

POSITIONSPAPIER

Biotechnologie als Chance für eine nachhaltige Lebensmittelproduktion



Enzym
Vitamin
Verbraucher



Forschung
Genuss

Inhalt

1. Einleitung	5
2. Neue Proteinquellen	6
3. Rekombinante Proteinquellen (Präzisionsfermentation)	7
4. Enzyme - selektive Werkzeuge für bessere Lebensmittel	8
5. <i>In vitro</i> -Fleisch (<i>Cultured Meat</i>)	9
6. Perspektiven am Beispiel neuer Zucker	10
Fazit	11
Infobox Gentechnik – Status Quo und Potenzial	12
Literatur	14
Impressum	15

Leitsatz der DECHEMA-Fachgruppe Lebensmittelbiotechnologie

Die Fachgruppe widmet sich der technischen Anwendung von biologischen Systemen (Zellen und Enzymen daraus), um die Herstellung, Qualität und Umweltaspekte von Lebensmitteln im ganzheitlichen Sinn zu verbessern. Dafür kommen sowohl traditionelle Fermentationen und Zellkulturtechniken als auch die modernen Verfahren der Gentechnik in Betracht.

1. Einleitung

Zu den Millenniumszielen der Vereinten Nationen, dem Programm *Horizon Europe 2021/22*, dem *Green Deal* der Europäischen Kommission (engl. *European Commission*; EC) und der Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030 der Bundesregierung zählen die Schaffung und Sicherung einer ausreichenden und hochwertigen Ernährung für die wachsende Weltbevölkerung („*Grand Challenges*“).

Die pflanzlichen, tierischen und mikrobiellen Rohstoffe unserer Lebensmittel stammen aus nachwachsenden Quellen. Nachhaltigkeit ganzheitlich zu denken bedeutet, die wirtschaftlichen, ökologischen und sozialen Dimensionen bei der Erzeugung, Verarbeitung, Lagerung und Distribution von Lebensmitteln zu beachten. Die gegenwärtige Produktion von Lebensmitteln ist für mehr als ein Drittel aller Treibhausgasemissionen verantwortlich; Rinderzucht und Reisanbau sind die größten Quellen (25 bzw. 12 % der Gesamtemissionen) [1]. Umgekehrt bedroht der Klimawandel die Lebensmittelproduktion durch Dürren, Stürme, Bodendegeneration und den Verlust an Biodiversität; dazu kommen die Auswirkungen des Krieges in der Ukraine auf die Welternährung, die längerfristig Probleme verursachen werden. Vorschläge zur

Abhilfe, wie bewusster und weniger zu essen, weniger wegzuerwerfen und weniger Fleisch zu konsumieren, finden nur eine begrenzte soziale Akzeptanz [2].

Biotechnologische Lösungen für eine ressourcenschonende, ertragsoptimierte und nachhaltige Lebensmittelproduktion bieten die modernen Abkömmlinge der seit Jahrtausenden bewährten fermentativen Verfahren in der Lebensmittelbiotechnologie (Backwaren, Milchprodukte, Alkoholika, Kakaoerzeugnisse, Salami...). Dieses Positionspapier beschreibt die aktuellen Entwicklungen und wissenschaftlichen Fortschritte auf dem Gebiet der Lebensmittelbiotechnologie. Die politischen Verantwortlichen in der Europäischen Union (EU) und in Deutschland können daraus neue Handlungsstränge ableiten, die für eine disruptive Transformation des aktuellen Status der Lebensmittelindustrie erforderlich sind.

2. Neue Proteinquellen

Ein weltberühmter und ernährungswissenschaftlich engagierter Musiker bringt den Umbruch von Proteinen tierischen Ursprungs hin zu alternativen Quellen mit Blick auf den Klimawandel auf den Punkt: „*Less meat – less heat*“ [3].

Proteine aus Hülsenfrüchten, Getreide und Nüssen sind zur Herstellung veganer und vegetarischer Lebensmittel bereits etabliert. Beim Abbau von Fehlparamen, schwer verdaulichen Oligosacchariden und Allergenen helfen hier biotechnologische Verfahren mit Enzymen oder Mikroorganismen. Gleichzeitig können sogenannte technofunktionelle Eigenschaften von Lebensmitteln (Löslichkeit, Gelbildung, Emulgierfähigkeit etc.) durch Enzyme oder Fermentation, oft in Kombination mit modernen thermischen und mechanischen Texturierungsverfahren oder isoelektrischer Fraktionierung, gesteuert werden, um ein breites Spektrum von lebensmitteltechnischen Anforderungen abzudecken.

Auch Nahrungsergänzungsmittel aus Fermenterkulturen von CO₂-fixierenden Algen und Cyanobakterien, wie beispielsweise *Chlorella* und *Spirulina*, sind etabliert. Seit längerem wird mit bescheidener Akzeptanz Protein als Fleischersatz aus der Fermentation von Schimmelpilzmycel (*Quorn* aus *Fusarium venenatum*)

vermarktet, während *Nature's Fynd* aus den USA mit Mycel aus *Fusarium yellowstonensis* noch den Markteintritt plant. Die naheliegendere Fermentation von Mycel aus essbaren Ständerpilzen, wie dem Champignon oder dem Seitling, steht ebenfalls noch am Anfang (*Mycotechnology*, Aurora, Colorado, USA; *Mushlabs*, Berlin; *Kynda Biotech*, Jelmstorf). Ständerpilze besitzen attraktive sensorische und nutritive sowie vermutete gesundheitsfördernde Eigenschaften und können als Mycele bei geringem Flächenbedarf unter Nutzung von Nebenströmen aus der Lebensmittelproduktion, wie pflanzlichen Schalen und Kleien, im Fermenter produziert werden.

Insekten haben aufgrund ihres hohen Proteingehalts großes Potential, benötigen ebenfalls kleinere Zuchtflächen und haben einen geringeren spezifischen Futterbedarf im Vergleich zu Proteinlieferanten aus der Gruppe der höheren Tiere (*Flying Spark*, Ashdod, und *Hargol*, Karmiel, Israel; *Jimini's*, Paris; *Protix*, Bergen op Zoom, NL; *Swarm Nutrition*, Berlin). Sie leiden jedoch am Neophobie-Problem der Verbraucher, der Angst vor etwas Neuem, Unbekanntem. Pflanzenproteine erfahren im Vergleich mit Insektenprotein und *Cultured Meat* (cf. Punkt 6.) eine höhere emotionale Akzeptanz.

3. Rekombinante Proteinquellen (Präzisionsfermentation)

Starterkulturen und Enzyme für die Lebensmittelproduktion haben sich seit Jahrzehnten bewährt. Die modernen molekularbiologischen Methoden erschließen nun vollkommen neue Ansätze. Ohne Tiere entstehen z. B. Gelatine (*Geltor*, Berkeley, USA) und Hühnereiweiß (*Every*, South San Francisco, USA). Das Startup-Unternehmen *Formo* (Berlin) produziert bovine Milchproteine für die alternative Käseproduktion in Mikroorganismen. Rekombinante Expressionsplattformen, wie z.B. Hefen, nutzen Nährstoffe zwanzigmal effizienter für die Proteinherstellung als Milchvieh.

Die Präzisionsfermentation kann gewünschte Zielproteine mit dem Ziel niedriger Kosten in großen Mengen herstellen, unabhängig von Klima, Bodenbeschaffenheit und Jahreszeit. Einen hochinnovativen Ansatz verfolgt die *Air Protein* (Pleasanton, Kalifornien, USA), die sich zum Ziel gesetzt hat, „Fleisch“ aus Luft zu produzieren, indem sie als Substrat für das Wachstum der Biomasse lediglich Stickstoff und CO₂ aus der Luft verwendet. Auch das finnische Startup *Solar Foods* versucht, aus dem CO₂ der Luft mit Hilfe von erneuerbaren Energien ein Proteinpulver namens Solein herzustellen. Die Ankopplung phototropher Zellkulturen an massiv CO₂ emittierende Stahl-, Zement- und Kraftwerke erscheint interessant.

4. Enzyme – selektive Werkzeuge für bessere Lebensmittel

Enzyme, die biologischen Reaktionsbeschleuniger der Natur, steuern den Stoffwechsel der Zellen und kommen zu Tausenden in Lebensmitteln als genuine Bestandteile vor. In der Lebensmittelbiotechnologie werden Enzyme als spezifisch wirkende biochemische Werkzeuge geschätzt, weil sie im Vielstoffgemisch Lebensmittel im Idealfall nur eine Komponente verändern und als Proteine selbst essbar sind. Sie modifizieren Stärke und Fette, gleichen Rohstoffschwankungen aus, stabilisieren Schäume und Gele, steuern Reifeprozesse, entfernen Bitterstoffe, klären Apfelsäfte und helfen, Aromen und Fruchtauszüge zu gewinnen.

Der direkte Gesundheitsbezug der Enzymanwendung in Lebensmitteln wird bei lactosefreien Milch- und glutenfreien Getreideprodukten, die jeweils mit spezifischen, mikrobiellen Enzymen hergestellt werden am sichtbarsten. Vor der Zulassung von Enzymen für die Lebensmittelherstellung durch die EU-Kommission steht deren positive Bewertung der sicheren Anwendung durch die Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit (engl. *European Food Safety Authority*; EFSA).

Enzyme für die Lebensmittelproduktion sind in früheren Jahren nicht nachhaltig aus tierischen oder pflanzlichen Geweben isoliert worden, z. B. Labenzym aus dem Magen von Milchkälbern. Pflanzliche Enzymquellen stehen meist nur saisonal zur Verfügung; eine wirtschaftliche Chemosynthese gelingt nicht. Im Gegensatz dazu bieten Präzisionsfermentationen mit gentechnisch veränderten Bakterien, Hefen oder Pilzen eine nicht versiegende, umgebungsunabhängige, bedarfsgerechte, zuverlässige und nachhaltige Quelle. Labsubstitute stammen heute aus mikrobiellen, auch rekombinanten Quellen und ermöglichen die Herstellung von vegetarischen, *kosheren* und *halal* Milchprodukten. Zielgerichtete Veränderungen der codierenden Gene erlauben die Erzeugung von maßgeschneiderten Enzymen („*protein engineering*“). Etwa die Hälfte der ca. 400 Enzyme, die in der EU zur Zulassung anstehen, wird mit gentechnisch veränderten Organismen hergestellt.

Mit fortgeschrittenen Methoden der Gentechnik werden ganze Stoffwechselwege in Mikroorganismen eingebaut („*cell factories*“). Ein Beispiel hierfür ist die Synthese des Tomatenfarbstoffs Lycopin in einem Bakterium [4].

5. *In vitro*-Fleisch (*Cultured Meat*)

Für die Herstellung von *in vitro*-Fleisch werden Stammzellen aus Säugetieren im Fermenter unter Zugabe einfacher Zucker und Stickstoffsalze vermehrt, zu Muskel- oder Fettzellen differenziert und schließlich durch Besiedlung verdaulicher Gewebivorlagen oder 3D-Druck (*Redefine Meat*, Rehovot, Israel) zu Fleischsubstituten prozessiert. Die gewebeähnlichen Zellverbände kommen echtem Fleisch geschmacklich sehr nahe und sind frei von Tierarzneimitteln. Auch Fischfilet wird bereits produziert, beides jedoch noch im Labormaßstab.

Zahlreiche Startups bezeugen die disruptive Entwicklung (*Aleph Farms*, *Beyond Meat*, *Eat Just*, *Future Meat*, *Upside Foods* ...). *Mosa Meat* ist es gelungen, ohne das

teure fötale Kälberserum auszukommen. *Impossible Foods* (Redwood City, USA) verwendet eine gentechnisch modifizierte Hefe, um Leghämoglobin (ein pflanzliches Hämoglobin) herzustellen, das Fleischsubstitute blutrot färbt. Gänzlich neuartige proteinreiche Produkte sind vorstellbar (wie bei einem vom Beirat der DECHEMA-Fachgruppe Lebensmittelbiotechnologie im November 2021 organisierten Symposium mit > 200 Teilnehmern deutlich wurde). Aktuell werden von *Nestlé*, *JBS SA*, *Tyson*, *Danone* u. a. Investitionen in Millionenhöhe getätigt, um dieser Art Herstellungsprozesse zu kommerzialisieren.

6. Perspektiven am Beispiel neuer Zucker

Übergewicht ist weltweit eines der größten Gesundheitsprobleme und Risikofaktor für Herzkrankheiten, Schlaganfall, Diabetes und Krebs. Eine alternative Möglichkeit zum Süßen von Lebensmitteln ohne hohen Kalorienwert bietet das Izumoring, eine Strategie zur enzymatischen Herstellung seltener Zucker. In den USA hat D-Allulose die Zulassung erhalten. Gewonnen wird sie aus D-Fructose mittels einer D-Allulose-3-Epimerase. Entsprechende Zulassungsanträge werden von der EFSA zurzeit geprüft. D-Tagatose wird auch in der EU vertrieben. Die Herstellung geht von D-Galactose aus, die durch ein Enzym (L-Arabinose-Isomerase) konvertiert wird.

Um diese Zuckeralternativen großtechnisch und kostengünstig für die Konsumenten verfügbar zu machen, bedarf es aktiver Forschung nach neuen Enzymen sowie deren kostengünstiger Gewinnung. Hier ist z.B. das Startup Bonumose (Charlottesville, USA) aktiv, das Tagatose und Allulose über Enzymkaskaden aus preiswerten Kohlehydraten herstellen möchte (cf. Punkt 5.). Andere Beispiele sind Galacto- und Fructooligosaccharide, die als sogenannte Präbiotika das Wachstum von Bifidobakterien oder Lactobazillen im Verdauungstrakt fördern, sowie humane Milch-Oligosaccharide, die dem Säugling Schutz gegen Krankheitserreger verleihen.

Fazit

Obwohl die Novel-Food-Verordnung der EC strenge Maßstäbe für den Verbraucherschutz anlegt, steht die Gesellschaft gentechnischen und verwandten lebensmittelbiotechnischen Verfahren – wie allem Neuen – kritisch gegenüber. Abhilfe schafft eine sensorisch und nutritiv überzeugende Qualität der Lebensmittelprodukte im Sinn einer ganzheitlichen Betrachtung und deren transparente Vermittlung. Moderne lebensmittelbiotechnologische Verfahren sind geeignet, die aufziehende Krise durch die Klimaveränderung zu mindern sowie den Ernährungsstatus der Bevölkerung zu verbessern, und geben gleichzeitig enorme Landflächen frei, die zurzeit zum Anbau von Tierfutter verbraucht werden („*feed or food*“).

Die hierzu notwendige Forschung muss auf allen Ebenen (mikrobiologisch, molekularbiologisch, chemisch, technologisch, ökonomisch, ökologisch) ausgedehnt und integriert werden, was ohne die intensive Unterstützung durch die Politik nicht gelingen wird. Entsprechende finanzielle Rahmenbedingungen für Forschung & Entwicklung sind dafür ebenfalls essentiell. Nicht nur die Bewältigung des Klimawandels, sondern auch die Ernährungssicherheit und eine ausgewogene, gesundheitsfördernde Ernährung für alle sind drängende politische Aufgaben. Eine innovationshemmende Gesetzgebung muss vermieden und ggf. aufgehoben werden. (Siehe Infobox Gentechnik – Status Quo und Potenzial).

Infobox Gentechnik – Status Quo und Potenzial

Gentechnik bezeichnet die Nutzung rekombinanter DNA, um die Gene und damit die Eigenschaften eines Organismus rational zu verändern. Züchterisch wurden solche Veränderungen durch Selektion und Propagation des Nachwuchses erhalten. Gentechnik erlaubt durch das Einbringen von Genen aus artfremden Organismen eine schnellere, zielgerichtete Veränderung [5].

1. Relevante Gesetzgebung

Kennzeichnungspflicht

(VO (EG) Nr. 1829/2003, EU-weit): Lebensmittel, die aus sicherheitsbewerten gentechnisch veränderten Organismen (GVO) hergestellt sind, diese enthalten oder selbst GMO sind, müssen gekennzeichnet werden. Nicht gekennzeichnet werden müssen Lebensmittel (Erzeugnisse) mit einem technologisch unvermeidbaren oder zufälligen GMO-Anteil unter 0,9 % und mit GMO-Futtermitteln gefütterte Tiere.

Rückverfolgbarkeit

(VO (EG) Nr. 1830/2003, EU-weit): Verwendung, Ursprung und Verbleib von GMO für die Lebensmittelerzeugung müssen über den gesamten Verarbeitungsprozess dokumentiert und fünf Jahre aufbewahrt werden.

Auslobung „ohne Gentechnik“

(EGGenTDurchfG, national):

Zur Herstellung entsprechend ausgelobter Lebensmittel dürfen im Gegensatz zur allgemeinen Kennzeichnungspflicht (s.o.) keine durch einen GMO hergestellten Lebensmittel, -zutaten, Verarbeitungshilfsstoffe und sonstige Stoffe (inkl. Enzymen und Starterkulturen) verwendet werden. Verunreinigungen unter 0,1% GMO sind zulässig.

2. Positionierung zur gesetzlichen Lage

Viele Optionen der Lebensmittelbiotechnologie sind von der gesetzlichen Kennzeichnungspflicht ausgenommen. Dazu gehören beispielsweise mittels GMO (Mikroorganismen) hergestellte Enzyme, die in Lebensmitteln Verwendung finden oder zur Herstellung von Zusatzstoffen wie Aromen und Vitaminen genutzt werden. Gekennzeichnet werden müssen aus GMO gewonnene Lebensmittel. Hierzu zählen beispielsweise der sogenannte „Gen-Mais“ und andere, mit gentechnisch veränderten Pflanzen produzierte Lebensmittel wie Pflanzenöle. Im Sinne einer nachhaltigen Ernährung ist abzuwägen, ob bessere Resistenz gegen Schädlinge oder Dürretoleranz als problematischer zu bewerten sind als die übermäßige Nutzung von Pestiziden oder

die sozialen Folgen eines Ernteausfalls durch den Klimawandel.

Mit dem EuGH-Urteil zu den Mutageneseverfahren (C-528/16 vom 25.07.2018) wurden die bestehenden gesetzlichen Regelungen zur Gentechnik auch auf Organismen ausgedehnt, die mit neuen genomischen Techniken (CRISPR/Cas, TALEN etc.) gewonnen wurden. Somit unterliegen diese Organismen, auch wenn sie nicht von denen durch natürliche Mutationen entstandenen zu unterscheiden sind, der Sicherheitsbewertung, Kennzeichnung und Rückverfolgbarkeit. Weder die klassischen Züchtungsverfahren noch die herkömmliche Gentechnik sind jedoch mit den neuen molekularbiologischen Techniken vergleichbar. Die Autor:innen dieses Positionspapiers stimmen mit dem im April 2021 erschienenen Kommissionsbericht überein, dass durch die Gesetzeslage die hohen innovativen Potenziale der modernen Gentechnik, die das Erreichen der Ziele aus dem *Green Deal* erleichtern können, keine sachgerechte und differenzierte Regelung erfahren. Eine sachgerechte juristische Anpassung an den wissenschaftlichen Fortschritt wurde jedoch nicht vorgeschlagen.

Die Fachgruppe Lebensmittelbiotechnologie fordert, dass Organismen, bei denen keine artfremde DNA eingebaut wurde und die gleichermaßen durch natürliche Mutationen entstanden sein könnten, von der bestehenden Gentechnikgesetzgebung ausgenommen werden.

Literatur

- [1] Xu X. et al. doi.org/10.1038/s43016-021-00358-x
- [2] Willett W. et al. doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31788-4
- [3] McCartney P. ISBN 13: 9783532628324
- [4] Wang Z. et al. doi.org/10.3390/molecules25143136
- [5] nach <https://www.genome.gov/genetics-glossary/Genetic-Engineering> (19.08.21)

Impressum

Ein Papier der DECHEMA-Fachgruppe Lebensmittelbiotechnologie
Dezember 2022

Herausgeber

DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main
Tel: +49 69 7564-0
Fax: +49 69 7564-201
E-Mail: info@dechema.de

V.i.S.d.P.

DECHEMA e.V.
Dr. Kathrin Rübberdt
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

Layout

PM-GrafikDesign
Peter Mück, Wächtersbach

DECHEMA
Gesellschaft für Chemische Technik
und Biotechnologie e.V.
Theodor-Heuss-Allee 25
60486 Frankfurt am Main

www.dechema.de