

Rheokneten – Entwicklung einer Analysemethode für die kombinierte Erfassung von Mehl- und Teigverarbeitungseigenschaften



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Technische Universität München School of Life Sciences Forschungsdepartment Life Science Engineering Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie, Freising Prof. Dr. Thomas Becker/Thekla Alpers
Industriegruppe(n):	Verband Deutscher Großbäckereien e. V., Düsseldorf Weihenstephaner Institut für Getreideforschung e. V. (WIG), Freising
Projektkoordinator:	Dr. Dirk Fischer BASF Agricultural Solutions GmbH, Gatersleben
Laufzeit:	2018 - 2022
Zuwendungssumme:	€ 250.000,--

Ausgangssituation

Die große Varietät in den Weizensorten (ca. 140 zugelassene Sorten), das Prozessdesign des Mahlverfahrens sowie klimatische und örtliche Bedingungen führen zu stetig schwankenden Weizenmehleigenschaften. Aufgrund dieser kontinuierlich wechselnden Eigenschaften ist in der Praxis sowohl eine permanente Mehlcharakterisierung als auch eine Analyse der Verarbeitungseigenschaften der resultierenden Teige erforderlich.

Den aus Züchtungsversuchen resultierenden, meist kleinen Mustergrößen steht eine Vielzahl deskriptiver Methoden mit Probenvolumina von bis zu 300 g Mehl gegenüber, die eine vollumfängliche Bewertung der Mehl- und Verarbeitungsqualität neu entwickelter Sorten erschwert. Für viele dieser Analysen muss außerdem ein optimal gekneteter Teig zunächst extern in einem Knetter hergestellt, anschließend entnommen und analysiert werden. Bei der Entnahme und anschließenden Weiterverarbeitung wird dem Teigsystem dabei undefiniert mechanische Energie zugeführt, wodurch es zu einer Beeinflussung der Teigstruktur, d. h. der rheologischen Merkmale, zu Verzögerungen im Messablauf und somit zu einer Abweichung der nativen Teigeigenschaften kommt. Da zudem die Deformationen beim klassischen Knetprozess schwierig zu determinieren sind und die Verarbeitung der fertigen Teige mit natürlichen Schwankungen versehen ist, bedingt dies Ungenauigkeiten in den Messergebnissen. Eine In-Situ-Analysemethode zur Erfassung der Teigeigenschaften würde die Möglichkeit bieten, Strukturbildungsprozesse online zu ermitteln und gleichzeitig zu quantifizieren. Bei den derzeit eingesetzten und mit hohen Anschaffungs- sowie Personalkosten verbundenen, mehlcharakterisierenden Messgeräten treten zudem häufig undefinierte Deformations- bzw. Energieeinträge auf.

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, bereits während der Weizenteigerherstellung die Mehl- und Verarbeitungseigenschaften bei definierter Scherung in einem Schritt zu erfassen, ohne dabei auf verschiedene Analysegeräte zurückgreifen zu müssen. Dieses Ziel basierte auf der Hypothese, dass Teigstrukturen durch Imi-

tation des Knetprozesses in einem Rheometer in Abhängigkeit differenter Belastungsarten (alternierende Sinus-/Sprungfunktionen) ausgebildet werden können. Dies würde die gleichzeitige Erfassung von mehl- und teigcharakterisierenden Kennzahlen für die Qualitätsbewertung vor der Verarbeitung ermöglichen. Mit der zu entwickelnden Methodik sollten das Kneten, die Gärphase sowie der thermisch induzierte Phasenübergang während des Backens unter praxisnahen Prozessbedingungen imitiert werden, um darüber hinaus belastungsabhängige Struktur-Funktionsbeziehungen während der Weizenteigbereitung aufklären zu können.

Forschungsergebnis

Im Rahmen des Vorhabens wurde ein Scherknetverfahren im Rheometer entwickelt, mit dem weizenteigähnliche Strukturen und Probenmatrizen hergestellt werden konnten. Die Implementierung von Multiwave-Frequenz-Sweep-Messungen ermöglichte eine unterbrechungsfreie rheologische Beurteilung des erzeugten Probenmaterials während des Scherknetprozesses. Es wurden Weizenmehlproben mit unterschiedlichen Proteingehalten verwendet, deren Proteinuntereinheiten mittels HPLC näher quantifiziert wurden. Bei der Teigherstellung aus diesen Mehlen im Rheometer erfolgten nach dem Knetschritt eine rheologische Charakterisierung der Proben mittels Frequenz-Sweep- und Kriech-Erholungsversuchen. Die Frequenz-Sweep-Versuche wurden zu einem Teil in einem Multiwave-Modus durchgeführt. Mittels einer bildverarbeitungs-basierten Mikrostrukturanalyse konnte zusätzlich eine Bewertung der Netzwerkentwicklung vorgenommen werden. Diese bildgebende Analyse konnte durch eine Kopplung von Rheometer und Laser-Scanning-Mikroskop inline und ohne den sonst notwendigen Probentransport durchgeführt werden.

Für das Rheoknetverfahren kam eine Auslenkung der oberen Rheometergeometrie von 90° in positiver und um 45° in negativer Richtung zum Einsatz. Diese Versuche wurden mit einem Relaxationsschritt, ohne Deformation der Probe zwischen den Belastungsschritten, durchgeführt. Sowohl das Relaxationsmodul als auch die Schubspannungsverläufe in den Relaxationsschritten konnten zur Beurteilung der Netzwerkentwicklung herangezogen werden. Abschließend wurde mit den entwickelten Analysen der funktionelle Einfluss der Mehllagerung untersucht. Zusätzlich wurden verschiedene Belastungsarten im Rheometer hinsichtlich ihrer Eignung zur Evaluierung des Strain-Hardening-Verhaltens der Weizenmehlteige untersucht. Mit einer Vergleichsmethode zur Bestimmung des Strain-Hardening-Verhaltens konnten die Mehle nach ihrem Proteingehalt und der zu erwartenden Netzwerkausbildung klassifiziert werden. Durch eine Anpassung der scherrheologischen Methodik konnten diese Ergebnisse dann auf das Rheometer übertragen werden. Im Projekt wurden zudem imitierende Small-Scale-Fermentations- und Backversuche unter Trockenhefeverwendung und mit Backpulver und verschiedenen Säuregebern durchgeführt. Die erfolgreiche Korrelation zu realen Backversuchen zeigte, dass ein Scale-Down sowohl des Fermentationsschritts als auch des Backens auf den Maßstab der Rheometer-Messgeometrie möglich ist.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Charakterisierung der Mehl- und Teigeigenschaften ist ein grundlegender Schritt zur Bewertung der Prozessierbarkeit einzelner Intermediate bei der Herstellung von Backwaren. Bisher werden für die Mehlcharakterisierung in der Praxis unterschiedliche Analysengeräte benötigt, was neben der Anschaffung mehrerer Betriebsmedien einen erhöhten Personalaufwand erforderlich macht. Ein In-Situ-Analyseverfahren mittels eines Rotationsrheometers, das neben der Teigherstellung auch die Imitation des Gär- und Backprozesses bei gleichzeitiger Generierung teig- bzw. mehlcharakterisierender Kennzahlen ermöglicht, wird deshalb zu einer deutlichen Reduktion der Analysekosten (Einsparung von Zeit, Material und Personal) beitragen können.

Der Nutzen der Ergebnisse konnte durch eine deutliche Minimierung der Probenmenge bei der Analyse der Mehl- und Teigeigenschaften verdeutlicht werden. Die Reduzierung der benötigten Mehlmenge von vormals mehr als 50 g pro Analysedurchgang auf 192 mg spart vor allem für kleine und mittelständische Unternehmen (KMU) in erheblichem Umfang Kosten und verhindert einen zu hohen Ressourcenverbrauch. Die Analyse-methode lässt sich zudem auch für die Untersuchung neuer Inhaltsstoffe bei der Backtriebmittelherstellung verwenden. Durch die weiteren vielfältigen Einsatzmöglichkeiten der Mikromethodik können sowohl in KMU als

auch in großindustrieller Anwendung Vorversuche sowie Screening-Reihen mit reduziertem Material- und Kostenaufwand realisiert werden.

Die Aufklärung der Einflussgrößen auf die Netzwerkentwicklung während des Knetens von Weizenteigen schafft sowohl für die Produzenten von Knetsystemen als auch für alle backwarenproduzierenden Unternehmen Wettbewerbsvorteile. Durch die entwickelte simultane Teigherstellung und Teiganalyse wird eine schnellere und präzisere Beurteilung der Mehlqualität und der prozessrelevanten Kennzahlen möglich, so dass auf Basis eines einzigen Analysesystems und unter geringem Rohstoffeinsatz eine komplette Prozessoptimierung und Prozessanpassung entlang der Wertschöpfungskette erfolgen kann.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2022.
2. Vidal, L. M., Wittkamp, T., Benz, J. P., Jekle, M., & Becker, T.: A dynamic micro-scale dough foaming and baking analysis—Comparison of dough inflation based on different leavening agents. *Food Res. Int.* 164, 112342 (2023).
3. Vidal, L. M., Ewigmann, H., Schuster, C., Alpers, T., Scherf, K. A., Jekle, M., & Becker, T.: Microscopic analysis of gluten network development under shear load - Combining confocal laser scanning microscopy with rheometry. *J. Texture Stud.* 54 (6), 926-935 (2023).
4. Vidal, L. M., Braun, A., Jekle, M. & Becker, T.: Micro-Scale Shear Kneading - Gluten Network Development under Multiple Stress-Relaxation Steps and Evaluation via Multiwave Rheology. *Polym.* 4, 846, doi: 10.3390/POLYM14040846 (2022).

Weiteres Informationsmaterial

Technische Universität München
School of Life Sciences
Forschungsdepartment Life Science Engineering
Lehrstuhl für Brau- und Getränketechnologie
Weihenstephaner Steig 20, 85354 Freising
Tel.: +49 8161 71-3261
Fax: +49 8161 71-3883
E-Mail: tb@tum.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:



Das o. g. IGF-Vorhaben der Forschungsvereinigung Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Godesberger Allee 125, 53175 Bonn, wird/wurde über die AiF 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: © Jörg Sarbach

Stand: 14. Januar 2025