



Fallstudienbericht – *Social cohesion, food and health*

CS 2 – Novel food technologies

Autor:innen:

Dr. Dagmara Weckowska – Freie Universität Berlin

Prof. Dr. Cornelia Rauh – Technische Universität Berlin, Fachgebiet für Lebensmittelbiotechnologie und -prozessechnik

Lisa Franke – Technische Universität Berlin

Ann-Marie Kalla-Bertholdt – Technische Universität Berlin

Prof. Dr. Carsten Dreher – Freie Universität Berlin, Fachbereich Wirtschaftswissenschaft, Professur für Innovationsmanagement

Stand: 01.11.2023

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
2	Untersuchungsgegenstand, Ziel(e) und Fragestellung(en) der Fallstudie	3
3	Methodik.....	4
4	Forschungsergebnisse.....	4
4.1	Sozialer Zusammenhalt zwischen den Akteuren, die Technologien für die Produktion von Fleischersatzprodukten entwickeln	4
4.2	Erwartete Auswirkungen technologischer Lösungen für die Herstellung von kultiviertem Fleisch auf die Inklusion in den Verbrauch und die Produktion	5
4.2.1	Kultiviertes Fleisch.....	5
4.2.2	Pflanzenbasierte Fleischalternativen	8
5	Schlussfolgerungen und Verwertung.....	9
5.1	Schlussfolgerungen.....	9
5.2	Verwertung.....	10
6	Vorträge und Publikationen	10
6.1	Vorträge und Teilnahme an Veranstaltungen	10
6.2	Publikationen.....	11
	Literatur	11



1 Einleitung

Im Hinblick auf die steigende Weltbevölkerung und aufgrund nachhaltiger sowie ethischer Aspekte sind technologische Innovationen im Lebensmittelbereich von großer Bedeutung (Pikosky et al. 2022). In dieser Fallstudie werden Übergänge in der Proteinversorgung der Gesellschaft untersucht, wobei der Schwerpunkt auf der Rolle des sozialen Zusammenhalts in Innovationsprozessen und den Auswirkungen technologischer Innovationen auf soziale Inklusivität liegt.

2 Untersuchungsgegenstand, Ziel(e) und Fragestellung(en) der Fallstudie

In dieser Fallstudie stehen kultiviertes Fleisch sowie pflanzenbasierte Fleischalternativen als technische Innovationen im Lebensmittelsektor im Fokus.

In der Fallstudie wird untersucht, (1) wie der soziale Zusammenhalt zwischen den Akteuren, die technologische Innovationen entwickeln, die Innovationsprozesse und insbesondere die Richtung der technologischen Entwicklungen prägt, und (2) ob unterschiedliche technologische Lösungen für die Produktion von Fleischersatzprodukten sich in ihren Auswirkungen auf die Exklusivität des Konsums und die Produktion von Fleischersatzprodukten (auch in Bezug auf die Gesundheit) unterscheiden. Abbildung 1 stellt die Kriterien und Dimensionen für sozialen Zusammenhalt und Inklusivität dar, die in der Untersuchung genutzt wurden.



Abbildung 1. Konzeptueller Rahmen zur Darstellung der Beziehungen zwischen sozialem Zusammenhalt, Innovation und sozialer Inklusion.



3 Methodik

Das Thema ist von hoher aktueller und lebensweltlicher Relevanz. Die Produktion von Fleischalternativen wird aus verschiedenen sozialen und ökologischen Gründen als notwendig angesehen. Mit den Ergebnissen der Untersuchung kann ein Beitrag dazu geleistet werden, die Akteure der Technikentwicklung für soziale Aspekte zu sensibilisieren.

An der Fallstudie waren hauptsächlich Wissenschaftler:innen aus dem Bereich Innovation Management (FU Berlin) und Lebensmitteltechnologie (TU Berlin) beteiligt. Außerdem wurden Akteure aus der Industrie, Wissenschaft oder andere relevanter Bereiche für Expert:innen-Interviews einbezogen. Es konnte eine Kooperation mit dem Good Food Institute aufgebaut werden.

Empirische Methoden: Anhand gezielter Suchbegriffe wurde eine systematische Literaturrecherche zum Thema Kultiviertes Fleisch sowie pflanzlichen Fleischersatzprodukten auf Basis von Erbsen- und Weizenprotein durchgeführt. Zusätzlich wurden für das Thema kultiviertes Fleisch und pflanzliche Fleischersatzprodukte 11 Expert:inneninterviews geführt, welche nicht nur die Erfahrungen in einem der genannten Bereiche thematisierten, sondern auch den subjektiv wahrgenommenen sozialen Zusammenhalt sowie die Inklusivität der technologischen Innovationen bezogen auf das Lebensmittel selbst, die Gesundheit, soziale, ökonomische sowie politische Aspekte.

4 Forschungsergebnisse

4.1 Sozialer Zusammenhalt zwischen den Akteuren, die Technologien für die Produktion von Fleischersatzprodukten entwickeln

Thesen zur Rolle des sozialen Zusammenhalts in Innovationssystemen	Ergebnisse
Der soziale Zusammenhalt motiviert/leitet Wissenschaftler und Unternehmer dazu, in dieses Innovationssystem einzutreten und verbessert somit das Funktionieren des Innovationssystems und gestaltet die Richtungsabhängigkeit der Übergänge.	1. Akteure außerhalb des Innovationssystems beschließen, in dem neuen Bereich tätig zu werden, weil sie sozialen Zusammenhalt (persönliche Beziehungen, Vertrauen, gemeinsame Werte) zwischen sich und den Akteuren, die bereits in dem Bereich innovieren, erfahren. 2. Die Akteure des Innovationssystems nutzen ihre kohäsiven Netzwerke (persönliche Beziehungen, Vertrauen, gemeinsame Werte), um neue Personen in das Feld zu bringen.
Mangelnder sozialer Zusammenhalt ermöglicht Vielfalt bei unternehmerischen Experimenten und der Schaffung von Wissen und prägt somit die Ausrichtung des Innovationssystems (z. B. Ergebnisse der Integration).	3. Ideologisch nicht zusammenhängende Gruppen von Innovatoren entwickeln unterschiedliche Lösungen für die Produktion von kultiviertem Fleisch.
Mangelnder sozialer Zusammenhalt ermöglicht den Ausschluss vom Wissen und beeinträchtigt somit das Funktionieren des Innovationssystems.	4. Wissen wird von den Innovatoren nicht offen geteilt, wenn sie versuchen einen Wettbewerbsvorteil zu erzielen. Außerdem ist der soziale Zusammenhalt im Netzwerk gering.



Der soziale Zusammenhalt erleichtert den Zugang zu Ressourcen, die bestimmte Formen des unternehmerischen Experimentierens und der Erzeugung von Wissen ermöglichen und somit die Ausrichtung des Innovationssystems prägen.	5. Unentgeltliche Hilfe erfolgt in sozial zusammenhängenden Gruppen von Forschern und Entwicklern (enge Arbeitsbeziehungen, Vertrauen, gemeinsame Ziele).
	6. Kollektives Handeln für das Gemeinwohl ist innerhalb sozial zusammenhängender Gruppen von Entwicklern möglich.

4.2 Erwartete Auswirkungen technologischer Lösungen für die Herstellung von kultiviertem Fleisch auf die Inklusion in den Verbrauch und die Produktion

4.2.1 Kultiviertes Fleisch

Für kultiviertes Fleisch wurden vier technologische Schlüsselbereiche identifiziert: Zelllinienentwicklung, Nährmedien, Gerüststrukturen und Bioprozess, wobei letzteres noch bearbeitet wird und daher noch nicht in diesem Bericht dargestellt wird. Jeder Bereich umfasst zahlreiche technologische Lösungen, die unterschiedliche soziale Auswirkungen haben können. Die Literaturrecherche ergab, dass es nur sehr wenige Belege für die potenziellen Auswirkungen der kultivierten Fleischproduktion auf die soziale Inklusivität gibt. In den nächsten Abschnitten werden die einzelnen Innovationen und die Annahmen über ihre Auswirkungen vorgestellt, die in der Literatur und durch Experteninterviews identifiziert wurden.

Bei kultiviertem Fleisch werden Skelettmuskelzellen und Fettzellen als die beiden minimalen Zelltypen betrachtet. Weitere Voraussetzungen für die Zellselektion sind die Fähigkeit zur Replikation der Zellen und die Entwicklung zu einem bestimmten Zelltyp, auch Differenzierung genannt (Post et al. 2020). Die langfristige Replikationskapazität ermöglicht einen kontinuierlichen Produktionsprozess, der es ermöglicht, die Gesamtkosten von kultiviertem Fleisch zu senken (Specht et al. 2018). Primäre Zellen werden direkt aus einer Biopsie isoliert und können für einen kurzen Zeitraum *in vitro* kultiviert werden, wodurch wiederkehrende Biopsien erforderlich sind (Schaeffer 1990; Gstraunthaler und Lindl 2013; Pasitka et al. 2023). Adulte Stammzellen können sich mehr teilen und bieten daher einen Vorteil zu der primären Zelllinie (Roobrouck et al. 2008). Ein weiterer Vorteil ist, dass adulte Stammzellen eher akzeptiert werden, da sie z.B. aus Schlachtabfällen isoliert werden können. Jedoch ist die Isolierung und Identifikation schwieriger (Gstraunthaler und Lindl 2013). Induzierte pluripotente Stammzellen (iPSC) haben eine unbegrenzte Replikationskapazität und können in jeden Zelltypen differenzieren, daher werden sie für die Kultivierung von kultiviertem Fleisch in Betracht gezogen (Pasitka et al. 2023; Gstraunthaler und Lindl 2013; Post et al. 2020). Der Vorteil von iPSC-Zellen ist, dass sie die Eigenschaften von embryonalen Stammzellen haben, ohne dass sie von einem Embryo isoliert werden müssen, was ethische Vorteile haben könnte (Rosselló et al. 2013)

Die natürliche Mikroumgebung der Zellen wird oft durch das Gerüst nachgeahmt. Durch die Unterstützung der Zellen in ihrem Wachstum und ihrer Reifung könnte das Gerüst die organoleptischen Eigenschaften des Endprodukts verbessern, indem es eine Struktur schafft, die der Struktur von herkömmlichem Fleisch ähnelt. Durch die Einbeziehung von Antioxidantien als Gerüstkomponente beim 3D-Biodruck kann der Nährwert des Endprodukts verbessert werden (Dutta et al. 2022). Darüber hinaus können Gerüste einen Einfluss auf die Kosten und die



Skalierbarkeit des Prozesses haben, indem sie es ermöglichen, Zellen im Bioreaktor zu suspendieren (Bomkamp et al. 2022). Der 3D-Biodruck ermöglicht die Herstellung komplexer Gerüste, indem die Tinte Schicht für Schicht auf der Grundlage eines 3D-Modells aufgetragen wird. 3D-biogedrucktes könnte zu mehr Verbraucherakzeptanz führen, da die Struktur von herkömmlichem Fleisch genau nachgeahmt werden kann (Handral et al. 2022; Levi et al. 2022). Darüber hinaus könnte es ermöglichen, ansprechende Lebensmittel anbieten, indem die Textur (Struktur) für ältere Menschen, die möglicherweise Kau- oder Schluckprobleme haben, in die gewünschte Form gebracht wird (Handral et al. 2022; Portanguen et al. 2019). Poröse Gerüste verbleiben im Endprodukt und haben eine schwammartige Struktur. Pflanzliche Proteine stellen aufgrund ihrer Erschwinglichkeit, ihres hohen Nährwerts und ihrer Zellverträglichkeit eine geeignete Zutat für poröse Gerüste dar (Ben-Arye und Levenberg 2019; Lee et al. 2022). Darüber hinaus ermöglicht die Herstellung dieser die Nutzung von Nebenströmen, z. B. aus der Ölindustrie, was die Nachhaltigkeit des Prozesses erhöht (Bomkamp et al. 2022; Ben-Arye und Levenberg 2019). Sie stellen aufgrund ihrer Skalierbarkeit, Erschwinglichkeit und Verbraucherakzeptanz einen vielversprechenden Ansatz dar (Levi et al. 2022). Dezellularisierte Gerüste beschreiben die Entnahme von Zellen aus einem Gewebe, wodurch die natürliche umgebende Struktur der Zellen einschließlich der extrazellulären Matrix erhalten bleibt. Diese Gerüste sind kostengünstig, nachhaltig, beinhalten ein vaskuläres System und haben das Potenzial, in einem Bioreaktor hochskaliert zu werden (Levi et al. 2022; Singh et al. 2023).

Der Hauptkostentreiber sind die Kosten für Zellkulturmedien, wenn man die Produktion von kultiviertem Fleisch in großem Maßstab betrachtet (Post et al. 2020). Daher muss die Effizienz berücksichtigt werden und die Aufrechterhaltung der Lebensmittelsicherheit des Endprodukts (Guan et al. 2021). Das Medium enthält Nährstoffe und Sauerstoff für die Zellkultur und beeinflusst die Eigenschaften des kultivierten Endprodukts (Post et al. 2020). Das Medium enthält fötales Kälberserum (FBS), welches aufgrund der Zusammensetzung ein universelles Nahrungsergänzungsmittel für die Zellkultivierung ist (Post et al. 2020). Dieses durch ein definiertes Medium zu ersetzen, ist teuer. Die Verwendung von FBS ist jedoch nicht nachhaltig, unethisch, teuer, weist eine hohe Variation von Charge zu Charge auf und kann zu Kontaminationen führen (Post et al. 2020; Gstraunthaler und Lindl 2013; Stout et al. 2021; Hubalek et al. 2022). Bei Medien auf Basis von pflanzlichen Bestandteilen stellen hohe Schwankungen von Charge zu Charge und die mögliche Pestizid- oder Herbizid-Belastung Probleme dar (Hubalek et al. 2022; Yao und Asayama 2017).

Im vorherigen Abschnitt wurden die alternativen technologischen Lösungen für verschiedene Schritte des Produktionsprozesses von kultiviertem Fleisch sowie die Annahmen über ihre Auswirkungen erläutert. Abbildung 2 zeigt einen Überblick der Ergebnisse. Es ist wichtig zu betonen, dass die Abbildung die angenommenen Auswirkungen zeigt, die in der nächsten Phase der Radarentwicklung noch bewertet werden müssen.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Entwicklung von kultiviertem Fleisch auf verschiedenen Wegen verlaufen könnte (siehe Abbildung 3). So ist es beispielsweise möglich, dass Gentechnik zur Optimierung von Zellen und zur Herstellung von Inhaltsstoffen für das Medium eingesetzt wird, aber es ist auch möglich, mit Zellen und Medien ohne Gentechnik zu arbeiten. Jeder Weg ist mit unterschiedlichen technologischen Lösungen verbunden, und es ist zu



erwarten, dass diese Lösungen unterschiedliche gesellschaftliche Auswirkungen haben werden. Daher eröffnet jeder Entwicklungspfad die Möglichkeit, bestimmte Gruppen in den Verbrauch und/oder die Produktion einzubeziehen und/oder auszuschließen. Nach dem derzeitigen Kenntnisstand scheint der Weg, der auf technologischen Lösungen ohne Gentechnik und tierischen Bestandteilen beruht, ein gutes Potenzial zu haben, um einen inklusiven Konsum zu ermöglichen, aber es gibt noch viele technologische Hürden zu überwinden.

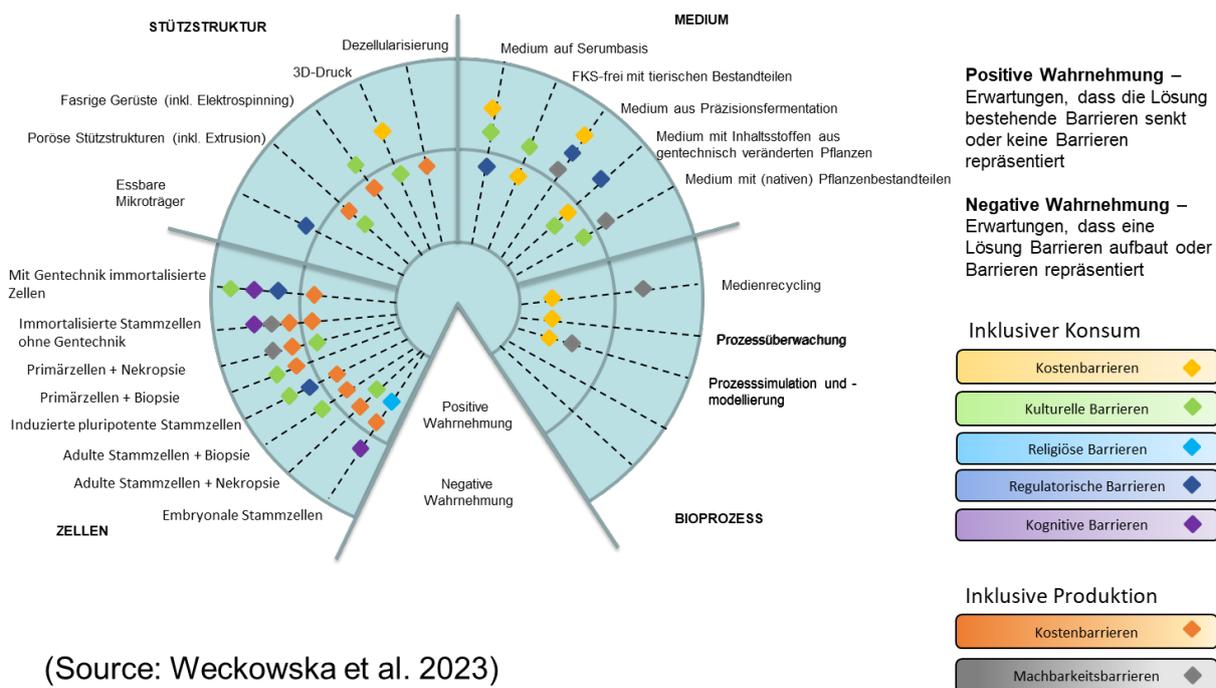


Abbildung 2: Innovationsradar für kultiviertes Fleisch: Überblick über innovative Lösungen und Aussagen zu deren Auswirkungen

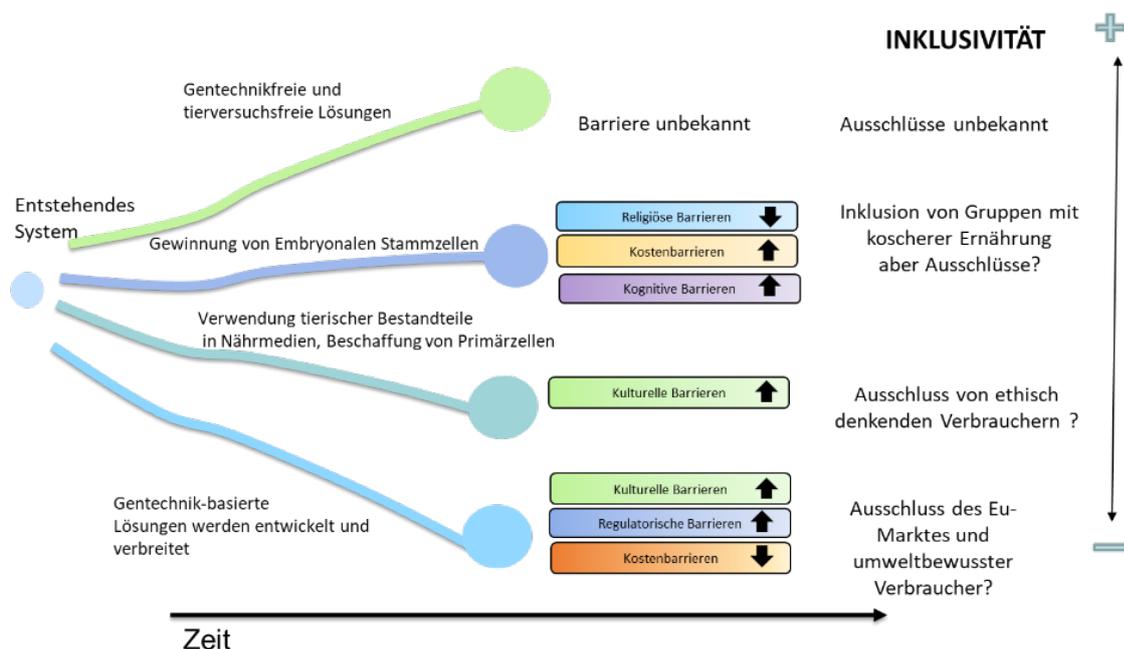




Abbildung 3. Entwicklungswege für kultiviertes Fleisch und die Bedeutung der Ergebnisse für die Inklusivität des Konsums und der Produktion

4.2.2 Pflanzenbasierte Fleischalternativen

Die Ergebnisse im Bereich der pflanzenbasierten Fleischalternativen sind zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht abgeschlossen. Daher haben die hier dargestellten Ergebnisse vorläufigen Charakter. Zu Beginn der Literaturrecherche wurden zunächst die wichtigsten Prozessschritte in der Herstellung eines pflanzenbasierten Fleischersatzproduktes definiert. Daran angeschlossen wurden etwaige Problematiken bezüglich der Produktion (bspw. Energieverbrauch, Einsatz von Zusatzstoffen) und des Produktes (bspw. Textur, Geschmack) identifiziert. Dies bildete die Grundlage für die Identifizierung von innovativen Lösungsansätzen, die diese Defizite ausgleichen können.

Es konnten insgesamt sechs Stadien im Entstehungsprozess unterteilt werden, die als Schrauben angesehen werden, um den Prozess und das Produkt gezielt zu beeinflussen. Die erste Stufe stellt die (Weiter-)Entwicklung von Kulturpflanzen dar, die dem speziellen Anwendungsbereich eines pflanzenproteinbasierten Fleischersatzproduktes angepasst sind (Aimutis 2022). Erbsen sowie Weizen werden hauptsächlich für die Stärkegewinnung angebaut und das Protein stellt eher ein Nebenprodukt dar. Daher existieren erste Ansätze, um die Pflanzen hinsichtlich des Proteingehaltes mit Hilfe von traditionellen Methoden, aber auch gezielter Mutation bis hin zu gentechnischen Methoden zu modifizieren (Pandey et al. 2022; Bhowmik et al. 2021). Dabei spielt im Kontext des sozialen Zusammenhalts insbesondere die Akzeptanz gegenüber gentechnisch veränderten Pflanzen eine große Rolle. Außerdem führen teure Entwicklungsmethoden oder der eingeschränkte Zugang zu schulungsintensiven Arbeitsplätzen zu reduzierter Inklusivität (Pandey et al. 2022). Des Weiteren sind insbesondere politische und damit rechtliche Rahmenbedingungen für die Entwicklungen im GMO-Bereich wegweisend.

Die nächste Stufe der Herstellung ist die Gewinnung bzw. Fraktionierung des Proteins aus der Kulturpflanze. Diese kann über verschiedenste Wege erfolgen. Beispielsweise erfordert die Anwendung der sogenannten Nass-Fraktionierung den Einsatz von zahlreichen technischen Hilfsstoffen, welche einen Einfluss auf die Umwelt haben können. Diese Methode bringt jedoch am Ende ein reines Produkt hervor, welches sich für den Einsatz im Fleischersatzbereich eignet (Gao et al. 2020). Die sogenannte Trocken-Fraktionierung ist sowohl umwelt- als auch produkt-schonender, belässt allerdings zahlreiche pflanzeigene Nährstoffe im Produkt, die bei der Weiterverarbeitung störend sein können und insbesondere im Fall der Erbse, zu einer Reduzierung in der Akzeptanz durch einen dominanten Beigeschmack führen (Pelgrom et al. 2015).

Im nächsten Schritt, der Funktionalisierung des Proteins, können bestimmte Eigenschaften des Proteins beeinflusst werden, die für den Einsatz im Fleischersatzbereich wichtig sind. So sind beispielsweise Technologien wie Ultraschall oder Hochdruck nutzbar, aber auch Fermentationen oder chemisch hervorgerufene Modifikationen (Rathnakumar et al. 2023). Als vierte Stufe schließt sich die Zusammensetzung des Produktes an. Insbesondere Zusatzstoffe sorgen bei Konsument:innen für eine Reduktion der Akzeptanz, hinsichtlich der wahrgenommenen Natürlichkeit und möglicher Toxizität des Produktes (Moll et al. 2022). Als vorletzter Parameter ist



der Texturierungsprozess zu nennen, um die fleischähnliche Konsistenz zu erzeugen. Extrusion ist dabei die dominierende Technologie, aber auch neuere Methoden, wie Electro-spinning kommen zum Einsatz (Kyriakopoulou et al. 2019). Als finalen Schritt im Herstellungsprozess dienen Modifizierungen des texturierten Produktes, wie beispielsweise durch Besprühen oder Marinieren mit Gewürzen (Cornet et al. 2021; Martín-Belloso et al. 2019).

Die Erkenntnisse dieser Literaturrecherche wurden in einem Innovationsradar zusammengetragen und können Herstellern als Grundlage für produkt- oder produktionsbezogene Entscheidungen dienen. Grenzen dieser Literaturrecherche taten sich hinsichtlich der Bewertung zum Einfluss auf den sozialen Zusammenhalt auf. Es gibt zahlreiche Studien, die die Auswirkungen bestimmter Prozessschritte auf die biologische Wertigkeit, Textur oder den Geschmack des Produktes untersuchen, allerdings nur wenige bis keine, die Auswirkungen auf die Produzent:innen oder generell auf das soziale Leben betrachten. Durch die Auswertung der Expert:inneninterviews werden weitere Ergebnisse in diesem Bereich erwartet.

5 Schlussfolgerungen und Verwertung

5.1 Schlussfolgerungen

Im Hinblick auf den Fokus des Gesamtprojekts IFST ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Alternativen zur industriellen Fleischproduktion sind notwendig, aber es kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Zugang zu Fleischalternativen inklusiv sein wird.
- Kultiviertes Fleisch ist ein vielversprechendes Produkt, um einige der ökologischen und ethischen Probleme der industriellen Fleischproduktion anzugehen. Hierfür gibt es verschiedene technologische Möglichkeiten.
- Da es sich um laufende Prozesse der Technologieentwicklung handelt, gibt es bisher wenige Abschätzungen der Auswirkungen, die verschiedene technologische Lösungen auf die Inklusivität des Konsums (und der Produktion) haben könnten.
- Die vorliegenden Erkenntnisse deuten darauf hin, dass die Inklusivität des Konsums (und der Produktion) von den technologischen und organisatorischen Entscheidungen der Entwickler:innen und Produzent:innen von kultiviertem Fleisch sowie den regulatorischen Entscheidungen der politischen Entscheidungsträger:innen (z. B. GV-Vorschriften, neuartige Lebensmittel) abhängen wird.
- Die Studie kommt zu dem Schluss, dass es mindestens vier alternative Entwicklungspfade für kultiviertes Fleisch gibt, die wahrscheinlich mit unterschiedlichen Auswirkungen auf die soziale Inklusion verbunden sind.
- Der soziale Zusammenhalt zwischen den Akteur:innen, die Technologien zur Herstellung von Fleischersatzprodukten entwickeln, scheint gering zu sein. Während dies zum Teil auf den starken Wettbewerb zurückzuführen ist, der in aufstrebenden Industrien üblich ist, scheint es unter den Entwickler:innen von kultiviertem Fleisch zusätzlich ideologische und normative Spaltungen zu geben, die über den Wettbewerb hinausgehen. Geringer sozialer Zusammenhalt ermöglicht das Entstehen einer Vielzahl von technologischen Lösungen. Der soziale Zusammenhalt zwischen Untergruppen von Akteur:innen erleichtert den Fortschritt in spezifischen technologischen Entwicklungspfaden.



5.2 Verwertung

Die Ergebnisse der Fallstudie können aufgrund der aktuellen Relevanz des Themas sowohl wissenschaftlich als auch in der Praxis verwertet werden. Um die Ergebnisse und ihre Auswirkungen zu verbreiten, wurden eine Online-Sitzung mit dem Good Food Institute (Europa) und eine Präsentation für das nicht-akademische Publikum auf der Abschlusskonferenz des Projekts durchgeführt. Außerdem gaben wir der Presse Interviews (z.B. Tagesspiegel).

Aus den Ergebnissen wurden die folgenden Empfehlungen für Politik und Praxis abgeleitet:

(1) Förderung der Entwicklung von kultiviertem Fleisch, das einen inklusiven Konsum ermöglicht.

- Anerkennen, dass es unterschiedliche Entwicklungspfade für kultiviertes Fleisch gibt, die unterschiedliche Auswirkungen auf inklusiven Konsum haben
- Benutzen des Zeitfensters für die Vermeidung von Richtungsfehlern
- Unterstützen von Forscher:innen und Innovator:innen, die verschiedene Lösungen für die Produktion von kultiviertem Fleisch entwickeln, um eine hohe Integration in den Verbrauch zu ermöglichen.
- Zulassen eines kurzen Zeitraums mit geringem sozialem Zusammenhalt zwischen den Akteur:innen, die Technologien zur Herstellung von Fleischersatzprodukten entwickeln, um die Entwicklung einer Vielzahl von Lösungen zu ermöglichen.
- Ausgleich des geringen sozialen Zusammenhalts unter Entwicklern (z. B. offene Datenbanken für den Austausch erfolgreicher und gescheiterter Verfahren, offene Zellbanken)
- Klärung des Standpunkts der EU zur Marktzulassung von kultivierten Fleischerzeugnissen

(2) Hindernisse für inklusiven Konsum aufdecken

- Finanzierung sozialwissenschaftlicher Forschung zu den Hindernissen für einen inklusiven Konsum
- Förderung der Verbundforschung zwischen Technik- und Sozialwissenschaften zur Bewertung der sozialen Auswirkungen technologischer Lösungen für die kultivierte Fleischproduktion. Zum Beispiel: Weiterentwicklung des Innovationsradars für kultiviertes Fleisch und pflanzenbasierte Fleischalternativen.
- Förderung von partizipativen Verfahren, bei denen die Bedürfnisse und Bedenken von künftigen Nutzer:innen kultivierten Fleisches sowie von Verbraucherverbänden und anderen Stakeholdern einbezogen werden.

6 Vorträge und Publikationen

6.1 Vorträge und Teilnahme an Veranstaltungen

Franke, Lisa. 2021. "NaturFutur: Renaissance of fermentation – Bioeconomy under discussion. Teilnahme an Podiumsdiskussion. Museum für Naturkunde Berlin, 2.-5.12.2021, Berlin.



Weckowska, Dagmara, Christiane Barnickel, Carsten Dreher, Peter Feindt. 2022. "Towards a Framework for Inclusive Food Systems Transitions: Social Cohesion and Inclusiveness in Innovation Systems." Full paper presented at: International Sustainability Transitions Conference, 21.-23.11. 2022, Online.

Weckowska, Dagmara, Carsten Dreher, and Peter Feindt. 2022. "Inclusive access to healthy and sustainable food. Innovation systems and social inequality." Presented at: Statuskonferenz Social Cohesion, 19.5.2022, Berlin.

Franke, Lisa, Fiona Panetta, Linda Metelka, Jens Kurreck, and Cornelia Rauh. 2022. "3D-bioprinting: the development of plant based protein biinks for the creation of sustainable, cultivated meat structures". Poster presented at: European Federation of Food Science and Technology Conference (EFFoST), 7.-9.11.2022, Dublin.

Franke, Lisa, and Cornelia Rauh. 2022. "Biothermofluidynamics in food technology and biotechnology". Presented at: International conference on medical applications of microfluidics, September 2022.

Weckowska, Dagmara, Lisa Franke, Ann-Marie Kalla-Bertholdt, Carsten Dreher, and Cornelia Rauh. 2023. "Social cohesion in emerging niches: Cultured meat." Presented at: Final Conference of the IFST research project: Social Cohesion, Food and Health: Inclusive food system transitions, 8-9.6.2023, Berlin.

Franke, Lisa, Dagmara Weckowska, Ann-Marie Kalla-Bertholdt, Carsten Dreher, and Cornelia Rauh. 2023. "Technologiegetriebene Inklusive Agrar- und Ernährungswende: Kultiviertes Fleisch." Presented at: Final Conference of the IFST research project: Social Cohesion, Food and Health: Inclusive food system transitions, 8-9.6.2023, Berlin.

Weckowska, Dagmara, Lisa Franke, Carsten Dreher, and Cornelia Rauh. 2023. "Innovation Radar: Exploring Technological Innovations for Production of Cultured Meat and Their Impacts". Full paper presented at: European Forum for Studies of Policies for Research and Innovation (EUSPRI), 14-16 June 2023, Brighton.

Franke, Lisa, Christopher McHardy, José Rodrigo Agudo, Gunther Arnold, and Cornelia Rauh. 2023. "Coupling Micro-Particle Image Velocimetry and Rheology for an optical mechanical stress measurement on cells". Poster presented at: International Congress of Rheology (ICR), August 2023.

Kooperationsseminar: Materialcharakterisierung von Lebensmitteln; TU Berlin; Potsdam, 11-12.10.23.

6.2 Publikationen

Weckowska, Dagmara, Christiane Barnickel, Carsten Dreher, and Peter Feindt. Tbd. "Directionality in Innovation Systems, Social Inclusion, and Social Cohesion: Towards a Framework for Inclusive Food Systems Transitions." Submitted to: *Research Policy*.

Literatur

Aimutis, William R. 2022. "Plant-Based Proteins: The Good, Bad, and Ugly." *Annual Review of Food Science and Technology* 13: 1-17.



- Ben-Arye, Tom and Shulamit Levenberg. 2019. "Tissue Engineering for Clean Meat Production." *Front. Sustain. Food Syst.* 3: 46. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00046>.
- Bhowmik, Pankaj Kumar, David Konkin, Patricia L Polowick, Connor Lorne Hodgins, Maya Subedi, Daoquan Xiang, Bianyun Yu, et al. 2021. "CRISPR/Cas9 gene editing in legume crops: Opportunities and challenges." *Legume Science* 3 (3). <https://doi.org/10.1002/leg3.96>.
- Bodiou, Vincent, Panagiota Moutsatsou, and Mark J. Post. 2020. "Microcarriers for Upscaling Cultured Meat Production." *Frontiers in Nutrition* 7. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00010>.
- Bogliotti, Yanina Soledad, Jun Wu, Marcela Vilarino, Daiji Okamura, Delia Alba Soto, Cuiqing Zhong, Masahiro Sakurai, et al. 2018. "Efficient Derivation of Stable Primed Pluripotent Embryonic Stem Cells from Bovine Blastocysts." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 115 (9): 2090–95. <https://doi.org/10.1073/pnas.1716161115>.
- Bomkamp, Claire, Stacey C. Skaalure, Gonçalo F. Fernando, Tom Ben-Arye, Elliot W. Swartz, and Elizabeth A. Specht. 2021. "Scaffolding Biomaterials for 3D Cultivated Meat: Prospects and Challenges." *Advanced Science*, November, 2102908. <https://doi.org/10.1002/advs.202102908>.
- Choi, Kwang-Hwan, Dong-Kyung Lee, Sung Woo Kim, Sang-Ho Woo, Dae-Yong Kim, and Chang-Kyu Lee. 2019. "Chemically Defined Media Can Maintain Pig Pluripotency Network In Vitro." *Stem cell reports* 13 (1): 221–234. <https://doi.org/10.1016/j.stemcr.2019.05.028>.
- Cornet, Steven H. V., Silvia J. E. Snel, Judith Lesschen, Atze Jan van der Goot, and Ruud G. M. van der Sman. 2021. "Enhancing the Water Holding Capacity of Model Meat Analogues through Marinade Composition." *Journal of Food Engineering* 290: 110283. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.110283>.
- D'Odorico, Paolo, Kyle Frankel Davis, Lorenzo Rosa, Joel A. Carr, Davide Chiarelli, Jampel Dell'Angelo, Jessica Gephart, et al. 2018. "The Global Food-Energy-Water Nexus." *Reviews of Geophysics* 56 (3): 456–531. <https://doi.org/10.1029/2017rg000591>.
- Dutta, Sayan Deb, Keya Ganguly, Min-Soo Jeong, Dinesh K. Patel, Tejal V. Patil, Seong-Jun Cho, and Ki-Taek Lim. 2022. "Bioengineered Lab-Grown Meat-like Constructs through 3D Bioprinting of Antioxidative Protein Hydrolysates." *ACS Applied Materials & Interfaces* 14 (30): 34513–26. <https://doi.org/10.1021/acsami.2c10620>.
- Enrione, Javier, Jonny Blaker, Donald Brown, Caroline Weinstein-Oppenheim, Marzena Peczynska, Yusser Olguín, Elizabeth Sánchez, and Cristian Acevedo. 2017. "Edible Scaffolds Based on Non-Mammalian Biopolymers for Myoblast Growth." *Materials* 10 (12): 1404. <https://doi.org/10.3390/ma10121404>.
- Ezashi, T., B. P. V. L. Telugu, A. P. Alexenko, S. Sachdev, S. Sinha, and R. M. Roberts. 2009. "Derivation of Induced Pluripotent Stem Cells from Pig Somatic Cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (27): 10993–98. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905284106>.
- Ezashi, Toshihiko, Bhanu Prakash V. L. Telugu, Andrei P. Alexenko, Shrikesh Sachdev, Sunilima Sinha, R. Michael Roberts. 2009. "Derivation of induced pluripotent stem cells from pig somatic cells." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106 (27): 10993–10998. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905284106>.
- Gstraunthaler, Gerhard and Toni Lindl. 2013. *Zell- und Gewebekultur. Allgemeine Grundlagen und spezielle Anwendungen*. 7., [überarb. und erg.] Aufl. Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum.
- Gao, Zili, Peiyi Shen, Yang Lan, Leqi Cui, Jae-Bom Ohm, Bingcan Chen, and Jiajia Rao. 2020. "Effect of Alkaline Extraction PH on Structure Properties, Solubility, and Beany Flavor of Yellow Pea Protein Isolate." *Food Research International* 131 (May): 109045. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109045>.
- Guan, Xin, Qingzi Lei, Qiyang Yan, Xueliang Li, Jingwen Zhou, Guocheng Du, and Jian Chen. 2021. "Trends and ideas in technology, regulation and public acceptance of cultured meat." *Future Foods* 3: 100032. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100032>.
- Guan, Xin, Qiyang Yan, Zhenwu Ma, and Jingwen Zhou. 2023. "Production of Mature Myotubes *in Vitro* Improves the Texture and Protein Quality of Cultured Pork." *Food & Function*, January. <https://doi.org/10.1039/d3fo00445g>.
- Handral, Harish, Shi Hua Tay, Weng Wan Chan, and Deepak Choudhury. 2020. "3D Printing of Cultured Meat Products." *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, September, 1–10. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1815172>.



- Harris, J. Robin and Ulrich Hoeger. 2020. *Vertebrate and Invertebrate Respiratory Proteins, Lipoproteins and Other Body Fluid Proteins*. Cham: Springer.
- Hoek, Annet C., Shirin Malekpour, Rob Raven, Eli Court, and Emily Byrne. 2020. "Towards Environmentally Sustainable Food Systems: Decision-Making Factors in Sustainable Food Production and Consumption." *Sustainable Production and Consumption* 26 (December). <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.12.009>.
- Hubalek, Sophie, Mark J. Post, and Panagiota Moutsatsou. 2022. "Towards Resource-Efficient and Cost-Efficient Cultured Meat." *Current Opinion in Food Science* 47: 100885. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2022.100885>.
- Intarapat, Sittipon, and Claudio D. Stern. 2013. "Chick Stem Cells: Current Progress and Future Prospects." *Stem Cell Research* 11 (3): 1378–92. <https://doi.org/10.1016/j.scr.2013.09.005>.
- Kolkmann, Anna M., Anon Van Essen, Mark J. Post, and Panagiota Moutsatsou. 2022. "Development of a Chemically Defined Medium for in Vitro Expansion of Primary Bovine Satellite Cells." *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology* 10. <https://doi.org/10.3389/fbioe.2022.895289>.
- Kumar, Ankit. 2019. "Beyond Technical Smartness: Rethinking the Development and Implementation of Sociotechnical Smart Grids in India." *Energy Research & Social Science* 49: 158–68. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2018.10.026>.
- Kyriakopoulou, Konstantina, Birgit Dekkers, and Atze Jan van der Goot. 2019. "Plant-Based Meat Analogues." *Sustainable Meat Production and Processing*, 103–26. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-814874-7.00006-7>.
- Law, Jia Xian, Ling Ling Liao, Aminuddin Saim, Ying Yang, and Ruszymah Idrus. 2017. "Electrospun Collagen Nanofibers and Their Applications in Skin Tissue Engineering." *Tissue Engineering and Regenerative Medicine* 14 (6): 699–718. <https://doi.org/10.1007/s13770-017-0075-9>.
- Lee, Milae, Sohyeon Park, Bumgyu Choi, Jiyu Kim, Woojin Choi, Ildoo Jeong, Dongoh Han, Won-Gun Koh, and Jinkee Hong. 2022. "Tailoring a Gelatin/Agar Matrix for the Synergistic Effect with Cells to Produce High-Quality Cultured Meat." *ACS Applied Materials & Interfaces* 14 (33): 38235–45. <https://doi.org/10.1021/acsami.2c10988>.
- Levi, Shira, Feng-Chun Yen, Limor Baruch, and Marcelle Machluf. 2022. "Scaffolding Technologies for the Engineering of Cultured Meat: Towards a Safe, Sustainable, and Scalable Production." *Trends in Food Science & Technology*, May. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.05.011>.
- Listrat, Anne, Bénédicte Leuret, Isabelle Louveau, Thierry Astruc, Muriel Bonnet, Louis Lefaucheur, Brigitte Picard, and Jérôme Bugeon. 2016. "How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality." *The Scientific World Journal* 2016: 1–14. <https://doi.org/10.1155/2016/3182746>.
- MacQueen, Luke A., Charles G. Alver, Christophe O. Chantre, Seungkuk Ahn, Luca Cera, Grant M. Gonzalez, Blakely B. O'Connor, et al. 2019. "Muscle Tissue Engineering in Fibrous Gelatin: Implications for Meat Analogs." *Npj Science of Food* 3 (1). <https://doi.org/10.1038/s41538-019-0054-8>.
- Martín-Belloso, Olga, M. Alejandra Rojas-Graü, and Robert Soliva-Fortuny. 2009. "Delivery of Flavor and Active Ingredients Using Edible Films and Coatings." *Edible Films and Coatings for Food Applications*, 295–313. https://doi.org/10.1007/978-0-387-92824-1_10.
- Messmer, Tobias, Iva Klevernic, Carolina Furquim, Ekaterina Ovchinnikova, Arin Dogan, Helder Cruz, Mark J. Post, and Joshua E. Flack. 2022. "A Serum-Free Media Formulation for Cultured Meat Production Supports Bovine Satellite Cell Differentiation in the Absence of Serum Starvation." *Nature Food* 3 (1): 74–85. <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00419-1>.
- Moll, Pascal, Hanna Salminen, Adrian Rausch, Christophe Schmitt, and Jochen Weiß. 2022. "Adjusting the Stickiness of Concentrated Pea Protein – Apple Pectin Systems via the Biopolymer Mixing Ratio." *Future Foods* 6 (December): 100184–84. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100184>.
- Okamoto, Yuta, Yuji Haraguchi, Azumi Yoshida, Hironobu Takahashi, Kumiko Yamanaka, Naoya Sawamura, Toru Asahi, and Tatsuya Shimizu. 2022. "Proliferation and Differentiation of Primary Bovine Myoblasts Using *Chlorella Vulgaris* Extract for Sustainable Production of Cultured Meat." *Biotechnology Progress*, January, e3239. <https://doi.org/10.1002/btpr.3239>.
- Pain, Bertrand, Clémence Kress, and Sylvie Rival-Gervier. 2018. "Pluripotency in Avian Species." *The International Journal of Developmental Biology* 62 (1-2-3): 245–55. <https://doi.org/10.1387/ijdb.170322bp>.



- Pandey, Prashant Kumar, Pankaj Bhowmik, and Sateesh Kagale. 2022. "Optimized Methods for Random and Targeted Mutagenesis in Field Pea (*Pisum Sativum* L.)." *Frontiers in Plant Science* 13 (September). <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.995542>.
- Pasitka, L., M. Cohen, A. Ehrlich, B. Gildor, E. Reuveni, M. Ayyash, G. Wissotsky, et al. 2022. "Spontaneous Immortalization of Chicken Fibroblasts Generates Stable, High-Yield Cell Lines for Serum-Free Production of Cultured Meat." *Nature Food* 4 (1): 35–50. <https://doi.org/10.1038/s43016-022-00658-w>.
- Pelgrom, Pascale J.M., Remko M. Boom, and Maarten A.I. Schutyser. 2015. "Functional Analysis of Mildly Refined Fractions from Yellow Pea." *Food Hydrocolloids* 44 (February): 12–22. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2014.09.001>.
- Pikosky, Matthew A., Jean Ragalie-Carr, and Gregory D. Miller. 2022. "Recognizing the Importance of Protein Quality in an Era of Food Systems Transformation." *Frontiers in Sustainable Food Systems* 6 (November). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1012813>.
- Portanguen, Stéphane, Pascal Tournayre, Jason Sicard, Thierry Astruc, and Pierre-Sylvain Mirade. 2019. "Toward the Design of Functional Foods and Biobased Products by 3D Printing: A Review." *Trends in Food Science & Technology* 86 (April): 188–98. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.023>.
- Post, Mark J., Shulamit Levenberg, David L. Kaplan, Nicholas Genovese, Jianan Fu, Christopher J. Bryant, Nicole Negowetti, Karin Verzijden, and Panagiota Moutsatsou. 2020. "Scientific, Sustainability and Regulatory Challenges of Cultured Meat." *Nature Food* 1 (7): 403–15. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0112-z>.
- Rackham, Owen J L, Jaber Firas, Hai Fang, Matt E Oates, Melissa L Holmes, Anja S Knaupp, Harukazu Suzuki, et al. 2016. "A Predictive Computational Framework for Direct Reprogramming between Human Cell Types." *Nature Genetics* 48 (3): 331–35. <https://doi.org/10.1038/ng.3487>.
- Rathnakumar, Kaavya, Gayathri Balakrishnan, Bharathi Ramesh, O. J. Sujayasree, Sudhir Kumar Pasupuleti, and Ravi Pandiselvam. 2023. "Impact of Emerging Food Processing Technologies on Structural and Functional Modification of Proteins in Plant-Based Meat Alternatives: An Updated Review." *Journal of Texture Studies*, March. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12747>.
- Rodríguez Escobar, María Ignacia, Erasmo Cadena, Trang T. Nhu, Margot Cooreman-Algoed, Stefaan De Smet, and Jo Dewulf. 2021. "Analysis of the Cultured Meat Production System in Function of Its Environmental Footprint: Current Status, Gaps and Recommendations." *Foods* 10 (12): 2941. <https://doi.org/10.3390/foods10122941>.
- Roobrouck, Valerie D., Fernando Ulloa-Montoya, and Catherine M. Verfaillie. 2008. "Self-Renewal and Differentiation Capacity of Young and Aged Stem Cells." *Experimental Cell Research* 314 (9): 1937–44. <https://doi.org/10.1016/j.yexcr.2008.03.006>.
- Rosselló, Ricardo Antonio, Chun-Chun Chen, Rui Dai, Jason T Howard, Ute Hochgeschwender, and Erich D Jarvis. 2013. "Mammalian Genes Induce Partially Reprogrammed Pluripotent Stem Cells in Non-Mammalian Vertebrate and Invertebrate Species." *ELife* 2 (September). <https://doi.org/10.7554/elife.00036>.
- Schaffer, Warren I. 1990. "Terminology Associated with Cell, Tissue and Organ Culture, Molecular Biology and Molecular Genetics." *In Vitro Cellular & Developmental Biology* 26 (1): 97–101. <https://doi.org/10.1007/bf02624162>.
- Singh, Anshuman, Vinod Kumar, Suraj Kumar Singh, Jalaj Gupta, Manish Sharma, Devojit Kumar Sarma, and Vinod Verma. 2022. "Recent Advances in Bioengineered Scaffold for in Vitro Meat Production." *Cell and Tissue Research* 391 (2): 235–47. <https://doi.org/10.1007/s00441-022-03718-6>.
- Specht, Elizabeth A., David R. Welch, Erin M. Rees Clayton, and Christie D. Lagally. 2018. "Opportunities for Applying Biomedical Production and Manufacturing Methods to the Development of the Clean Meat Industry." *Biochemical Engineering Journal* 132 (April): 161–68. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2018.01.015>.
- Stout, Andrew J., Addison B. Mirliani, Miriam L. Rittenberg, Michelle Shub, Eugene C. White, John S. K. Yuen, and David L. Kaplan. 2022. "Simple and Effective Serum-Free Medium for Sustained Expansion of Bovine Satellite Cells for Cell Cultured Meat." *Communications Biology* 5 (1): 1–13. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03423-8>.
- Su, Yue, Ling Wang, Zhiqiang Fan, Ying Liu, Jiaqi Zhu, Deborah Kaback, Julia Oudiz, et al. 2021. "Establishment of Bovine-Induced Pluripotent Stem Cells." *International Journal of Molecular Sciences* 22 (19): 10489–89. <https://doi.org/10.3390/ijms221910489>.



Weckowska, Dagmara, Lisa Franke, Carsten Dreher, Cornelia Rauh. 2023. "Innovation Radar: Exploring Technological Innovations for Production of Cultured Meat and Their Impacts." Full paper presented at the EUSPRI Conference, 14-16. Jun 2023, Brighton.

Wu, Zhao, Ji-Jun Chen, Jiangtao Ren, Lei Bao, Jing Liao, Chun Cui, Linjun Rao, et al. 2009. "Generation of Pig Induced Pluripotent Stem Cells with a Drug-Inducible System." *Journal of Molecular Cell Biology* 1 (1): 46–54. <https://doi.org/10.1093/jmcb/mjp003>.

Yao, Tatsuma, and Yuta Asayama. 2017. "Animal-Cell Culture Media: History, Characteristics, and Current Issues." *Reproductive Medicine and Biology* 16 (2): 99–117. <https://doi.org/10.1002/rmb2.12024>.

Zernov, Anton, Limor Baruch, and Marcelle Machluf. 2022. "Chitosan-Collagen Hydrogel Microparticles as Edible Cell Microcarriers for Cultured Meat." *Food Hydrocolloids*, March, 107632. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2022.107632>.