

Reduzierung der Bildung von Furan und Alkylfuranen bei der thermischen Verarbeitung von Frühstückscerealien



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Universität Münster Institut für Lebensmittelchemie Prof. Dr. Hans-Ulrich Humpf/Dr. Benedikt Cramer
Industriegruppe(n):	Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e. V. (VGMS), Berlin CEEREAL asbl, Brüssel
Projektkoordinator:	Jens Chr. Meyer H. & J. Brügggen KG, Lübeck
Laufzeit:	2020 - 2023
Zuwendungssumme:	€ 221.610,--

Ausgangssituation

Furan gehört zur Gruppe der sog. Prozesskontaminanten und wurde von der International Agency for Research on Cancer (IARC) als krebserregend im Tierversuch (Kategorie IIb) eingestuft. Die ebenfalls bei Verarbeitungsprozessen entstehenden Alkylfurane 2-Methylfuran, 3-Methylfuran sowie 2,5-Dimethylfuran werden aufgrund analoger Metabolisierung im Menschen ähnlich kritisch betrachtet. Neben Kaffee und Babynahrung sind Cerealien wesentliche Quellen für die Exposition gegenüber diesen Substanzen. Für Heranwachsende stellen sie sogar die Hauptexpositionsquelle dar, für Erwachsene und Babys sind sie die zweitgrößte Expositionsquelle. Für die Hersteller von Frühstückscerealien bedeuten diese Daten, dass dringender Handlungsbedarf besteht, um im Rahmen des vorbeugenden Verbraucherschutzes eine Minimierung der Furan- und Alkylfuran-Belastung zu erreichen.

Durch Modellexperimente konnte gezeigt werden, dass Furan und Alkylfurane aus einer Vielzahl von Vorstufen gebildet werden. Hierzu zählen insbesondere Ascorbinsäure, Aminosäuren, Kohlenhydrate, ungesättigte Fettsäuren sowie Carotinoide. Sowohl Glucose als auch Ascorbinsäure können direkte Vorstufen für Furan sein. Zudem kann ab Temperaturen von 120° Furan aus Linol- und Linolensäure gebildet werden. 3-Methylfuran kann aus Carotinoiden entstehen, so dass auch ein Eintrag von 3-Methylfuran aus raffinierten carotinoidreichen Ölen in weitere Lebensmittel möglich ist. Insbesondere Carotinoide und mehrfach ungesättigte Fettsäuren können zudem dazu führen, dass neben den bisher für Frühstückscerealien beschriebenen Methylfuranen auch weitere Alkylfurane, wie 2-Ethylfuran oder 2-Pentylfuran, entstehen. Diese Substanzen wurden bereits in verschiedenen Lebensmitteln bestimmt, zum Vorkommen in Frühstückscerealien gibt es jedoch bisher noch keine Daten.

Die bisher vorliegenden Untersuchungen zur Bildung von Furan und Alkylfuranen beziehen sich nahezu ausschließlich auf die Prozesse bei der Herstellung bzw. Lagerung von Babynahrung oder auf die Kaffeeröstung.

Eine Übertragung der Daten und Einflussfaktoren auf die Herstellung von Frühstückscerealien ist aufgrund unterschiedlicher Temperaturen, Verarbeitungsverfahren, Rezepturen sowie Wassergehalte nicht möglich.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, eine sensitive GC/MS-Methode für die Analytik von Furanen und Alkylfuranen zu entwickeln bzw. zu etablieren, ein Screening der auf dem Markt befindlichen Frühstückscerealien hinsichtlich ihres Furangehalts durchzuführen sowie einen möglichen Eintrag von Furan und Alkylfuranen über Rohstoffe zu prüfen. Daran anschließend sollte der Einfluss der wesentlichen Herstellungsprozesse von Frühstückscerealien auf die Bildung von Furan und Alkylfuranen untersucht werden, um kritische Einflussfaktoren zu bestimmen und Möglichkeiten zur Reduzierung der Belastung mit Furan und Alkylfuranen aufzuzeigen.

Forschungsergebnis

Zu Beginn des Projekts wurde zunächst ein empfindliches Analysenverfahren unter Verwendung von Headspace-Festphasenmikroextraktion-GC-MS etabliert. Nachfolgend wurden 74 verschiedene Sorten von Frühstückscerealien vom europäischen Markt untersucht, um ein umfassendes Bild über die Belastung dieser Produkte mit Furanen zu erhalten und um besonders kritische Prozesse und Produktkategorien zu identifizieren. Hierbei zeigte sich, dass insbesondere gepuffte, getoastete und extrudierte Produkte hohe Gehalte an Furanen aufweisen können, während Müslis/Granola als eher unkritisch betrachtet werden können.

Mit Hilfe von Rohstoffanalysen wurden im nächsten Schritt mögliche Eintragsquellen von Furanen in Frühstückscerealien untersucht. Hierbei zeigten vor allem Kakao, Malz/Malzextrakt, Honig sowie thermisch behandelte Vorprodukte für Müsli signifikante Gehalte an Furan und Alkylfuranen. Da diese Produkte in der Regel aber nur in geringen Mengen zugesetzt werden, ist der Einfluss auf den Furan- und Alkylfurangehalt im Endprodukt als begrenzt zu bewerten.

Anhand von Modellexperimenten zur Extrusion, zum Backen und zum Toasten konnten kritische Prozessparameter wie der spezifische mechanische Energie-Eintrag (SME), die Temperatur und der Wassergehalt identifiziert werden. Zudem wurden Effekte durch Rohstoffe, wie der Getreideart, der Zusatz von Zuckern oder von Kakao, auf die Bildung von Furan und Alkylfuranen untersucht. Anhand der gewonnenen Daten konnten beispielsweise für Furan und 2-Methylfuran die spezifische mechanische Energie bei der Extrusion als besonders kritisch identifiziert werden, während die Bildung von 2-Pentylfuran vergleichsweise wenig durch diesen Faktor beeinflusst wird.

Mit Hilfe von prozessbegleitenden Analysen wurde die Bildung von Furan und Alkylfuranen sowie begleitend die Bildung der Prozesskontaminante Acrylamid während der industriellen Herstellung von Frühstückscerealien untersucht. Auch hier zeigte sich, dass die Bildung von Furanen bei der Heiextrusion auch bei hohen Wassergehalten erfolgt, während Acrylamid vorwiegend bei der anschließenden Trocknung und dem Rösten gebildet wird. Für die Herstellung von Flakes wurde dies besonders im Vergleich zwischen den beiden etablierten Herstellungsverfahren deutlich: Für die unter Verwendung eines Extruders erzeugten Flakes wurden Furane bei der Extrusion und Acrylamid im Wesentlichen beim Trocknen gebildet. Beim klassischen Batch-Verfahren entstehen die Kontaminanten hingegen während des Toastens. Für das Puffen von Getreide konnte ein Zusammenhang zwischen der Expansionsrate und der damit verbundenen thermischen Belastung sowie der Bildung von Furanen beobachtet werden.

Durch das Auftragen von Coatings auf Frühstückscerealien findet nur eine geringe bis gar keine Bildung von Furanen statt. Da in der Regel zwischen 15 und 25 % Coating auf die Cerealienbasis aufgetragen werden, führt die Gewichtszunahme sogar dazu, dass der auf die Produktmasse bezogene Gehalt an Kontaminanten abnimmt. Lediglich der Gehalt an 2-Pentylfuran kann ggf. durch Fettcoatings leicht erhöht werden.

Statistische Analysen zeigten außerdem, dass es nur eine sehr begrenzte Korrelation zwischen der Bildung von Furanen und Acrylamid gibt und dementsprechend individuelle Anpassungen basierend auf den gewonnenen Daten möglich sind. Da sich jedoch Parameter, wie SME, oder die Expansionsrate beim Puffen direkt auf die sensorischen Eigenschaften eines Produkts auswirken, sind die Möglichkeiten der Prozessoptimierung stark

eingeschränkt und vor allem auf die Trocknung und Röstung zu richten. Zudem ist ein Einfluss der Getreidesorte und der Getreidequalität auf die Gehalte an Furan und Alkyfuranen möglich.

Wirtschaftliche Bedeutung

Bisher bestehen für die Herstellung von Frühstückscerealien große Wissenslücken bezüglich des Vorkommens und der Einflussfaktoren auf die Bildung von Furan und Alkyfuranen. Aufgrund einer kritischen Stellungnahme der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (EFSA) ist davon auszugehen, dass in Zukunft auf europäischer Ebene Minimierungsmaßnahmen für diese Substanzen gefordert werden, wie sie z. B. auch für Acrylamid bestehen.

Die getreideverarbeitende Industrie und insbesondere die Hersteller von Frühstückscerealien gehören größtenteils zu den kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU). Viele dieser Unternehmen haben sich spezialisiert und verarbeiten beispielsweise eher wenig verbreitete Getreidesorten und verwenden spezielle Rezepturen. Aufgrund ihrer geringen Forschungsressourcen sind insbesondere KMU nur sehr begrenzt in der Lage, Forschung zu den für die Bildung von Furan und Alkyfuranen verantwortlichen Einflussfaktoren zu leisten und diese auf ihre internen Prozesse zu übertragen; im Vergleich mit den in der Branche ebenfalls vertretenen großen Lebensmittelproduzenten kann dies zu einem deutlichen Wettbewerbsnachteil dieser Unternehmen führen.

Die Ergebnisse werden es der getreideverarbeitenden Industrie ermöglichen, die Verarbeitungsprozesse von Frühstückscerealien hinsichtlich der Minimierung der Gehalte von Furan und Alkyfuranen zu optimieren. Das Vorhaben leistet somit einen entscheidenden Beitrag zur Verbesserung der Lebensmittelsicherheit und zum vorbeugenden Verbraucherschutz.

Publikationen (Auswahl)

1. FEI-Schlussbericht 2023.
2. Lipinski, S., Lindekamp, N., Funck, N., Cramer, B. & Humpf, H.-U.: Determination of furan and alkyfuran in breakfast cereals from the European market and their correlation with acrylamide levels. *Eur. Food. Res. Technol.* 250, 167-180 (2024).
3. Lipinski, S., Becker, M., Meyer, J.C., Nowakowski, C., Humpf, H.-U. & Cramer, B.: Impact of physicochemical parameters on the furan, alkyfuran, and acrylamide formation during extrusion cooking of breakfast cereals. *ACS Food Sci. Technol.* 5, 589–599 (2025).

Weiteres Informationsmaterial

Universität Münster
Institut für Lebensmittelchemie
Corrensstraße 45, 48149 Münster
Tel.: +49 251 83-33391
Fax: +49 251 83-33396
E-Mail: humpf@uni-muenster.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: © Wolfgang Mucke - stock.adobe.com #25059759

Stand: 20. August 2025