Technologische Minimierungsstrategien von Acrylamid in Backwaren mit pflanzlichen Spezialzutaten



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e.V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie FG Pflanzliche Lebensmittel Prof. Dr. Mario Jekle Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU), Bad Belzig Prof. Dr. Sascha Rohn/Dipl.-Ing. Alexander Voß
Industriegruppe(n):	Verband Deutscher Großbäckereien e.V., Düsseldorf Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e.V. (AGF), Detmold Weihenstephaner Institut für Getreideforschung e.V. (WIG), Freising
Projektkoordinator:	Alexander Meyer-Kretschmer Verband Deutscher Großbäckereien e.V., Düsseldorf
Laufzeit:	2021 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 467.180,--

Ausgangssituation

Acrylamid ist eine Prozesskontaminante, die beim Erhitzen von u.a. stärkehaltigen Lebensmitteln entsteht, insbesondere beim Backen, Braten, Frittieren und Rösten. Seit der Entdeckung dieser Substanz in Lebensmitteln im Jahr 2002, hat die wissenschaftliche Forschung aufgezeigt, dass Acrylamid potenziell genotoxische und krebserregende Eigenschaften aufweist und somit ein gesundheitliches Risiko darstellt. Aus diesem Grund haben internationale Gesundheitsbehörden, einschließlich der EU, Richtlinien und Grenzwerte eingeführt, um die Acrylamidbelastung in Lebensmitteln zu minimieren. In der deutschen Brotindustrie, die eine reiche Tradition und eine beeindruckende Produktvielfalt aufweist, stellen diese Richtlinien für eine Produktgruppe eine besondere Herausforderung dar. Während die Forschung bisher umfangreiche Maßnahmen zur Reduktion von Acrylamid in klassischen Brotsorten entwickelt hat, sind Spezialbrote mit Zutaten wie Kartoffeln, Karotten, Oliven, Röstzwiebel bisher wenig untersucht. Dabei wird die Acrylamidbildung durch den Einsatz von Spezialzutaten im Vergleich zu Standardbackwaren deutlich gefördert. Aufgrund der schwankenden Rohstoffqualität kommt es in der Produktion immer wieder zu unerwartet hohen Acrylamidgehalten.

Das Hauptziel des Forschungsvorhabens war es, eine effektive technologische Strategie zu entwickeln, um den Acrylamidgehalt in Spezialbroten mit pflanzlichen Zutaten zu minimieren. Dazu sollten zuerst die ausgewählten Spezialzutaten hinsichtlich ihrer Zusammensetzung charakterisiert werden. Außerdem sollte die Acrylamidbildung in Broten mit diesen Spezialzutaten unter Anwendung gängiger Maßnahmen, wie z. B. die Erhöhung der Teigausbeute, untersucht werden. Ein besonderer Fokus lag auf der Optimierung der Hydratation der Zutaten vor dem Backprozess, um die Bildung von Acrylamid bei erhöhter Wasserzugabe zu verringern, ohne dabei die

Produktqualität negativ zu beeinflussen. Die gezielte Anpassung des Hydratationsniveaus der Zutaten sollte dabei als eine vielversprechende Minimierungsmaßnahme untersucht werden. Zum einen sollte durch die Erhöhung des Feuchtegehalts in den Spezialzutaten die gesamte Acrylamidbildung reduziert werden. Zum anderen durch den Einsatz von Vor- und Sauerteigen die Zusammensetzung der Vorläufermoleküle verändert und gleichzeitig hemmende Bedingungen für die Acrylamidbildung, wie beispielsweise die pH-Wert-Senkung, erreicht werden. Zusätzlich sollte eine Methode zur Modellierung der Krustenbildung entwickelt werden, um die Acrylamidbildung anhand einer Modellkruste nachzustellen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, basierend auf den Erkenntnissen des Diffusions- und Migrationsverhaltens, der Bildungskinetik von Acrylamid und den Einflüssen der gezielten Anpassung des Feuchtegehaltes der Spezialzutaten eine erfolgreiche Minimierungsstrategie von Acrylamid in Backwaren mit pflanzlichen Spezialzutaten zu entwickeln. Diese praktischen Lösungen sollen mittelständische Bäckereien dabei unterstützen, die EU-Vorgaben zur Reduzierung von Acrylamid einzuhalten und dabei hohe Produktqualitäten einzuhalten.

Forschungsergebnis

Im Rahmen dieses Forschungsvorhabens wurde systematisch die Acrylamidbildung in verschiedenen Spezialbroten untersucht. Zunächst erfolgten die Auswahl und Charakterisierung der Spezialzutaten. Hierbei wurde die Messung der relevanten Vorläufermoleküle (Asparagin, reduzierende Zucker) sowie das intrinsische Acrylamid, das durch eine Vorprozessierung in der Zutat entstehen kann, untersucht. Dafür wurden hochpräzise analytische Methoden wie HPLC, HPAEC-PAD, LC/MS-MS angewandt. Auch die verwendeten Mehle wurden chemisch und physikalisch untersucht, darunter Proteingehalt, Stärkegehalt, reduzierende Zucker, Asparagingehalt, Asche und optimale Wasseraufnahme. Die Spezialzutaten zeichneten sich durch bestimmte Merkmale in Bezug auf die Vorläuferzusammensetzung aus. In den Kartoffelflocken ist somit besonders auf den Asparagingehalt zu achten, in den Karottenstreifen auf Zucker und Asparagin, in den Röstzwiebeln auf Zucker und intrinsisches Acrylamid sowie in geschwärzten Oliven auf Acrylamid. Als Minimierungsmaßnahme wurde eine direkte Erhöhung der Teigausbeute oder das Einweichen der Zutaten untersucht. Die Erhöhung der Teigausbeute funktionierte bedingt und war stark rohstoffabhängig. So konnte beispielsweise bei zwei verfügbaren Qualitäten von Karottenstreifen nicht immer eine Minimierung erreicht werden, auch trotz nahezu gleicher Marktspezifikation. Begleitend zu Acrylamidmessungen wurden potenzielle Änderungen der Backwarenqualität umfassend charakterisiert. Der Zusatz von Spezialzutaten führte zu einer stärkeren Bräunung der Brote und zur Erhöhung der Trockenmasse, was teilweise das Spezialvolumen beeinträchtigt hat oder sich in der höheren Festigkeit der Krume bemerkbar macht. Diese Effekte hängen jedoch stark vom Anteil der verwendeten Zutaten ab und lassen sich durch niedrigere Zugabemengen erfolgreich abmildern. Eine weitere Minimierungsstrategie, die direkt an den Zutaten ansetzt, wurde mittels sogenannter forcierter Hydratation untersucht. Hierfür wurden Karottenstreifen und Kartoffelflocken mittels Hochdruck und Ultraschall behandelt sowie eingeweicht. Das Einweichen bzw. auch kurzes Waschen führte bei allen getesteten Zutaten zu einer Reduzierung des Acrylamidgehalts um 40 - 90 %, bei nur geringfügigen Änderungen der Qualität, d.h. reduziertes Spezialvolumen und eine erhöhte Festigkeit. Es konnten jedoch keine signifikanten Unterschiede im Acrylamidgehalt zwischen den Behandlungen und dem reinen Einweichen festgestellt werden. Für die meisten Zutaten reichten Einweichzeiten von 10 - 40 Minuten aus, um eine wirksame Acrylamidreduzierung im Brot (unterhalb des EU-Richtwertes) zu erreichen. Ein längeres Einweichen, z.B. 85 Minuten, zeigte jedoch keinen signifikanten zusätzlichen Erfolg. Auf diese Weise wurden Teige mit sehr hohen Teigausbeuten erreicht, insbesondere unter Berücksichtigung des in den Zutaten gebundenen Wassers. Wichtig ist es dabei, die gesamte Wasserbilanz im Teig zu berücksichtigen, um Überwässerung zu vermeiden. Das Einweichwasser sollte dabei entsorgt und durch frisches Wasser ersetzt werden, da sonst die Vorläufermoleküle zurück in den Teig gelangen, was den Minimierungserfolg abschwächen könnte. Durch die gezielte Anpassung der Wasseraufnahme in den Zutaten konnte der Acrylamidgehalt erfolgreich unterhalb des aktuellen Richtwerts (2017/2158) gesenkt werden. In weiteren Schritten des Projektes wurde die Krustenbildung modellhaft anhand eines selbstgebauten Laborofens abgebildet. Zunächst wurden Brote mit unterschiedlich langen Backzeiten gebacken und daraus die Temperaturprofile an verschiedenen Stellen in den Krusten und im Brot erhoben. Anschließend wurden mit

diesen Temperaturprofilen gezielt Modellkrusten gebacken und deren Eigenschaften (optisches Aussehen, Farbe, Dicke, Brucheigenschaften, Acrylamidgehalt) mit den Referenzkrusten verglichen. Da die Modellkrusten hinsichtlich der untersuchten Eigenschaften den Referenzkrusten stark ähnelten, wurde ein Prozess zur Erstellung der Modellkruste erfolgreich validiert. Dies kann potenziell für schnelle Prognosen zur Acrylamidbildung genutzt werden und bietet eine Grundlage für weitere Analysen der Acrylamidbildungskinetik. Für einen erfolgreichen Transfer in die Wirtschaft werden weitere Datenaufnahmen erforderlich sein.

Wirtschaftliche Bedeutung

Spezialbackwaren haben eine wachsende wirtschaftliche Bedeutung und bieten insbesondere kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) die Möglichkeit, sich am Markt zu positionieren.

Die Forschungsergebnisse werden es KMU ermöglichen, ihr Produktportfolio zu halten bzw. auszubauen, ohne die festgelegten Richtwerte für Acrylamid zu überschreiten. Die Einhaltung der genannten Richtwerte ist essenziell für die Qualität und Sicherheit von Spezialbackwaren; zudem ist die Einhaltung dieser Richtwerte Voraussetzung dafür, dass diese Produkte vom Handel gelistet werden. Der Preisdruck und die Qualitätsanforderungen der Konsumenten zwingen KMU zu Rohstoff- und Rezepturoptimierungen. Die Erarbeitung von Lösungsstrategien, wie sie im Rahmen des Forschungsvorhabens verfolgt werden, können KMU mangels eigener Ressourcen selbst nicht leisten.

Die primären Anwendungsmöglichkeiten der Ergebnisse liegen in der Identifizierung kritischer Punkte für jede Spezialzutatengruppe, die bereits bei der Rohstoffauswahl berücksichtigt werden sollten. Besonders die Unterschiede in der Zusammensetzung für eine Spezialzutat, wie zum Beispiel bei getrockneten Karottenstreifen, geben wertvolle Hinweise auf potenzielle Einflüsse der Herkunft und/oder Prozessierung. Dies ermöglicht es den Betrieben, gezielt auf spezifische Eigenschaften der Rohstoffe zu achten, um unerwünschte Effekte wie eine verstärkte Acrylamidbildung zu vermeiden. Darüber hinaus zeigen die Ergebnisse dieses Forschungsvorhabens, mit welchen Qualitätsveränderungen bei der Implementierung verschiedener Spezialzutaten-Gruppen zu rechnen ist, insbesondere in Kombination mit Minimierungsmaßnahmen wie der Erhöhung der Teigausbeute oder der Wasserbindung in den Zutaten. Zusammenfassend bieten die Ergebnisse den Betrieben ein nützliches Instrument, um die wichtigsten Vorläufermoleküle zu identifizieren und festzustellen und welche Qualitätsmerkmale bei der Verwendung von Spezialzutaten verändert werden können. Dies ist vor allem für die rund 9.000 handwerklichen Bäckereibetriebe in Deutschland von Bedeutung, die von den Forschungsergebnissen profitieren können. Besonders vorteilhaft sind die Integrationsmöglichkeiten der forcierten Hydratation im Produktionsprozess. Selbst kleine Unternehmen können einen Einweichschritt als Zwischenschritt in eine standardisierte Produktion einführen. Neben der Backbranche könnte auch der Maschinen- und Anlagenbau von der Empfehlung zum Waschen der Zutaten profitieren, da Hersteller diesen Zwischenschritt in neue Anlagen integrieren könnten. Darüber hinaus lassen sich aus den erzielten Erkenntnissen weitere praktische Anwendungen ableiten, die auf andere Spezialzutaten übertragbar sind.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Swiacka, J., Matthes, C., Zettel, V., & Jekle, M.: Ultrasound-assisted rehydration for acrylamide mitigation in carrot enriched breads? A critical assessment. Food Bioscience, 107558, https://doi.org/10.1016/j.fbio.2025.107558 (2025).
3. Swiacka, J., Kaiser, V., Bertsche, U., Schwadorf, K., Koenzen, E., & Jekle, M.: How drying methods and carrot varieties influence the acrylamide formation in carrot-enriched breads?. Food Chemistry: X, 102836, https://doi.org/10.1016/j.fochx.2025.102836 (2025).
4. Swiacka, J., Kima, L., Voß, A., Bork, L.V., Grebenteuch, S., Rohn, S. & Jekle, M.: Carrot strips of various origins: Impact on acrylamide formation in baked goods. LWT – Food Sci. Technol. 204, 116453, (https://doi.org/10.1016/j.lwt.2024.116453 (2024).

5. Swiacka, J., Kima, L., Voß, A., Grebenteuch, S., Rohn, S. & Jekle, M.: Special bakery products - Acrylamide formation and bread quality are influenced by potato addition. J. Cereal Sci. 117, 103926, https://doi.org/10.1016/j.jcs.2024.103926 (2024).
6. Grebenteuch, S., Voß, A., Swiacka, J., Jekle, M. & Rohn, S.: Backwaren mit pflanzlichen Spezialzutaten – Technologische Minimierungsstragien von Acrylamid. Der Lebensmittelbrief 03/04, 52-53 (2024).
7. Voss, A., Mathew, L., Grebenteuch, S., Bauermann, O., Swiacka, J., Jekle, M., & Rohn, S.: Technologische Minimierungsstrategien von Acrylamid in Backwaren mit pflanzlichen Spezialzutaten. Lebensmittelchemie, 76, S2-219 (2022).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelwissenschaft und Biotechnologie
FG Pflanzliche Lebensmittel
Garbenstraße 25
70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-22314
E-Mail: mario.jekle@uni-hohenheim.de

Institut für Lebensmittel- und Umweltforschung e.V. (ILU)
Papendorfer Weg 3
14806 Bad Belzig
Tel.: +49 33200 89-176
E-Mail: alexander.voss@ilu-ev.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: © HLPhoto - stock.adobe.com #37088520

Stand: 13. Oktober 2026