

FAQ



Vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik

Mit welchen Technologien werden vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik hergestellt?

Mittels *Präzisionsfermentation (PF)* und mittels *Molecular Farming (MF)*.

Bei der *Präzisionsfermentation* werden Mikroorganismen – Bakterien, Hefen oder Mikroalgen – so verändert, dass sie spezifische Proteine oder andere Moleküle produzieren. Zuerst werden die Mikroorganismen mittels Gentechnik so angepasst, dass sie die gewünschten Moleküle produzieren. Die gentechnisch veränderten Mikroben werden in Fermentern (Edelstahlkesseln) kultiviert, um das Zielmolekül in hohen Mengen herzustellen. Dieses wird anschliessend von den Herstellerorganismen gereinigt. Da die Kosten der Präzisionsfermentation erheblich gesunken sind, ist die Wettbewerbsfähigkeit der produzierten Substanzen gestiegen.

Molecular Farming ist ein gentechnisches Verfahren, bei dem Pflanzen so verändert werden, dass sie Proteine, Enzyme oder andere Moleküle für diverse Zwecke herstellen: für Forschung, Diagnostik, Futterzusätze, Impfstoffe für Nutztiere, Pheromone für den Pflanzenschutz, Kollagen für Brustimplantate, Enzyme für die Herstellung von mRNA-Impfstoffen und Glucanasen, um Jeans stonewashed zu machen. Der neuste und grösste Trend ist die Herstellung von Proteinen für den Lebensmittel- und Kosmetikmarkt.

Welche vegane Ersatzprodukte werden mittels Gentechnik hergestellt?

Vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik werden in Lebensmitteln, Kosmetika und Textilien verwendet.

Produkte aus Präzisionsfermentation:

- Milch-, Ei- und Muskelproteine, Gelatine, Honig, Pepsin, Tierfette (*Lebensmittel*)
- Keratin, Kollagen, Spinnseide, Squalane (*Kosmetika*)

Produkte aus Molecular Farming:

- Ei-, Milch- und Muskelproteine (*Lebensmittel*)
- Wachstumsfaktoren, Seidenproteine (*Kosmetika*)

Zur Herstellung verwendete Gentechpflanzen: Erbse, Gerste, Grünkohl, Kartoffel, Kopfsalat, Leindotter, Luzerne, Mais, Ölsaaten, Soja, Tabak.

Sind vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik nachhaltig und klimafreundlich?

Es bleibt fraglich, wie nachhaltig und klimafreundlich diese Produktionsformen sind. Im Vergleich zur industriellen Tierhaltung schneiden zwar beide Methoden besser ab. Angemessen

wäre jedoch, die mit den beiden Technologien hergestellten tierischen Proteine mit solchen aus einer kohlenstoffneutralen, biodynamischen und regenerativen landwirtschaftlichen Produktion zu vergleichen.

Sowohl PF als auch MF sind kapital- und ressourcenintensive Systeme. Bei der PF sind für die Massenproduktion tausende von Stahlkesseln und eine Unmenge an Strom nötig. Für die Fütterung der Gentechnikmikroben bräuchte es auch eine riesige Menge an Zucker - hauptsächlich aus herbizidtolerantem GV-Mais, dessen Anbau wenig umweltfreundlich ist. MF findet aus Sicherheitsgründen vor allem in Gewächshäusern statt, dessen Unterhalt ebenfalls ressourcenintensiv ist. Wird der Anbau der gentechnisch veränderten Pflanzen in die Umwelt verlegt, kommt das Risiko hinzu, dass diese versehentlich in die Lebensmittelkette gelangen und für Menschen mit Allergien eine Gefahr darstellen.

Tragen vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik zur Demokratisierung des Marktes bei?

PF- und MF-Start-ups versuchen ihre Investitionen durch Patente abzusichern. Dabei gehen sie Kollaborationen mit globalen Konzernen im Bereich der Lebensmittelproduktion und -verarbeitung wie Cargill, ADM, Nestle oder Unilever ein. Da anzunehmen ist, dass viele der Start-ups in Zukunft von den Konzernen übernommen werden, könnte sich die Kontrolle der Multis Unternehmen über die globale Lebensmittelproduktion noch vergrössern.

Wie werden vegane Ersatzprodukte aus Gentechnik in der Schweiz reguliert?

Lebensmittel (tierische Proteine aus GVM als Lebensmittelzutaten): Tierproteine, die durch gentechnisch veränderte Mikroben erzeugt werden, unterliegen den Vorschriften für neuartige Lebensmittel (Novel Food: Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung/LGV bzw. Verordnung über neuartige Lebensmittel). Für die Vermarktung braucht es eine Risikoprüfung und eine Zulassung. Wenn die Proteine noch DNA der Herstellerorganismen enthalten, müssen sie als GVO gekennzeichnet werden, ansonsten wird keine Kennzeichnung verlangt. Kleine Restmengen von DNA (u.a. auch Antibiotika-Resistenzgene, bei denen Sicherheitsbedenken bestehen) sind jedoch praktisch nicht zu vermeiden. Strittig ist, wie mit diesen umzugehen ist. Die Industrie will auch beim Vorhandensein von Rest-DNA auf eine Kennzeichnungspflicht verzichten.

Kosmetika aus GVM: Kosmetika sind mit der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung sowie der Verordnung über kosmetische Mittel geregelt. Für aus GVM hergestellte Inhaltsstoffe gelten dabei dieselben Regeln wie für Inhaltsstoffe aus anderen Quellen. Eine Pflicht zur Kennzeichnung als GVO-Produkt gibt es nicht. Ob es eine Pflicht zur Kennzeichnung von MF-Inhaltsstoffen als GVO-Produkt gibt, ist unklar, und hängt davon ab, wie Art. 17. Abs. 4 GTG ausgelegt wird. Falls die dort verankerte Kennzeichnungspflicht für alle aus GVP hergestellten Erzeugnisse gilt, müssten aus MF gewonnene Inhaltsstoffe mit „aus GVO hergestellt“ gekennzeichnet werden.

Textilien aus GVM: In der Schweiz unterliegen Textilien verschiedenen regulatorischen Anforderungen. Spezifische Vorschriften für aus GVM gewonnene Produkte gibt es nicht. Es besteht keine Pflicht zur Kennzeichnung als „aus GVM“ hergestellt.

Anbau von gentechnisch veränderten Pflanzen für MF:

In der Schweiz untersteht der Anbau von MF-Pflanzen dem geltenden GVP-Moratorium. Der Anbau in Gewächshäusern ist zulässig, findet derzeit jedoch nicht statt.

Studie

Vegane Ersatzprodukte – ein neuer Hype aus dem Gentech-Bioreaktor



Immer mehr Menschen verzichten bei Ernährung, Kleidung, Kosmetik und Körperpflege ganz oder teilweise auf tierische Produkte. Die Nachfrage nach Ersatzprodukten steigt. Zwei der Techniken, mit denen die Nachfrage gestillt werden soll, sind die Präzisionsfermentation (PF) und das Molecular Farming (MF). Sie beruhen auf den Fortschritten in der Synthetischen Biologie und der neuen Gentechnik und wandeln Mikroorganismen und Pflanzen gentechnisch in Bioreaktoren um, die tierische Substanzen – vor allem Proteine – in bioidentischer Form produzieren. Der Hype um die beiden Techniken ist riesig. Enorme Mengen an Risikokapital fließen derzeit weltweit in zahlreiche Start-up Unternehmen, die mit gentechnisch veränderten Mikroorganismen (GVM) oder Pflanzen (GVP) Tierersatzprodukte herstellen wollen. Im Visier der Firmen ist vor allem der Lebensmittelbereich mit seinen Milliarden schweren Märkten für Fleisch-, Milch- und Ei-Ersatzprodukten. Aber auch die Kosmetik- und Textilbranche wollen PF- und MF-Firmen den Markt mit bioidentischen Tiersubstanzen beliefern.

Ob der Hype gerechtfertigt ist? Die Firmen versprechen, eine Alternative zum kapital- und ressourcenintensiven System der industriellen Tierhaltung zu sein, und tierische Proteine ohne Tierleid und klimafreundlich zu liefern. Doch auch die PF ist ein kapital- und ressourcenintensives System. Setzt sie sich als Lieferantin tierischer Proteine durch, wären für die Produktion nicht nur tausende von Stahlkesseln und eine Unmenge an Strom nötig, es bräuhete auch eine riesige Menge an Zucker, um die GVM zu füttern. Und dieser Zucker kommt hauptsächlich aus Herbizid-tolerantem GV-Mais, dessen Anbau wenig umweltfreundlich ist. Auch wenn PF ohne Tierleid auskommt, bleibt diskutabel, wie nachhaltig und klimafreundlich die Produktionsform ist. Bisher wird ihre Nachhaltigkeit und Klimafreundlichkeit im Vergleich zur industriellen Tierhaltung ermittelt. Dass PF hier besser abschneidet, ist klar. Doch diese Messlatte ist tief. Angemessen wäre, die mit PM hergestellten tierischen Proteine mit Proteinen aus einer kohlenstoffneutralen, biodynamischen und regenerativen landwirtschaftlichen Produktion zu vergleichen.

Ähnliches gilt für die MF. Da sie aus Sicherheitsgründen vor allem in Gewächshäusern stattfindet, bleibt auch sie ein kapital- und ressourcenintensives System. Und wenn der Anbau der GVP in die Umwelt verlegt wird, kommt das Risiko hinzu, dass MF-Pflanzen versehentlich in die Lebensmittelkette gelangen. Ein Szenario, vor dem 2023 selbst die gentechnikfreundliche Lebensmittelbehörde der USA gewarnt hat (FDA 2023). Der Grund: Tierische Proteine wie Kasein, Myoglobin oder Ovalbumin, die jetzt mit GVP erzeugt werden sollen, können Allergien auslösen und für empfindliche Menschen auch in kleinsten Mengen gefährlich sein.

Bedenken lösen auch die zahlreichen Patente aus, mit denen PF- und MF-Start-ups ihre Investitionen zu sichern versuchen, und die Kollaborationen, die die Firmen mit globalen Konzernen im Bereich der Lebensmittelproduktion und -verarbeitung wie Cargill, ADM, Nestle oder Unilever eingehen. Da anzunehmen ist, dass viele der Start-ups in Zukunft von den

Konzernen übernommen werden, könnte sich die Kontrolle der Multis Unternehmen über die globale Lebensmittelproduktion noch vergrössern.

Präzisionsfermentation (PF)

PF ist ein gentechnisches Verfahren, bei dem Mikroorganismen – Bakterien, Hefen oder Mikroalgen – so verändert werden, dass sie spezifische Proteine oder andere Moleküle produzieren. Im Gegensatz zur herkömmlichen Fermentation, bei der Mikroorganismen Bier, Käse oder Joghurt herstellen, wird bei der PF der Produktionsprozess gezielt gesteuert, um ganz bestimmte Moleküle oder Proteine zu erzeugen. Die PF besteht in der Regel auf folgenden drei Schritten:

Gentechnische Veränderung: Mikroorganismen werden mit Methoden der Synthetischen Biologie und mit neuen Gentechnikverfahren so angepasst, dass sie die gewünschten Proteine oder Moleküle produzieren.

Fermentation: Die GVM werden in Fermentationsanlagen – in der Regel in grossen Edelstahlkesseln – kultiviert, um das Zielmolekül in hohen Mengen zu produzieren.

Aufbereitung: Das produzierte Molekül wird von den GVM abgetrennt, gereinigt und für die jeweilige Anwendung vorbereitet.

Die Kosten für die Präzisionsfermentation sind im Laufe der Jahre erheblich gesunken. Waren im Jahr 2000 noch eine Million US-Dollar notwendig, um ein Kilogramm Substanz zu bilden, kostet die Herstellung heute nur noch etwa 100 US-Dollar; bis ins Jahr sollen die Kosten zudem weiter auf 10 US-Dollar pro Kilogramm sinken (Tubb & Seba 2021, Knychala et al. 2024). Mit den fallenden Kosten sind die produzierten Substanzen wettbewerbsfähigen geworden in den drei Bereichen, in denen sie heute als Ersatz für tierische Substanzen eingesetzt werden: Lebensmittel, Kosmetika und Textilien.

Lebensmittel aus Präzisionsfermentation (PF)

In den letzten Jahren sind Hunderte von Millionen Franken an Investmentgeldern in Firmen geflossen, die Milch-, Ei- und Muskelproteine mit PF herstellen wollen. Vor allem Milchproteine sind angesagt. Mehr als zwei Dutzend Startups haben hier weltweit begonnen, Kaseine und Laktoglobuline statt aus der Milch von Tieren aus GVM zu gewinnen, um damit vegane Milch- und Käseprodukte herzustellen (**Tabelle 1**). Branchenleader ist die US-Firma Perfect Day. Sie hat seit ihrer Gründung mehr als 750 Millionen US-Dollar an Risikokapital erhalten und bereits Produkte auf dem Markt. Zu ihren Partnern gehören auch Multis wie Mars, Nestlé, Unilever und Bel Group. Auch Remilk verfügt über ein Milchprotein aus GVM, das marktfähig ist und in Kanada, in Israel und in den USA zugelassen ist. Die Firma, die über ein Investmentkapital von mehr als 230 Millionen Dollar verfügt, arbeitet mit dem Konzern General Mills zusammen, der auf dem US-Markt eine Frischkäsealternative mit Remilks Protein anbietet.

Neben Milchproteinen sind auch Eiereiweiße und damit ein milliardenschwerer Weltmarkt im Visier der Firmen. Vor allem Ovalbumin, das mengenmäßig häufigste Protein im Eiklar, das der Lebensmittelindustrie als Emulgator und Bindemittel dient, stößt auf Interesse. In Europa zum Beispiel arbeiten Onego Bio (Finnland) und Otro (Belgien) daran, das Eiprotein mit GVM im Bioreaktor herzustellen. Marktführer ist die US-Firma Every. Sie hat seit ihrer Gründung im Jahr 2015 über 230 Millionen Euro an Risikokapital gesammelt und damit Hefen für die Produktion Ovalbumin und Ovomuroid entwickelt. Für beide tierfreier Eiproteine hat die Firma bereits grünes Licht von der US-Lebensmittelbehörde erhalten. Gemeinsam mit der Pâtisserie Chantal Guillon bietet sie vegane Macarons an.

In Bioreaktoren sind auch Zusatzstoffe herstellbar, mit denen sich Fleischersatzprodukte geschmacklich, geruchlich und optisch dem echten Fleisch ähnlicher machen lassen. Einer

dieser Stoffe ist das Muskelprotein Myoglobin, das von den Firmen Paleo (Belgien) und Motif Foodworks (USA) hergestellt wird. In den USA wurde es zwar als Hemami lanciert, aber wegen eines Patentstreits wieder vom Markt genommen. Ein anderer Stoff, der zu „blutender“ Farbe und fleischähnlichem Geschmack führt, ist Leghemoglobin – ein Protein, das aus Soja stammt. Die US-Firma Impossible Burger stellt es in einer GV-Hefe her und hat bereits in mehreren Ländern darunter Kanada, Australien und die USA eine Zulassung erhalten. In der EU ist das gentechnisch erzeugte Leghemoglobin derzeit im Zulassungsverfahren.

Eine weitere Strategie, mit der Synbio-Firmen die „Geschmackslücke“ zwischen Fleisch und pflanzlichen Ersatzprodukten schliessen wollen, ist die gentechnische Herstellung von Fetten. Das schwedische Startup Melt & Marble zum Beispiel will GV-Hefe entwickeln, um solche Designer-Fette in grossen Mengen herstellen zu können.

Auch Gelatine, die traditionell aus Häuten und Knochen von Schweinen und Rindern gewonnen wird, könnte in Zukunft aus tierfreier Produktion kommen. Die US-Firma Provenance Bio hat dazu ein Produktionssystem in GV-Mikroben entwickelt, mit dem sich das Binde- und Gelmittel in identischer Form zur tierischen Version herstellen lassen soll.

Geht es nach den Zielen von Fooditive ist auch Honig bald in Fermentern herstellbar. Die niederländische Firma arbeitet nämlich daran, die Stoffwechselprozesse im Magen von Bienen im Darmbakterium Escherichia coli nachzuahmen. Sie hat das Bakterium so gentechnisch verändert, dass es ein Bienenenzym bildet, das Zucker in einen Stoff mit der Textur und dem Geschmack von Honig umwandeln soll.

Pepsin ist ein weiteres tierisches Protein, das sich mit PM erzeugen lässt. Bisher wird es aus Magenschleimhäuten von Schlachttieren, hauptsächlich Schweinen, gewonnen. Jetzt will The Every Company eine PM-Variante anbieten. In den USA ist das gentechnisch erzeugte Pepsin bereits zugelassen. In Zukunft soll es unter anderem in Verdauungsfördernden Nahrungsergänzungsmitteln auf den Markt kommen.

Tabelle 1: Mit PF erzeugbare tierische Substanzen und Herstellerfirmen

Tierische Substanz	Firmen, die die Substanz mit PF herstellen wollen
Milchproteine	Allig Foods (AU), 21st.Bio (DK), Better Dairy (UK), Bon Vivant, (FR), Change Foods (US), Changing Biotech (CN), Daisy Lab (NL), Eden Brew (AU), Fermify (AT), Fooditive (NL), Future Cow (BR), Formo (DE), Harvest Moon (CA), Imagindairy (IL), MayaMilk (TR), New Culture (US), Nutropy (FR), Perfect Day (US), Phyx44 (IN), Prefer Food (SE), QL (CH), Real Deal Milk (ES), Remilk (IL), TurtleTree (SG), Standing Ovation (FR), Updairy (BR), Vivici (NL), Zero Cow Factory (IN)
Eiproteine	Onego Bio (FI), Otro (BE), The Every Company (US)
Muskelproteine	Fybrawork (US), Motif Foodworks (US), Paleo (BE)
Gelatine	Provenance Bio (US)
Honig	Fooditive (NL)
Pepsin	The Every Company (US)
Tierfette	Melt & Marble (SE), Nourish Ingredients (AU), Yali Bio (US)

Regulierung von tierischen Proteinen aus GVM als Lebensmittelzutaten:

Bioidentische Tierproteine, die mit GVM erzeugt werden, unterliegen in der Schweiz den Vorschriften für neuartige Lebensmittel (Novel Food). Um solche Proteine auf den Markt zu bringen, braucht es eine Risikoprüfung und eine Zulassung. Die Bestimmungen zu Novel Food finden sich in der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) sowie der Verordnung über neuartige Lebensmittel. Ob die Proteine als GVO-Produkt zu kennzeichnen sind, hängt davon ab, ob sie noch DNA des GVM enthalten. Wird die DNA aus den Produkten entfernt, ist keine Kennzeichnung notwendig. Strittig ist hier, wie mit kleinen Restmengen von DNA umzugehen ist, wie sie fast immer im Protein zurückbleiben (siehe hierzu auch SAG-News vom 16. April 2024¹). Die Industrie fordert, auch beim Vorhandensein von Rest-DNA auf eine Kennzeichnungspflicht zu verzichten (Lensch et al. 2022, Pelzer & Lensch 2024). Da Rest-DNA je nach Produkt aber auch Antibiotikaresistenzgene enthalten kann, bestehen jedoch auch Sicherheitsbedenken (Deckers et al. 2022, Fraiture et al. 2024).

Kosmetika aus Präzisionsfermentation

Kosmetika und Biotechnologie sind bereits länger miteinander verwoben und eine Reihe von Formulierungen der Branche bestehen aus Wirkstoffen, die mit GVM hergestellt werden (Gupta et al. 2019). Zu diesen Wirkstoffen gehören auch Substanzen, die üblicherweise aus Tieren gewonnen werden (Tabelle 2). Eine dieser Substanzen ist Kollagen. Dieses Protein, das in vielen Hautpflege- über Anti-Aging-Mitteln enthalten ist, wird traditionell aus Haut, Knochen und Sehnen von Rindern und Schweinen gewonnen. Heute bieten vielen Firmen rekombinantes Kollagen an (Tabelle 2). Auch Keratin, das herkömmlich als tierisches Nebenprodukte aus Federn oder Hufen hergestellt wird, ist heute in gentechnisch erzeugter Form erhältlich. Die Firma K18 bietet es in seinen *biomimetic hairscience*-Produkten an. Ein weiteres Beispiel ist tierische Seide, wie sie von Spinnen oder Seidenraupen gebildet wird. Auch hier haben heute Firmen wie Spiber, Seevix oder Bolt Threads rekombinante Seide im Angebot, die in der Kosmetikindustrie als Zusatzstoff für Shampoos, Haarmasken, Anti-Aging-Produkte und Feuchtigkeitscremes eingesetzt wird. Squalan wiederum, das traditionell aus Haifischleber gewonnen wird, ist seit längerem in rekombinanter Form als Neossance erhältlich. Ursprünglich von der Synbio-Firma Amyris entwickelt, ist die Produktion der „Blockbuster-Ingredienz“ heute im Besitz von des Schweizer Konzerns Givaudan. Eine weitere tierische Substanz, die in Kosmetika eingesetzt wird und sich gentechnisch erzeugen lässt, ist Hyaluronsäure. Ob die herkömmlich aus Hahnenkämmen isolierte Substanz in rekombinanter Form auf dem Markt erhältlich ist, konnte nicht in Erfahrung gebracht werden.

Regulierung von Kosmetika aus GVM:

Kosmetika sind in der Schweiz mit der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung sowie der Verordnung über kosmetische Mittel geregelt. Für aus GVM hergestellte Inhaltsstoffe gelten dabei dieselben Regeln wie für Inhaltsstoffe aus anderen Quellen. Eine Pflicht zur Kennzeichnung als GVO-Produkt gibt es nicht.

Tabelle 2: Mit PF hergestellte tierische Substanzen, die in Kosmetika verwendet werden.

Tierische Substanz	Firma	Land	Produkt(e)
Keratin	K18*	HR	K18PEPTIDE
Kollagen	Cambrium	DE	NovaColl
	Evonik	DE	Vecollan, Vecollage Fortify L
	Geltor	US	Collume
	HTL	FR	rhCOL3
	Jland Biotech	CN	Biollagen, Fullagen
	Modern Meadow	US	Bio-Coll@gen
	Trautec	CN	reCol, MiniReCol
Spinnseide	Bolt Threads	US	B-Silk
	Seevix	IL	-
	Spiber	JP	-
Squalane	Guivaudan	CH	Neossance, Biossance

*gehört zu Unilever

Textilien aus Präzisionsfermentation

In den letzten Jahren haben erste Synbio-Firmen damit begonnen, mit GVM Produkte herzustellen, die in der Textilbranche Seide und Leder ersetzen sollen. Amsilk und Spiber zum Beispiel produzieren rekombinante Seide und preisen ihre Hightech-Fermentationsverfahren als bahnbrechende Neuerung an, die den Milliarden schweren Textilmarkt auf den Kopf stellen könnte (ETC 2018). Die in London ansässige Firma Modern Synthesis wiederum will mit GVM eine neue Art von Leder produzieren, das nicht nur tierfrei sondern auch Plastikfrei ist und sich selbst färbt (Walker et al. 2024). Auch bei biobasiertem Kunstleder, das aus Pilzen gewonnen wird, ist aufgrund der Fortschritte in der Synthetischen Biologie in Zukunft mit aus GVM gewonnenen Produkten zu rechnen (Jo et al. 2023).

Regulierung von Textilien aus GVM:

In der Schweiz unterliegen Textilien verschiedenen regulatorischen Anforderungen. Spezifische Vorschriften für aus GVM gewonnene Produkte gibt es nicht. Es besteht keine Pflicht zur Kennzeichnung als „aus GVM“ hergestellt.

Molecular Farming (MF)

MF ist ein gentechnisches Verfahren, bei dem Pflanzen so verändert werden, dass sie Proteine, Enzyme oder andere Moleküle herstellen. Die Idee, GV-Pflanzen für die Herstellung von Proteinen oder anderen Substanzen zu nutzen, gibt es seit Ende der 1980er Jahre. Ursprünglich dafür vorgesehen, Proteine für die Humanmedizin zu fertigen, werden heute Stoffe für diverse Zwecke mit MF erzeugt: Proteine für Forschung und Diagnostik, Futterzusätze und Impfstoffe für Nutztiere, Pheromone für den Pflanzenschutz, Kollagen für Brustimplantate, Enzyme für die Herstellung von mRNA-Impfstoffen und Glucanasen, um Jeans stonewashed

zu machen. Der neuste und aktuell grösste Trend im MF-Bereich ist die Herstellung von Proteinen – vor allem von bioidentischen Tierproteinen – für den Lebensmittel- und Kosmetikmarkt (Turetta et al. 2024). Mehrere Firmen sind hier in den letzten Jahren gegründet worden (Tabelle 3).

Regulierung der Anbau von MF-Pflanzen: In der Schweiz untersteht der Anbau von MF-Pflanzen dem geltenden Anbaumoratorium. Der Anbau in Gewächshäusern ist zulässig, findet derzeit jedoch nicht statt.

Lebensmittel aus Molecular Farming

Ohne Tiere Käse herstellen, der nicht nur schmilzt und Fäden zieht, sondern auch noch schmeckt wie das aus Milch erzeugte Original – das ist das Ziel mehrerer MF-Firmen. Eine davon ist das US-Start-up Alpine Bio. Es hat über 100 Millionen US-Dollar eingesammelt – unter anderem von

Tech-Milliardären wie Bill Gates, Jeff Bezos und Ben Horowitz – und versucht jetzt Kuhproteine in Soja herzustellen. Auch Mozza Foods stellt Milchproteine in Soja her und will das Produkt als Cheesebeans auf den US-Markt bringen. Neben Milchproteinen sind auch Eiweiße im Visier von MF-Firmen. Das israelische Start-up PoLoPo etwa will Ovalbumin in Kartoffelknollen produzieren. Die US-Firma Forte Protein wiederum erprobt Grünkohl und Kopfsalat als Produktionsstätten für das Eiereiweiss.

Mehrere MF-Firmen arbeiten zudem daran, Tierproteine für den boomenden Fleischersatzmarkt zu produzieren. Die US-Firmen Kyomei und IngredientWerk zum Beispiel wollen Myoglobin in Pflanzen herstellen – ein Muskelprotein, das Fleisch seine typische Farbe und seinen blutigen Geschmack gibt und deshalb als Zusatzstoff pflanzlichen Burgern ein fleischiges Aroma verleihen kann. IngredientWerk produziert Rinder-Myoglobin in Mais. Kyomei hat ein Patent beantragt, das die Herstellung von Rinder-, Schweine- und Thunfisch-Myoglobin in Tabak, Soja und Lattich umfasst. Auch die britische Firma Moolec Science, die 30 Millionen US-Dollar an Investmentgelder gesammelt hat, will den Fleischersatzmarkt erobern. Eines ihrer Produkte heisst Piggy Sooy und ist eine gentechnisch veränderte Soja, die Schweineproteine bildet und deshalb rosafarbene Bohnen hat. Ein anderes Produkt ist eine GV-Erbse namens BEEF+, die Rinderproteine bildet. Beide sollen in vier bis fünf Jahren auf den Markt kommen und ab dann Textur, Aussehen und Geschmack von pflanzlichen Fleischimitaten verbessern.

Tabelle 3: Firmen, die GVP für die Herstellung tierischer Proteine entwickeln

Firma	Land	Jahr**	Tierische Proteine	GV-Pflanze(n)
Proteine für die Lebensmittelindustrie				
Alpine Bio	USA	2016	Milchproteine	Soja
Aspyre Foods	USA	2022	Milchproteine	nicht bekannt
Finally Foods	Israel	2021	Milchproteine	Kartoffel
Forte Protein	USA	2021	Ei- und Milchproteine	Kopfsalat, Grünkohl
IngredientWerks	USA	2022	Milch- & Muskelproteine	Mais
Kyomei	UK	2020	Muskelproteine	nicht bekannt

Miruku	Neuseeland	2020	Milchproteine	Ölsaaten
Moolec	UK	2020	Muskelproteine	Soja, Erbse
Mozza Foods	USA	2018	Milchproteine	Soja
NewMoo	Israel	2021	Milchproteine	Soja
Nobell Foods	USA	2016	Milchproteine	Soja
Pigmentum	Israel	2018	Milchproteine	Kopfsalat
PoLoPo	Israel	2022	Eiproteine	Kartoffeln
Proteine für Kosmetikindustrie				
Core Biogenesis	Frankreich	2020	Wachstumsfaktoren	Leindotter
Madeinplants	Spanien	2021	Wachstumsfaktoren	Tabak-Arten
ORF Genetics	Island	2001	Wachstumsfaktoren	Gerste
Spidey Tec	USA	2015	Seidenproteine	Luzerne

Regulierung von tierischen Proteinen aus Gentechpflanzen als Lebensmittelzutaten:
 Bioidentische Tierproteine, die mit GVP erzeugt werden, unterliegen in der Schweiz den Vorschriften für neuartige Lebensmittel (Novel Food). Um solche Proteine auf den Markt zu bringen, braucht es eine Risikoprüfung und eine Zulassung. Tierische Proteine aus GVP sind in Lebensmitteln als GVO-Produkt zu kennzeichnen.

Kosmetika aus Molecular Farming

Inhaltstoffe für Kosmetika gehören zu den ersten Produkten, die aus dem MF auf den Markt kamen. SemBioSys zum Beispiel, ein ehemaliges US-Startup, lancierte unter dem Markennamen Hydresia bereits in den 2000er Jahren Kosmetika toffe, die mit GV-Färberdistel hergestellt wurden (Fischer & Buyel 2020). Ein MF-Produkt, das heute auf dem Markt ist, ist der ursprünglich aus Säugetieren stammende epidermale Wachstumsfaktor. Er kommt vor allen in Hautpflegemittel zum Einsatz und wird von ORF Genetics in GV-Gerste hergestellt, die in Island in Gewächshäusern angebaut werden. Die MF-Firma verkauft den Dermoskine genannten Wachstumsfaktor exklusiv an BIOEFFECT. Die Produkte dieser Firma sind auch in der Schweiz erhältlich. Auch die französische MF-Firma Core Biogenesis bietet Wachstumsfaktoren für die Hautpflege an. 2024 hat sie Peauvita und Peauforia – zwei in GV-Leindotter erzeugte Produkte – lanciert. Eine weitere europäische MF-Firma, die Wachstumsfaktoren für Kosmetika herstellen will, ist Madeinplants aus Spanien. Sie will für ihre Produkte GV-Tabak verwenden. Neben Wachstumsfaktoren können auch Seidenproteine aus dem MF stammen. Die US-Firma nutzt GV-Luzerne, um solche Proteine für Shampoos und Conditioners zu produzieren.

Regulierung von Kosmetika aus Gentechpflanzen:

Kosmetika und ihre Inhaltsstoffe sind in der Schweiz mit der Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung sowie der Verordnung über kosmetische Mittel geregelt. Für aus GVP hergestellte Inhaltsstoffe gelten dabei dieselben Regeln wie für Inhaltsstoffe aus anderen Quellen. Ob es eine Pflicht zur Kennzeichnung von MF-Inhaltsstoffen als GVO-Produkt gibt, ist unklar, und hängt davon ab, wie Art. 17. Abs. 4 GTG ausgelegt wird. Falls die dort verankerte Kennzeichnungspflicht für alle aus GVP hergestellten Erzeugnisse gilt, müssten aus MF gewonnene Inhaltsstoffe mit „aus GVO hergestellt“ gekennzeichnet werden.

Literatur

- Augustin MA et al. 2024 Innovation in precision fermentation for food ingredients. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(18), 6218-6238.
- Deckers M et al. 2022. First monitoring for unauthorized genetically modified bacteria in food enzymes from the food market. *Food Control*, 135, 108665.
- Eastham JL, Leman AR 2024 Precision fermentation for food proteins: ingredient innovations, bioprocess considerations, and outlook—a mini-review. *Current Opinion in Food Science*, 58, 101194.
- ETC (2018). Genetically-engineered clothes. ETC Group. <https://www.etcgroup.org/content/genetically-engineered-clothes>
- Jo C et al. 2023 Unlocking the magic in mycelium: Using synthetic biology to optimize filamentous fungi for biomanufacturing and sustainability. *Materials Today Bio*, 19, 100560.
- FDA (2023). Issues Letter to Industry on the Food Safety Risks of Transferring Genes for Proteins that are Food Allergens to New Plant Varieties Used for Food. <https://www.fda.gov/food/hfp-constituent-updates/fda-issues-letter-industry-food-safety-risks-transferring-genes-proteins-are-food-allergens-new>
- Fischer R, Buyel JF 2020 Molecular farming—the slope of enlightenment. *Biotechnology advances*, 40, 1075-19.
- Gupta PL et al. 2019 Eminence of microbial products in cosmetic industry. *Natural Products and Bioprospecting*, 9, 267-278.
- Fraiture MA et al 2024 Pilot market surveillance of GMM contaminations in alpha-amylase food enzyme products: A detection strategy strengthened by a newly developed qPCR method targeting a GM *Bacillus licheniformis* producing alpha-amylase. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 8, 100186.
- Gomes C et al. 2020 Biotechnology applied to cosmetics and aesthetic medicines. *Cosmetics*, 7(2), 33.
- Knychala MM et al. 2024 Precision Fermentation as an Alternative to Animal Protein, a Review. *Fermentation*, 10(6), 315.
- Pelzer S, Lensch A 2024 Grenzwert für DNA in Fermentationsprodukten schadet Industrie und Akademie. *BIOspektrum*, 30(6), 615-615.
- Tubb C, Seba T 2021 Rethinking food and agriculture 2020-2030: the second domestication of plants and animals, the disruption of the cow, and the collapse of industrial livestock farming. *Industrial Biotechnology*, 17(2), 57-72.
- Turetta F et al. 2024 Molecular farming for the food sector. *Trends in Biotechnology* in press
- Walker KT et al. 2024 Self-pigmenting textiles grown from cellulose-producing bacteria with engineered tyrosinase expression. *Nature Biotechnology* <https://www.nature.com/articles/s41587-024-02194-3.pdf>
-