Prognose der Aromastoffverteilung mit Verfahren der künstlichen Intelligenz am Beispiel von Milch und Milchalternativen



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Aromachemie Prof. Dr. Yanyan Zhang Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Lebensmittelinformatik Jun.-Prof. Dr. Christian Krupitzer Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten KLEVERTEC - Kompetenzzentrum für angewandte Forschung in der Lebensmittel- und Verpackungstechnologie Prof. Dr. Christine Borsum
Industriegruppe(n):	Deutscher Verband der Aromenindustrie e.V. (DVAI), Berlin
Projektkoordinator:	Lars Grohmann Symrise AG, Holzminden
Laufzeit:	2026 – 2028
Zuwendungssumme:	€ 578.475,--

Forschungsziel

Der aktuelle Fokus der Lebensmittelentwicklung und die Aufmerksamkeit der Verbraucher verlagern sich zunehmend auf pflanzliche Alternativen sowie die Reduzierung des Zucker-, Salz- und Fettgehalts. Diese Veränderungen werden durch ein wachsendes Gesundheitsbewusstsein und dem Streben nach nachhaltigeren Lebensmitteln vorangetrieben. Allerdings werden sich die Ernährungsgewohnheiten langfristig nur ändern, wenn alternative Produkte die sensorischen Erwartungen der Verbraucher erfüllen. Die Wahrnehmung eines Lebensmittelaromas wie bei Milch hängt von verschiedenen Parametern ab, die sowohl mit den Aromastoffen als auch mit der Lebensmittelmatrix zusammenhängen.

Die Wechselwirkung zwischen repräsentativen Aromastoffen und der jeweiligen Lebensmittelmatrix beeinflusst erheblich die Freisetzung von Aromastoffen und somit die sensorische Wahrnehmung eines Lebensmittels. Das vorliegende Projekt untersucht ebendiese Beziehung zwischen der Verteilung charakteristischer Aromastoffe und (neuen) Lebensmittelzutaten (z.B. Proteine und Fette) am Beispiel von Milch und veganen Milchalternativen, um die Wahrnehmung des Lebensmittelaromas verbessern zu können.

Die Verteilung der Aromastoffe zwischen der Matrix und dem gasförmigen Kopfraum über dem Lebensmittel wird durch den K_{mg}-Wert quantifiziert, der das Gleichgewicht darstellt, das beispielsweise in einem verpackten Produkt entsteht. Aromastoffe interagieren nicht-kovalent mit Lebensmittelkomponenten wie Fetten und Proteinen. Deshalb können Änderungen in der Art oder des Gehalts an Fetten und Proteinen die Bindung von Aromastoffen und damit deren Freisetzung in den Kopfraum beeinflussen. Wenn beispielsweise andere Matrixkomponenten unverändert bleiben, kann eine Reduzierung des Fettgehalts innerhalb eines bestimmten Bereichs zu einer erhöhten Freisetzung von Aromastoffen aus der Matrix in den Kopfraum führen, insbesondere von hydrophoben Verbindungen. Daher kann der K_{mg}-Wert verwendet werden, um das Ausmaß der Freisetzung von Aromastoffen aus verschieden zusammengesetzten Lebensmittelmatrizen in den Kopfraum zu reflektieren.

Da die K_{mg}-Werte durch verschiedene analytische Methoden wie z. B. die Variation des Phasenverhältnisses bestimmt werden, kann die Analyse der Auswirkungen von Rezeptänderungen auf die Aromastoffverteilung umfangreiche und zeitaufwändige Laborarbeiten erfordern. Zudem gibt es eine Fülle von Daten zu K_{mg}-Werten für Milch, während entsprechende Daten für pflanzliche Milchalternativen relativ selten sind. Um die Lebensmitteltransformation zu beschleunigen und den Verbraucherpräferenzen gerecht zu werden, ist es jedoch entscheidend, die Wechselwirkungen zwischen Haupt- und Nebenaromen bei herkömmlichen Produkten wie Milch und neuen Lebensmittelmatrizen wie Milchalternativen besser zu verstehen und zu beschreiben. Der Einsatz von KI-Tools wie maschinellem Lernen wird helfen, die K_{mg}-Werte in Kuhmilch vorherzusagen und die Übertragung der K_{mg}-Vorhersage auf pflanzliche Milchalternativen zu erleichtern. Durch die Nutzung von KI-Tools können komplexe Wechselwirkungen zwischen verschiedenen Rezepturbestandteilen wie auch den chemischen Eigenschaften der Aromastoffe analysieren werden, was genauere Vorhersagen über die Freisetzung von Aromastoffen ermöglicht.

Das Ziel dieses Projekts ist es, besser zu verstehen, wie sich Änderungen in der Zusammensetzung auf die Verteilung von Aromastoffen auswirken. Zu diesem Zweck wird eine Methode des maschinellen Lernens (ML) entwickelt, um den K_{mg}-Wert von Aromastoffen in Milch und Milchalternativen (Drinks auf Soja- oder Erbsenbasis) mit unterschiedlichen Zusammensetzungen vorherzusagen.

Durch die Fokussierung auf die Wechselwirkungen zwischen den Matrixkomponenten und den Aromastoffen zielt das Projekt darauf ab, die Mechanismen dieser Wechselwirkungen zu erforschen, um deren Einfluss auf die Bindung und Freisetzung von Aromastoffen zu verstehen. Langfristig könnten die Ergebnisse die Anpassung der Aromatisierung erleichtern und letztlich die Entwicklung verbesserter Milchalternativen unterstützen.

Einfache neutrale und saure Milchmatrizen werden die ersten Lebensmittel sein, die durch das Modell beschrieben werden, da für diese Gruppe bereits eine Vielzahl von Daten zur Aromastoffverteilung vorliegen. Aufgrund der bekannten physikalischen und chemischen Zusammenhänge für die Aromastoffverteilung wird eine entsprechende Selektion der Inputparameter des Modells erfolgen. Anschließend werden Verfahren des maschinellen Lernens (ML) angewendet, um die Aromastoffverteilung für verschiedene Zusammensetzungen zu prognostizieren. Die Gewichtung der Parameter für die Prognose soll dazu dienen, die wichtigsten Einflussfaktoren auf die Prognose zu ermitteln. Diese Zusammenhänge sollen die anschließende Entwicklung eines Vorhersagemodells für Milchalternativen auf Basis pflanzlicher Rohstoffe (z.B. Erbsen, Soja) erleichtern. Da für diese Produktgruppe weniger Daten existieren, müssen zur Validierung des Ansatzes eigene K_{mg}-Werte ermittelt werden. Für die Übertragung des Ansatzes in die Praxis soll zum einen ein Tool programmiert werden, das Rezepturen bzgl. des K_{mg}-Werts vergleichen kann. Damit kann der Nutzen der ML-Modelle durch Experten (d. h. Lebensmittelentwickler) evaluiert werden. Zusätzlich wird eine sensorische Studie durchgeführt, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse in die Praxis zu validieren

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Reformulierung ist eine große Herausforderung für die Lebensmittelindustrie; vor allem kleine Unternehmen haben Schwierigkeiten, ihre Marktanteile zu halten und gleichzeitig der europäischen Reduktionsstrategie Folge zu leisten. Die Aromawahrnehmung der neuen Produkte beeinflusst maßgeblich die Kaufentscheidung

der Konsumenten. Da die Aromawahrnehmung maßgeblich durch die Verteilung der Aromastoffe im Lebensmittel beeinflusst wird, könnte dieses Projekt eine theoretische und datengestützte Grundlage für die Anpassung der Aromatisierung von Lebensmitteln mit veränderter Zusammensetzung liefern. Außerdem können die Ergebnisse bei der Reduzierung der Freisetzung von Fehlaromen (z. B. bohnenartig, grün) in Milchalternativen bieten und die Entwicklung verbesserter Milchalternativen unterstützen. Gerade KMU können von den Erkenntnissen aus diesem Projekt profitieren, da sie diese für eine ML-unterstützte Reformulierung von Lebensmitteln einsetzen können, ohne spezialisierte, teure Datenanalysten beschäftigen zu müssen. Für kleine und mittlere Unternehmen ist die Kontrolle der Entwicklungskosten besonders wichtig, da analytische Ressourcen oft nicht oder nur begrenzt verfügbar sind und spezialisierte Aromaanalysen sowie Sensoriktests hohe einmalige Investitionen sowie laufende Kosten im Bereich von mehreren hundert bis tausenden Euro pro Aromastoff erfordern. Aus Unternehmenssicht erfordert die analytische Beurteilung von Aromastoffen eine spezialisierte Ausstattung und Expertise, um die initiale Anpassung zu erleichtern. Die Kosten für analytische Ressourcen liegen dabei im niedrigen sechsstelligen EUR-Bereich, während die Anpassung eines einzelnen Aromastoffs zwischen 500 und 2000 € kosten kann. Zudem werden für jeden Evaluierungszyklus trainierte Sensorikpanels oder hochspezialisierte Experten (z. B. Flavoristen) benötigt, mit einem geschätzten Zeitaufwand von 1-2 Stunden pro Person, wobei typischerweise 2-4 Personen beteiligt sind. Der Demonstrator, der entwickelt werden soll, ermöglicht eine Nutzung des generierten Wissens ohne Programmierkenntnisse und die Modelle können auf gängigen PCs laufen. Aus Unternehmenssicht sind für die Entwicklung neuer Aromaprofile typischerweise 2-5 Optimierungszyklen notwendig, wobei jeder Zyklus erhebliche Ressourcen für spezialisierte Analytik, Sensorik-Tests und Rohstoffmischungen erfordert. Durch die Ergebnisse von Aroma-KI kann die Anzahl dieser Entwicklungszyklen mindestens reduziert, im Idealfall sogar halbiert werden. Eine Halbierung der Zyklen bedeutet eine deutliche Reduzierung der Entwicklungszeit und -kosten, was besonders für kleinere Hersteller mit begrenzten Ressourcen von Vorteil ist. Aber auch in großen Molkereien besteht ein Bedarf an vereinfachter Reformulierung. Durch das Verfahren können Abschätzungen der Aromawahrnehmung von Rezepturen vorgenommen werden, wodurch die Anzahl an zu testenden Produktvarianten signifikant reduziert wird. Dies führt zu einem geringeren Zeit- und Ressourceneinsatz und damit zu einer kürzeren Time-to-Market.

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Aromachemie
Fruwirthstraße 12, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-24871
Fax: +49 711 459-24873
E-Mail: yanyan.zhang@uni-hohenheim.de

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Lebensmittelinformatik
Fruwirthstraße 21, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-23664
Fax: +49 711 459-22298
E-Mail: christian.krupitzer@uni-hohenheim.de

Hochschule für angewandte Wissenschaften Kempten
KLEVERTEC - Kompetenzzentrum für angewandte Forschung in der Lebensmittel- und Verpackungstechnologie
Heisinger Straße 23, 87437 Kempten
Tel.: +49 831 2523-9280
E-Mail: christine.borsum@hs-kempten.de

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: © Krause, Johansen - MIV

Stand: 28. August 2026