

Acrylamidreduktion in Getreide- und Kartoffelprodukten durch systematischen Einsatz von Asparinasen und Antioxidantien



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Universität Hohenheim Institut für Lebensmittelchemie FG Lebensmittelchemie und Analytische Chemie PD Dr. Claudia Oellig Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Angewandte Biowissenschaften Abt. für Bioaktive und Funktionelle Lebensmittelinhaltsstoffe Prof. Dr. Katharina Scherf
Industriegruppe(n):	Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e. V. (VGMS), Berlin Der Backzutatenverband e. V., Berlin Arbeitsgemeinschaft Getreideforschung e. V. (AGF), Detmold
Projektkoordinator:	Dr. Peter Müller Novozymes Switzerland AG, Dittingen
Laufzeit:	2021 – 2024
Zuwendungssumme:	€ 511.764,--

Ausgangssituation

Acrylamid entsteht in verschiedenen gebackenen, gebratenen, gerösteten, gegrillten oder frittierten Kohlenhydrat-reichen Lebensmitteln. Hierzu zählen hauptsächlich Produkte, die aus den Rohstoffen Kartoffel und Getreide bestehen, hohe Mengen an freiem Asparagin aufweisen und bei niedrigem Feuchtegehalt und starker Erhitzung ($> 120\text{ }^{\circ}\text{C}$) hergestellt werden. Zur Acrylamidbildung werden zwar verschiedene Reaktionswege beschrieben; der Hauptbildungsweg beruht jedoch auf der Maillard-Reaktion zwischen freiem Asparagin und reduzierenden Zuckern. Aufgrund der Einstufung von Acrylamid als potentiell krebserregend durch die Europäische Lebensmittelsicherheitsbehörde (EFSA) gilt für die Herstellung von Lebensmittelprodukten das sog. ALARA-Prinzip zur Minimierung der Exposition. Aktuell gelten für Acrylamid je nach Lebensmittelkategorie spezifische Richtwerte (benchmark levels).

Zu den bereits eingesetzten Strategien zur Reduktion des Acrylamid-Gehalts in Lebensmitteln zählen der Einsatz von Rohstoffen mit möglichst geringen freien Asparagingehalten, die Reduzierung der Erhitzungstemperatur und -zeit, die Senkung des pH-Werts, eine Fermentation mit speziellen Hefen oder Milchsäurebakterien sowie die Verwendung von Zusätzen, z.B. Glycin, Calcium- oder Natriumsalzen. Auch werden Asparinasen eingesetzt, die die Bildung von Asparaginsäure und Ammoniak aus Asparagin und somit den Abbau von Asparagin katalysieren. Eine weitere Möglichkeit zur Acrylamid-Reduzierung bietet der Zusatz von Antioxidantien oder natürlichen Extrakten mit antioxidativem Potential. Problematisch bei den meisten Reduktionsstrategien ist, dass sie zu nachteiligen sensorischen Veränderungen der Lebensmittel führen. Zudem erfolgt der Einsatz

der Asparinasen derzeit nach dem „Trial and Error“-Prinzip, weil systematische Untersuchungen zum Einsatz von Asparinasen und antioxidativ wirksamen Substanzen fehlen. Obwohl es bereits einige Studien zum Einsatz von Asparinasen und Antioxidantien zur Acrylamid-Reduzierung gibt, ist eine Vorhersage bzgl. der zu erwartenden Acrylamid-Minimierung bei Lebensmittelprodukten noch immer nicht möglich.

Ziel des Forschungsvorhabens war es deshalb, durch systematischen Einsatz von Asparinasen (in Getreideprodukten) und/oder antioxidativ wirksamen Substanzen (in Getreide- und Kartoffelprodukten) unter Beibehaltung der positiven sensorischen und textuellen Eigenschaften eine Acrylamid-Reduktion zu erreichen. Ein weiteres wichtiges Ziel des Vorhabens war die Etablierung einfacher visueller und spektroskopischer Screening-Methoden zur Bestimmung des Acrylamidgehalts sowie ein Methodenvergleich zwischen GC-MS/MS, HPLC-FLD und ELISA.

Forschungsergebnis

Der Effekt von Pflanzenextrakten und phenolischen Verbindungen auf die Acrylamidbildung im Rahmen der Maillard-Reaktion wurde in verschiedenen Modellen untersucht. Dabei zeigte sich, dass die Modellmatrix, die Zugabemenge der Additive und der pH-Wert wesentliche Faktoren für die Wechselwirkung sind. Insbesondere der pH-Wert erwies sich als entscheidend. Für die untersuchten phenolischen Verbindungen wurde festgestellt, dass leicht saure Bedingungen eine Reduzierung des Acrylamidgehalts begünstigten, während dieser Effekt bei steigendem pH-Wert nachließ oder sich sogar umkehrte. Für Pflanzenextrakte zeigte die Art des eingesetzten Extrakts ebenfalls einen erheblichen Einfluss. So führten verschiedene Extrakte derselben Pflanze zu gegensätzlichen Effekten, wobei einige Extrakte sogar deutlich die Acrylamidbildung förderten.

Grüntee-Extrakt (GTE) und Rosmarin-Extrakt (RE) wurden als vielversprechende Additive zur Acrylamidreduktion identifiziert. Der Einsatz beider Extrakte im Herstellungsprozess von frittierten Kartoffelchips, durch einen Tauchschritt vor dem Frittieren bei Raumtemperatur (25 °C), kurzen Tauchzeiten (0,5 und 1,5 min) und niedrigen Extraktgehalten (0,01–0,1 %), führte zu einer Reduktion des Acrylamidgehalts im Endprodukt um bis zu 40 %. In einem vor-industriellen Test konnte die Übertragbarkeit der im Labor entwickelten Strategie unter Einsatz von GTE demonstriert werden, wobei eine Acrylamidreduktion von 28 % erzielt wurde. Ein Sensoriktest bestätigte die Eignung von GTE, da der Geschmack der Chips nicht signifikant beeinflusst wurde ($p > 0,05$). Jedoch zeigte sich ein signifikanter Unterschied im Aussehen ($p < 0,05$), der sich in einer leicht dunkleren Farbe der Chips äußerte.

Zudem wurde in einem Modellsystem der Effekt ausgewählter Additive auf die katalytische Aktivität von Asparinasen untersucht. Calciumcarbonat, Ellagsäure und Gallussäure zeigten eine synergistische Wirkung, während Calciumchlorid einen antagonistischen Effekt andeutete. Beim Einsatz dieser Additive in Kombination mit Asparinase im Herstellungsprozess von frittierten Kartoffelchips konnte ein synergistischer Effekt aller getesteten Additive nachgewiesen werden. Dies äußerte sich in einer gesteigerten Umsetzung von Asparin zu Asparinsäure im Tauchwasser. Die Kombination aus Additiven und Asparinase führten zudem zu einer deutlichen Reduzierung des Acrylamidgehalts im Endprodukt, mit ≥ 77 %.

In Backwaren waren Asparinasen am wirksamsten bei der Reduzierung des Acrylamidgehalts. Der Einsatz von Asparinasen verursachte nur minimale Veränderungen in der Farbe und Textur der Produkte. Die sensorische Bewertung ergab keine signifikanten Veränderungen in Bezug auf Farbe, Geschmack, Aroma oder allgemeine Akzeptanz, mit Ausnahme einer leichten Veränderung der Knusprigkeit. Weitere Untersuchungen verschiedener Additive (Ellagsäure, Gallussäure, Calciumchlorid und Calciumcarbonat) zu Keksen und Knäcke-brot zeigten signifikante Reduzierungen von Acrylamid. Die Anwendung von Salzen oder Phenolsäuren allein führte nur zu einer geringfügigen Reduzierung von Acrylamid. Die Kombination dieser Additive mit 50 ppm Asparinase führte jedoch zu einer erheblichen Verringerung des Acrylamidgehalts. Dies deutet darauf hin, dass diese Additive in Kombination mit Asparinase eine kosteneffiziente Strategie zur Acrylamidreduzierung in Backwaren darstellen. Die Zusätze hatten auch keinen Einfluss auf Farbe oder Textur. Außerdem wurden GTE und RE in Keksen, Knäcke-brot und Flocken (nur GTE) getestet. Die Ergebnisse für GTE waren unterschiedlich. In einigen Fällen förderte GTE die Bildung von Acrylamid, aber in anderen reduzierte GTE sie. GTE

verursachte auch signifikante Veränderungen der Farbe und Textur. RE zeigte im Vergleich zu GTE eine stärkere Acrylamidreduktion, die sich vor allem auf die Farbe der Produkte auswirkte, während die Textur unverändert blieb. RE, Calciumchlorid und Ellagsäure wurden auch für die sensorischen Analysen ausgewählt und die Teilnehmer/innen konnten keine signifikanten Veränderungen feststellen. Scale-up-Experimente zeigten, dass die mit Asparinasen erzielte Acrylamidreduktion in Kleieflocken bis zu 9 % betrug.

Mittels ColorMuse wurde eine einfache visuelle Screening-Methode etabliert, die schnell Informationen über die Farbe und somit den Bräunungsgrad der Produkte ($L^*a^*b^*$ -Werte) liefert. Die HPLC-FLD erwies sich insgesamt als zu wenig sensitiv und unspezifisch, um Acrylamid in komplexen Lebensmittelmatrixen zu analysieren. Daher wurden im Rahmen des Projekts LC-MS/MS und ELISA für die Acrylamidanalytik genutzt. Beim Vergleich von Spiking-Experimenten zur Kontrollprobe (Weizenkeks) zwischen LC-MS/MS und ELISA wurden vergleichbare Wiederfindungen erzielt.

Wirtschaftliche Bedeutung

Das Vorhaben ist für eine Vielzahl getreide- und kartoffelverarbeitender KMU relevant, weil bislang nur empirische Erfahrungen vorlagen, ob und wenn ja, in welchem Maße, eine Reduzierung von Acrylamid möglich ist. Die Verwendung von Asparinasen und die Kombination von Additiven wie Salzen oder Phenolsäuren mit Asparinasebehandlungen bietet einen kosteneffizienten Ansatz zur Senkung des Acrylamidgehalts in Backwaren, wodurch der Bedarf an höheren Enzymkonzentrationen und damit die Produktionskosten gesenkt werden können. Bei der Herstellung von Kartoffelchips bietet eine Kombination aus Phenolsäuren oder Calciumsalzen mit Asparinasen ebenfalls eine vielversprechende Möglichkeit, den Acrylamidgehalt im Endprodukt effektiv zu senken und gleichzeitig die benötigte Menge an Enzymlösung zu reduzieren. Zudem stellt der Einsatz von Pflanzenextrakten in einem Tauchschrift bei Raumtemperatur für kurze Einwirkzeiten vor dem Frittieren eine attraktive Alternative zum Blanchieren dar. Dadurch kann eine Behandlung der Kartoffelscheiben bei hohen Temperaturen vor dem Frittieren vermieden werden, während dennoch eine effektive Reduzierung des Acrylamidgehalts im Endprodukt erzielt wird. Der Einsatz von Asparinasen und ausgewählten Additiven erfordert nur minimale Änderungen an bestehenden Produktionsprozessen, was zur Aufrechterhaltung der betrieblichen Effizienz beiträgt und die mit Prozessänderungen verbundenen Kosten minimiert. Eine gleichbleibende Produktqualität und minimale Auswirkungen auf sensorische Eigenschaften führen zu weniger Ausschuss, was zu weiteren Kosteneinsparungen beiträgt. Die Skalierbarkeit dieser Strategien unterstützt die Umsetzbarkeit in der industriellen Produktion. Insgesamt helfen die im Rahmen des Vorhabens identifizierten Strategien zur Acrylamidreduktion nicht nur bei der Einhaltung von gesetzlichen Vorgaben, sondern bieten auch wirtschaftliche Vorteile. Die Projektergebnisse sind nicht nur bzgl. der Qualität und Sicherheit einer Vielzahl von Lebensmitteln und somit für den Verbraucherschutz von großer Bedeutung, sondern können zukünftig bei einer möglichen Einführung von Acrylamid-Grenzwerten auf EU-Ebene von großem vorwettbewerblichem Interesse sein.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2024.
2. Musa, S., Becker, L., Oellig, C. & Scherf, K. A.: Asparinase Treatment to Mitigate Acrylamide Formation in Wheat and Rye Cookies. LWT - Food Sci. Technol. 203, 116365 (2024).
3. Musa, S., Becker, L., Oellig, C. & Scherf, K. A.: Influence of Asparinase on Acrylamide Content, Color and Texture in Oat, Corn, and Rice Cookies. J. Agric. Food Chem. 72, 22875–22882 (2024).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Hohenheim
Institut für Lebensmittelchemie
FG Lebensmittelchemie und Analytische Chemie
Garbenstraße 28, 70599 Stuttgart
Tel.: +49 711 459-24094
Fax: +49 711 459-24096
E-Mail: claudia.oellig@uni-hohenheim.de

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Institut für Angewandte Biowissenschaften
Abt. für Bioaktive und Funktionelle Lebensmittelinhaltsstoffe
Adenauerring 20a, 76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-42929
Fax: +49 721 608-47255
E-Mail: katharina.scherf@kit.edu

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 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: © Marc Dietrich - fotolia.com #4974049

Stand: 21. März 2025