

Schlussbericht

1. Forschungsthema

Interaktion von Aromastoff und Milchproduktmatrix

2. Wissenschaftlich-technische und wirtschaftliche Problemstellung

Wirtschaftlich-technische Problemstellung: Milchproduktmatrices unterscheiden sich in ihrer Zusammensetzung, ihrer technologischen Vorbehandlung sowie ihrer Textur. Diese Unterschiede führen zu entweder zu einer verstärkten oder verminderten Freisetzung einzelner Aromastoffe einer Aromakomposition, so dass eine Verschiebung des Aromaeindrucks bis hin zu sensorischen Fehleindrücken entstehen kann. Die dadurch erforderliche Anpassung von Aromakompositionen an die jeweilige Milchproduktmatrix erfolgt auch heute noch empirisch.

Wissenschaftliche Problemstellung: In Proteinsystemen wird von einer starken Rückhaltung von Aromastoffen durch β -Lactoglobulin berichtet, wofür hydrophobe Wechselwirkungen sowie kovalente Bindungen an freie SH-Gruppen verantwortlich gemacht werden. In Emulsionen wurde festgestellt, dass Aromastoffe mit hoher Hydrophobizität in der statischen Headspace-Analyse mit steigendem Fettgehalt in geringerer Konzentration detektiert werden. Meist phänomenologische Arbeiten behandeln die Aromatisierung von Milchdesserts und Sauermilchprodukten, denen jedoch neben dem Aromastoff auch eine Vielzahl weiterer Komponenten wie Zucker, Süßstoffe oder Polysaccharide zugesetzt wurden. Eine systematische Einordnung der Ergebnisse ist damit erschwert. In den Untersuchungen zur Aromastofffreisetzung aus Modellmilchsystemen wurde die Strukturbildung bisher nicht berücksichtigt. Auch wurde die Komplexität der untersuchten Systeme nicht stufenweise gesteigert. Ferner werden bereits auf Aromastoffebene für den Großteil der eingesetzten Aromastoffe abweichende log P-Werte (Maß für die Hydrophobizität) genannt. Der tatsächliche Übergang der eingebrachten Aromastoffe in das Endprodukt sowie die sensorische Relevanz der analytisch festgestellten Abweichungen wurde nicht überprüft. Bislang existiert keine Studie zur Aromastofffreisetzung und -wahrnehmung, in der Matrixeigenschaften und Aromastoffeigenschaften ausreichend berücksichtigt und systematisch miteinander verknüpft wurden.

3. Forschungsziel / Ergebnisse / Lösungsweg

3.1 Forschungsziel

Erarbeiten eines systematisierten Wissens über die Interaktion von Aromastoff, Produktzusammensetzung und Matrix in Bezug auf die analytisch sowie sensorisch erfassbare Aromastofffreisetzung. Ergänzen der rein empirischen Adaption von Aromakompositionen an die jeweilige Lebensmittelmatrix durch eine systematische Herangehensweise.

3.1.1 Angestrebte Forschungsergebnisse

- 1) Erarbeiten einer praktikablen Methode zur Aromastoffcharakterisierung hinsichtlich der matrix-abhängigen log P-Werte. Schaffen einer Basis, um die im Projekt gewonnenen Erkenntnisse für die Industrie nachhaltig nutzbar zu machen.

- 2) Ermitteln des Einflusses von Protein-Fett-Verhältnis, der Proteinfraction, des Denaturierungsgrades und der Fettkugelgrößenverteilung auf Rückhaltung und Freisetzung einzelner Aromastoffe aus unterschiedlichen Milchproduktmatrices.
- 3) Quantifizieren des Verlusts an Aromastoffen unterschiedlicher Substanzklassen in den Prozessen, die für die Strukturbildung in Milchprodukten notwendig sind.
- 4) Chemisch-physikalische Beschreibung der Auswirkungen von strukturellen Merkmalen in Milchprodukten auf die analytisch und sensorisch erfassbare Aromastofffreisetzung.
- 5) Korrelation der Ergebnisse aus analytisch sowie sensorisch erfasster Aromafreisetzung und -wahrnehmung unter Berücksichtigung der Matrix.
- 6) Übertragen der Forschungserkenntnisse durch Herstellen von Milchprodukten im Pilotmaßstab mit begleitender Analyse.

3.1.2 Innovativer Beitrag der angestrebten Forschungsergebnisse

Die vorausschauende Anpassung von Aromakompositionen im Hinblick auf Veränderungen in der Prozesstechnologie, z.B. Austausch von Milch- durch Molkenprotein stellt eine Herausforderung dar, der nur auf empirischem Weg begegnet werden kann. Die Erarbeitung einer Wissensbasis über den Einfluss der Zusammensetzung, Prozessierung und Matrix auf die Freisetzung von Aromastoffen sollte es ermöglichen, Aromakompositionen z.B. für Low-fat Produkte schneller und gezielter zu entwickeln.

3.2 Lösungsweg zur Erreichung des Forschungsziels

AP 1: Ermitteln der für die einzelnen Milchmodellssysteme prozesstechnisch sinnvollen Konzentration der Einzelaromastoffe; Erarbeiten einer Methode zur Aromastoffcharakterisierung (log P-Werte); Verfolgen der Aromastofffreisetzung und der tatsächlichen Aromastoffkonzentration im Endprodukt.

AP 2: Herstellen der *Milchmodellmatrices ohne Strukturinduktion* mit unterschiedlichem Proteingehalt und Fett-Protein-Verhältnis unter Zusatz der Einzelaromastoffe. Die Techniken und Analysen bei DFA und LTH werden an die Matrix angepasst und die Reproduzierbarkeit geprüft; Ermitteln von Verteilungskoeffizienten der Aromastoffe zwischen innerer (Milchfett) und äußerer Phase (Milchpermeat/-serum/Magermilch); Ermitteln der Diffusionskoeffizienten.

AP 3: Herstellen *säureinduzierter Milchmodellssysteme* als Modell für Joghurtprodukte mit einzeln zugesetzten Aromastoffen. Die Erkenntnisse werden durch die Zugabe von üblichen Konzentrationen an Saccharose und hochverestertem Pektin erweitert. Zum Variieren der spezifischen Fettoberfläche wird jeweils eine Charge homogenisiert ($d_{1,2} \sim 1 \mu\text{m}$).

AP 4: Herstellen *säure-lab- und labinduzierter Milchmodellssysteme* als Beispiele für Frischkäse bzw. Provolone/Mozzarella mit ebenfalls unterschiedlichem Fettkugeldurchmesser (s. AP 3). Für die Modellssysteme „Frischkäse“ wird der Zusatz üblicher Konzentrationen an Salz und κ -Carrageenan in die Untersuchungen miteinbezogen.

AP 5: Variation des *Casein-Molkenproteinverhältnisses* und *Denaturieren der Molkenproteine* für ausgewählte Systeme aus AP 3 und 4; Zusatz von *Aromastoffmischungen* zu Modellsystemen; Interaktion von Aromastoffen mit den unterschiedlichen Milchproteinfraktionen.

AP 6: Herstellen von Milchprodukten mit Aromastoffzusatz im Technikum der Forschungs- und Lehrmolkerei (Joghurtprodukt, Frischkäseprodukt, Mozzarella).

AP 7: Auswertung, Berichte, Arbeitsgruppentreffen, Transfer, Abschlussbericht, Präsentation sowie Publikation der Ergebnisse.

3.3. Erzielte Forschungsergebnisse

Die Interaktion von Aromastoffen und Milchproduktmatrix konnte durch grundlegende Untersuchungen zur Freisetzung von Aromastoffen aus einzelnen Bestandteilen von Milchprodukt-Matrices sowie Untersuchungen zur Einflussnahme der wichtigsten kompositorischen und technologischen Parameter auf die Freisetzung der Aromastoffe aus Milchprodukt-Modellsystemen umfassend beschrieben werden.

Freisetzungsversuche aus unterschiedlichen Matrices haben gezeigt, dass die Freisetzung bzw. Rückhaltung von Aromastoffen in Lebensmitteln durch texturinduzierende Lebensmittelinhaltsstoffe

wie Proteine und Fett beeinflusst und u. a. durch die Hydrophobizität der Aromastoffe bestimmt wird. Mit steigender Hydrophobizität der Aromastoffe nimmt auch die Rückhaltung durch Fett zu. Des Weiteren üben auch Proteine, v. a. Molkenprotein, erhebliche Rückhaltungseffekte auf die Aromastoffe aus.

Eine Absenkung des pH-Werts durch Säuerung der Modellsysteme führt unabhängig vom Fettgehalt der Systeme zu verstärkter Aromastoffrückhaltung. Effekte auf die Aromastofffreisetzung aus Joghurt- und Frischkäse-Modellsystemen durch Variation des Verhältnisses von Casein zu Molkenprotein, Veränderung der Fettkugelgröße oder des Grades der Molkenproteindenaturierung sind zwar mittels PTR-MS-Headspace-Analysen, nicht aber in PTR-MS-online-Atemanalysen aus dem retronasalen Raum erfassbar. Diese Effekte sind vor dem Hintergrund der Effekte von Protein- und Fettgehalt zu vernachlässigen und für die Anpassung von Aromastoffkompositionen als nicht relevant einzustufen. Ein Zusatz von Pektin und Zucker zu Joghurtsystemen führte zu leicht verminderter Aromastofffreisetzung.

Headspace-Analysen von Frischkäsematrices ergaben eine erhöhte Aromastoffrückhaltung bei höheren Proteingehalten. Im Gegensatz dazu wurden die Aromastoffe in Atemanalysen aus Systemen höheren Proteingehalts stärker freigesetzt. Eine Erhöhung des Fettgehalts führte sowohl in Joghurt-, als auch in Frischkäsesystemen zu verstärkter Aromastoffrückhaltung. Stärker hydrophobe Aromastoffe wurden durch höhere Fettgehalte stärker zurückgehalten. PTR-MS-Atemanalysen zeigten, dass der Großteil der den Frischkäse-Modellsystemen zugesetzten Aromastoffe bereits beim Kauvorgang freigesetzt wird.

Versuche zur Anpassung von Aromastoffkonzentrationen an eine veränderte Matrix ergaben, dass zwischen messbarer Intensität der Aromastoffe und deren Konzentration kein linearer Zusammenhang angenommen werden kann. Auch eine alleinige Abhängigkeit von der Hydrophobizität der Aromastoffe kann nicht zu Grunde gelegt werden. Zur Erzeugung gleicher Aromaeindrücke von Milchprodukten unterschiedlicher Zusammensetzung ist eine Anpassung der Konzentrationen der einzelnen Aromastoffe lediglich in der richtigen Größenordnung erforderlich.

Abschließend kann festgestellt werden, dass von allen untersuchten kompositorischen und technologischen Parametern hauptsächlich der Proteingehalt und der Fettgehalt Einflüsse auf die Rückhaltung von Aromastoffen in Milchprodukt-Modellsystemen ausüben. Eine weitere wesentliche Erkenntnis der durchgeführten Analysen ist die Tatsache, dass beim Verzehr von festen Lebensmitteln wie Frischkäse-Modellsystemen der Großteil der zur Verfügung stehenden Aromastoffe bereits beim Kauen und nicht wie bis dato angenommen beim Schlucken freigesetzt wird.

4. Wirtschaftliche Bedeutung des Forschungsthemas für kleine und mittlere Unternehmen (kmU)

4.1 Voraussichtliche Nutzung der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Nutzung erfolgt hauptsächlich im Fachgebiet Lebensmitteltechnik, Wirtschaftszweig Ernährungsgewerbe. Die Aromastofflieferanten können mit maßgeschneiderten Lösungen schneller und gezielter auf die Wünsche und Probleme der Lebensmittelverarbeiter eingehen. Ferner kann der Versuchsaufwand der Aromastoffindustrie, aber auch der der Lebensmittelhersteller für neue Prozesse oder veränderte Rohstoffkompositionen verringert werden.

4.2 Möglicher Beitrag zur Steigerung der Leistungs- und Wettbewerbsfähigkeiten der kmU

Der europäische Markt für Lebensmittelaromen hatte im Jahr 2004 ein Volumen von etwa 2 Mrd. €. Davon entfielen auf den Einsatz in Milchprodukten 280 Mio. €. Der Milchverarbeitungssektor erwirtschaftete 2004 mit 34.000 Beschäftigten einen Umsatz von 20,3 Mrd. €. Mit einer Produktionsmenge von 2,0 Mio. t und 1,6 Mio. t sind Käse- und Joghurtprodukte die Hauptumsatzträger. Durch Kenntnis der Aromastoffeigenschaften auf der einen Seite, sowie Zusammensetzung, Prozess, Struktur und Aromastofffreisetzung auf der anderen Seite könnten Über- und Unterdosierungen vermieden, Innovationszyklen verkürzt und eine konstante Produktqualität gewährleistet werden. Besonders letzteres ist für den Markterfolg von entscheidender Bedeutung.

5. Beabsichtigter Transfer der angestrebten Forschungsergebnisse

Die Ergebnisse werden über Fachzeitschriften und Vorträgen publiziert. Mit den im Projekt gewonnenen Erkenntnissen können Kurzprojekte mit interessierten kmU durchgeführt werden. Ein weiterer unmittelbarer Transfer erfolgt über den Projektbegleitenden Ausschuss und die Lehrveranstaltungen der Universitäten Hohenheim und München.

6. Durchführende Forschungsstellen

6.1 Forschungsstelle 1: (LTH)

Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie, Fachgebiet Lebensmittel tierischer Herkunft, Garbenstr. 21, 70599 Stuttgart

6.1.1 Leiter der Forschungsstelle und Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Jörg Hinrichs

6.2 Forschungsstelle 2: (DFA)

Deutsche Forschungsanstalt für Lebensmittelchemie
Lichtenbergstr. 4, 85748 Garching

6.2.1 Leiter der Forschungsstelle und Projektleiter:
Prof. Dr. Peter Schieberle