

## **Einfluss der Zugabe von Öl auf die Materialeigenschaften, Prozessbedingungen und Strukturveränderungen während der Extrusion von Weizenproteinen zur Herstellung von Fleischersatzprodukten**



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungsstelle(n):	Karlsruher Institut für Technologie (KIT) Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik Prof. Dr. Heike P. Karbstein/PD Dr. M. Azad Emin/M. Sc. Christina Opaluwa
Industriegruppe(n):	Verband der Getreide-, Mühlen- und Stärkewirtschaft e. V. (VGMS), Berlin
Projektkoordinator:	Dr. Johannes P. Schlebusch Mars GmbH, Verden
Laufzeit:	2018 – 2021
Zuwendungssumme:	€ 249.720,--

### ***Ausgangssituation***

Gesundheitliche, ökologische, aber auch ethische Gründe motivieren viele Verbraucher, ihre Ernährungsgewohnheiten zu einer vorwiegend vegetarischen, jedoch trotzdem ausgewogenen Ernährung umzustellen. Doch ungeachtet des gestiegenen Bewusstseins sind viele Verbraucher nicht dazu bereit, auf die sensorischen Eigenschaften von tierischen Produkten zu verzichten. Um diesem Konflikt entgegenzutreten, werden mittlerweile in vielen Supermärkten und Reformhäusern Fleischersatzprodukte (FEP) aus pflanzlichen Proteinen angeboten. Diese Produkte werden vorwiegend aus Weizen- und/oder Sojaproteinen hergestellt und zeichnen sich durch eine fleischähnliche, faserige Textur aus. Ein gängiges Verfahren zur Herstellung von FEP ist die Kochextrusion bei hohen Wassergehalten ( $T > 100\text{ °C}$  bei ca. 40 - 80 % Wasser, die sog. Nassextrusion).

Die Erwartungen, die von den Verbrauchern an die sensorischen Eigenschaften von FEP gestellt werden, sind mit den Erwartungen an die typischen sensorischen Eigenschaften von Fleisch gleichzusetzen. Die wichtigsten sensorischen Merkmale von Fleisch beinhalten dabei die Kriterien Aussehen, Aroma, Textur und Mundgefühl (Auskleidung des Mundes, Feuchtigkeitsabsorption und -freisetzung). Diese Eigenschaften werden bei Fleisch insbesondere durch die Zusammensetzung aus Muskelfasern und intramuskulärem Fett beeinflusst. Bei FEP hingegen wird die Textur von Muskelfasern durch die Ausbildung von anisotropen Produktstrukturen aus pflanzlichen Proteinen nachgestellt. Diese spiegeln die sensorischen Eigenschaften von Fleisch, insbesondere hinsichtlich Mundgefühl (Saftigkeit) und Textur, jedoch derzeit nicht ausreichend wider. Durch die Zugabe von Öl bei der Herstellung von FEP könnten möglicherweise die sensorischen Eigenschaften hinsichtlich Mundgefühl, aber auch Textur, Aroma und Aussehen verbessert werden.

Ziel des Forschungsvorhabens war es daher, den Einfluss einer Ölzugabe auf die Veränderung der rheologischen Eigenschaften von Weizenproteinen und auf die Ausbildung anisotroper Produktstrukturen bei der Nassextrusion von FEP zu untersuchen, um daraus Strategien zur Führung des Extrusionsprozesses für verbesserte Produkteigenschaften von FEP abzuleiten.

## **Forschungsergebnis**

Im Rahmen des Forschungsvorhabens wurden als Rohstoffe Weizengluten und ein kurzkettiges Pflanzenöl verwendet. Das Öl wurde dem Extruder direkt und ohne vorherigen Emulgierschritt zugegeben. Aus vorangegangenen Arbeiten ist bekannt, dass natives Weizengluten bei extrusionsrelevanten Bedingungen eine hohe Reaktivität aufweist. Das bedeutet, dass das Weizengluten sich über die Ausbildung von Disulfidbrücken quervernetzt, was die Ausbildung der gewünschten Strukturen unterstützt.

Öl, das direkt im Extrusionsprozess zudosiert wird, wird in der Proteinmatrix dispergiert, so dass Öltröpfen unterschiedlicher Größe und Form entstehen. Es wurde anhand von Offline-Messungen gezeigt, dass sich die rheologischen Eigenschaften der Proteinmatrix durch die Ölzugabe verändern. Wird Öl in die Proteinmatrix gegeben, verringert sich die Viskosität der Gesamtmatrix. Dies wird auch als ‚plasticizing effect‘ beschrieben und mechanistisch so gedeutet, dass sich die Glutenmoleküle durch die Zugabe der kleinen Ölmoleküle leichter entschlafen. Die Viskositätserniedrigung durch den ‚plasticizing effect‘ hat im Extrusionsprozess zur Folge, dass sich der thermomechanische Energieeintrag im Schneckenbereich reduziert. Daraus resultiert ein geringerer Polymerisierungsgrad des Glutens und gleichzeitig eine geringere Matrixviskosität. Eine geringere Matrixviskosität konnte mit einer schwächeren Ausprägung der anisotropen Produktstrukturen korreliert werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass höhere Matrixviskositäten zu höheren Schubspannungen in der Kühldüse führen, die für die Deformation der mehrphasigen Gesamtmatrix notwendig sind.

Weiterhin wurde gezeigt, dass das zugegebene Öl in feinere Öltröpfen dispergiert werden kann, wenn die Viskosität der Proteinmatrix höher ist. Um im Extrusionsprozess eine höhere Viskosität der Proteinmatrix zu erzeugen, gibt es verschiedene Möglichkeiten bei der Prozessauslegung. Einerseits gibt es die Möglichkeit, das Öl erst am Ende des Schneckenbereichs kurz vor dem Eingang in die Kühldüse zuzugeben. Dadurch kann ein maximaler Viskositätsaufbau im Schneckenbereich durch ungehinderte Polymerisierung des Glutens stattfinden, bevor Öl zugegeben wird. Andererseits bietet das Design der Schnecken eine einfache und effektive Möglichkeit, den thermomechanischen Energieeintrag im Schneckenbereich und damit den Polymerisierungsgrad des Glutens zu steuern. Beispielsweise wurde gezeigt, dass durch den Einbau von Rückförderelementen der thermomechanische Energieeintrag und die Verweilzeiten im Schneckenbereich deutlich erhöht werden. Dies erhöhte den Polymerisationsgrad des Glutens und bewirkte, dass die Matrixviskosität zunimmt und die Öltröpfen feiner dispergiert wurden. So konnte dadurch wiederum die Ausbildung anisotroper Produktstrukturen verbessert werden. Nichtsdestotrotz wurde festgestellt, dass mit steigendem Ölgehalt unabhängig von der Ölzugabeposition oder der Schneckenengeometrie die Öltröpfengröße zunimmt, was auf Koaleszenzvorgänge zurückzuführen ist. Für das verwendete Stoffsystem führt dies ab ca. 6 % Öl zum Entstehen von großflächigen, freien Ölsammlungen im Produkt und an der Produktoberfläche, so dass Prozessinstabilitäten auftreten und die anisotropen Produktstrukturen nur noch sehr schwach ausgeprägt sind. Zukünftige Arbeiten sollten sich daher der Vermeidung von Ölkoaleszenz im Extrusionsprozess widmen.

## **Wirtschaftliche Bedeutung**

In Deutschland wird für den Umsatz mit Fleischersatzprodukten (FEP) ein Anstieg von 164,9 Mio. auf 345,7 Mio. US-Dollar zwischen 2015 und 2022 prognostiziert. Die Verbesserung von Textur, Mundgefühl und Geschmack von FEP bietet ein bedeutendes Optimierungspotenzial für produzierende Unternehmen, um so mit neuen, innovativen Produkten eine noch breitere Masse an Konsumenten anzusprechen.

Da Fette bzw. Öle im Lebensmittel als Geschmacksträger wirken, werden sie in Lebensmitteln häufig mit dem Ziel, den Geschmack zu verbessern, zugesetzt. Bei der Herstellung von Fleischersatzprodukten kann der Zusatz von Öl zahlreiche Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten bieten. Zum einen kann zugesetztes Öl die sensorischen Eigenschaften verbessern, indem es die Saftigkeit des Produktes erhöht und gleichzeitig als Trägermaterial für fettlösliche Aromastoffe dient. Zum anderen bietet die Zugabe von Öl die Möglichkeit, FEP mit ernährungsphysiologisch wertvollen Fettsäuren, fettlöslichen Vitaminen und Spurenelemente anzureichern. Unternehmen können so nicht nur den Genusswert, sondern auch den gesundheitlichen Nutzen von FEP erweitern.

FEP, die mittels Extrusion hergestellt werden, finden hauptsächlich Anwendung in der Herstellung von Fertiggerichten. In dieser Branche sind in Deutschland insgesamt 64 Betriebe mit 13.000 Beschäftigten tätig, davon 47 kleine und mittelständische Unternehmen (KMU); die Branche erwirtschaftet einen Jahresumsatz von rd. 3,4 Mrd. €. Um mit der Konkurrenz großer multinationaler Unternehmen mithalten zu können, sind diese Unternehmen für die Weiterentwicklung ihres Produktportfolios auf Erkenntniszuwachs von außen, im Besonderen im Rahmen der Industriellen Gemeinschaftsforschung, angewiesen. Die Gestaltung von Produkten und Prozessen bei der Herstellung von FEP erfolgt bislang hauptsächlich erfahrungsbasiert. Diese Trial-and-Error-basierte Vorgehensweise beinhaltet insbesondere bei KMU einen enormen Versuchs-, Zeit- und Kostenaufwand bei der Entwicklung neuer Produkte. Die im Rahmen dieses Forschungsvorhabens vorwettbewerblich gewonnenen Forschungsergebnisse werden KMU in die Lage versetzen, künftig zielorientierter neue, innovative Produkte mit verbesserten sensorischen Eigenschaften zu entwickeln und damit noch breitere Verbraucherschichten anzusprechen.

### **Publikationen (Auswahl)**

---

1. FEI-Schlussbericht 2021.
2. Opaluwa, C., Deskovski, S., Karbstein, H. P. & Emin, M. A.: Effect of oil on the rheological properties and reaction behavior of highly concentrated wheat gluten under conditions relevant to high moisture extrusion. *Fut. Foods* 9, 100307, <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100307> (2024).
3. Opaluwa, C., Lott, T., Karbstein, H. P. & Emin, M. A.: Encapsulation of oil in the high moisture extrusion of wheat gluten: Interrelation between process parameters, matrix viscosity and oil droplet size. *Fut. Foods* 7, 100222, <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100222> (2023).
4. Kendler, C., Duchardt, A., Karbstein, H.P. & Emin, M.A.: Effect of Oil Content and Oil Addition Point on the Extrusion Processing of Wheat Gluten-Based Meat Analogues. *Foods* 10 (4), 697 (2021).

### **Weiteres Informationsmaterial**

---

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)  
Institut für Bio- und Lebensmitteltechnik  
Teilinstitut I: Lebensmittelverfahrenstechnik  
Kaiserstraße 12, 76128 Karlsruhe  
Tel.: +49 721 608-42497  
Fax: +49 721 608-45967  
E-Mail: [heike.karbstein@kit.edu](mailto:heike.karbstein@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](mailto: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 Energie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © E.I.S. des BDSI

Stand: 27. März 2024