Spektroskopische Analysen von Mehlfraktionen und -extrakten zur Vorhersage des Backverhaltens von Weizen unterschiedlicher Herkunft und Aufklärung molekularer Mechanismen



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Angewandte Biowissenschaften Abt. für Bioaktive und Funktionelle Lebensmittelinhaltsstoffe Prof. Dr. Katharina Scherf/N. N. Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Prozessanalytik Prof. Dr. Alexander Schaum/N. N.
Industriegruppe(n):	Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e. V. (VGMS), Berlin Der Backzutatenverband e. V., Berlin Akademie Deutsches Bäckerhandwerk Südwest e. V. (ADB), Karlsruhe
Projektkoordinator:	Dr. Lutz Popper Mühlenchemie GmbH & Co. KG, Ahrensburg
Laufzeit:	2021 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 516.464,--

Ausgangssituation

Eine möglichst exakte Vorhersage der zu erwartenden Verarbeitungseigenschaften von Mehlen aufgrund schneller Analysen am Rohstoff Weizen ist seit langem ein Wunsch von Weizenzüchtern, Weizenhändlern, Müllern und Bäckern. Obwohl die Genetik Rückschlüsse auf die Veranlagung der einzelnen Weizensorten zulässt, werden die Anlagen je nach Anbaubedingungen unterschiedlich stark ausgeprägt, so dass die Zusammensetzung der Mehle auch bei Verwendung der gleichen Weizensorte von Standort zu Standort erheblich variieren kann, wobei die Proteine einen sehr großen Einfluss auf die Verarbeitungseigenschaften der Mehle haben. Angesichts einer erzwungenermaßen verringerten Stickstoffdüngung gewinnt die Identifizierung von Weizensorten, die trotz geringer Proteingehalte gute Verarbeitungseigenschaften liefern, zunehmend an Bedeutung. Derzeit sind von gehandeltem Weizen häufig nur der Protein- und Feuchtegehalt sowie allenfalls der Besatz (Verunreinigungen) bekannt. Ausschlaggebend für den Preis ist meist der Proteingehalt, wobei dieser aber nur eingeschränkt Aussagen über das zu erwartende Backverhalten zulässt.

Von den Mühlen werden direkt bei der Abnahme des Weizens Bestimmungen von Feuchte, Protein und ggf. weiteren indirekten Werten über Nahinfrarotspektroskopie (NIRS) sowie Besatz, Fallzahl, Geruch und Hektolitergewicht durchgeführt. Erst nach Annahme des Getreides folgen im Labor weitere Untersuchungen, wie Farinogramm (Wasseraufnahme und Teigstabilität) oder Extensogramm (Teigwiderstand und -dehnbarkeit). Aus diesen Werten lassen sich grobe Rückschlüsse auf die Verarbeitungseigenschaften von Korn und Mehl ziehen,

um zu entscheiden, welche Weizenpartien in welchem Verhältnis gemischt und vermahlen werden müssen, um eine gewünschte Mehlqualität zu erhalten. Bäcker verlangen von den Müllern die Einhaltung bestimmter Spezifikationen. Meist sind diese jedoch nicht hinreichend mit den Backeigenschaften korreliert.

Obwohl bereits verschiedenste IGF-Projekte (z. B. AiF 16464 N, AiF 17759 N und AiF 20283 N) zu dieser Thematik durchgeführt wurden, hatte jedes dieser Vorhaben spezifische Limitierungen, u. a. aufgrund der zur Verfügung stehenden Analysenmethoden, der Verwendung von teilweise wenig praxisrelevanten Weizenmustern oder aufgrund der Grenzen der statistischen Auswertung. Die schnell fortschreitende Entwicklung KI-basierter Auswertemethoden (z. B. neuronaler Netzwerke) und neue, schnelle spektroskopische und sensorbasierte Analyseverfahren eröffnen jedoch neue Perspektiven, um hierdurch eine bessere Vorhersage der Backqualität zu erreichen.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, das Wissen zur Beurteilung der Backeigenschaften von Mehl zu erweitern und ausgehend von einer spektroskopischen Analyse von Mehlfraktionen und -extrakten robuste chemometrische Modelle zu erstellen, mit denen aus Spektren von Handelsmehl dessen Backqualität vorhersagt werden kann.

Forschungsergebnis

Ein Probensortiment aus 77 Weichweizenmehlmischungen (Muster) aus den Anbaujahren 2021-2023 aus unterschiedlichen Ländern weltweit wurde analysiert. Hierzu wurden zunächst mehrere Backversuche durchgeführt und u.a. die spezifischen Brotvolumina ermittelt. Zudem wurden die Muster mittels spektroskopischer und biochemischer Methoden untersucht. Die Mehle wurden außerdem mechanisch mittels Windsichtung, Siebfraktionierung und Teig/Gluten/Stärke-Fraktionierung fraktioniert.

Mittels der biochemischen Methoden wurde die Proteinzusammensetzung mit der Osborne-Fraktionierung analysiert und das Gluteninmakropolymer (GMP) untersucht. Die prozentuale Proteinzusammensetzung der Weizenmuster zeigte Ähnlichkeiten. Sowohl der Gesamtproteingehalt als auch der Gehalt der Proteinfraktionen und das GMP variierten. Mittels Fingerprinting wurde durch Heatmaps und Hierarchische Clusteranalysen das Probensortiment weiter unterteilt. Die Korrelationen der Daten aus Quantifizierung und Fingerprinting zeigten Zusammenhänge zu den Backeigenschaften. Insbesondere der Gluten- und Gluteninanteil zeigen je eine Korrelation mit den Brotvolumina von R = 0,76 bzw. R = 0,75. Bei den Gliadinen, die mit den Gluteninen zusammen das Gluten bilden, wurde ein Korrelation von R = 0,65 beobachtet. Bei Betrachtung der Bereiche des Fingerprintings zeigen die α- und γ-Gliadine eine Korrelation zu den spezifischen Brotvolumina.

Die zweidimensionale Gelelektrophorese (2D-GE) zeigt sowohl Unterschiede zwischen ausgewählten Mustern als auch Gemeinsamkeiten. Abweichungen in der Proteinzusammensetzung sind erkennbar, jedoch teils durch das Vorhandensein von Weizenmehlmischungen in ihrer Aussagekraft limitiert. Mittels massenspektrometrischer Analyse wurden die einzelnen Spots der 2D-GE den Proteinen zugeordnet.

Die Vorhersage der Backqualität, charakterisiert durch das spezifische Backvolumen, konnte mittels verschiedener Methoden erheblich verbessert werden. Dabei kamen drei wesentliche Verfahren zum Einsatz: (a) die Vorhersage basierend auf Fluoreszenz-, NIR- und Raman-Spektren von Mehl- und Mehlfraktionen (b) die Vorhersage basierend auf einer Vielzahl von rheologischen und analytischen Daten (z.B. Farinograph, Extensograph, Alveograph, Proteingehalt, Osborne Fraktionen, SDS-GMP Fraktionierung, Solvent Retention Capacity (SRC), etc.) (c) die Vorhersage basierend auf einer Kombination von Mehlspektren und rheologischen und analytischen Daten. Mit verschiedensten Modellen der Verfahren (a)-(c) wurden sehr gute Vorhersagen mit R^2_{CV} > 0,85 erzielt, wobei häufig eine Kombination verschiedener Datentypen zur Modellberechnung zu Vorhersageverbesserungen führte. Gute Vorhersagen wurden mittels Fluoreszenzspektroskopie erzielt. Sehr gute Vorhersagen zeigten beispielsweise die Kombinationen verschiedener NIR- und Raman-Spektren der Siebfraktionen von Mehl und auch die Verwendung von Farinograph-Daten kombiniert mit SRC oder Extensograph- oder Alveograph-Daten. Die Kombination von Mehlspektren mit Farinograph- oder Extensograph-Daten zeigte ebenfalls vielversprechende Ergebnisse.

Wirtschaftliche Bedeutung

Eine möglichst verlässliche Vorhersage des Backverhaltens von Weizenchargen ist für die gesamte getreideverarbeitende Wertschöpfungskette von immenser wirtschaftlicher Bedeutung, beginnend bei der Weizenzüchtung, über den Anbau und Handel, die Verarbeitung des Getreides in Mühlen bis hin zur Verwendung des Mehls in Bäckereien: Züchter könnten im Ergebnis des Vorhabens marktgerechtere Weizensorten entwickeln, Landwirte ihren Anbau auch bei reduzierter Stickstoffdüngung nach der Backqualität anstatt nach einem hohen Proteingehalt ausrichten und Händler die Weizenpartien aufgrund ihrer Backqualität handeln und damit Diskrepanzen zwischen Preis und Leistung vermeiden. Müller bekämen eine größere Sicherheit beim Einkauf der Getreidechargen. Für Bäcker wiederum hätte eine verbesserte Vorhersage den Vorteil einer größeren Konstanz der Backeigenschaften mit entsprechend verringertem Störungsrisiko in der Produktion.

Ein Großteil der weizenverarbeitenden Betriebe sind kleine und mittelständische Unternehmen (KMU), die einem ständig steigenden Preisdruck mit sinkenden Gewinnmargen ausgesetzt sind. Eine vorhersagbare Weizenverarbeitungsqualität vermeidet Verluste durch Betriebsunterbrechungen oder Einbußen durch eine schwankende Produktqualität und sichert somit die Wettbewerbsfähigkeit der Produzenten.

Die erzielten Ergebnisse zeigen praktikable Methoden auf, die im gesamten Getreidesektor Anwendung finden können, um die Backqualität von Weizenmehlproben verbessert vorherzusagen. Die Reduktion auf den Proteingehalt reicht für eine gute Vorhersage der Backeigenschaften nicht aus. Durch detaillierte Informationen über die Proteinzusammensetzung ist dies verbessert. Dabei können verschiedenste Datentypen zum Einsatz kommen (z. B. rheologische und analytische Daten von Farinograph, Extensograph, Alveograph, Proteingehalt, Solvent Retention Capacity, etc. und NIR- und Raman-Spektren von Mehl und Mehlfraktionen), was es dem Anwender ermöglicht, die Methodik je nach verfügbaren Geräten und Mehlmengen auf die individuellen Voraussetzungen anzupassen. Durch die langfristige Generierung einer großen Datenbasis und einer kontinuierlichen Rekalibrierung der Modelle nach dem Vorbild der hier angewandten Methoden ist mit einer verbesserten Generalisierbarkeit und Robustheit der Modelle zu rechnen.

Weiterhin können die Entwicklungen eines Apparates zur Mehlfraktionierung sowie eines spektroskopischen Sensors mit reduzierten Wellenlängen, ggf. auch beides in einem Gerät, künftige Schritte darstellen, um die Anwendbarkeit „auf dem Feld“ zu realisieren und eine einfache Umsetzbarkeit des auf Mehlfraktionierung und Spektroskopie basierenden Verfahrens in getreideverarbeitenden Betrieben zu ermöglichen.

Aus den Ergebnissen lässt sich außerdem das Potential ableiten, dass mittels Mehlfraktionierung und Spektroskopie auch die Vorhersagen von anderen Weizeneigenschaften (z. B. Extensograph-Parametern, Alveograph-Parametern) verbessert werden könnten.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Ziegler, D., Buck, L., Scherf, K. A., Popper, L., Schaum, A., & Hitzmann, B.: Improved prediction of wheat quality and functionality using near-infrared spectroscopy and novel approaches involving flour fractionation and data fusion. Food Analytical Methods, 19, 48, https://doi.org/10.1007/s12161-025-02931-7 (2026).
3. Ziegler, D., Buck, L., Scherf, K. A., Popper, L., & Hitzmann, B.: Fluorescence spectroscopy of flour fractions and dough: analysis of spectral differences and potential to improve wheat quality prediction. Cereal Chemistry, 102, 628-640, https://doi.org/10.1002/cche.10881 (2025).
4. Ziegler, D., Buck, L., Scherf, K.A., Popper, L., Schaum, A. & Hitzmann, B.: Improved prediction of wheat baking quality by three novel approaches involving spectroscopic, rheological and analytical measurements and an optimized baking test. J. Food Meas. Charact. 19, 1673–1692, https://doi.org/10.1007/s11694-024-03063-y (2025).

Weiteres Informationsmaterial

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Angewandte Biowissenschaften
Abt. für Bioaktive und Funktionelle Lebensmittelinhaltsstoffe
Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42929
E-Mail: katharina.scherf@kit.edu

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Prozessanalytik
Garbenstraße 23, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-23286
Fax: +49 711 459-23259
E-Mail: alexander.schaum@uni-hohenheim.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 Klimaschutz
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 Klimaschutz aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © 2012 Birgit Brandlhuber- stock.adobe.com #39720919

Stand: 2. Oktober 2026