

Pilzmyzel als Nahrungsmittel

Wann kommt die Novel-Food-Zulassung?

Pia Bergmann, Leonie Juhrich, Marco Alexander Fraatz, Martin Gand

Abstract

Speisepilze werden seit hunderten von Jahren vom Menschen verzehrt, und doch besteht ein lebensmittelrechtlicher Unterschied zwischen Fruchtkörper und Myzel. Während die Fruchtkörper von bekannten Speisepilzen wie Champignons oder Seitlingen als Lebensmittel gelten, wird das dazugehörige Myzel als „neuartiges Lebensmittel“ gewertet und darf erst nach Sicherheitsbewertung und Zulassung auf den Markt gebracht werden. In diesem Artikel wird erläutert, warum das so ist, was ein „neuartiges Lebensmittel“ ist und wie sich der Markt aktuell entwickelt.

Zitierweise

Bergmann P, Juhrich L, Fraatz MA, Gand M: Mycelium as food. When will it be approved as a Novel Food? Ernährungs Umschau 2025; 72(9): AP54–9.

Open access

The English version of this article is available online: DOI: 10.4455/eu.2025.040

Peer-Review-Verfahren

Manuskript (Übersicht) eingereicht: 25.11.2024; Überarbeitung angenommen: 03.03.2025

Dr. Pia Bergmann¹

Leonie Juhrich, M.Sc.

Dr. Marco Alexander Fraatz

Dr. Martin Gand

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Lebensmittelchemie und Lebensmittelbiotechnologie
Heinrich-Buff-Ring 17, 35392 Gießen

¹ pia.bergmann@lcb.chemie.uni-giessen.de

geflecht“ des Pilzes. Stellt man dem Pilzmyzel ein adäquates Nährmedium zur Verfügung, kann man es unter sterilen Bedingungen auch in Flüssigkultur vermehren, ohne dass Fruchtkörper entstehen (♦ Abbildung 1). Daraus ergeben sich im Hinblick auf den Klimawandel und die wachsende Weltbevölkerung einige Vorteile:

Die zur Produktion notwendige Fläche wird, wie beim *Vertical Farming*, effizienter genutzt. Da Fermenter prinzipiell überall auf der Welt aufgestellt und unter gleichen Bedingungen betrieben werden können, ist der Produktionsprozess ortsunabhängig. In sterilisierten Nährmedien werden keine Pestizide oder Antibiotika benötigt, um das Wachstum von Konkurrenzspezies zu unterdrücken. Die Unabhängigkeit von Wetter und Saison bietet Produktionssicherheit, selbst bei Starkwetter-Ereignissen. Weiterhin ist die Herstellungsdauer bei der submersen Kultivierung von Myzel deutlich kürzer als die Anbauzeit bis zur Ernte der Fruchtkörper.

Einleitung

Pilze stehen schon seit jeher auf dem Speiseplan der Menschheit. Ihr Genusswert oder ihre Giftigkeit wurden von unserer Spezies ausgiebig per *trial and error* getestet. Die besten Kandidaten für den menschlichen Verzehr wurden über die Jahrhunderte selektiert und werden mittlerweile für unsere kontinuierliche Versorgung in Stellagen oder auf Substratblöcken in konditionierten Klimakammern angezogen. Und das nicht zu knapp: Laut Statistischem Bundesamt wurden in Deutschland im letzten Jahr rund 78000 Tonnen Champignons geerntet [1]. Jeder gut bestückte Supermarkt bietet heutzutage nicht nur weiße und braune Champignons (*Agaricus bisporus*) an, sondern auch Kräuterseitlinge (*Pleurotus eryngii*), Austern-Seitlinge (*Pleurotus ostreatus*) oder Shiitake (*Lentinula edodes*).

Der Fortschritt der Technologie ermöglicht nun neben dem Anbau der Fruchtkörper auch die Kultivierung des Myzels, das normalerweise im Boden oder in der Baumrinde verborgene „Wurzel-

Die Novel-Food-Verordnung

Nach der EU-Verordnung 2015/2283 gelten alle Lebensmittel als „neuartige Lebensmittel“ (*Novel Foods*), die vor dem 15. Mai 1997 nicht in nennenswertem Umfang für den menschlichen Verzehr in der Europäischen Union verwendet wurden und in eine von zehn spezifizierten Kategorien fallen [3]. Hierzu zählen auch Lebensmittel, die aus von Pilzen gewonnenen Zellkulturen bestehen oder daraus isoliert oder erzeugt wurden. Diese müssen, bevor sie in den Verkehr gebracht werden dürfen, zum Schutz der Bevölkerung gesundheitlich bewertet werden. Konkret bedeutet das, dass die Fruchtkörper von Champignons, Seitlingen oder Shiitake keine neuartigen Lebensmittel darstellen und nicht von dieser Verordnung betroffen sind; das Myzel dieser Speisepilze hingegen schon. Soll es in Verkehr gebracht werden, bedarf es einer gesonderten Zulassung.

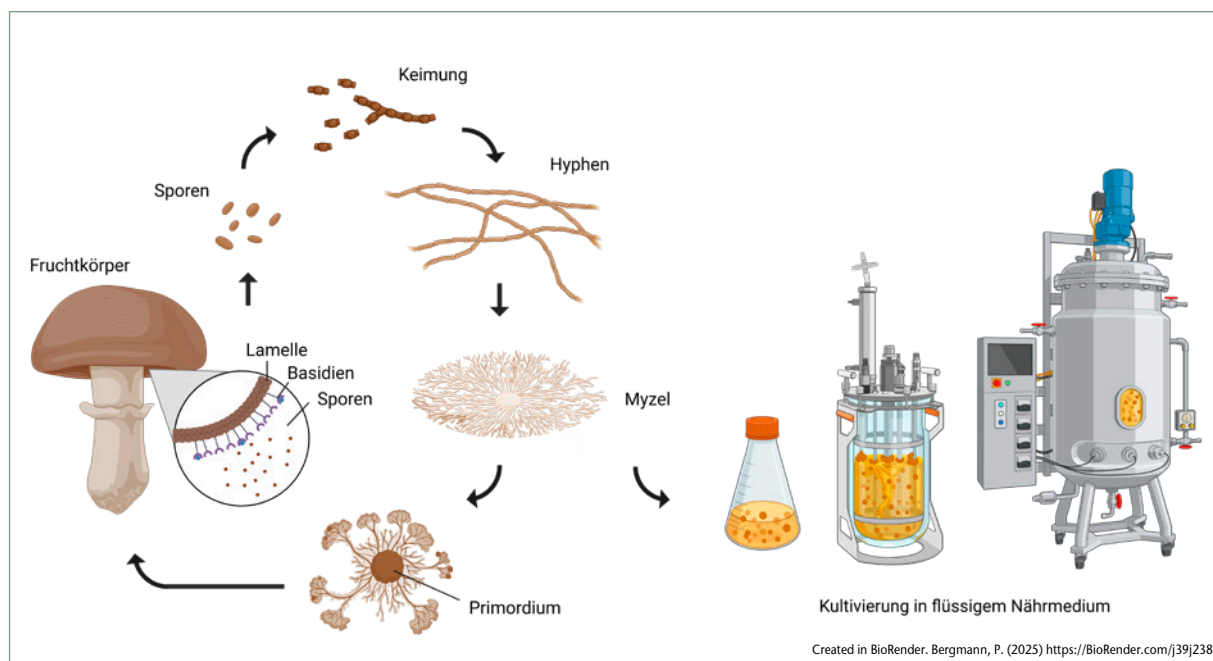


Abb. 1: Der Lebenszyklus eines Ständerpilzes und die biotechnologische Nutzfarmachung des Myzels [2]

Fruchtkörper vs. Myzel

Der Weg bis zum zugelassenen neuartigen Lebensmittel führt über die EFSA (European Food Safety Authority, dt.: Europäische Behörde für Lebensmittelsicherheit), die nach Eingang eines gültigen Antrags bei der Europäischen Kommission eine wissenschaftliche Bewertung erstellt. Festgeschrieben ist dabei ein maximaler Bearbeitungszeitraum von neun Monaten. In der Praxis fallen die Verfahren aber häufig durch fehlende Daten, und damit verbundener Nachforderung weiterer Unterlagen, deutlich länger aus. Zugelassene neuartige Lebensmittel werden in die Unionsliste aufgenommen und können dort eingesehen werden [4]. Dort finden sich z. B. neben der Hausgrille (*Acheta domestica*) oder dem antarktischen Krill (*Euphausia superba*) bereits einige Produkte aus Pilzen (♦ Tabelle 1).

Beschleunigt werden kann die Sicherheitsbewertung für Mikroorganismen durch einen QPS-Status (Qualified Presumption of Safety, dt.: Qualifizierte Sicherheitsannahme), der auf Basis von Wissensstand um die taxonomische Identität und damit einhergehender geringer potenzieller Sicherheitsbedenken vergeben wird. Filamentöse Pilze, sowohl Schlauch- als auch Ständerpilze, wurden allerdings von QPS-Evaluierungen ausgeschlossen [6].

Sind die Fruchtkörper und das Myzel von beispielsweise Champignons wirklich so verschieden, dass eins als „neuartiges Lebensmittel“ umfangreich bewertet werden muss und das andere nicht? Das Myzel stellt den vegetativen Teil des Pilzes dar und besteht aus einem Netzwerk von Hyphen, die Nährstoffe aus der Umgebung aufnehmen. Fruchtkörper sind im Gegensatz dazu die Fortpflanzungsstrukturen, die sich unter geeigneten Bedingungen aus dem Myzel entwickeln und für die Produktion und Verbreitung von Sporen verantwortlich sind (♦ Abbildung 1). Durch ihre unterschiedlichen biologischen Rollen kann sich die molekulare Zusammensetzung von Myzel und Fruchtkörper erheblich unterscheiden, auch wenn die Erbinformation gleich ist. Beobachten kann man diese Unterschiede im Genexpressionsprofil, wie bereits für den Shiitake, den Trüffel und die Braunkappe beschrieben [7–9]. Je nach Umgebungsbedingungen und Phase der Differenzierung sind verschiedene Gene hoch- oder herunterreguliert und sorgen für unterschiedliche Metabolitkonzentrationen in den Zellen. In fermentativ produziertem Trüffelmazel wurden beispielsweise höhere Fettgehalte als im Fruchtkörper nachgewiesen, während die Fettsäurezusammensetzung hingegen nahezu identisch war [10]. Es sollte dabei nicht außer Acht gelassen werden, dass die natürlichen Schwankungen in der Zusammensetzung von Pilzen generell erheblich sind. Pilze sind bekannt und geschätzt für ihre hohe Anpassungsfähigkeit gegenüber verschiedenen Substraten, und auch verschiedene Generationen derselben Spezies weisen deutliche Unterschiede auf [11, 12].

Da die Umgebungs- bzw. Kultivierungsbedingungen (Licht, Temperatur, Nährmedium etc.) einen erheblichen Einfluss auf die Zusammensetzung des Fruchtkörpers und des Myzels haben, wird bei der Novel-Food-Zulassung nicht nur das Endprodukt oder

Spezies	Produkt	Status	
Zucht-Champignon (<i>Agaricus bisporus</i>)	Fruchtkörper	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	mit Selen und Cobalamin (Vitamin B ₁₂) angereicherte Fruchtkörper	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	Fruchtkörper, nach der Ernte mit UV-Licht behandelt zur Erhöhung des Vitamin-D ₂ -Gehalts	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓
Mandelpilz (<i>Agaricus blazei</i>)	Fruchtkörper	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	dehydratisiertes Myzelpulver	bisher nicht zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✗
Shiitake (<i>Lentinula edodes</i>)	Fruchtkörper	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	wässriger Auszug aus dem Myzel von <i>L. edodes</i> , das in einer Submersfermentation kultiviert wurde	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓
	mit Myzelien fermentiertes Erbsen- und Reisprotein ^a	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓
	dehydratisiertes Myzelpulver	bisher nicht zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✗
Austern-Seitling (<i>Pleurotus ostreatus</i>)	Fruchtkörper	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	β-Glucan	Lebensmittel, nicht neuartig	✓
	Myzel und dehydratisiertes Myzelpulver	bisher nicht zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✗
Kampferpilz (<i>Antrodia camphorata</i>)	gefriergetrocknetes Myzel aus Festbett-Fermentation für Nahrungsergänzungsmittel	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓
Zunderschwamm (<i>Fomes fomentarius</i>)	Chitin-Glucan-Komplex aus Zellwänden der Fruchtkörper für Nahrungsergänzungsmittel	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓
Vitamin-D ₂ -Pilzpulver ^a	nach der Ernte mit UV-Licht behandelte Pilze, getrocknet und gemahlen	zugelassenes neuartiges Lebensmittel	✓

Tab. 1: Ständerpilze als Lebensmittel und ihr Status nach der Novel-Food-Verordnung

Auszüge aus der Unionsliste der neuartigen Lebensmittel (VO EU 2017/2470 [4]) und dem online einsehbaren Novel-Food-Statuskatalog [5]

^a unterliegt dem Datenschutz und darf bis zur Erlöschung nur vom Antragsteller in der EU in den Verkehr gebracht werden oder mit dessen Zustimmung

der Produktionsstamm betrachtet, sondern das gesamte Produktionsverfahren. Es gibt dementsprechend keine allgemeingültige Zulassung.

Im Hinblick auf Fleischalternativen könnte biotechnologisch produziertes Pilzmyzel die Produktvielfalt ergänzen: Die Biomasse weist durch das filamentöse Wachstum bereits eine faserige Textur auf, die Muskelsträngen ähnelt. Im Gegensatz zu Produkten pflanzlichen Ursprungs müsste sie nicht zwingend aufwendig extrudiert oder texturiert werden. Isoliertes Mykoprotein könnte analog zu pflanzlichem Protein in der breiten Produktpalette vegetarischer und veganer Lebensmittel eingesetzt werden.

Berücksichtigt werden sollte, dass viele Speisepilze bei rohem Verzehr zu Unverträglichkeiten (z. B. Magenschmerzen, Darmprobleme) führen können oder das (leicht zerstörbare) Toxin Agaritin enthalten. Inwieweit mögliche Unverträglichkeiten auch für das Myzel dieser Speisepilze zutreffen, bleibt durch belastbare Studien zu klären. Für das submers kultivierte Myzel des Champignons werden im Vergleich zum Fruchtkörper geringere Gehalte an Agaritin berichtet [13, 14]. Eine thermische Behandlung vor dem Verzehr ist jedoch immer ratsam.

Ernährungsphysiologisch stehen Pilze im Allgemeinen gut dar: Sie bestehen überwiegend aus Wasser (85–95 % des Frischgewichts) und enthalten in der Regel wenig verwertbare Kohlenhydrate (Zu-

cker) oder Fett, dafür viele Ballaststoffe und viel Protein. Abhängig von der Spezies, den Wachstumsbedingungen und anderen Faktoren (s. o.) enthalten sie zwischen 9–43 % Protein bezogen auf die Trockenmasse [15]. Direkt vergleichende Daten von Myzel und Fruchtkörpern gibt es nur wenige, da die Fruchtkörper häufig unter anderen Bedingungen kultiviert werden als das Myzel in flüssiger Kultur. Die Nährstoffzusammensetzung kann je nach Spezies, Substrat und Kultivierungsbedingungen erheblich schwanken. Die Proteinqualität von „Quorn“, dem aktuell einzigen Fleischersatzprodukt aus submers kultiviertem (Schimmelpilz-)Myzel auf dem europäischen Markt, wurde mit 0,99 von 1 im *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* (dt.: Aminosäureindex, korrigiert um die faecale Verdaulichkeit des Nahrungsproteins) bewertet und schneidet damit besser ab als Soja (0,91) oder Rindfleisch (0,92) [16, 17]. Der Gesamtkohlenhydratgehalt liegt zwischen 34–72 %, wobei das Chitin und die

Glucane aus den Zellwänden als *dietary fibers* den größten Anteil ausmachen. Der Fettgehalt wird mit 1–8 % angegeben, wobei Linolsäure, α -Linolensäure, Palmitinsäure und Ölsäure die am häufigsten vorkommenden Fettsäuren sind [18, 19]. Die Zellmembranen enthalten von Natur aus Ergosterol, das unter UV-B-Strahlung zu Vitamin D₂ umgewandelt werden kann. Mit diesem Verfahren behandelte Champignons sind bereits als neuartige Lebensmittel zugelassen (♦ Tabelle 1).

Forschung im NewFoodSystems-Innovationsraum

Ein weiterer Vorteil, den die Ständerpilze mitbringen, ist ihre Fähigkeit, auf unterschiedlichsten Nebenströmen aus der Agrar- und Lebensmittelindustrie zu wachsen. Als wichtige Destruenten im Wald besitzen sie Enzyme, die es mit Lignin aufnehmen können, der schwer abbaubaren Substanz in verholzten pflanzlichen Zellwänden. Ob Kleie, Treber, Trester, Presskuchen oder Molke, viele Restströme in Lebensmittelqualität können als Substrat für die Fermentation eingesetzt werden. Pilzmyzel als Nahrungsmittel kann also im Sinne der Nachhaltigkeit helfen, Abfälle zu vermeiden und das Ziel einer zirkulären Wirtschaft unterstützen. Im Rahmen des Innovationsraums NewFoodSystems setzt hier das vom Bundesministerium für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR) geförderte Projekt „LacOat4Fungi“ an. Zu den Projektpartnern gehören Milei GmbH, das Fraunhofer-Institut für Verfahrenstechnik und Verpackung, Albert Handtmann Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, Albert Handtmann Armaturenfabrik GmbH & Co. KG und die Justus-Liebig-Universität Gießen.

Ziel des Projekts ist die Produktion von neuen Lebensmittelsystemen auf Basis von biotechnologisch produziertem Pilzmyzel. Für die Herstellung dieser Lebensmittel müssen, im Gegensatz zu vielen anderen veganen und vegetarischen Produkten mit Ähnlichkeit zu Produkten tierischen Ursprungs, keine Kulturpflanzen wie Erbsen oder Soja angebaut werden. Stattdessen werden zwei bereits existierende, aber bislang wenig genutzte Nebenströme aus der Lebensmittelindustrie als Substrate für die Fermentation verwendet: Hafer-Okara aus der Haferdrink-Produktion und ein Molkenkonzentrat, das bei der Herstellung von Käse anfällt.

Seit Beginn des Projekts im November 2023 wurden bereits 56 Speisepilze untersucht und ihr Wachstum auf den Nebenströmen charakterisiert. Geeignete Pilz-Substrat-Kombinationen wurden identifiziert und die Produktion im Pilotmaßstab steht nun in den Startlöchern. Nach der Kultivierung werden die unlöslichen und löslichen Fraktionen des Myzels isoliert. Diese sollen dann, je nach Eigenschaften und Textur, für die Entwicklung von alternativen Fleischwaren und Milchprodukten verwendet werden.

Wie ist die aktuelle Marktlage?

Einige Start-ups tüfteln bereits seit langem an der Kultivierung von Pilzmyzel. Deutsche Beispiele sind Infinite Roots aus Hamburg, Kynda Biotech aus Jelmstorf bei Uelzen oder Nosh.bio aus Berlin.

Ob das fermentativ gewonnene Myzel als Lebensmittel in den Verkehr gebracht werden darf oder nicht, muss von Fall zu Fall geklärt werden. Wie aus einer Pressemitteilung des Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz hervorgeht, handele es sich bei dem von Kynda Biotech produzierten Myzel nicht um ein *Novel Food* und brauche daher keine Zulassung [20]. Der Produktionsstamm bleibt ein Geheimnis, und so lässt sich nur mutmaßen, dass es sich vielleicht um den Schimmelpilz *Fusarium venenatum* handelt; das einzige aktuell am europäischen Markt erhältliche Pilzmyzel, das trotz Produktion in Flüssigkultur keine Zulassung im Sinne der Novel-Food-Verordnung benötigt. Verkauft wird es bereits seit 1985 in Großbritannien unter dem Namen „Quorn“ und kam dem Stichtag vom 15.05.1997 damit bereits 12 Jahre zuvor.

Währenddessen berichtet das Handelsblatt, dass Konkurrent Infinite Roots für ihr Produkt bereits vor zwei Jahren einen Antrag auf Zulassung bei der EFSA eingereicht habe [21]. Unter den laufenden Bewerbungsverfahren, die auf der Website der Europäischen Kommission einsehbar sind, sind sie allerdings nicht auffindbar [22]. Dafür gibt es bei dem amerikanischen Pendant der EFSA, der FDA (*U.S. Food and Drug Administration*, dt.: U.S. Bundesbehörde zur Überwachung von Nahrungs- und Arzneimitteln), einen Treffer. Der Antrag auf GRAS-Status (*Generally Recognized as Safe*; dt.: allgemein als sicher anerkannt) für das Myzel des Lungen-Seitlings (*Pleurotus pulmonarius*) ist noch in Bearbeitung [23].

Der amerikanische GRAS-Status kann äquivalent zum europäischen QPS-Status betrachtet werden und wurde erst kürzlich an das von The Better Meat Co. produzierte Myzel vom Bäcker-schimmel (*Neurospora crassa*) vergeben [24]. Der Schlauchpilz darf nun in den USA in Fleisch-, Fisch- und Milchanaloga eingesetzt werden. Nosh.bio arbeitet auch mit einem Schimmelpilz: „Koji“ (*Aspergillus oryzae*), der unter anderem in der Fermentation von Sojabohnen zur Herstellung von Sojasoße eingesetzt wird [25]. Die submers kultivierte Biomasse ist sowohl in den USA als auch der EU zugelassen. Vor Kurzem wurde ein Produkt mit Ähnlichkeit zu Frischkäse auf Basis von fermentativ gewonnenem „Koji-Protein“ in den deutschen Einzelhandel eingeführt, das vom Berliner Start-up Formo entwickelt wurde.

Das Schimmelpilz-Myzel ist also bereits im Aufschwung, während das Myzel der als Lebensmittel geschätzten Ständerpilze noch

auf ihre Sicherheitsbewertungen wartet. Es wird noch eine Weile dauern, bis Myzel und Fruchtkörper der bekannten Speisepilze nebeneinander im örtlichen Supermarkt liegen. Dennoch schätzen die Autor*innen dieses Artikels, dass unser Gesetzgeber den Verbraucher*innenschutz und die Sicherheit von Lebensmitteln priorisiert und warten dafür gerne die Urteile der EFSA ab.

Förderung

Beitrag im Rahmen der Publikationsreihe des Innovationsraums NewFoodSystems – Fördermaßnahme „Innovationsräume Bioökonomie“ im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie BioÖkonomie 2030“ des Bundesministeriums für Forschung, Technologie und Raumfahrt (BMFTR).



Danksagung

Die Autor*innen danken dem BMFTR-Innovationsraum NewFoodSystems für die Förderung des Vorhabens LacOat4Fungi (FKZ: 031B1477). Mehr Informationen unter www.newfoodsystems.de

Angaben zu Interessenkonflikten und zum Einsatz von KI

Die Autor*innen erklären, dass kein Interessenkonflikt besteht und bei der Erstellung des Manuskripts keine KI-Anwendungen eingesetzt wurden.

Literatur

1. Statistisches Bundesamt Deutschland: Betriebe, Erntefläche, Erntemenge (Speisepilze): Tabelle 41214-0001. www-genesis.destatis.de/genesis/online?sequenz=statistikTabellen&selectionname=41214#abreadcrumb (last accessed on 26 September 2024).
2. Bergmann P: Der Lebenszyklus eines Ständerpilzes und die biotechnologische Nutzbarmachung des Myzels: Created in BioRender, modified after Soe, Z. (2023). *Life Cycle of Mushroom*. 2024.
3. Verordnung (EU) 2015/2283 des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. November 2015 über neuartige Lebensmittel.
4. Durchführungsverordnung (EU) 2017/2470 der Kommission vom 20. Dezember 2017 zur Erstellung der Unionsliste der neuartigen Lebensmittel.
5. European Commission: Food and Feed Information Portal Database: EU Novel Food status Catalogue. <https://ec.europa.eu/food/food-feed-portal/screen/novel-food-catalogue/search> (last accessed on 26 September 2024).
6. Koutsoumanis K, Allende A, Alvarez-Ordóñez A, et al.: Scientific opinion on the update of the list of QPS-recommended biological agents intentionally added to food or feed as notified to EFSA (2017-2019). *EFSA Journal* 2020; 18(2).
7. Hao H, Zhang J, Wang Q, et al.: Transcriptome and differentially expressed gene profiles in mycelium, primordium and fruiting body development in *Stropharia rugosoannulata*. *Genes (Basel)* 2022; 13(6).
8. Lacourt I, Duplessis S, Abbà S, Bonfante P, Martin F: Isolation and characterization of differentially expressed genes in the mycelium and fruit body of *Tuber borchii*. *Appl Environ Microbiol* 2002; 68(9): 4574–82.
9. Song H-Y, Kim D-H, Kim J-M: Comparative transcriptome analysis of dikaryotic mycelia and mature fruiting bodies in the edible mushroom *Lentinula edodes*. *Sci Rep* 2018; 8(1): 8983.
10. Tang Y, Li Y-Y, Li H-M, Wan D-J, Tang Y-J: Comparison of lipid content and fatty acid composition between tuber fermentation mycelia and natural fruiting bodies. *J Agric Food Chem* 2011; 59(9): 4736–42.
11. Krahe N-K, Berger RG, Witt M, Zorn H, Omarini AB, Ersoy F: Monokaryotic *Pleurotus sapidus* strains with intraspecific variability of an alkene cleaving DyP-Type peroxidase activity as a result of gene mutation and differential gene expression. *Int J Mol Sci* 2021; 22(3): 1363.
12. Berger RG, Bordewick S, Krahe N-K, Ersoy F: Mycelium vs. fruiting bodies of edible fungi – a comparison of metabolites. *Microorganisms* 2022; 10(7): 1379.
13. Liebenow H, Hahn A, Michalak H: Risiko Pilze – Einschätzung und Hinweise. Berlin 2005.
14. Speroni JJ, Beelman RB, Schisler LC: Factors influencing the agaritine content in cultivated mushrooms, *Agaricus bisporus*. *J Food Prot* 1983; 46(6): 506–9.
15. Cohen N, Cohen J, Asatiani MD, et al.: Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher Basidiomycetes mushrooms. *Int J Med Mushrooms* 2014; 16(3): 273–91.
16. Schaafsma G: The protein digestibility-corrected amino acid score. *J Nutr* 2000; 130(7): 1865S–7S.
17. Edwards DG, Cummings JH: The protein quality of mycoprotein. *Proc Nutr Soc* 2010; 69(OCE4).
18. Barreira JCM, Oliveira MBPP, Ferreira ICFR: Development of a novel methodology for the analysis of ergosterol in mushrooms. *Food Anal Methods* 2014; 7(1): 217–23.
19. Ahlborn J, Stephan A, Meckel T, Maheshwari G, Rühl M, Zorn H: Upcycling of food industry side streams by basidiomycetes for production of a vegan protein source. *Int J Recycl Org Waste Agricult* 2019; 8(S1): 447–55.
20. Niedersächsisches Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz: Landwirtschaft im Wandel: Ministerin Miriam Staudte auf Sommertour in Helmstedt und Uelzen. Hannover 2024.
21. Katrin Terpitz: Infinite Roots bekommt frisches Kapital für Fleischersatz aus Pilzen. *Handelsblatt* 2024, 25 January 2024. www.handelsblatt.com/unternehmen/handel-konsumgueter/lebensmittel-infinite-roots-bekommt-frisches-kapital-fuer-fleischersatz-aus-pilzen/100010050.html (last accessed on 26 September 2024).
22. European Commission: Summary of applications and notifications: https://food.ec.europa.eu/safety/novel-food/authorisations/summary-applications-and-notifications_en (last accessed on 26 September 2024).
23. U.S. Food and Drug Administration: GRN No. 1152: Phoenix oyster mushroom (*Pleurotus pulmonarius*) mycelia biomass. www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/index.cfm?set=GRASNotices&id=1152 (last accessed on 5 September 2024).



24. U.S. Food and Drug Administration: GRN No. 1117: Mycelial biomass from *Neurospora crassa*. www.cfsanappsexternal.fda.gov/scripts/fdcc/?set=GRASNotices&id=1117 (last accessed on 5 September 2024).
25. Elaine Watson: Meet the founders: Nosh.bio's Tim Fronzek and Felipe Lino... 'We're the only ones making a meat analog from a single ingredient'. AgFunderNews 2024, 26 April 2024. <https://agfundernews.com/meet-the-founders-nosh-bios-tim-fronzek-and-felipe-lino-were-the-only-ones-making-a-meat-analog-from-a-single-ingredient> (last accessed on 26 September 2024).