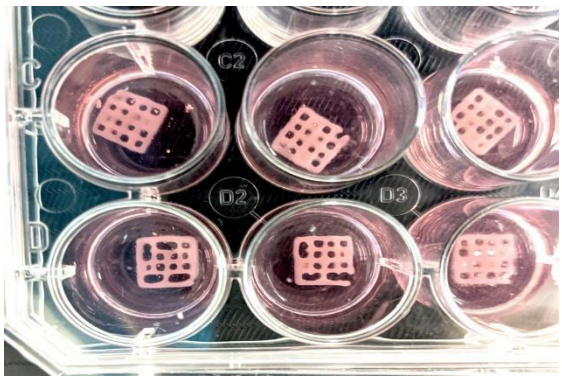
Extrudierte und 3D-gedruckte vegane Stützstrukturen für kultiviertes Fleisch



Koordinierung:	Forschungskreis der Ernährungsindustrie e. V. (FEI), Bonn
Forschungseinrichtung(en):	Technische Universität Dresden Institut für Naturstofftechnik Professur für Lebensmitteltechnik Prof. Dr. Anja Maria Wagemans Technische Universität Berlin Institut für Lebensmitteltechnologie und Lebensmittelchemie FG Lebensmittelbiotechnologie und -prozesstechnik Prof. Dr. Cornelia Rauh/M.Sc. Lisa Wölken Technische Universität Berlin Institut für Biotechnologie FG Angewandte Biochemie Prof. Dr. Jens Kurreck
Industriegruppe(n):	VDMA-Fachverband Nahrungsmittel- und Verpackungsmaschinen e. V., Frankfurt a. M. Gemeinschaft zur Förderung von Pflanzeninnovation e. V. (GFPi), Bonn
Projektkoordinator:	Dr. Sebastian Rakers Bluu GmbH, Hamburg
Laufzeit:	2022 - 2025
Zuwendungssumme:	€ 768.825,--

Forschungsziel

Kultiviertes Fleisch bietet eine umwelt- und tierfreundliche Alternative zu konventionellem Fleisch. Es wird angenommen, dass kultiviertes Fleisch und Fleischalternativen im Jahr 2030 bis zu 30 % des globalen traditionellen Fleischmarktes ausmachen könnten. Die Produktion von kultiviertem Fleisch im industriellen Maßstab ist derzeit allerdings noch eine große technische Herausforderung, da es keine etablierten Prozesse für die Produktion von lebensmittelkonformen Stützstrukturen gibt, die es Myozyten ermöglichen, effektiv zu adhärieren, zu proliferieren und komplexe Fleischstrukturen zu bilden. In den letzten Jahrzehnten wurden allerdings deutliche Fortschritte im Bereich 3D-Biodruck und Gewebezüchtung geschaffen, was die Herstellung präziser Gewebe(mikro)strukturen mit veganem Kulturmedium ermöglicht.

Eine etablierte Herangehensweise zur Erzeugung veganer proteinreicher Strukturen in industriellem Maßstab bietet die thermoplastische Kochextrusion und High-Moisture-Extrusion. In den vergangenen Jahren wurden mit dieser Technologie zahlreiche vegane Fleischalternativen auf dem Markt eingeführt. Das Potential derart hergestellter Extrudate als Stützstruktur für kultiviertes Fleisch wurde bisher allerdings nicht untersucht und genutzt.

3D-Druck wird in der Lebensmittelindustrie bislang v.a. zur Produktion von Spezialprodukten (z.B. Süßwaren) eingesetzt. Der 3D-Biodruck bietet den Vorteil, Mikrostrukturen von Fleisch präzise in Kombination mit µCT und CAD nachbilden zu können. Für einen breiteren Einsatz dieser Technik sind allerdings noch Fragen zum Einfluss der Zusammensetzung der Biotinte und der Kultivierungsbedingungen auf die Textur des kultivierten Fleisches zu klären. Außerdem sind die im 3D-Biodruck verwendeten Materialien und Prozesse oft lebensmitteluntauglich oder beinhalten mit Tierleid assoziierte Komponenten (z.B. Fötales Kälberserum, Matrigel).

Stützstrukturen, die zur Zellbesiedelung und Kultivierung von kultiviertem Fleisch herangezogen werden, müssen eine hohe mechanische Stabilität während der Kultivierung, eine hohe Porosität und eine hohe Biokompatibilität haben. Die Stabilität der Stützstrukturen kann durch die Denaturierung und/oder durch Vernetzung der Proteine und Polysaccharide bei der Kochextrusion, High-Moisture-Extrusion oder beim 3D-Biodruck gewährleistet werden. Die erhöhte Porosität der Stützstrukturen ist für die erfolgreiche Besiedlung der Zellen und eine ausreichende Versorgung der Zellen mit Nährstoffen wichtig. Eine hohe Porosität kann bei der Kochextrusion durch die Extrusionsbedingungen realisiert werden, da die Extrudate nach dem Verlassen der Düse expandieren. Zusätzlich kann eine hohe Porosität durch gezielte Mikrophasenseparation von thermodynamisch inkompatiblen Protein-Polysaccharid-Mischungen erreicht werden. Eine thermische oder enzymatische Nachbehandlung erhöht die Auflösung von Komponenten und dadurch die Porosität. Beim 3D-Druck kann die Versorgung der Zellen durch die sog. Vaskularisierung (d.h. Nachbildung blutgefäßähnlicher Strukturen) gewährleistet werden. Eine hohe Biokompatibilität der Stützstrukturen wird erreicht, wenn diese über sog. Zelladhäsionsmotive verfügen. Dies sind Aminosäuresequenzen, an denen Myozyten adhärieren und proliferieren können. In pflanzlichen Proteinen aus Soja, Weizen oder Mais wurde eine hohe Biokompatibilität nachgewiesen.

Ziel des Forschungsvorhaben ist es, in einem Top-Down-Ansatz durch Extrusion und in einem Bottom-Up-Ansatz durch 3D-Biodruck vegane Stützstrukturen für kultiviertes Fleisch gezielt herzustellen. Im Top-Down-Ansatz werden hochporöse bzw. faserartige Strukturen extrudiert, in denen mi-krophasenseparierte Protein-Polysaccharid-Mischungen verwendet werden. Eine der Komponenten wird in einer Nachbehandlung zielgerichtet durch thermische oder enzymatische Verfahren herausgelöst. Eine hohe Porosität ermöglicht die anschließende Zellbesiedelung mit Hühnermuskelzellen und eine Kultivierung. Im Bottom-Up-Ansatz werden (als Referenz für die mithilfe der Extrusionsverfahren zu erzeugenden Mikrostruktur) vaskularisierte Stützstrukturen aus zuvor entwickelten veganen Biotinten 3D-gedruckt und besiedelt. Durch den kombinierten Bottom-Up- und Top-Down-Ansatz soll mechanistisches Wissen zur Biokompatibilität und zum Phasenverhalten der Rohstoffe sowie zur erforderlichen Porosität der Stützstrukturen und zu den Kultivierungsbedingungen erarbeitet werden, um gezielt kultivierte Fleischprodukte herstellen zu können, die als Zielprodukte den Texturen und Strukturen von Hühnerfilet und Geflügelhackfleisch entsprechen. Das Vorhaben mündet in der technofunktionellen und wirtschaftlichen Bewertung der Erzeugung von kultiviertem Fleisch mithilfe des Top-Down-Ansatzes.

Wirtschaftliche Bedeutung

Der Umsatz von Fleischersatzprodukten, zumeist in Form von Fertiggerichten, betrug in Deutschland im Jahr 2020 374,9 Mio. €. Der Großteil der Hersteller (77 %) gehört zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Um sich in diesem internationalen Wachstumsmarkt behaupten zu können, ist es insbesondere für Betriebe dieser Größenordnung notwendig, die kontinuierliche Produktion von kultiviertem Fleisch im industriellen Maßstab zu realisieren und auf die nötige biochemische bzw. biotechnologische Expertise zurückgreifen zu können.

Aus den Erkenntnissen des Projekts sollen Empfehlungen für eine gezielte Rohstoffauswahl der pflanzlichen Protein-Polysaccharid-Mischungen, Extrusionsbedingungen, Nachbehandlungsverfahren sowie der Kultivierungsbedingungen für kultiviertes Fleisch abgeleitet werden. Als Zielprodukte werden Texturen und Strukturen von Hühnerfilet und Geflügelhackfleisch angestrebt. Hiervon profitieren die bereits in diesem Segment vertretenen KMU ebenso wie klassische fleischverarbeitende Unternehmen, die sich in diesem Produktsegment positionieren möchten. KMU werden in die Lage versetzt, Nischenprodukte mit großem wirtschaftlichen Entwicklungspotential zu produzieren. Durch die Integration pflanzlicher Rohstoffe in kultiviertes Fleisch lassen sich hochwertige Fleischalternativen herstellen, die das Interesse der auf Nachhaltigkeit achtenden Konsumenten ansprechen.

Obwohl der Fokus des Projekts auf der vorwettbewerblichen Produktion von kultiviertem Fleisch liegt, ist zu erwarten, dass auch Produzenten von rein vegetarischen Fleischersatzprodukten von den generierten Erkenntnissen profitieren werden. Die Untersuchung der Mikrophasenseparation und der Verfestigungsmechanismen in der Extrusion von faserartigen, porösen Strukturen spielt in der gesamten Produktentwicklung eine Schlüsselrolle, daher lassen sich auch bereits vorhandene Produkte mit Hilfe der mechanistischen Erkenntnisse optimieren.

Weiteres Informationsmaterial

Technische Universität Dresden
Institut für Naturstofftechnik
Professur für Lebensmitteltechnik
Bergstraße 120, 01069 Dresden
Tel.: +49 351 463-32420
Fax: +49 351 463-37761
E-Mail: anja.wagemans@tu-dresden.de

Technische Universität Berlin
Institut für Biotechnologie
FG Angewandte Biochemie
Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin
Tel.: +49 30 314-27581
Fax: +49 30 314-27502
E-Mail: jens.kurreck@tu-berlin.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 Energie

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 Energie (BMWE) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Bildnachweis - Seite 1: © Lisa Franke, Technische Universität Berlin

Stand: 7. Juli 2025