

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**Por: David W. Chaupis Meza<sup>1a</sup>, Martha Sofia Huamani Acosta<sup>2a</sup>[david.chaupis@upch.pe](mailto:david.chaupis@upch.pe)

Universidad Peruana Cayetano Heredia (UPCH), Lima, Perú. Lic. TUMD, Egresado de la Maestría en Epidemiología.

Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Lima, Perú. Estudiante de Ingeniería Química. Biogenia SAC

En América Latina, la demanda de productos naturales y saludables está en aumento, con una preferencia por alimentos funcionales como la maca, espirulina, cúrcuma, entre otros. Estos superalimentos bien podrían aprovecharse mucho más con el uso de los biopolímeros (sustancia que potencia los alimentos), dado a su alta biocompatibilidad oral que permite no solo encapsular y liberar los alimentos, sino también favorecen la absorción, ya que pueden formar películas y recubrimientos comestibles útiles para la industria alimentaria. Asimismo, permite una mejora en la experiencia de consumo, la textura, la estabilidad del producto, aumentando la vida útil de los alimentos que muchas veces puedan ser rechazados por su sabor u olor. Esto abre una oportunidad al mercado de alimentario, especialmente, hacia un sector conocido como Foodtech, cuya área viene innovando la forma de consumir los alimentos. Algunos ejemplos de empresas Foodtech son: Not Company en Chile y Fazenda Futuro en Brasil. Una iniciativa emergente en Latinoamérica es también el “té de burbujas”, que está ganando popularidad y se espera un alcance de \$3,80 mil millones para el 2030. Sin embargo, alternativa optimizada y más saludable del “té de burbujas” es la el uso de la microesferificación con biopolímeros (esferas hidrogelizadas, < 6 mm de diametro), la cual son capaces de contener y liberar una sustancia de interés (superalimentos, probióticos, medicamentos, vitaminas, entre otros). En este artículo te contaremos de nuestra experiencia inicial de una bebida basada en las microesferas llamada “Tocoshferas”, así como el potencial de diversificación que tiene la técnica en mención.

**INTRODUCCIÓN**

Si bien existe una tendencia en crecimiento por el consumo de productos naturales en la población adulta de Latinoamérica, cuyo cambio se evidenció en plena cuarentena por la reciente pandemia de la COVID-19, tal es así que en una encuesta a 9572 personas de 58 países diferentes de Iberoamérica el 73% prefirieron alimentos más saludables como principal criterio para hacer las compras (1). Alimentos funcionales como la maca, la espirulina, la cúrcuma, el tocosh de papa, entre otros vienen siendo utilizados en la prevención y tratamiento de enfermedades comunes como la anemia o la gastritis (2, 3).

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

En el caso de la gastritis, un estudio realizado en Finlandia, Japón y Estados Unidos, reporta que la proporción de individuos que presentan esta enfermedad (prevalencia) crónica fue del 28% en la población general y fue aumentando hasta un 75% en personas mayores de 50 años. En los países occidentales se calcula que sea alrededor del 25% (4), entre otras enfermedades asociadas a una mala alimentación, como el caso de la anemia, diabetes, sobrepeso y obesidad, etc.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) afirmó en el año 2021 que la obesidad está relacionada a 2,8 millones de muertes por enfermedades nutricionales no transmisibles (ENT) tales como las enfermedades cardiovasculares, como la cardiopatía y el accidente cerebrovascular, diabetes (5), trastornos del aparato locomotor, especialmente la osteoartritis, y ciertos tipos de cáncer. Además, el hígado graso no alcohólico también es una condición que se incluye en las ENT y se caracteriza por la resistencia a la insulina que surge de la diabetes tipo 2.

Estos problemas de mala alimentación pueden prevenirse, empero las prácticas alimentarias están fuertemente arraigadas por factores sociales y culturales en países con mayor industrialización. Tal como en la industria alimentaria, obligando a los consumidores a elegir alimentos procesados con poco valor nutricional debido a su fácil disponibilidad. Así lo sostiene Quevedo (2019), donde un mayor crecimiento de monopolios en la industria alimentaria debilita la agricultura y el sustento de miles de campesinos, lo que afecta la seguridad alimentaria y nutricional (6).

Precisamente, por ello nace la razón del uso de los biopolímeros aplicados al procesamiento de los alimentos. No solo por su aporte como fibras eco-amigables, que contribuyen a la creciente demanda social de productos naturales, saludables y sostenibles, sino que también favorece a una economía circular que parte de la revalorización de recursos naturales para extraer sus compuestos bioactivos (p. ej. de las algas marinas se extrae los alginatos ampliamente usados en la industria alimentaria, el agro, medicina, etc.).

Estos biopolímeros comúnmente pueden ser alginato o quitosano, la cual puede asociarse fácilmente para la formación de geles con buena digestibilidad, lo que resulta en una mayor capacidad de protección de los alimentos que puedan ser microencapsulados (7). En ese sentido, la microencapsulación se presenta como una propuesta en el procesamiento de alimentos por su alta biodisponibilidad oral ya que mejora la absorción gástrica, la mucoprotección y regeneración tisular, entre otros beneficios.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****LA APLICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS EN LA INDUSTRIA**

Los biopolímeros se tratan de materiales poliméricos producidos por organismos vivos o procesos biotecnológicos. Estos materiales tienen un gran potencial en la industria alimentaria debido a sus propiedades tales como su biodegradabilidad, biocompatibilidad, propiedades de barrera y reología (8). Los biopolímeros son una alternativa sostenible a los polímeros derivados del petróleo, teniendo en cuenta que estos biomateriales se pueden obtener de diversas fuentes naturales, como plantas y microorganismos, por ello se relaciona a una baja toxicidad. Esta reconocida inocuidad de los biopolímeros naturales en la industria alimentaria tiene múltiples aplicaciones (9), desde la elaboración de envases biodegradables hasta el uso en el procesamiento de alimentos.

Una de las principales propiedades de los biopolímeros es su capacidad para formar películas comestibles y recubrimientos protectores (p. ej. microcápsulas). Estos materiales se pueden utilizar para aumentar la vida útil de los alimentos, protegiéndolos de la oxidación, la humedad y otros factores que pueden afectar su calidad y seguridad (10). Una de las aplicaciones de los biopolímeros en la industria alimentaria es como aditivos alimentarios que se utilizan para mejorar la textura, la estabilidad y la calidad de los alimentos.

Se conoce también que una aplicación de los biopolímeros en la industria alimentaria es como materiales de envasado. Los biopolímeros pueden utilizarse para fabricar envases y películas comestibles que sean biodegradables y amigables con el medio ambiente. Estos materiales también pueden mejorar la vida útil de los alimentos, ya que actúan como barreras contra la humedad y los gases (11), un caso para destacar es la aplicación para el transporte de frutas recubriendo las cáscaras con bioplástico de alginato (12).

Asimismo, una propiedad importante de los biopolímeros es su capacidad para formar geles y emulsiones estables (13). Por ejemplo, la goma guar se utiliza como espesante en productos lácteos (14) y en la industria de bebidas, mientras que la goma xantana se utiliza para mejorar la viscosidad en salsas y aderezos (15).

Los biopolímeros también se pueden utilizar como ingredientes funcionales en alimentos saludables. Por ejemplo, las fibras dietéticas derivadas de los biopolímeros se utilizan para aumentar el contenido de fibra de los alimentos y mejorar la salud digestiva (16). Esto explicaría que el uso de los biopolímeros no solo se basa en la protección de los alimentos, sino también que hasta podría aportar en la dieta, tras ser consumido, por ello la oportunidad de potenciar a los alimentos agregando valor.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****LA APLICACIÓN DE LOS BIOPOLÍMEROS EN LA INDUSTRIA**

Se reconoce entonces que los biopolímeros tienen un gran potencial en la industria alimentaria debido a sus propiedades únicas y su respeto por el medio ambiente (17). Desde mejorar la textura y la estabilidad de los alimentos hasta actuar como materiales de envasado y recubrimientos comestibles, razón por la cual se prefiere el uso de estos biomateriales a comparación de otros recubrimientos que actúan ya sean como cápsulas blandas convencionales que únicamente recubren la sustancia de interés, pero sin mayor aporte que solo la protección en sí misma (17).

Aplicar los biopolímeros en la industria alimentaria y que a su vez impacte al agro, con base tecnológica, no solo conlleva a un mayor aumento en la empleabilidad sino también agregar valor a la cadena productiva de nuevos recursos naturales, diversificando así las opciones para la comercialización de nuevos productos potenciados con la biotecnología que conlleva a la creación de futuros bionegocios.

**EL CRECIMIENTO DEL MERCADO FOODTECH EN LATINOAMÉRICA**

El mercado de Foodtech (productos alimenticios con valor agregado basado en tecnología) en Latinoamérica está en constante crecimiento y evolución (18), cada vez son más las empresas que apuestan por la innovación en el sector alimentario, con impacto positivo en el sector agro, un ejemplo es la carne alternativa, lo cual ha dado lugar a numerosas startups de alimentos, quienes a su vez vienen trabajando con agricultores para el cultivo de células vegetales (19). Este desarrollo ha dado lugar a varias empresas de foodtech en América Latina, entre estas podemos destacar: Fazenda Futuro en Brasil, Tomorrow Foods en Argentina y The Not Company en Chile.

En Chile, una de las empresas más destacadas en el sector de la alimentación es Not Company, que ha desarrollado una tecnología única de inteligencia artificial para crear alternativas de origen vegetal (20). La compañía ha recibido inversiones importantes de empresas líderes en el sector, como Kaszek Ventures y Bezos, el presidente de Amazon que se encuentra como uno de los responsables de una inversión de \$30 millones para NotCo en el 2019. Not Company ha conseguido llamar la atención de la industria gracias a la calidad y sabor de sus productos, que han sido muy bien recibidos por los consumidores y se han convertido en una alternativa real a los productos de origen animal.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

En Brasil, Fazenda Futuro es una de las compañías que está adoptando la misma estrategia y cuestionando el dominio actual de la industria cárnica a favor de una solución igualmente sabrosa pero más sostenible (21). Fue lanzada en abril de este año y, dos meses después, recibió su primera ronda de inversión extranjera de \$8.5 millones provenientes del fondo de inversión Monashees, que también ha invertido en startups latinoamericanas como Rappi y Loggi.

Por otra parte, el mercado de la industria alimentaria también viene impactando con otros productos como las bebidas nutraceuticas. Cada vez son más populares los nutraceuticos debido a la creciente demanda de productos naturales y orgánicos que contribuyen a la salud y el bienestar (22). En 2021, el mercado mundial de nutraceuticos alcanzó un valor de \$454.55 mil millones y se espera que crezca hasta llegar a \$991.09 mil millones para 2030 con una tasa de crecimiento anual del 9%. Como consecuencia, hay muchas empresas y startups en el mercado Latinoamericano que están apuntando a cambiar el panorama de la industria de bebidas listas para tomar.

Un ejemplo notable es el caso de las bebidas “Bubble tea” (también conocido como pearl milk tea, bubble milk tea, boba tea o boba juice), propio de la industria asiática en especial Taiwán como el principal país que exporta este tipo de bebidas no carbonatadas. La popularidad de las bebidas tipo té de burbujas ha crecido de forma acelerada sobre todo en países de Asia, Europa y en los últimos años en América. Se estima que el mercado mundial de Bubble Tea viene alcanzando un valor de USD 2.15 billones en 2022 y se espera que alcance un valor de USD 3.80 billones para el año 2030, con una tasa de crecimiento anual compuesta (CAGR) del 7.40% durante el período estimado (22).

Aunque existen diferentes tipos de Bubble tea, en este artículo destacamos principalmente el tipo Popping boba (23). Cuya forma y función está relacionado al desarrollo de la microesferificación, dado que este tipo de boba también puede contener una sustancia en su estructura interna con forma de esfera (muy utilizado en la cocina molecular); no obstante, la diferencia de la microesferificación con biopolímeros es sus características modulables que facilitan una mejor calidad de consumo.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****LA MICROESFERIFICACIÓN, UNA ALTERNATIVA DE LAS BEBIDAS DE "TÉ DE BURBUJAS"**

La microesferificación es una técnica de encapsulación hidrogelizada, que utiliza polímeros biodegradables para crear pequeñas esferas (ajustables entre 1 mm a 6 mm), que contienen una sustancia de interés en su interior (24).

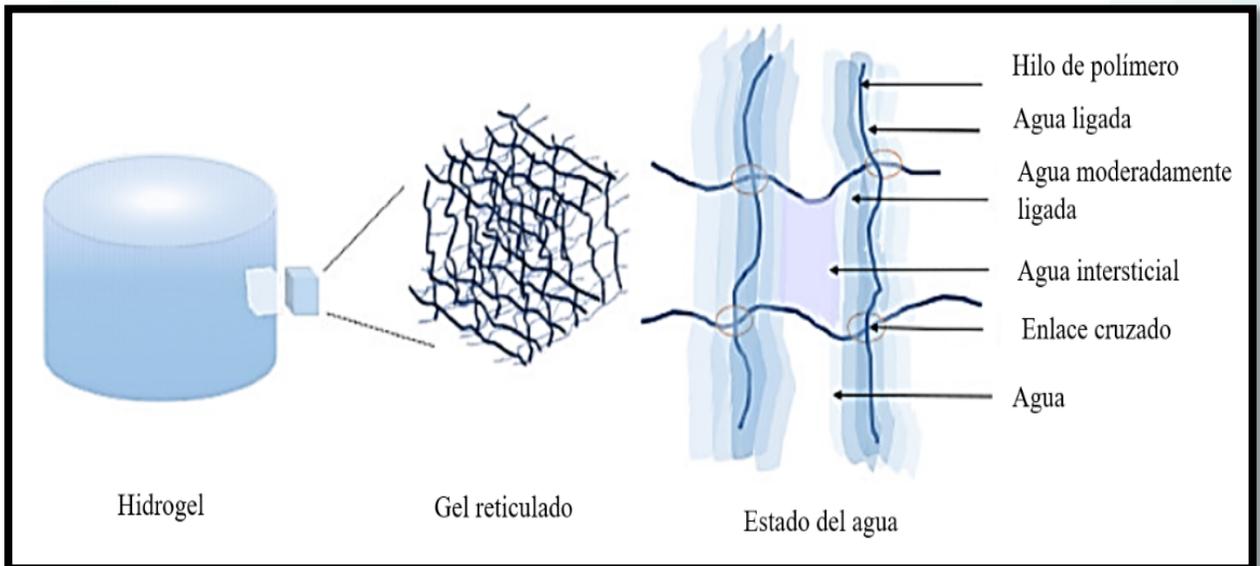
La microesferificación basada en biopolímeros se presenta como una alternativa para las bebidas "té de burbujas" o "Bubble tea", debido a sus diversas ventajas, tales como: su tamaño modulable, la biodisponibilidad oral, la liberación controlada y vida útil. Adicionalmente, la biocompatibilidad como la biodisponibilidad oral son propiedades de la microesferificación que permiten una mejor absorción en el tracto digestivo humano, favorable para no desaprovechar la sustancia de interés que se pretende liberar, aunque pueden verse influenciadas por múltiples factores como: la fuerza iónica, el pH, la carga superficial, los potenciales eléctricos, las enzimas, los comportamientos de flujo, las fuerzas internas y la unión a la superficie biológica, entre otros (27).

Si bien es cierto que el "Bubble Tea" viene ganando mayor popularidad en la actualidad, especialmente, en países de América Latina, su consumo ha generado preocupaciones por su alto contenido de azúcar y otros aditivos que pueden ser perjudiciales para la salud (25). Es por ello, que la necesidad de desarrollar novedosas alternativas, apuntando a una bebida saludable y natural como las microesferas, es imprescindible. Las microesferas o hidrocoloides alimentarios como productos viene superando a los tés de burbujas y las cápsulas blandas. De hecho, el mercado de hidrocoloides alimentarios alcanzó un valor de aproximadamente USD 9.928,5 millones en 2021 y se espera un crecimiento de USD 13.381,3 millones para 2028 (26). En los últimos diez años se han publicado más de 23 mil artículos de investigación sobre las microesferas destacando su impacto en la sostenibilidad, bienestar y percepción sensorial.

La microesferificación con biopolímeros resulta siendo más estable que las perlas de tapioca, estas últimas utilizadas en bubble tea, lo que significa que tienen una vida útil más larga y no se desintegran tan rápido (26). Esto conlleva a que sea más fácil para los minoristas almacenar y vender las bebidas sin preocuparse por la calidad o la frescura. Además, permite competir directamente con las cápsulas convencionales hechas de gelatina. La microesferificación también permite la incorporación de ingredientes funcionales como vitaminas, minerales, antioxidantes, probióticos y otros ingredientes beneficiosos para la salud (28). Esto ha llevado a un aumento en la demanda de las bebidas nutricionales o fortificadas con ingredientes saludables, alimentos funcionales o

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

superalimentos, como proteínas veganas, la espirulina, hongos comestibles, probióticos, así como harinas de maca e inclusive productos de fermentación como el tocosh de papa. Es así que se puede reconocer a la microesferificación como una alternativa de encapsulación funcional, razón por la que superaría a las bebidas "Bubble tea" o las cápsulas convencionales (29), considerando que el hidrogel por su alta capacidad de retención de agua en su estructura, conforma una red polimérica hidrofílica tridimensional que permite a muchas moléculas o iones difundirse libremente liberando la sustancia de interés (Fig. 1) (26).



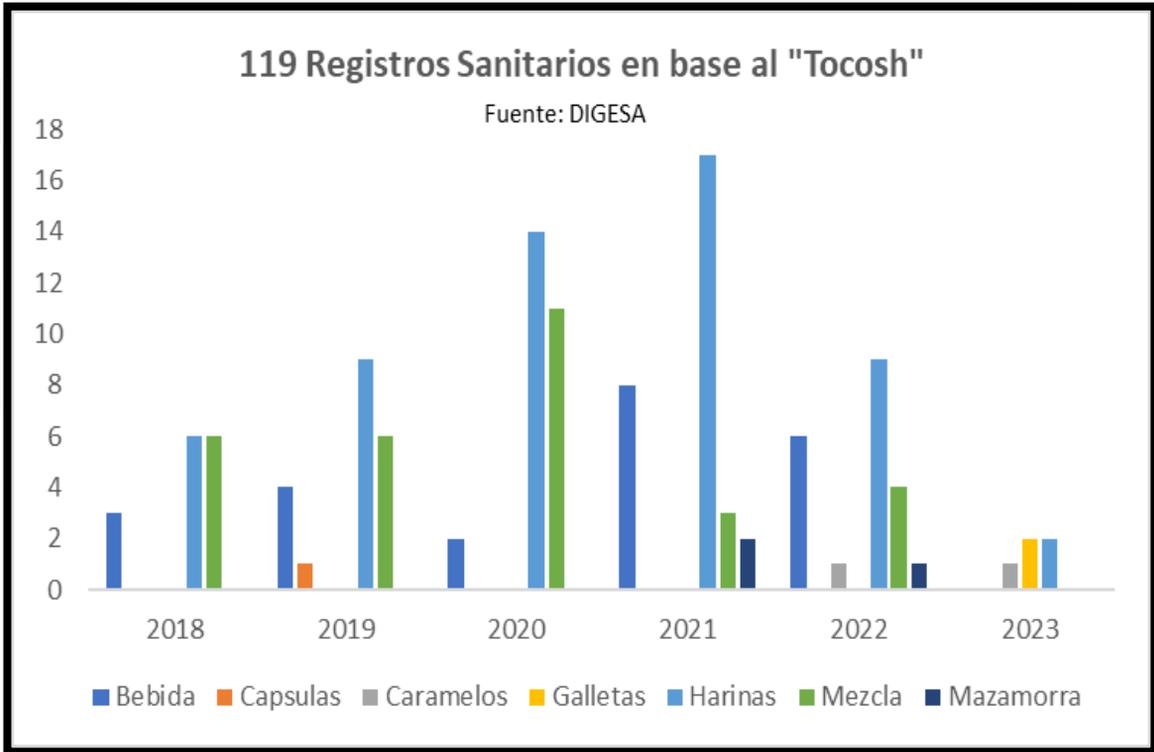
**Figura 1.** Estructura gelificada de las microesferas. Extraído y traducido de Saqib et al. 2022 (26).

**EL CASO DE LAS TOCOSHFERAS, DESAFÍOS Y TENDENCIAS**

Según los últimos registros sanitarios en la Dirección General de Salud (DIGESA) sobre productos relacionados con el tocosh, se identificaron 119 registros de los cuales la mayoría es en forma de harina y en los últimos años se diversificó a presentaciones como caramelos y galletas. Durante el año 2021 se obtuvieron la mayor cantidad de registros con un total de 30 productos relacionados al "tocosh" aprobados por la DIGESA (Fig. 2), esto indica un creciente interés en el tocosh y sus potenciales formas de presentación (31,32), con interés en la innovación como el principal motivo, principalmente olor (característica organoléptica).



## Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.



**Figura 2.** Registro de productos naturales vigentes con la denominación “tocosh”. Elaboración propia.

Una visible oportunidad para evaluar el efecto de neutralización (del olor o sabor) basado en la emulsificación con biopolímeros (33), lo cual suscita la curiosidad sobre si, efectivamente, además de provocar la neutralización del olor de la harina tocosh de papa, podría también potenciar el efecto gastroprotector mediante la microesferificación con biopolímeros (p. ej. alginato, quitosano, celulosa, etc.).

Un equipo de investigación liderado por el Dr. Sandoval de la Universidad San Marcos presentó en 2020 una tesis titulada “Efecto del esferificado de la suspensión de harina de tocosh de *Solanum tuberosum* (Papa) sobre el tejido gástrico dañado por etanol en ratas” (34), en este estudio se pudo observar en animales de experimentación que la administración de la suspensión de harina de tocosh de *Solanum tuberosum* (papa) mediante la microesferificación (utilizando biopolímeros naturales) aumentaría la producción de moco, lo que resultó en una reducción de los niveles de estrés oxidativo en el tejido gástrico.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

Este desarrollo podría confirmar la idea de que además de neutralizar los olores de la harina de tocosh esferificado (acuñado como Tocoshfera), también podría potenciar su actividad gastroprotectora. Por ello, este proceso de la microesferificación bien podría aplicarse a otros superalimentos como: la espirulina, (de interés por su aplicación contra la anemia) (35), la moringa (usado para prevenir la diabetes) (36), el cacao (comercializado como “chocosferas”, energizante natural) (37), entre otras.

Además, la ciencia de los biopolímeros permite ser usados bajo esta técnica de microesferificación, no solo para encapsular harinas (38), sino también compuestos biológicos como probióticos, hongos comestibles y otros, que pueden estar incorporados en té, néctares, yogurt, etc. Estamos ante una forma óptima de consumir nuestros alimentos, no solo debido a su tamaño (mm) y forma (esférica), sino también por su capacidad para potenciar la absorción del contenido de interés que es capturado por los biopolímeros.

Considerando que, la mayor dificultad que enfrenta la industria alimentaria es garantizar la seguridad y accesibilidad de todos los ingredientes para el consumo, especialmente cuando se trata de cápsulas bioactivas, que han evolucionado en la ciencia alimentaria. Dado que muchos alimentos no se pueden utilizar directamente como aditivos, debido a su baja estabilidad o impacto sensorial negativo (como el caso del tocosh), por eso los hidrogeles pueden ser una mejor opción más adecuada en comparación con algunos sistemas convencionales, aquí algunas ventajas que se deben considerar:

**Seguridad:** las microesferas son elaboradas con biopolímeros naturales, lo cual les otorga un alto grado de seguridad y no suelen afectar el compuesto encapsulado. Además, los biomateriales que se utilizan para su elaboración son biocompatibles, no tóxicos y generalmente están certificados y reconocidos como seguros (GRAS).

**Sensorialidad:** ya que ofrecen una opción bastante llamativa porque se pueden adaptar a cualquier textura, tamaño, forma o color deseado, lo cual las convierte en una excelente opción para captar la atención de consumidores de todas las edades.

**Liberación dirigida:** es posible diseñar los hidrogeles específicamente para liberar sustancias a una ubicación determinada del cuerpo, como la boca, el estómago, el intestino o el colon. Las microesferas se pueden ser fabricar para resistir las diferentes condiciones de diversos entornos digestivos.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

**Fácil fabricación:** la fabricación de las microesferas no requiere de equipos o procesos costosos o de alta tecnología, sino que se puede realizar con tecnologías de procesamiento de alimentos convencionales. De esta manera, se pueden crear bobas con una amplia variedad de encapsulantes versátiles.

**Diversificación:** los hidrogeles pueden ser diseñados para transportar diferentes tipos de materiales y son capaces de encapsular moléculas de diferentes tamaños de manera eficiente.

**Liberación controlada:** dependiendo del objetivo de liberación, como la absorción intestinal o gástrica, la sensación de sabor en la boca, se puede ajustar la velocidad y duración de la liberación de manera apropiada.

**Vida útil:** los compuestos bioactivos o superalimentos pueden ser protegidos del ambiente externo agresivo mejorando la biodisponibilidad oral de los alimentos administrados dentro de la matriz de hidrogel.

**Conservación:** las microesferas son convenientes no solo para la liberación sino también la conservación, ya que son lo suficientemente resistentes mecánicamente como para mantener su forma y propiedades antimicrobianas, especialmente en ciertos biopolímeros como el quitosano.

Hoy en día, nuestra empresa Biogenia S.A.C. ha estado trabajando en la optimización de los procesos para la microesferificación de doble capa utilizando dos biopolímeros naturales (39), con el afán de desarrollar una tecnología que permita una mayor vida útil de los productos, neutralizando olores y/o sabores desagradables y a su vez potenciando la actividad gastroprotectora por su capa mucilaginosa, que a su vez permite una mejor absorción de la sustancia de interés que se va a liberar en el órgano objetivo. Esta tecnología permite una propuesta innovadora para el futuro del consumo de alimentos y la revalorización de los recursos naturales de América Latina.

**CONCLUSIONES**

Los biopolímeros se presentan como una iniciativa que promueve el desarrollo en la industria alimentaria con impacto positivo en el agro, así también podría aportar en la industria farmacéutica por sus propiedades descritas. Una de sus utilidades es el uso en la elaboración de las microesferas, ya que se plantean como un sustituto eco-amigable y costo-efectivo para las bebidas no carbonatadas tipo “té de burbujas” e inclusive siendo una alternativa a las cápsulas convencionales de gelatina. Abriéndose un mercado

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.**

emergente en el Perú basado en bionegocios, siendo el sector Food-Tech una oportunidad para potenciar la ciencia hacia su propia sostenibilidad. ¿Y tú, estarías dispuesto a invertir en microesferas y apoyar al mercado emergente en el Perú?

**REFERENCIAS**

1. Muñoz-Salvador, L., Briones-Urbano, M., Pérez, Y., Muñoz-Salvador, L., Briones-Urbano, M., & Pérez, Y. (2022). Cambios en el comportamiento alimentario de personas adultas con elevado nivel académico durante las diferentes etapas del confinamiento domiciliario por COVID-19 en Iberoamérica. *Nutrición Hospitalaria*, 39(5), 1068-1075.
2. Hegde, M., Girisa, S., BharathwajChetty, B., Vishwa, R., & Kunnumakkara, A. B. (2023). Curcumin Formulations for Better Bioavailability: What We Learned from Clinical Trials Thus Far? *ACS Omega*, 8(12), 10713-10746.
3. Latha, D. T. M. S. (2022). Bioactive Proteins and Peptides as Functional Foods. In *Advances in Nutraceuticals and Functional Foods*. Apple Academic Press.
4. Josué, M. T., Franck, D. O., Eric, D. N., & Raymond, A. R. (n.d.). Factors Associated with Gastritis in Adolescents Aged 10 to 17 Years at Matanda Hospital in the Democratic Republic of Congo.
5. OPS. (2023). La OPS insta a hacer frente a la obesidad, principal causa de enfermedades no transmisibles en las Américas - OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. Recuperado el 14 de mayo del 2023 de: <https://www.paho.org/es/noticias/3-3-2023-ops-insta-hacer-frente-obesidad-principal-causa-enfermedades-no-transmisibles>
6. La malnutrición: más allá de las deficiencias nutricionales. (n.d.). Recuperado el 9 de mayo del 2023 de: [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2256-54932019000100219](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2256-54932019000100219)
7. Niño-Vásquez, I. A., Muñoz-Márquez, D., Ascacio-Valdés, J. A., Contreras-Esquivel, J. C., Aguilar, C. N., Rodríguez-Herrera, R., et al. (2022). Co-microencapsulation: a promising multi-approach technique for enhancement of functional properties. *Bioengineered*, 13(3), 5168-5189.
8. Martău, G. A., Mihai, M., & Vodnar, D. C. (2019). The Use of Chitosan, Alginate, and Pectin in the Biomedical and Food Sector—Biocompatibility, Bioadhesiveness, and Biodegradability. *Polymers*, 11(11), 1837.

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****REFERENCIAS**

9. Cassani, L., Prieto, M. A., & Gomez-Zavaglia, A. (2023). Effect of food-grade biopolymers coated Pickering emulsions on carotenoids' stability during processing, storage, and passage through the gastrointestinal tract. *Current Opinion in Food Science*, 51, 101031.
10. Popović, S. Z., Lazić, V. L., Hromiš, N. M., Šuput, D. Z., & Bulut, S. N. (2018). Chapter 8 - Biopolymer Packaging Materials for Food Shelf-Life Prolongation. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Biopolymers for Food Design* (pp. 223-277). Academic Press. (Handbook of Food Bioengineering).
11. Sahraee, S., Milani, J. M., Regenstein, J. M., & Kafil, H. S. (2019). Protection of foods against oxidative deterioration using edible films and coatings: A review. *Food Bioscience*, 32, 100451. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100451>
12. Agencia Peruana de Noticias Andina. (sin fecha). UNI elabora bioplásticos con macroalgas para conservar alimentos. Recuperado el 6 de mayo de 2023, de <https://andina.pe/agencia/noticia-uni-elabora-bioplasticos-macroalgas-para-conservar-alimentos-852065.aspx>
13. Mejía Alcántara, A. (2022, marzo 28). Análisis de la propiedades funcionales y fisicoquímicas de mezclas goma de mezquite-mucílago de nopal. Recuperado el 6 de mayo de 2023 de: <http://ri.uaemex.mx/handle/20.500.11799/112923>
14. Gupta, S., & Variyar, P. S. (2018). Chapter 12 - Guar Gum: A Versatile Polymer for the Food Industry. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Biopolymers for Food Design* (pp. 383-407). Academic Press. (Handbook of Food Bioengineering). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00012-8>
15. Sworn, G. (2021). Chapter 27 - Xanthan gum. In G. O. Phillips & P. A. Williams (Eds.), *Handbook of Hydrocolloids* (Third Edition) (pp. 833-853). Woodhead Publishing. (Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820104-6.00004-8>
16. Ahmad, A., & Khalid, N. (2018). Chapter 5 - Dietary Fibers in Modern Food Production: A Special Perspective With  $\beta$ -Glucans. In A. M. Grumezescu & A. M. Holban (Eds.), *Biopolymers for Food Design* (pp. 125-156). Academic Press. (Handbook of Food Bioengineering). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811449-0.00005-0>
17. Wang, C., He, J., Chen, Y., Sun, B., & Li, D. (2023). Potential Applications of Environmentally Friendly Nanoparticles in Food Matrices: A Review. *Food and Bioprocess Technology*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11947-023-03101-5>

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****REFERENCIAS**

18. Barragan-Ferrer, J. M., Damasius, J., Negny, S., & Barragan-Ferrer, D. (2023). Innovation Process Workflow Approach to Promote Innovation in the Food Industry. In G. Cortes Robles (Ed.), *TRIZ in Latin America: Case Studies* (pp. 81-103). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-20561-3\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-031-20561-3_4)
19. Menegatti, J. (2023). The Trends Changing the Economies of Latin America. *Emerging Markets Finance and Trade*, 59(4), 775-786. <https://doi.org/10.1080/1540496X.2021.1960772>
20. Ben-Arye, T. (2019). Clean Meat: Will We Brew Our Steaks in the Near Future Without Killing Animals? In F. C. Langdana (Ed.), *Innovation, Economic Development, and the Role of the Entrepreneur* (pp. 57-70). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-6939-9.ch004>
21. LABS English. (2019). The foodtech revolution in the Latin American market. Recuperado el 6 de mayo del 2023 de: <https://labsnews.com/en/articles/technology/the-foodtech-revolution-in-the-latin-american-market/>
22. GreyB. (n.d.). 8 Nutraceutical Companies and Startups Revolutionizing Food Tech. Recuperado el 9 de mayo del 2023 de: <https://www.greyb.com/blog/innovation-in-nutraceutical/>
23. WebstaurantStore. (n.d.). 10 Popular Types of Boba Your Customers Will Love. Recuperado el 6 de mayo del 2023 de: <https://www.webstaurantstore.com/blog/4416/types-of-boba.html#jelly>
24. Azad, A. K., Al-Mahmood, S. M. A., Chatterjee, B., Wan Sulaiman, W. M. A., Elsayed, T. M., & Doolaanea, A. A. (2020). Encapsulation of Black Seed Oil in Alginate Beads as a pH-Sensitive Carrier for Intestine-Targeted Drug Delivery: In Vitro, In Vivo and Ex Vivo Study. *Pharmaceutics*, 12(3), 219. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics12030219>
25. Lin, C. S., Yang, C. J., Chen, P. J., Liu, K. W., Lin, H. P., Lin, C. C., et al. (2019). Assessment of Microbiological and Chemical Quality of Bubble Tea Beverages Vended in Taiwan. *Journal of Food Protection*, 82(8), 1384-1389. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-605>
26. Saqib, M. d. N., Khaled, B. M., Liu, F., & Zhong, F. (2022). Hydrogel beads for designing future foods: Structures, mechanisms, applications, and challenges. *Food Hydrocolloids Health*, 2, 100073. <https://doi.org/10.1016/j.fhh.2022.100073>

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****REFERENCIAS**

27. Redaelli, F., Sorbona, M., & Rossi, F. (2017). Chapter 10 - Synthesis and processing of hydrogels for medical applications. In G. Perale & J. Hilborn (Eds.), *Bioresorbable Polymers for Biomedical Applications* (pp. 205-228). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100262-9.00010-0>
28. Zhu, Y., Zhang, Y., Ding, L., Huang, M., & Wu, C. (2023). Oral Delivery of Bioactive Glass-Loaded Core-Shell Hydrogel Microspheres for Effective Treatment of Inflammatory Bowel Disease. *Advanced Science*, 10(14), 2107418. <https://doi.org/10.1002/advs.202207418>
29. EHL Hospitality Insights. (n.d.). Drink trends 2022: What exactly is Bubble Tea & why is it so successful? Recuperado el 6 de mayo del 2023 de: <https://hospitalityinsights.ehl.edu/bubble-tea>
30. Liu, Y., Cheng, H., & Wu, D. (2021). Preparation of the Orange Flavoured "Boba" Ball in Milk Tea and Its Shelf-Life. *Applied Sciences*, 11(1), 200. <https://doi.org/10.3390/app11010200>
31. Cucho Campos, D. M. (2021). Estudio de pre-factibilidad para la producción y comercialización de galletas a base de tocosh. Recuperado el 9 de mayo del 2023 de: <https://repositorio.pucp.edu.pe/index/handle/123456789/179466>
32. Bellido Rios, D. A., Juarez Povis, J. A., Solari Rengifo, C. A., & Reynoso Fonseca, J. R. (2020). Producción y comercialización de queques a base de tocosh. Recuperado el 6 de mayo del 2023 de: <https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/c39b0895-4c7a-4e4e-b2d1-51a9be1b9623>
33. Tang, C., Tang, X., Zhang, H., Zhou, Q., Cui, H., McClements, D. J., & Xiao, H. (2020). Stability, Interfacial Structure, and Gastrointestinal Digestion of  $\beta$ -Carotene-Loaded Pickering Emulsions Co-stabilized by Particles, a Biopolymer, and a Surfactant. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(45), 12672-12682. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c06409>
34. ProInnovate. (n.d.). Crean innovador producto a base de tocosh sin su olor característico. Recuperado el 6 de mayo del 2023 de: <https://www.proinnovate.gob.pe/noticias/noticias/item/1961-crean-innovador-producto-a-base-de-tocosh-sin-su-olor-caracteristico>
35. Tiepo, C., Gottardo, F., Mortari, L., Bertol, C., Reinehr, C., & Colla, L. (2021). Addition of *Spirulina platensis* in handmade ice cream: Physicochemical and sensory effects / Adição de *Spirulina platensis* em sorvete caseiro: Efeitos físico-químicos e sensoriais. *Brazilian Journal of Development*, 7, 88106-88123. <https://doi.org/10.34117/bjdv7n9-709>

**Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas.****REFERENCIAS**

36. Wen, H., Zhang, H., He, M., & Zhang, X. (2021). A novel approach for harvesting of the microalgae *Chlorella vulgaris* with *Moringa oleifera* extracts microspheres by Buoy-bead flotation method. *Algal Research*, 60, 102479.

<https://doi.org/10.1016/j.algal.2021.102479>

37. Lupo, B., Maestro, A., Porrás, M., Gutiérrez, J. M., & González, C. (2014). Preparation of alginate microspheres by emulsification/internal gelation to encapsulate cocoa polyphenols. *Food Hydrocolloids*, 38, 56-65.

<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2013.11.026>

38. Horta, A., Almeida, A., Soares, P., Machado, R., Silva, M., Coimbra, M. A., & Alves, P. (2022). Marine Biopolymers as Bioactive Functional Ingredients of Electrospun Nanofibrous Scaffolds for Biomedical Applications. *Marine Drugs*, 20(5), 314.

<https://doi.org/10.3390/md20050314>

39. Chaupis, D., & Baldera Martínez, K. (2021). PE2021-1459 Microencapsulamiento hidrogelizable de microorganismos y micronutrientes usando biopolímeros naturales extraídos de algas marinas (alginato) y pota (quitosano). Recuperado el 14 de mayo del 2023 de:

[https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=PE337216295&\\_cid=P22-LH06ZL-40576-1](https://patentscope.wipo.int/search/es/detail.jsf?docId=PE337216295&_cid=P22-LH06ZL-40576-1)

**Cita este artículo como:** Chaupis D. y Huamani M. 2023. Los biopolímeros en la industria de alimentos: de la ciencia a los bionegocios, conoce las microesferas . *Revista Peruana de Divulgación Científica en Genética y Biología Molecular* [en línea]. Lima: Editorial IGBM, 2023(1): 1-15. ISSN: 2415-234X.

Disponible en: <http://igbmgenetica.com/revista-rdgbm/>