. Hersteller von technofunktionellen Proteinprodukten und Zusatzstoffen) profitieren. Des Weiteren sind die Ergebnisse auch für den Wirtschaftszweig Maschinenbau (Anlagenbau, Membranhersteller) von Interesse.

Als weitere, wichtige Spin-Offs für KMU ist der Bereich der Prozessbeobachtung und -führung anzusehen. So etablieren sich gegenwärtig im Markt neuartige Entwicklungen auf dem Gebiet der Qualitätssicherung schaumartiger Lebensmittel, welche letztendlich in modernen Diagnosesystemen etwa für das Grenzflächenspannungsverhalten oder die Rheologie resultieren.

Publikationen (Auswahl):

1. FEI-Schlussbericht 2014.
2. [Proteinschäume in der Lebensmittelproduktion: Mechanismenaufklärung, Modellierung und Simulation – Zentrale Ergebnisse des gleichnamigen DFG/AiF-Clusterprojektes. \(Hrsg. FEI\). ISBN 978-3-925032-53-0 \(2014\).](#)
3. Thienel, K., Krzeminski, A. & Hinrichs, J.: Aspekte der Aroma- und Fettwahrnehmung DLG-Lebensm. 6, 26-27 (2013).

Weiteres Informationsmaterial:

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und
Biotechnologie
FG Lebensmittel tierischer Herkunft
Garbenstraße 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-3792
Fax: +49 711 459-3617
E-Mail: jh-lth@uni-hohenheim.de

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittel-
chemie (DFA)
Lise-Meitner-Straße 34
85354 Freising-Weihenstephan
Tel.: +49 8161 71-2928
Fax: +49 8161 71-2970
E-Mail: Peter.Schieberle@lrz.tum.de

Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI)
Godesberger Allee 142-148, 53175 Bonn
Tel.: +49 228 3079699-0
Fax: +49 228 9079699-9
E-Mail: fei@fei-bonn.de

... ein Projekt der **Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)**

gefördert durch/via



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 142-148, 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.