

Auswirkungen der Wechselwirkungen von Roggenhemicellulosen und Roggenproteinen auf die Brotqualität insbesondere das Trockenbacken



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL), Quakenbrück Dr. Volker Heinz/Dr. Ute Bindrich Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Nuthetal Prof. Dr. Sascha Rohn/Dipl.-Ing. Alexander Voss Universität Hamburg Hamburg School of Food Science Institut für Lebensmittelchemie Arbeitskreis Prof. Dr. Sascha Rohn Prof. Dr. Sascha Rohn
Industriegruppe(n):	Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e.V. (VGMS), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Markus Brandt Ernst Böcker GmbH & Co. KG, Minden
Laufzeit:	2017 - 2020
Zuwendungssumme:	€ 569.580,--

Ausgangssituation

Insbesondere im deutschsprachigen Raum hat sich im Laufe der Jahrhunderte eine Brotvielfalt entwickelt, die in anderen Teilen der Welt nicht ansatzweise vorhanden ist. Zu dieser Brotvielfalt trägt Roggen als Rohstoff in hohem Maße bei.

Bei Roggenbroten treten allerdings immer wieder Brotfehler auf, die als „Trockenbacken“ bezeichnet werden, und die nicht an betriebliche oder technologische Situationen gebunden sind, sondern ausschließlich rohstoffabhängig sind. Sie betreffen generell roggenhaltige Rezepturen und zwar Kastenbrote ebenso wie frei geschobene Brote. Der etablierte Einsatz von Brüh- und Kochstücken oder einer langen Teigführung sowie eine vorsichtige Zugabe von Malzmehl waren bisher nicht dazu geeignet, Probleme auszugleichen, die aufgrund mangelnder Backeigenschaften der Roggenmahlprodukte auftreten.

Die mit der backtechnischen Verarbeitung von Roggen einhergehenden Qualitätsprobleme waren bislang noch nicht Gegenstand einer systematischen wissenschaftlichen Untersuchung. Bisher konnte zwar belegt werden, dass die Wechselwirkungen zwischen den funktionell wirksamen Hemicellulosen und Proteinkomponenten das Verkleisterungsverhalten der Stärke und damit die Strukturbildung in Roggenbackwaren in hohem Maße beeinflussen, allerdings waren bisher keine quantitativen Zusammenhänge zwischen den Gehalten an Glucanen und Pentosanen der Mahlprodukte, ihren Verarbeitungseigenschaften und der resultie-

renden Gebäckqualität bekannt. Die Wechselwirkungen auf der Ebene der molekularen Strukturen, die in hohem Maße vom pH-Wert abhängig sind, waren bisher ebenfalls nicht hinreichend bekannt.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, aufbauend auf den Ergebnissen des IGF-Projekts AiF 17339 BG die Einflussfaktoren auf die Gebäckqualität von Roggenbrot zu untersuchen und die Wechselwirkungen zwischen löslichen und unlöslichen Proteinen, Glucanen und Pentosanen sowie den phenolischen Verbindungen aufzuklären.

Forschungsergebnis

Die Backwarenindustrie hat in den letzten Jahren mit sehr begrenztem Erfolg versucht, dem Phänomen des „Trockenbackens“ durch amylytisch aktive Backmittel sowie durch den Zusatz von Hydrokolloiden zu begegnen. Diese Ausgangssituation war Grundlage des Forschungsansatzes, Strukturbildungs- und Strukturveränderungsvorgänge außerhalb der Wechselwirkungen von Stärke und Amylase zu untersuchen. Im Fokus des Interesses standen hierbei die Proteine und die Hemicellulosen des Roggens. Ausgehend von den Ergebnissen des IGF-Projekts 17339 BG wurde die Hypothese aufgestellt, dass die Zugänglichkeit der Stärke für Wasser als Voraussetzung für eine ausreichende Stärkeverkleisterung und die Verfügbarkeit von Wasser durch Proteindenaturierung eingeschränkt sein könnten. Diese Hypothesen wurden durch die Ergebnisse des Vorhabens bestätigt.

Die quantitative Analyse der Inhaltsstoffe von Roggenmahlprodukten erlaubt hingegen keine sicheren Rückschlüsse für die Eignung als Brotroggen. Lediglich die Menge an Pentosanen und β -Glucanen und der Stärkegehalt sind Parameter, die hier hilfreich sind. Derartige Untersuchungsmethoden sind allerdings nicht in den Betriebslaboratorien der Mühlen und Backwarenbetriebe etabliert.

Eine weitere wesentliche Erkenntnis des Projektes besteht darin, dass Proteine und Hemicellulosen ihre Wechselwirkungen mit Wasser in Abhängigkeit vom pH-Wert in starkem Maße verändern. Aus diesem Grund erfolgte grundsätzlich die Aufarbeitung der Inhaltsstoffe der Roggenschrote mit Wasser, das auf pH 4,0 eingestellt war. Die resultierenden pH-Werte erlauben über die Pufferwirkung der Proteine Rückschlüsse auf die Zugänglichkeit der ionisierbaren funktionellen Gruppen. Diese ist sowohl von der quartären Struktur der Proteine als auch von einer Komplexbildung mit Hemicellulosen abhängig. Die erwartete Erhöhung der Löslichkeit der Proteine war nicht bei allen untersuchten Mustern zu verzeichnen. Es wurde ermittelt, dass weitere Einflussfaktoren existieren, die bisher nicht quantifizierbar sind. Dies betrifft die Wechselwirkungen zwischen Proteinen und Hemicellulosen, die entweder kovalent oder nicht kovalent sein können und Veränderungen an den Stärkekornoberflächen unter den Bedingungen des Wassermangels, die zu einer erheblichen Einschränkung der Zugänglichkeit der Stärke für Wasser führen.

Es wurde eine große Anzahl analytischer Daten für ausgewählte Roggenmuster aus vier Erntejahrgängen ermittelt. Die durchgeführte Datenanalyse erlaubt es zu ermitteln, welche dieser Parameter die Krumenqualität mit einer Signifikanz von 95 bzw. 99 % beeinflussen. Diese Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit den Hypothesen des Projekts, zeigen aber auch, dass keine einfachen Messmethoden existieren, anhand derer gut backfähiger Roggen von trockenbackenden Partien unterschieden werden kann.

Mit Hilfe der ermittelten Parameter, die die Krumenqualität signifikant beeinflussen, konnte mittels multipler, quasilinearer Regression der Zusammenhang von Einflussparametern und Zielgröße mit einem Bestimmtheitsmaß von $R^2 = 0,711$ spezifiziert und quantifiziert werden. Allerdings ist die Bestimmung des β -Glucangehalts der Fraktion Stärke 2 nicht per se für ein Betriebslabor geeignet. Hier ist es aber vorstellbar, z.B. im Rahmen eines nachfolgenden ZIM-Projekts, einen chemometrischen Zusammenhang zwischen den analytischen Werten und den NIR-Spektren zu ermitteln. Es wird allerdings auch bei Kenntnis der wichtigen Stoffdaten nur eine relativ grobe Zuordnung der Roggenmahlprodukte zu trockenbackenden Eigenschaften möglich sein. Das ist darauf zurückzuführen, dass eigenschaftsbestimmende Phänomene, wie die „Versiegelung“ von Stärkekornoberflächen, bei einer Verkleisterung unter der Bedingung des Wassermangels noch nicht untersucht sind. Hierzu sind noch weitergehende Untersuchungen erforderlich. Allein die Oberfläche

von Stärkekörnern detailliert zu untersuchen, erfordert technische Voraussetzungen, die auch eine gehobene Laborausstattung nicht aufweist.

Forschungsstelle 3 hat sich intensiv mit den Wechselwirkungen zwischen den Proteinen, Hemicellulosen und phenolischen Verbindungen des Roggens beschäftigt, um Rückschlüsse in Hinblick auf die Gebäckqualität treffen zu können. Es wurde zwischen kovalenten und nicht-kovalenten Wechselwirkungen unterschieden, wobei der Fokus nach Untersuchungen von Protein-Hemicellulose-Extrakten durch pH-Wert-Änderung und enzymatische Hydrolyse (Xylanase, Protease, Amidase) auf der Charakterisierung der kovalenten Wechselwirkungen lag. Es wurden zwei Methoden zur Untersuchung des Proteinprofils und deren Abbauprodukten herangezogen (SDS-PAGE, MALDI-ToF-MS), um Unterschiede zwischen Schrotmustern mit auffällig schlechten und auffällig guten Gebäudeigenschaften zu detektieren. Zusätzlich wurden die Gel- und Stärkephasen dieser Schrotmuster untersucht. Es konnte gezeigt werden, dass die Gelphase proteinhaltige Verbindungen aus den Fraktionen der Prolamine und Gluteline mit einem Molekulargewicht von über 250 kDa beinhaltet. Aufgrund der Größe ist es wahrscheinlich, dass es sich hier um eine komplexe Verbindung aus Proteinen und Hemicellulosen handelt. In der Stärkephase konnte das 75k- γ -Secalin als abundantestes Protein identifiziert werden. In einem modellhaften Versuch wurden die komplexbildenden Eigenschaften des 75k- γ -Secalins mit der Hemicellulose Arabinoxylan bestätigt. Die Phenolsäure Ferulasäure, die in Roggen ubiquitär vorkommt, wurde als Crosslinker, der für die Komplexbildung zwischen Protein und Arabinoxylan essentiell ist, identifiziert. Ebenso wurden die Aminosäuren, über die die Proteine mit der Ferulasäure wechselwirken können, bestimmt.

Wirtschaftliche Bedeutung

Die Ergebnisse des Vorhabens sind für die gesamte Wertschöpfungskette von wirtschaftlicher Relevanz. Sie werden der Backwarenindustrie dazu verhelfen, ein hohes Qualitätsniveau für Roggenbackwaren sicherzustellen und Produkte zu entwickeln, die insbesondere Kinder, Jugendliche und junge Erwachsene ansprechen. Der derzeitige Anteil dieser Produktgruppe macht mit etwa 3,3 Mrd. € ein Fünftel des Gesamtjahresumsatzes der Backwarenbranche aus. Obwohl Roggenbrote in Umfragen zu den beliebtesten Brotsorten zählen, ist in Deutschland der absolute Anteil der Roggenvermahlung seit Jahren konstant bzw. rückläufig. Eine Verbesserung der Roggenqualität trägt dazu bei, perspektivisch höhere Umsatzzahlen mit Roggenbackwaren zu generieren.

Mit den erarbeiteten Lösungen stehen Kenntnisse zur Verfügung, die zu einem besseren Verständnis der Backfähigkeit des Roggens führen. Insbesondere die Mühlenindustrie kann auf der Grundlage der Erkenntnisse hinsichtlich der Zusammensetzung der Mahlprodukte auch bei Partien, die grundsätzlich trockenbackende Eigenschaften haben, den Backwarenbetrieben Mehlmischungen zur Verfügung stellen, die eine gute Brotqualität ohne Rissbildung ermöglichen.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2020.
2. Schefer, S., Oest, M. & Rohn, S.: Interactions between Phenolic Acids, Proteins, and Carbohydrates – Influence on Dough and Bread Properties. *Foods* 10 (11), doi: 10.3390/foods10112798 (2021).
3. Oest, M., Bindrich, U., Voß, A., Kaiser, H. & Rohn, S.: Rye Bread Defects: Analysis of composition and further influence factors as determinants of dry-baking. *Foods* 9 (12), doi: 10.3390/foods9121900. (2020).
4. Voß, A.: Einfluss der Wechselwirkungen von Roggenhemicellulosen mit Roggenproteinen auf die Brotqualität, insbesondere auf das so genannte Trockenbacken. *ILU-Jahresb.* 2019, 16-17 (2019).
5. Bindrich, U.: Trockenbacken von Roggen, *DIL-Jahresb.* 2019/2020, 128-131 (2020).
6. Bindrich, U.: Trockenbacken von Roggen, *DIL-Jahresb.* 2017/2018, 82-83 (2018).

Weiteres Informationsmaterial

Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik e.V. (DIL)
Prof.-von-Klitzing-Straße 7, 49610 Quakenbrück
Tel.: +49 5431 183-130
Fax: +49 5431 183-200
E-Mail: u.bindrich@dil-ev.de

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU)
Arthur-Scheunert-Allee 40/41, 14558 Nuthetal
Tel.: +49 33200 89-176
Fax: +49 33200 89-220
E-Mail: alexander.voss@ilu-ev.de

Universität Hamburg
Hamburg School of Food Science
Institut für Lebensmittelchemie
Arbeitskreis Prof. Dr. Sascha Rohn
Grindelallee 117, 20146 Hamburg
Tel.: +49 40 42838-7979
Fax: +49 40 42838-4342
E-Mail: rohn@chemie.uni-hamburg.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/via



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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Sascha Kreklau, Verband Deutscher Großbäckereien e.V.

Stand: 18. November 2022