

Micoproteínas

¿Posible Solución Frente al Cambio Climático y la Crisis Alimentaria?

Juárez-Martínez Jorge Arturo, V. Eric López Y López, Luna-Suarez Silvia

Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada Instituto Politécnico Nacional, Carretera Estatal Tecuexcomac-Tepetitla Km 1.5, Tlaxcala C.P. 90700, México.

Correo electrónico: silvials2004@yahoo.com.mx



RESUMEN

El crecimiento de la biotecnología ha impulsado el uso de microorganismos en diversas aplicaciones, destacando el papel crucial de los hongos en múltiples sectores. En este contexto, la creciente demanda mundial de alimentos, el impacto del cambio climático y la necesidad de alternativas sostenibles han llevado a la exploración de fuentes proteicas innovadoras. Los hongos emergen como una solución viable debido a su alto valor nutricional, rápida producción y adaptabilidad ambiental. La micoproteína, obtenida mediante fermentación de residuos agroindustriales, es una alternativa prometedora a la proteína animal, con un perfil nutricional equilibrado y un impacto ambiental reducido. Su producción industrial emplea principalmente fermentación en estado sólido y sumergida, permitiendo una producción eficiente y de bajo costo. Además, la micoproteína posee una composición rica en proteínas, fibra y micronutrientes esenciales, con beneficios demostrados para la salud, como la regulación de la glucosa e insulina, la mejora del perfil lipídico y el apoyo al desarrollo muscular. A pesar de sus ventajas, persisten desafíos en la optimización de los procesos de producción y su aceptación en el mercado. El avance en la biotecnología y la innovación en la producción de micoproteínas prometen consolidarlas como una solución clave para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad global. En el presente trabajo se da una revisión general sobre la producción, composición y tendencias de la micoproteína.

Palabras clave: micoproteína, homólogos de carne, biotecnología, hongos, aminoácidos, cambio climático.



ABSTRACT

The expansion of biotechnology has driven the utilization of microorganisms in various industrial applications, highlighting the crucial role of fungi in multiple sectors. In this context, the increasing global demand for food, the impact of climate change, and the need for sustainable alternatives have led to the exploration of innovative protein sources. Filamentous fungi emerge as a viable solution due to their high nutritional value, rapid growth, and environmental adaptability. Mycoprotein, obtained through the fermentation of agro-industrial residues, is a promising alternative to animal protein, offering a balanced nutritional profile and reduced environmental impact. Its industrial production mainly employs solid-state and submerged fermentation, enabling efficient and cost-effective large-scale production. Moreover, mycoprotein is rich in protein, fiber, and essential micronutrients, with proven health benefits such as glucose and insulin regulation, improved lipid profiles, and support for muscle development. Despite its advantages, challenges remain in optimizing production processes and market acceptance. However, advancements in biotechnology and innovations in mycoprotein production are poised to establish it as a key solution for global food security and sustainability. This paper provides a general review of mycoprotein production, composition, and trends.

INTRODUCCIÓN

Las dos últimas décadas han sido testigo de un enorme aumento en el uso de microorganismos para diversos procesos biotecnológicos e incluso ha demostrado ser económicamente viable y, como resultado, actualmente el sector de la biotecnología se considera un negocio de miles de millones de dólares a nivel mundial (Elkhateeb, 2022). Los hongos juegan un papel importante en la vida humana, como en la agricultura, la industria alimentaria, la medicina, los textiles, la biorremediación, el ciclo natural del carbono, como biofertilizante y de otras maneras. Los hongos son omnipresentes en la tierra y representan componentes esenciales de muchos ecosistemas, donde están involucrados en diversos procesos vitales. Históricamente, los productos naturales fúngicos han desempeñado un papel importante en el descubrimiento de alternativas a diferentes problemas, por ejemplo, el descubrimiento de la penicilina. (Ahmad et al., 2022).

En las últimas dos décadas se ha producido un aumento de la demanda mundial de carne

debido al rápido crecimiento demográfico y económico (Whitnall & Pitts, 2019) (FAO, 2023). De acuerdo con las Naciones Unidas, se espera que la población mundial siga creciendo en los próximos 50 o 60 años, alcanzando un pico de alrededor de 10.300 millones de personas a mediados de la década de 2080, frente a los 8.200 millones de 2024 (ONU, 2024). El cambio climático afectará a la producción de alimentos, la seguridad alimentaria y la nutrición. El aumento en la variabilidad de las precipitaciones y la frecuencia de sequías e inundaciones provocará seguramente una caída generalizada en el rendimiento de los cultivos (ONU, 2024). El cambio climático también afectará al medio acuático, por ejemplo, por cambios en la temperatura de la superficie del mar, la circulación oceánica, las olas y los sistemas de tormenta, la concentración salina y de oxígeno y la acidificación, lo que afectará también a la industria pesquera. El impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria mundial se notará no solo en el suministro de alimentos, sino también en la calidad, el acceso y la utilización de los mismos

y en la estabilidad de la seguridad alimentaria (ONUAA, 2017). Por estas razones mencionadas, es fundamental buscar y desarrollar alternativas que puedan mitigar el impacto ambiental, la escasez futura de producción de alimentos y que cumplan con los requerimientos necesarios para tener una buena nutrición.

Los hongos representan potentes herramientas biotecnológicas para la producción de sustancias naturales bioactivas, que podrían prolongar la vida saludable de la humanidad (Elkhatieb, 2021) ya que estudios demuestran que son fuentes potenciales como sustituto de carne debido a su alto valor biológico, rápido desarrollo, su perfil nutricional saludable, su capacidad de producción a bajo costo, sus beneficios ambientales y su resistencia a las limitaciones del ambiente, como inundaciones o sequías hacen destacar su gran importancia y beneficio (Derbyshire & Delange, 2021). Cabe resaltar que las emisiones de CO₂ de la micoproteína van de 5.55 a 6.15 kg de CO₂ por kg de producto fúngico, en comparación a las emisiones de carne de

res que son alrededor de 27 kg de CO₂ por kg de carne (Finnigan et al., 2017). Por otro lado la expansión del uso de la tierra para la producción de alimentos afecta negativamente la capacidad de desarrollo sostenible del planeta, la micoproteína es una alternativa potencial a los productos de origen animal para reducir el uso de la tierra, ya que para producir una tonelada de micoproteína se necesita un área entre 1500 a 4200 m² esto debido a diferencias metodológicas en los procesos de operación, a diferencia de los 5000 a 8000 m² que se necesitan para una tonelada de carne de pollo (Hashempour-Baltork et al., 2020). Los sistemas de cultivo fúngico permiten una producción controlada e independiente de las condiciones climáticas. La fermentación fúngica es hasta 10 veces más eficiente en conversión de biomasa y 100 veces más rápida, por ejemplo, el tiempo de producción de micoproteína es de 3 a 10 días, mientras que para ganadería bovina es de 18 a 24 meses, la conversión de sustrato en proteínas para micoproteína es de 0.45 a 0.6 g/g, mientras que para la ganadería bovina es de 0.05 a 0.15 g/g (FAO, 2013; Ritala et al., 2017). Además, la huella hídrica de la micoproteína es de aproximadamente de 4L/Kg, mientras que la de carne de pollo es de aproximadamente 500L/Kg (Finnigan et al., 2017) lo que nos da una visión más amplia de las ventajas ambientales que tiene la micoproteína.



2

PRODUCCIÓN

La fuente de sustratos para el cultivo de biomasa fúngica es muy importante. Dado que la producción se hace a nivel industrial, su coste es un factor crucial. Para llevar a cabo la producción a costos más baratos, los residuos agroindustriales (con pretratamientos adecuados) son la mejor manera de cultivar la biomasa fúngica (Singh y Gaur, 2021).

La micoproteína se produce mediante la conversión de residuos agroindustriales usando los mismos procesos de la fermentación (Majumder et al., 2023), algunos de los materiales agroindustriales utilizados son los residuos de arroz, manzana, papaya y plátano (Singh y Gaur, 2021).

De acuerdo con (Majumder et al., 2023) existen tres procesos de fermentación para la produc-

ción masiva de micoproteínas: fermentación en estado sólido (SSF), fermentación sumergida (SmF) y fermentación en cultivo de superficie, siendo la SSF y la SmF los utilizados para producción a escala industrial debido a los altos costos que representa la fermentación en estado sólido.

La producción de micoproteína en SmF como se observa en la Figura 1, comienza con el cultivo de la cepa de interés utilizando diferentes hongos, como inferiores (*Fusarium venenatum*, *Neurospora intermedia*, *Rhizopus oryzae*) y superiores (*Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma lucidum*) utilizados para la producción de micoproteína. Por parte de los hongos inferiores existen pocos hongos utilizados para la producción de micoproteínas, debido a que algunos producen sustancias tóxicas llamadas micotoxinas, y estas son eliminadas bajo ciertos

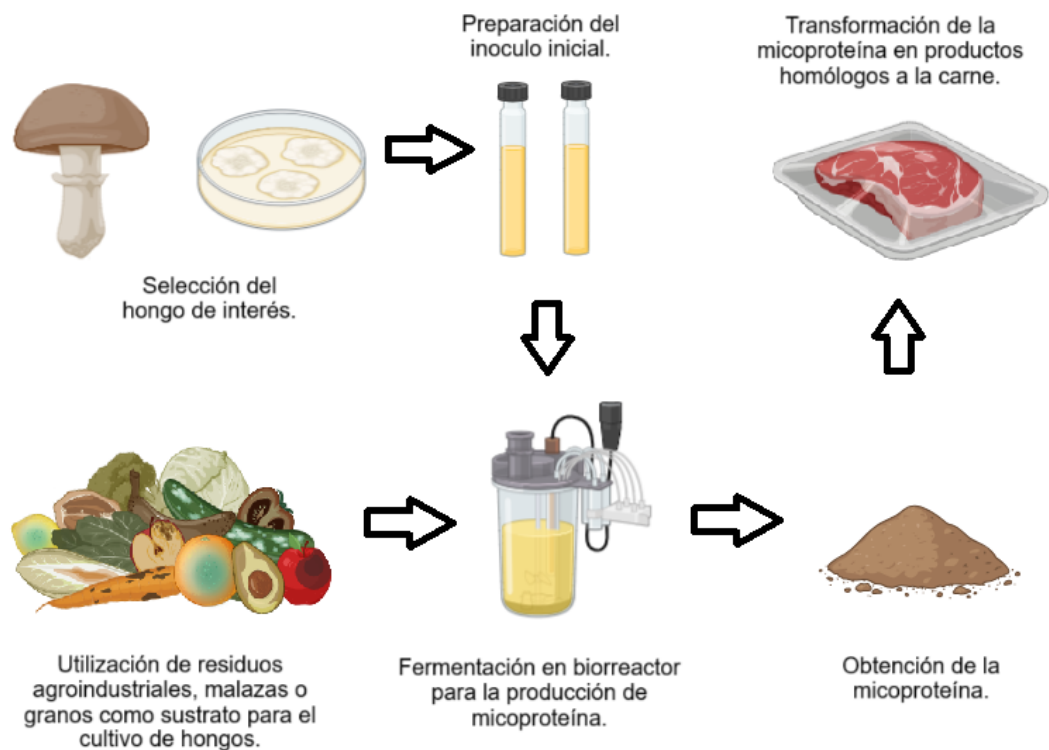


Figura 1. Proceso general para la producción de micoproteína (creado en Biorender.com)

tratamientos específicos, son utilizados principalmente por su velocidad de crecimiento, adaptación a diferentes medios de crecimiento y al tipo de micelio que producen, característica que se aprovecha para el desarrollo de formación de hebras o haces filamentosos similares a la carne (Pobiega et al., 2024). Dentro de los hongos superiores se utiliza para consumo un grupo en específico, los basidiomicetos, son una clase diversa de hongos superiores (filo *Basidiomycota*) que incluye la mayoría de las especies formadoras de hongos. Se distinguen por su capacidad para descomponer la lignina y otros polímeros complejos, convirtiendo así los residuos agrícolas ricos en lignina en biomasa fúngica enriquecida en proteínas (Rubia et al., 2025).

A nivel mundial, se reconocen aproximadamente 2000 especies de hongos como comestibles, y a un subconjunto de estas se le ha otorgado el estatus de Generalmente Reconocido como Seguro (GRAS) para su uso en alimentos (Łysakowska & Sobota, 2023).

Para la producción de micoproteínas, se prepara un inóculo que servirá para la fermentación, para ello se utilizan residuos ricos en azúcares y se añade una fuente de nitrógeno para un crecimiento óptimo, se inocula el biorreactor, llevando a cabo la fermentación bajo condiciones controladas de

las variables temperatura, pH, concentración de nutrientes y oxígeno (Giavasis et al., 2019). Pasado el tiempo de fermentación se somete a un calentamiento entre 55 a 75°C por un tiempo entre 30 y 60 minutos, para posteriormente separar la biomasa por métodos físicos, los sólidos resultantes son concentrados y llevados a secar a 60°C hasta obtener una humedad aproximada del 10%. La biomasa resultante se almacena a 4°C y se somete a congelamiento a -10°C mínimo 30 minutos antes de manipular la biomasa. Después del congelamiento, se descongela la biomasa para someterla a extrusión (Finnigan et al., 2017) para la obtención de texturas fibrilares, la micoproteína suele someterse a extrusión de alta humedad utilizando extrusores de doble tornillo, donde estudios recientes han empleado temperaturas entre 120–160 °C, humedades del 20–40% y velocidades de 200–300 rpm para obtener estructuras similares a la carne (Sui et al., 2024) para tener un mayor reacomodo de las hifas; además de agregar diferentes agentes que promuevan una consistencia y apariencia a la carne o a los productos cárnicos (Finnigan et al., 2017), como se muestra en la figura 2 donde se compara las estructuras de hebra de un corte de bistec de cerdo y una muestra de micoproteína donde se observa que preserva la estructura de las hifas creando haces filamentosos, similar a las proteínas fibrilares de la carne (Colosimo et al., 2020).

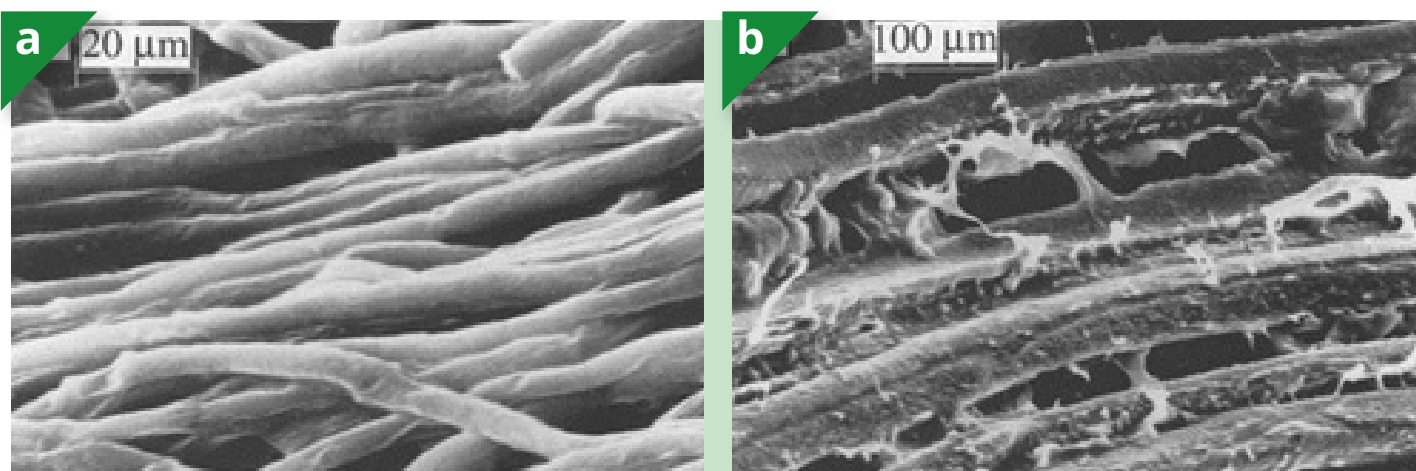


Figura 2. Micrografías obtenidas mediante microscopía electrónica de barrido (SEM) que muestran (a) micoproteína preparada a partir de *Fusarium graminearum* y (b) tejido muscular de bistec de cerdo. Ambas imágenes fueron adquiridas a un aumento aproximado de 2,000×, lo que permite una comparación directa de la microestructura fibrosa del micelio fúngico y del músculo animal (Trinci, 1992)

3

COMPOSICIÓN

La micoproteína es una buena fuente de proteínas y de fibra. La composición de la fibra dietética es aproximadamente un tercio de quitina y dos tercios de β -1, 3 y 1, 6 glucanos. El contenido de grasa del material recolectado suele ser del 2 al 3.5 % y la composición de los ácidos grasos es mucho más parecida a la grasa vegetal que a la animal (relación poliinsaturada/saturada 3.5:1, tri y diglicéridos 65 %, esteroides lipídicos totales y lípidos no saponificados 5 % y fosfolípidos 30 %). La micoproteína es rica también en vitaminas, especialmente vitaminas del grupo B, minerales como hierro, zinc, sodio, selenio, manganeso, calcio, fósforo, carbohidratos, aminoácidos esenciales y menos contenido de grasa. Además, la micoproteína mejora el perfil lipídico y desempeña un papel clave en la síntesis de

Componentes	Micoproteína	Leche	Huevo	Res	Puerco	Pollo	Soya	Trigo
Proteína, g	11.25	3.40	12.56	20.20	21.80	24.00	14.00	13.70
EAA, g								
Histidina	0.35	0.09	0.30	0.66	0.89	0.72	0.60	2.30
Isoleucina	0.52	0.20	0.68	0.87	1.06	1.22	1.10	3.40
Leucina	0.86	0.32	1.10	1.53	1.83	1.82	1.80	6.80
Lisina	0.83	0.26	0.90	1.60	2.05	1.39	1.40	2.50
Metionina	0.21	0.08	0.39	0.50	0.60	0.68	0.30	1.80
Fenilalanina	0.49	0.16	0.66	0.76	0.91	1.17	1.10	4.40
Triptófano	0.16	0.05	0.16	0.22	1.03	0.19	0.30	1.00
Treonina	0.55	0.15	0.60	0.84	0.28	0.71	0.80	2.80
Valina	0.62	0.22	0.76	0.94	1.24	1.21	1.10	4.50
Fibra, g								
Fibra total	6.00	Traza	Traza	Traza	Traza	Traza	6.10	11.20
Grasas, g								
Grasas totales	2.90	1.70	9.51	4.30	4.00	1.10	7.30	2.50
Ácidos grasos saturados	0.60	1.10	3.13	1.70	1.40	0.30	0.90	0.74
Micronutrientes								
Hierro, mg	0.50	0.02	1.70	3.50	0.80	0.40	3.00	3.60
Zinc, mg	9.00	0.40	1.29	0.40	2.10	0.70	0.90	2.80
Sodio, mg	5.00	43.00	142.00	43.00	63.00	60.00	1.00	2.00
Selenio, mg	20.00	1.00	11.00	1.00	13.00	12.00	5.00	70.70
Vitamina B12, μ g	Traza	0.40	0.89	0.40	Traza	Traza	Traza	Traza
Carbohidratos totales, g								
Azúcar, g	3.00	4.70	Traza	0.06	Traza	Traza	5.10	71.10
Energía total, Kcal	0.50	4.60	Traza	Traza	Traza	Traza	1.64	5.00
	85.00	46.00	151.00	172.00	123.00	106.00	141.00	339.00

Tabla 1. Composición de micoproteína en comparación con otras fuentes de proteína (Ahmad et al., 2022)

proteínas musculares en individuos jóvenes ya que contiene aminoácidos esenciales, que no los puede sintetizar el organismo, necesarios para la síntesis de proteínas, participan como moléculas bioactivas que desempeñan funciones importantes en la nutrición y metabolismo (Nie et al., 2018). En la Tabla 1 se muestra la composición de aminoácidos de micoproteína y se compara con otras fuentes alimenticias. En la misma tabla se observa que las micoproteínas representan una buena fuente de nutrientes, ya que en aminoáci-

dos esenciales tiene valores superiores comparado con la leche, contiene mayor cantidad de fibra dietética que la mayoría de los alimentos en la tabla, su contenido de grasas es menor comparado con otras fuentes de proteína, tiene mayor cantidad de micronutrientes y menor cantidad de carbohidratos en comparación a las fuentes vegetales y tiene menor contenido calórico.

4 DESAFÍOS Y TENDENCIAS FUTURAS

Existen crecientes preocupaciones sobre el medio ambiente, la salud humana y el maltrato animal, los análogos de carne se han convertido en uno de los temas más relevantes tanto en la industria alimentaria como en la comunidad de investigación en la última década (Finnigan et al., 2017), por esta razón es imprescindible buscar opciones para reemplazar la carne con fuentes de proteínas más sostenibles. Actualmente, una marca de micoproteína Quorn™ se vende legalmente en todos los países de la Unión Europea, así como en Estados Unidos, Australia, Nueva Zelanda, Canadá y más recientemente, en mercados asiáticos como un ingrediente en productos alimenticios refrigerados o congelados con un estimado de 5 mil millones de porciones consumidas en todo el mundo desde su lanzamiento (Finnigan et al., 2017). Se estima que el mercado de micoproteína en los Estados Unidos representará casi 149.6 millones de dólares en 2030, mientras que en China la segunda economía más grande del mundo, se prevé que alcance un tamaño de mercado de 167.7 millones de dólares en 2030 (Derbyshire & Delange, 2021).

Es necesario llevar a cabo más investigaciones respecto a los beneficios para la salud de la micoproteína, especialmente los efectos sobre el perfil lipídico plasmático (colesterol total), la saciedad y la síntesis de proteínas musculares, dado que los estudios publicados tienen limitaciones como corta duración y tamaños de muestra pequeños al evaluar estos efectos. Investigar los potenciales de la micoproteína y sus interacciones para aplicaciones específicas en otros productos o alimentos como productos lácteos, aderezos y mayonesa por sus beneficios para la salud. Y profundizar en las investigaciones y caracterización sobre la micoproteína producida por otros hongos por ejemplo los basidiomicetos o llamados hongos superiores. Además, se debe realizar investigación adicional sobre cómo reducir los desechos del proceso de producción sin afectar la efectividad.



5

CONCLUSIÓN

La micoproteína representa una alternativa revolucionaria ante los desafíos alimentarios y ambientales del siglo XXI. Su producción, basada en procesos biotecnológicos sostenibles que emplean residuos agroindustriales o sustratos de fácil acceso, no solo ofrece una solución eficiente y escalable, sino que también es respetuosa con el medio ambiente a diferencia de la carne animal. Su perfil nutricional, comparable e incluso superior al de varias fuentes animales y vegetales, refuerza su papel como un alimento capaz de mejorar la salud pública global. Sin embargo, para poder consolidarla y maximizar su impacto, es necesario superar ciertos retos, como la optimización de procesos productivos, el aprovechamiento de nuevas especies fúngicas y la generación de mayor evidencia científica sobre sus beneficios en la salud a largo plazo. Además, se requiere una mayor aceptación por parte del consumidor, lo cual demanda estrategias efectivas de comunicación y educación alimentaria.



REFERENCIAS

- Ahmad M, Farooq S, Alhamoud Y, Li C, & Zhang H, (2022) A review on mycoprotein: History, nutritional composition, production methods, and health benefits. *Trends in Food Science and Technology*, 121(January): 14–29. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.027>
- Colosimo R, Warren F, Edwards C, Finnigan T, & Wilde P, (2020) The interaction of α -amylase with mycoprotein: Diffusion through the fungal cell wall, enzyme entrapment, and potential physiological implications. *Food Hydrocolloids*, 108(February), 106018. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106018>
- Derbyshire E, & Delange J, (2021) Fungal Protein – What Is It and What Is the Health Evidence? A Systematic Review Focusing on Mycoprotein. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5(February). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.581682>
- Elkhateeb W, (2021) Highlights on Chaetomium morphology, secondary metabolites and biological activates. *Pharmaceutics and Pharmacology Research*, 4(1): 01–05. <https://doi.org/10.31579/2693-7247/033>
- Elkhateeb W, (2022). Fungal Protein (Mycoprotein) What to Know About. *Open Access Journal of Pharmaceutical Research*, 6(4). <https://doi.org/10.23880/oajpr-16000273>
- FAO & OECD (2023). OECD-FAO Agricultural Outlook 2023–2032. Food and Agriculture Organization of the United Nations & Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Finnigan T, Needham L, & Abbott C, (2017) Mycoprotein : A Healthy New Protein With a Low Environmental Impact. *In Sustainable Protein Sources* (Issue Ec 1997). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00019-6>
- Giavasis I, Seviour R, Hudman P, & McNeil B, (2019) Fungal Bioproducts for Use in Food: Polysaccharides, Organic Acids, and Mycoprotein. *In Advances in Food Bioproducts and Bioprocessing Technologies* (Issue February). <https://doi.org/10.1201/9780429331817-25>
- Hashempour-Baltork F, Khosravi-Darani K, Hosseini H, Farshi P, & Reihani S, (2020). Mycoproteins as safe meat substitutes. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119958. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.119958>
- Majumder R, Miatir S, Saha A, & Hossain S, (2023) Mycoprotein: production and nutritional aspects: a review. *Sustainable Food Technology*, 2(1): 81–91. <https://doi.org/10.1039/d3fb00169e>
- Łysakowska, P., & Sobota, A. (2023). Medicinal Mushrooms : Their Bioactive Components , Nutritional Value and Application in Functional Food Production — A Review.
- Naciones Unidas [UN], (2024) World Population Prospects 2024. *In United Nation* (Issue 9). www.un.org/development/desa/pd/
- Nie, C., He, T., Zhang, W., Zhang, G., & Ma, X. (2018). Branched chain amino acids: Beyond nutrition metabolism. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4). <https://doi.org/10.3390/ijms19040954>
- ONUAA, (2017) El futuro de la alimentación y la agricultura. Tendencias y desafíos. *El Futuro de La Agricultura y La Alimentación*, 1(1): 44.
- Pobiega, K., Joanna, S., Pakulska, A., Latoszewska, M., Micho, A., Duda, W., Szafraniuk, J., Kufel, A., Dominiak, Ł., Lis, Z., Kłusek, E., Kozicka, E., Wierzbicka, A., Rybak, K., Kot, A. M., Nowacka, M., & Trusi, M. (2024). Fungal Proteins : Sources , Production and Purification Methods , Industrial Applications , and Future Perspectives. *MDPI, Applied Sciences*, 14, 1–21.
- Ritala, A., Häkkinen, S. T., Toivari, M., & Wiebe, M. G. (2017). Single cell protein—State-of-the-art, industrial landscape and patents 2001–2016. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2009. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2017.02009>
- Łysakowska, P., & Sobota, A. (2023). Medicinal Mushrooms : Their Bioactive Components , Nutritional Value and Application in Functional Food Production — A Review.
- Pobiega, K., Joanna, S., Pakulska, A., Latoszewska, M., Micho, A., Duda, W., Szafraniuk, J., Kufel, A., Dominiak, Ł., Lis, Z., Kłusek, E., Kozicka, E., Wierzbicka, A., Rybak, K., Kot, A. M., Nowacka, M., & Trusi, M. (2024). Fungal Proteins : Sources , Production and Purification Methods , Industrial Applications , and Future Perspectives. *MDPI, Applied Sciences*, 14, 1–21.
- Rubia, A., Trindade, D. F., Hilario, I. D. B., Aparecido, E., Ant, L., Giatti, C., Souza, M. De, Dantas, M. P., Mayara, B., Carvalho, R., Corr, G., & Yamaguchi, N. U. (2025). Sustainable Production of Alternative Proteins from Basidiomycetes : Valorization of Mycelial and Fruiting Body Biomass. *MDPI, Processes*, 13, 1–23.
- Singh, S and Gaur, S. (2021) Fungal Byproducts in Food Technology in Fungi. *In sustainable food production*. Edited by Dai X, Sharma M, & Chen J. Springer (1–17pp). <https://doi.org/10.1007/978-3-030-85012-5>.
- Sui, X., Zhang, T., & Zhang, X. (2024). High-Moisture Extrusion of Plant Proteins : Fundamentals of Texturization and Applications. *Annual Review of Science and Technology*, 15, 125–150.
- Trinci A, (1992) Myco-protein: A twenty-year overnight success story. *Mycological Research*, 96(1): 1–13. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)80989-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)80989-1)
- Whitnall T, & Pitts N, (2019) Global trends in meat consumption - analysis of global meat consumption trends. *Australian Bureau of Agricultural and Resource Economics and Sciences*, March, 96–99. http://www.agriculture.gov.au/SiteCollectionDocuments/abares/agriculture-commodities/AgCommodities201903_MeatConsumptionOutlook_v1.0.0.pdf