

<https://orcid.org/0000-0001-7575-4008>

COMBINANDO LA BIOTECNOLOGÍA CON LA GASTRONOMÍA PARA BRINDAR LOS ALIMENTOS DEL FUTURO

COMBINING BIOTECHNOLOGY WITH GASTRONOMY TO PROVIDE THE FOOD OF THE FUTURE

Edgar Illescas-Aparicio

Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Facultad de Ciencias Biológicas
Licenciatura en Biotecnología
ed.illescas00@gmail.com

Resumen

El desarrollo de las tecnologías alimentarias ha sido crucial para el desarrollo de la sociedad al satisfacer la seguridad alimentaria. Sin embargo, el panorama a futuro parece encaminado a una crisis alimentaria por el cambio climático, el aumento poblacional y la sobreexplotación de recursos. En el presente trabajo se analizan las tecnologías emergentes que podrían ser la solución al panorama futuro, como son los alimentos impresos, la obtención de aditivos naturales, el encapsulamiento de compuestos bioactivos, las innovaciones dentro de la rama de la nanobiotecnología alimentaria y la generación de alimentos sintéticos para la obtención de alimentos alternativos de origen vegetal y animal, mediante el uso de microorganismos y el cultivo de células y tejidos.

Palabras clave: *Alimento del futuro; Aditivo natural; Alimento impreso; Alimento sintético; Nanotecnología en alimentos; Carne in vitro.*

Abstract

The development of food technologies has been crucial for the development of society by satisfying food security. However, the outlook for the future seems to be headed for a food crisis due to climate change, population growth and overexploitation of resources. This paper analyzes the emerging technologies that could be the solution to the future scenario such as printed foods, obtaining natural additives, encapsulating bioactive compounds, innovations within the branch of food nanobiotechnology and the generation of synthetic foods for obtaining alternative foods of plant and animal origin using microorganisms and the culture of cells and tissues.

Keywords: *Future food; Natural additive; Printing food; Synthetic food; Nanotechnology Food; In vitro meat.*

Introducción

El desarrollo de nuevas tecnologías alimentarias son un punto crucial para el desarrollo social al satisfacer la seguridad alimentaria, pero esta debe ir acompañada de la inocuidad y la sostenibilidad. El panorama futuro de la humanidad no pinta alentador dado las emisiones de gases que impactan en el cambio climático, además del aumento poblacional y las malas prácticas de producción de alimentos que aumentan la erosión y disminuyen la productividad de los suelos (McKersie, 2015).

Sin embargo, será crucial la implementación de tecnologías emergentes como mejoras en los procesos de agricultura, las ciencias alimentarias y la implementación de procesos biotecnológicos para la crisis que se avecina (Davies & Garrett, 2018). Y para lograrlo, los institutos de investigación en conjunto con las políticas gubernamentales deben favorecer el desarrollo de nuevos avances para la producción de alimentos que parecen sacados de las películas de ciencia ficción y se espera que sean introducidas de forma gradual para tener alternativas en la producción de alimentos que cumplan los principios de seguridad alimentaria, sostenibilidad e inocuidad (Röös et al., 2017).

Y aunque el tema de producción de alimentos es complejo porque se debe lograr integrar las investigaciones desarrolladas por las ciencias alimentarias en conjunto con los avances tecnológicos, es importante tomar en cuenta la opinión del consumidor que en

ocasiones se rige en la heurística emocional y la apariencia de los alimentos en conjunto con sus ideologías (Siegrist & Hartmann, 2020), pero se ha descubierto que cada vez son más aceptados los alimentos producidos en laboratorio para que pronto puedan estar disponibles en nuestras mesas.

Tecnologías alimentarias que pronto pasarán del laboratorio a la mesa

- **Alimentos impresos**

La impresión de alimentos empezó como una técnica que permitía brindar acabados estéticos a los alimentos mediante la impresión tradicional en 2D utilizando tintas de grado alimenticio, pero hoy en día se ha logrado la impresión de alimentos mediante técnicas 3D que en su momento se estaban investigando para aplicarlo en misiones espaciales (Pallottino et al., 2016).

La impresión en 3D es una tecnología que está asistida por un software de diseño mediante una computadora, permitiendo la formación de objetos tridimensionales con la adición sucesiva de capas de materiales (Brunner et al., 2018).

Dentro de las formas de impresión se encuentra la impresión por extrusión que va dando la forma deseada a través de capas de alimentos a partir de preparados de harinas, geles y materias primas como el chocolate como se visualiza en la ilustración 1a. La impresión de tintas es de lo más utilizado al hablar de alimentos impresos, ya que cada vez es más común encontrarla en las industrias alimentarias para los acabados finales de cubiertas con glaseados o los rellenos de alimentos con mermeladas o aderezos como se observa en la ilustración 1b.

Y finalmente, una de las técnicas más innovadoras al hablar de las impresiones en 3D, es la bioimpresión dado su potencial en el área de la salud y alimentos, al poder utilizar células para construir tejidos con formas estructurales de forma tradicional como la impresión de un corte de carne o hasta de vegetales, sin la necesidad de esqueletos previos basados en biomateriales (Godoi et al., 2016).

Los componentes esenciales se basan en unificar las principales biomoléculas que componen a los alimentos que son carbohidratos, proteínas y grasas, sin embargo, el

resultado final depende mucho de las propiedades de la materia prima utilizada y el lograr combinarlas entre sí (Stulić et al., 2019), por lo cual todavía se considera una innovación con limitaciones técnicas, pero se espera que con los avances de la biología sintética y la nanobiotecnología en alimentos, se vuelva realidad el poder imprimir alimentos así como ocurre en la película “lluvia de hamburguesas”.

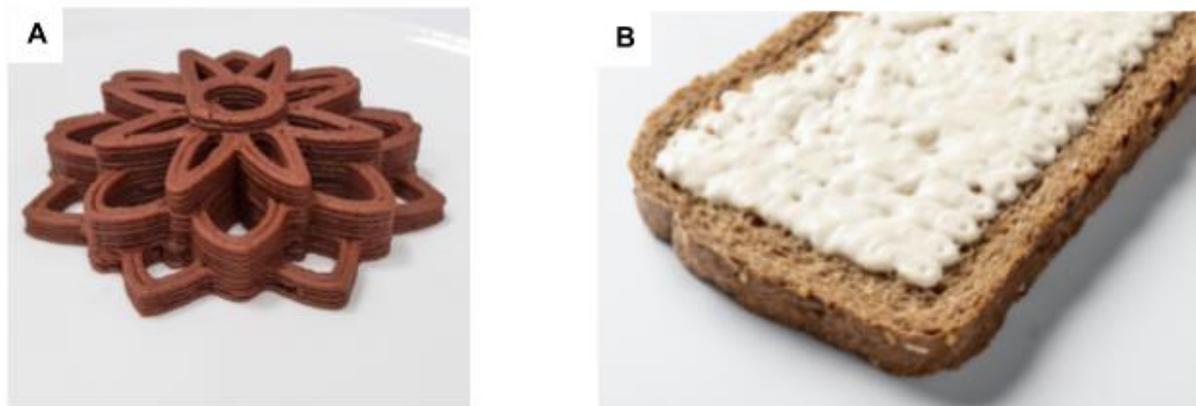


Figura No. 1. Ejemplos de la técnica de impresión por extrusión en chocolate (a) e impresión de tintas en un pan untado de mayonesa (b). Imagen (a) proporcionada por <https://www.naturalmachines.com/press-kit/#>. Imagen (b) <http://foodjet.com>.

• **Aditivos naturales y encapsulamiento de compuestos bioactivos**

Se puede definir a un aditivo alimentario como cualquier sustancia que no es consumido de manera típica dentro de un alimento y tiene un impacto dentro del alimento, estos se suelen clasificar en 6 categorías: Conservantes, aditivos nutricionales, colorantes, saborizantes, agentes que impactan la estructura (principalmente la textura) y agentes diversos (Carocho et al., 2015).

Los aditivos naturales han ido ganando interés tanto por parte de las industrias alimentarias como de los consumidores, razón por la cual se empiezan a dirigir las investigaciones en nuevas alternativas para obtener nuevos aditivos o el poder incorporar los compuestos bioactivos mediante técnicas de encapsulamiento que favorecen la liberación y biodisponibilidad del compuesto.

En la actualidad se han centrado las investigaciones tanto en la extracción de compuestos de plantas, así como de los microorganismos como son los hongos y las

bacterias, dado que poseen rutas metabólicas que liberan los compuestos de interés en forma de metabolitos secundarios. De los principales avances que se han logrado es la producción de colorantes como el carotenoide con las bacterias de agua *Erythrobacter citreus* (Niero et al., 2021), así como la extracción de astaxantina (forma parte de los carotenoides) mediante el uso de plantas del género *Adonis* y el alga verde (*H. pluvialis*), además de probar la eficacia de utilizar los residuos del procesamiento de crustáceos (Stachowiak & Szulc, 2021). Para darse una idea de cómo se ve el carotenoide en la placa Petri de unas bacterias, se muestra unas colonias de



Figura No. 2. Colonias de *Polaribacter* en una placa de Petri (el color naranja se debe a los carotenoides). Imagen tomada de [8724.full.pdf \(pnas.org\)](https://doi.org/10.1073/pnas.1711872114).

Y retomando el punto de la encapsulación, hablamos de un proceso en el cual se atrapa un agente activo dentro de otra sustancia que forme una pared y brinde la protección al compuesto de interés. Se puede realizar con diferentes tamaños de partículas que abarcan desde escalas milimétricas hasta nanométricas. Esta técnica ha sido muy estudiada para su aplicación dentro del procesamiento de alimentos como es la encapsulación de aceites esenciales que otorgan características y protección a los alimentos y un ejemplo es el uso del aceite esencial de canela (*Cinnamomum verum*) que actúa como agente antimicrobiano (Zanetti et al., 2018).

Y esta será un área que tendrá un gran impacto a futuro dentro del procesamiento de alimentos dado el papel benéfico que brindan los ingredientes bioactivos, motivo por el cual se siguen estudiando técnicas y compuestos para mejorar la encapsulación, llevando la delantera el uso de polisacáridos como el Galactomanano que tienen un gran

potencial para ser portadores de los compuestos de interés (Santos & Garcia-Rojas, 2021).

- **Avances de nanobiotecnología**

Dentro de las ciencias aplicadas más prometedoras, encontramos a la biotecnología y la nanotecnología, que al combinarlas nos da a la nanobiotecnología, la cual es y será esencial para la producción de los alimentos, ya que nos ofrecerá beneficios en el desarrollo de productos alimenticios con una funcionalidad mejorada para la promoción de la salud, texturas, sabores, cuestiones de calidad y seguridad en la cadena de suministro de alimentos (Kiss, 2020).

De las principales aplicaciones encontramos el uso de nanoestructuras que se pueden utilizar en el envasado de los alimentos, además del desarrollo de nanodispositivos que permitan monitorear los alimentos como se aprecia en la ilustración 3, así como favorecer la nanoencapsulación de los componentes bioactivos de interés (Pathakoti et al., 2017).



Figura No. 3. Envase inteligente que incorpora el uso de un sensor producto de la nanobiotecnología. Imagen facilitada por <http://vision-digital.com.mx/2020/09/30/envueltos-inteligentes-los-empaques-del-futuro/>.

Los componentes bioactivos de interés que han sido nanoencapsulados son las vitaminas, los agentes antibacterianos y los aceites esenciales, ya que contribuyen a la

producción de alimentos enriquecidos en cuestión de nutrición junto con cualidades que atraen al consumidor como son la apariencia, el sabor y la textura.

El principal desafío en la actualidad que nos beneficiará en los próximos años, es el desarrollo de nuevas técnicas que favorezcan la biodisponibilidad de los principales nutrientes esenciales para la salud. La nanobiotecnología está innovando para mejorar la producción de dichos alimentos con técnicas como la nanoemulsiones que permite la encapsulación de las vitaminas liposolubles (Vitamina A, D, E y K) (Öztürk, 2017). Así como también la nanopulverización que permitiría el aprovechamiento de los compuestos bioactivos presentes en líquidos de diversas maneras, al ser convertidos en polvos para su aprovechamiento e incorporación a la hora de preparar alimentos (Chopde et al., 2020).

- **Producción de alimentos sintéticos**

Los alimentos se consideran esenciales para proporcionar la energía y nutrientes requerido por el cuerpo y tradicionalmente se obtienen a partir de plantas o animales, aunque en muchas ocasiones los microorganismos juegan un papel importante en su procesamiento. Hoy en día, dada la crisis alimentaria que se estima, el desarrollo de alimentos sintéticos mediante técnicas de biología sintética y procesos biotecnológicos desarrollados en laboratorios será crucial para la humanidad (Lv et al., 2021).

Dentro de los alimentos sintéticos que se están desarrollando, predominan la producción de fuentes análogas de proteína. Para ello, la investigación para la generación de proteínas alternativas a las de origen animal y vegetal, se está centrando en la utilización microorganismos o el cultivo de células y tejidos para su producción y esto ha iniciado la agricultura celular (Eibl et al., 2021).

Una de las formas propuestas para la sustitución de las proteínas tradicionales es mediante microorganismos, esto se debe a la gran cantidad de aminoácidos y proteínas brindadas y para ello se ha utilizado a las algas *Chlorella*, así como la síntesis de proteínas de huevo obtenidas de forma artificial en bacterias *E. coli* modificadas (Liu et al., 2021) y análogos de la leche a través de un proceso de fermentación levaduras *S. cerevisiae* modificadas (Nandy & Srivastava, 2018). Además, se ha propuesto la utilización de bacterias oxidantes de dióxido de carbono (CO₂) que capturen el CO₂

presente en la atmósfera y así brindar la producción de biomasa rica en proteínas y ayudar a la descontaminación del aire (Sillman et al., 2019).

Pero sin duda alguna, uno de los principales avances que lleva la vanguardia y es atractivo en las redes sociales y las noticias, es la producción de carne cultivada in vitro a partir de células animales y esto se debe a que muestra potencial para abordar muchos de los problemas relacionados con la producción de carne convencional (Bryant, 2020). Este tipo de carne también es llamada carne cultivada en laboratorio o carne sintética porque la técnica consiste en generar tejidos musculares cultivados a partir de células madre y en específico, utilizando células satélites que tienen una gran capacidad de regeneración muscular (Kadim et al., 2015).

Y aunque hoy en día ya es posible comer hamburguesas elaboradas con carne in vitro como se muestra en la ilustración 4, todavía falta mucho por investigar para mejorar dicha tecnología emergente, pues por el momento solo sería posible utilizar la carne de forma procesada al no poseer las características tradicionales de sabor y estructura. Y dentro de las mejorar a realizar, será conveniente adicionar a la par adipocitos (células grasas) con miofibrillas que brinden la textura, el sabor y la consistencia de la carne tradicional que permitan disfrutar de los más de 750 compuestos que brindan la sazón a la carne



Figura No. 4. Hamburguesa desarrollada con carne in vitro. Imagen tomada de https://elpais.com/tecnologia/2018/03/27/actualidad/1522133760_417658.html. (Warner, 2019).

Conclusión

Como se pudo analizar en el presente trabajo, el panorama alimentario dentro de unos años no parece alentador por las diferentes problemáticas que enfrenta la humanidad, sin embargo, el desarrollo de las tecnologías alimentarias es algo crucial para garantizar la seguridad alimentaria, motivo por el cual se han desarrollado diversas investigaciones que tienen como fruto el desarrollo de técnicas emergentes para la producción de alimentos en un futuro.

Dentro de los principales aportes que tomarán la vanguardia alimentaria se encuentran procesos no convencionales para la generación de alimentos, pero con mucho potencial y que son el resultado de la combinación de las ciencias alimentarias con la innovación. Sobresalen los alimentos impresos que permitirán la optimización de espacios y la diversidad de productos al combinar las proteínas, grasas y carbohidratos bases para brindarnos relleno de alimentos, así como estructuras tridimensionales que ya se pueden adquirir en algunas regiones.

El uso de las nuevas ciencias como la biotecnología y nanotecnología que muestran mucho potencial para resolver varias problemáticas, no son la excepción con los alimentos pues podemos encontrar nuevos aditivos de origen natural producidos con plantas y microorganismos, así como la encapsulación de los compuestos bioactivos para favorecer la biodisponibilidad.

Y una de las tecnologías emergentes que parece sacado de una película de ciencia ficción, es la producción de alimentos sintéticos con la ayuda de microorganismos modificados y el cultivo de células y tejidos que nos permite la obtención de proteínas alternativas de alimentos tradicionales como la leche y el huevo, pero de una manera sintética, así como utilizar la biomasa de bacterias que nos brinde las proteínas y al mismo tiempo ayude a descontaminar el medio ambiente con la captura de CO₂. Y el desarrollo de carne in vitro, cada vez es una realidad más cercana, pero que falta mucho por desarrollar para un día poder disfrutar de un buen filete de carne sintética.

Agradecimientos

Agradezco al Dr. Enrique González Vergara por su guía e inspiración para la realización de este trabajo. Además de hacer extensivo a la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla y todas las personas que han estado conmigo por la oportunidad de desarrollo profesional brindada.

Referencias

- Brunner, T. A., Delley, M., & Denkel, C. (2018). Consumers' attitudes and change of attitude toward 3D-printed food. *Food Quality and Preference*, 68, 389–396. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.12.010>
- Bryant, C. J. (2020). Culture, meat, and cultured meat. *Journal of Animal Science*, 98, 1–7. <https://doi.org/10.1093/jas/skaa172>
- Carocho, M., Morales, P., & Ferreira, I. C. F. R. (2015). Natural food additives: Quo vadis? *Trends in Food Science and Technology*, 45, 284–295. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.06.007>
- Chopde, S., Datir, R., Deshmukh, G., Dhotre, A., & Patil, M. (2020). Nanoparticle formation by nanospray drying & its application in nanoencapsulation of food bioactive ingredients. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 1–7. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2020.100085>
- Davies, F. T., & Garrett, B. (2018). Technology for Sustainable Urban Food Ecosystems in the Developing World: Strengthening the Nexus of Food–Water–Energy–Nutrition. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 1–12. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00084>
- Eibl, R., Senn, Y., Gubser, G., Jossen, V., Van Den Bos, C., & Eibl, D. (2021). Cellular Agriculture: Opportunities and Challenges. *Annual Review of Food Science and Technology*, 12, 51–73. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-063020-123940>
- Godoi, F. C., Prakash, S., & Bhandari, B. R. (2016). 3d printing technologies applied for food design: Status and prospects. *Journal of Food Engineering*, 179, 44–54. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2016.01.025>
- Kadim, I. T., Mahgoub, O., Baqir, S., Faye, B., & Purchas, R. (2015). Cultured meat from muscle stem cells: A review of challenges and prospects. *Journal of Integrative Agriculture*, 14(2), 222–233. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(14\)60881-9](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(14)60881-9)
- Kiss, E. (2020). Nanotechnology in food systems: A review. *Acta Alimentaria*, 49(4), 460–474. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.4.12>
- Liu, Y., Dong, X., Wang, B., Tian, R., Li, J., Liu, L., Du, G., & Chen, J. (2021). Food synthetic biology-driven protein supply transition: From animal-derived production to microbial fermentation. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 27, 1–32. <https://doi.org/10.1016/j.cjche.2020.11.014>
- Lv, X., Wu, Y., Gong, M., Deng, J., Gu, Y., Liu, Y., Li, J., Du, G., Ledesma-Amaro, R., Liu, L., & Chen, J. (2021). Synthetic biology for future food: Research progress and future directions. *Future Foods*, 3(100025), 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100025>
- McKersie, B. (2015). Planning for food security in a changing climate. *Journal of Experimental Botany*, 66(12), 3435–3450. <https://doi.org/10.1093/jxb/eru547>
- Nandy, S. K., & Srivastava, R. K. (2018). A review on sustainable yeast biotechnological processes and applications. *Microbiological Research*, 207, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2017.11.013>

- Niero, H., da Silva, M. A. C., de Felicio, R., Trivella, D. B. B., & Lima, A. O. de S. (2021). Carotenoids produced by the deep-sea bacterium *Erythrobacter citreus* LAMA 915: detection and proposal of their biosynthetic pathway. *Folia Microbiologica*, 66, 441–456. <https://doi.org/10.1007/s12223-021-00858-0>
- Öztürk, B. (2017). Nanoemulsions for food fortification with lipophilic vitamins: Production challenges, stability, and bioavailability. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 119, 1–18. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201500539>
- Pallottino, F., Hakola, L., Costa, C., Antonucci, F., Figorilli, S., Seisto, A., & Menesatti, P. (2016). Printing on Food or Food Printing: a Review. *Food and Bioprocess Technology*, 9, 725–733. <https://doi.org/10.1007/s11947-016-1692-3>
- Pathakoti, K., Manubolu, M., & Hwang, H. M. (2017). Nanostructures: Current uses and future applications in food science. *Journal of Food and Drug Analysis*, 25, 245–253. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2017.02.004>
- Röös, E., Bajželj, B., Smith, P., Patel, M., Little, D., & Garnett, T. (2017). Greedy or needy? Land use and climate impacts of food in 2050 under different livestock futures. *Global Environmental Change*, 47, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2017.09.001>
- Santos, M. B., & Garcia-Rojas, E. E. (2021). Recent advances in the encapsulation of bioactive ingredients using galactomannans-based as delivery systems. *Food Hydrocolloids*, 118, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106815>
- Siegrist, M., & Hartmann, C. (2020). Consumer acceptance of novel food technologies. *Nature Food*, 1, 343–350. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0094-x>
- Sillman, J., Nygren, L., Kahiluoto, H., Ruuskanen, V., Tamminen, A., Bajamundi, C., Nappa, M., Wuokko, M., Lindh, T., Vainikka, P., Pitkänen, J. P., & Ahola, J. (2019). Bacterial protein for food and feed generated via renewable energy and direct air capture of CO₂: Can it reduce land and water use? *Global Food Security*, 22, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2019.09.007>
- Stachowiak, B., & Szulc, P. (2021). Astaxanthin for the Food Industry. *Molecules*, 26(2666), 1–18. <https://doi.org/10.3390/molecules26092666>
- Stulić, V., Herceg, Z., Pavičić, A., & Vukušić, T. (2019). Application of 3D food printing in meat production. *Meso*, 21(3), 262–268. <https://hrcak.srce.hr/221090>
- Warner, R. D. (2019). Review: Analysis of the process and drivers for cellular meat production. *Animal*, 13(12), 3041–3058. <https://doi.org/10.1017/S1751731119001897>
- Zanetti, M., Carniel, T. K., Dalcanton, F., dos Anjos, R. S., Gracher Riella, H., de Araújo, P. H. H., de Oliveira, D., & Antônio Fiori, M. (2018). Use of encapsulated natural compounds as antimicrobial additives in food packaging: A brief review. *Trends in Food Science and Technology*, 81, 51–60. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.003>