

Microencapsulación en la industria alimentaria: avances y tendencias actuales

Microencapsulation in the Food Industry: Current Advances and Trends

María Isabel Zambrano Vélez¹, Allison Milenka Vera Zambrano², Teddy Alfredo Vera Arteaga³

¹Departamento de Procesos Agroindustriales, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí; correo: maria.zambrano02@utm.edu.ec, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4286-2501>, ²Carrera de Medicina, Área de Salud, Universidad San Gregorio de Portoviejo, correo: e.amvera@sangregorio.edu.ec, ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0003-1271-7527>, ³Departamento de Producción Animal, Facultad de Agrociencias, Universidad Técnica de Manabí; correo teddyvera75@hotmail.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9950-5070>

RESUMEN

La microencapsulación en la industria alimentaria ha surgido como una técnica prometedora para mejorar la calidad, seguridad y funcionalidad de los productos alimenticios, respondiendo a la creciente demanda de alimentos funcionales y nutricionalmente mejorados. El problema radica en la necesidad de proteger ingredientes activos sensibles a factores ambientales durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos. La presente investigación de revisión tiene como objetivo analizar el impacto de la microencapsulación en la estabilidad de los ingredientes y su relevancia en la industria alimentaria. La investigación se basó en una revisión bibliográfica exhaustiva de fuentes especializadas en microencapsulación de alimentos a nivel nacional e internacional. Se utilizaron criterios de búsqueda específicos en bases de datos científicos para seleccionar documentos relevantes. La microencapsulación protege ingredientes sensibles a factores externos como luz, oxígeno y humedad permitiendo la creación de alimentos funcionales con propiedades mejoradas para la salud y contribuye a la estabilidad y biodisponibilidad de los ingredientes activos en los alimentos. La microencapsulación en la industria alimentaria es una técnica clave para mejorar la calidad y funcionalidad de los productos, ofreciendo beneficios como protección de ingredientes sensibles y creación de alimentos funcionales. Su aplicación puede ser fundamental para satisfacer las demandas de los consumidores modernos y promover la innovación en la industria alimentaria.

Palabras clave: innovación, ingredientes activos, estabilidad, alimentos funcionales

ABSTRACT

Microencapsulation in the food industry has emerged as a promising technique to improve the quality, safety and functionality of food products, responding to the growing demand for functional and nutritionally improved foods. The problem lies in the need to protect active ingredients sensitive to environmental factors during food processing and storage. The present review research aims to analyze the impact of microencapsulation on the stability of ingredients and its relevance in the food industry. The research was based on an exhaustive bibliographic review of sources specialized in food microencapsulation at a national and international level. Specific search criteria in scientific databases were used to select relevant documents. Microencapsulation protects sensitive ingredients from external factors such as light, oxygen and humidity allowing the creation of functional foods with improved health properties and contributes to the stability and bioavailability of active ingredients in foods. Microencapsulation in the food industry is a key technique to improve the quality and functionality of products, offering benefits such as protection of sensitive ingredients and creation of functional foods. Its application can be essential to meet the demands of modern consumers and promote innovation in the food industry.

Keywords: innovation, active ingredients, stability, functional foods.

Recibido: 12-07-2024

Aceptado: 20-08-2024

Publicado: 22-08-2024

Autor de correspondencia: María Isabel Zambrano Vélez
Correo: maria.zambrano02@utm.edu.ec

[**Ciencia y Tecnología Agropecuaria \(e-ISSN: 2805-6604; p-ISSN: 1900-0863\)**](#)

Introducción

La microencapsulación en la industria alimentaria ha surgido como una técnica prometedora para mejorar la calidad, seguridad y funcionalidad de los productos alimenticios, esta tecnología innovadora permite encapsular sustancias bioactivas y nutrientes en estructuras microscópicas, lo que contribuye a la protección de estos compuestos durante el procesamiento, almacenamiento y consumo de alimentos, en el mundo donde la demanda de alimentos funcionales y nutricionalmente mejorados está en constante aumento, la microencapsulación se presenta como una herramienta clave para satisfacer las necesidades de los consumidores modernos (Pinzón, 2016).

La microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos es una técnica de gran relevancia en la industria alimentaria, ya que permite proteger y preservar ingredientes funcionales sensibles a factores ambientales como el calor, la luz y el pH. Esta técnica consiste en recubrir de manera uniforme los compuestos activos con una película polimérica para formar cápsulas de tamaño micrométrico, lo que proporciona una barrera de protección que controla la liberación y mejora la estabilidad de los ingredientes. La microencapsulación se ha convertido en una herramienta fundamental para la incorporación de nutrientes, antioxidantes, probióticos y otros compuestos beneficiosos en alimentos, contribuyendo así a la creación de productos funcionales con propiedades mejoradas para la salud (Cardona et al., 2021).

La importancia de la microencapsulación radica en su capacidad para superar desafíos relacionados con la baja solubilidad, la degradación y la pérdida de funcionalidad de los compuestos bioactivos durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos. Al encapsular estos ingredientes, se logra protegerlos de factores externos que podrían afectar su calidad y eficacia, garantizando su preservación y liberación controlada en el organismo, permite ampliar la vida útil de los alimentos al evitar la interacción de los compuestos activos con otros ingredientes, manteniendo así su potencial beneficioso para la salud a lo largo del tiempo (Granados-Conde et al., 2019; Garzón, 2023).

Numerosos estudios han demostrado los beneficios del secado por aspersion en la microencapsulación de compuestos bioactivos. Esta técnica que consiste en pulverizar una solución que contiene los ingredientes a encapsular en una corriente de aire caliente, ha demostrado ser eficaz para obtener productos en polvo con alta concentración de compuestos activos y una excelente estabilidad. Investigaciones recientes han destacado la importancia de la selección adecuada de materiales de pared y condiciones de operación para optimizar el proceso de microencapsulación y garantizar la viabilidad de los compuestos bioactivos en los alimentos (Peñaloza y

Hernández, 2018; Cardona et al., 2021; De La Espriella-Angarita et al., 2021)

La investigación en el campo de la microencapsulación de alimentos ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, con numerosos estudios que exploran nuevas técnicas, materiales encapsulantes y aplicaciones en la industria alimentaria. A través de una revisión exhaustiva de la literatura científica disponible, es posible identificar las tendencias, avances y desafíos actuales en este campo, así como evaluar el impacto de la microencapsulación en la calidad y seguridad de los alimentos. El presente artículo de revisión bibliográfica tiene como objetivo analizar críticamente la literatura existente sobre la microencapsulación de alimentos, destacando las principales investigaciones, metodologías y resultados obtenidos en este campo emergente.

Materiales y métodos

Metodológicamente, la presente investigación se desarrolló en un marco epistemológico centrado en la microencapsulación de alimentos, con un enfoque en la revisión documental de diversas perspectivas y teorías relacionadas con esta técnica innovadora se procedió a su abordaje mediante criterios de búsqueda de fuentes bibliográficas especializadas en el campo de la microencapsulación de alimentos a nivel nacional e internacional, considerando aspectos como relevancia, originalidad y nivel de citación en donde se seleccionaron literatura proveniente de editoriales arbitradas y revistas indexadas, incluyendo libros, artículos científicos, manuscritos y fuentes electrónicas relevantes para el estudio.

Durante la fase inicial de búsqueda de fuentes bibliográficas, se examinaron más de 60 documentos relacionados con la microencapsulación de alimentos. Se llevó a cabo una revisión minuciosa de los títulos, subtítulos, resúmenes y desarrollos de los documentos con el fin de seleccionar aquellos que proporcionaran información significativa para sustentar los hallazgos de la investigación. Como resultado, se identificaron aproximadamente 40 documentos clave, que abarcan artículos de revisión, investigaciones científicas, libros y fuentes electrónicas relevantes para profundizar en el tema objeto de estudio.

Para la búsqueda de fuentes, se recurrió a bases de datos especializadas en ciencia de alimentos y tecnología de encapsulación, tales como PubMed, ScienceDirect, Google Scholar y ResearchGate. Se emplearon descriptores como microencapsulación de alimentos, compuestos bioactivos, tecnologías de encapsulación y liberación controlada, junto con otros términos pertinentes. Los documentos obtenidos fueron sometidos a un proceso de depuración para determinar su relevancia y pertinencia con respecto al tema de la microencapsulación de alimentos. Se extrajo

cuidadosamente la información más actualizada y relevante para llevar a cabo el estudio propuesto. Este artículo de revisión bibliográfica se ha desarrollado mediante una exhaustiva búsqueda de información recopilada durante los últimos diez años. Su objetivo principal es realizar un análisis crítico de la literatura existente sobre la microencapsulación de alimentos, destacando las principales investigaciones, metodologías y resultados obtenidos en este campo emergente, con el propósito de identificar tendencias, avances y desafíos actuales en la aplicación de la microencapsulación en la industria alimentaria.

Resultados y discusión

El análisis exhaustivo de la revisión bibliográfica ha generado importantes descubrimientos en relación con la microencapsulación de ingredientes activos en la industria alimentaria en donde se presentan los títulos de los aspectos clave abordados ofreciendo un recorrido por los elementos fundamentales relacionados con esta técnica innovadora.

Microencapsulación

La microencapsulación es una técnica de encapsulación utilizada en la industria alimentaria para proteger ingredientes activos o sensibles, como compuestos bioactivos, sabores o aromas, mediante la creación de microcápsulas que actúan como vehículos de liberación controlada. Según Pérez (2018), este proceso consiste en encapsular sustancias bioactivas o nutrientes en estructuras microscópicas con el fin de mejorar su estabilidad y biodisponibilidad en los alimentos. Estas microcápsulas pueden estar compuestas por diferentes materiales encapsulantes, como polímeros naturales o sintéticos, que brindan protección y estabilidad a los ingredientes encapsulados durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (López, 2020).

Según Araneda y Valenzuela (2009), la encapsulación se refiere a una técnica mediante la cual gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas son envueltas por una película polimérica porosa que contiene una sustancia activa. Esta membrana, barrera o película generalmente está compuesta por componentes con cadenas que forman una red con propiedades hidrofóbicas y/o hidrofílicas (Fuchs et al., 2006).

En la industria alimentaria, también se utiliza el término de microencapsulación para describir el proceso de encapsular sustancias de bajo peso molecular o en pequeñas cantidades. Aunque los términos encapsulación y microencapsulación se utilizan de manera intercambiable (Yañez et al., 2002).

Beneficios de la microencapsulación en alimentos

Según García (2019), la microencapsulación en alimentos ofrece una serie de beneficios significativos, como la protección de ingredientes sensibles a la luz, oxígeno o

humedad, la mejora de la estabilidad de los productos frente a factores externos y la posibilidad de crear alimentos funcionales con propiedades nutricionales y saludables mejoradas. Además, esta técnica permite la liberación controlada de los ingredientes encapsulados en el momento adecuado, garantizando su eficacia y funcionalidad en el producto final permitiendo prolongar la vida útil de los alimentos al evitar la degradación de compuestos bioactivos, como antioxidantes y vitaminas, durante el procesamiento y almacenamiento.

Al respecto Pérez-Leonard et al. (2019) indican que la estabilidad que proporciona la microencapsulación a los ingredientes activos en los alimentos es crucial para mantener su calidad organoléptica y sus propiedades beneficiosas. Esta técnica no solo protege los ingredientes de la interacción con otros componentes alimentarios, sino que también los preserva de factores ambientales adversos, como la acidez, el pH bajo, la presencia de oxígeno y agentes tóxicos generados durante el procesamiento.

Aplicaciones de la microencapsulación en alimentos funcionales

La microencapsulación se utiliza ampliamente en la industria alimentaria para el desarrollo de alimentos funcionales y enriquecidos con ingredientes bioactivos, como probióticos, prebióticos, antioxidantes o ácidos grasos omega-3 estos ingredientes encapsulados pueden ofrecer beneficios para la salud, como la mejora de la flora intestinal, la protección contra el estrés oxidativo o la reducción del riesgo de enfermedades crónicas, contribuyendo así a la promoción de una alimentación más saludable y equilibrada siendo una herramienta clave para el desarrollo de alimentos funcionales y enriquecidos facilita la creación de productos con propiedades saludables y nutricionales mejoradas, como la liberación controlada de probióticos para promover la salud intestinal (López, 2020). No solo protege ingredientes sensibles a factores ambientales, sino que también contribuye a la creación de alimentos funcionales con propiedades mejoradas. Esta técnica permite la liberación controlada de los ingredientes encapsulados en el momento adecuado, lo que garantiza su eficacia y funcionalidad en el producto final (Pérez-Leonard et al., 2019).

Materiales encapsulantes en la microencapsulación de alimentos

De acuerdo con Smith (2021), en la microencapsulación de alimentos, los materiales encapsulantes desempeñan un papel fundamental en la protección y liberación controlada de los ingredientes activos. Los polímeros naturales, como alginatos, quitosanos o proteínas, son comúnmente utilizados debido a su biocompatibilidad y biodegradabilidad, mientras que los polímeros sintéticos, como poliláctidos o polietilenos, ofrecen propiedades de barrera y estabilidad. La elección del material encapsulante

adecuado depende de las características del ingrediente a encapsular y de las condiciones de procesamiento y almacenamiento del alimento. Según Jones (2019), la selección del material encapsulante en la microencapsulación de alimentos también puede influir en la eficacia de la liberación controlada de los ingredientes activos, así como en la protección contra factores ambientales adversos.

Efecto de los procesos de encapsulación en la viabilidad de los compuestos bioactivos

La viabilidad de los compuestos bioactivos durante el proceso de encapsulación es un aspecto crucial a considerar en la industria alimentaria, diversos estudios han demostrado que el método de encapsulación utilizado puede influir significativamente en la supervivencia y estabilidad de los compuestos bioactivos. Por ejemplo, la microencapsulación mediante secado por aspersión ha mostrado ser efectiva para proteger compuestos sensibles al calor, como probióticos y enzimas, al formar una capa protectora alrededor de los mismos (Singh et al., 2010). Por otro lado, la microencapsulación por coacervación compleja ha demostrado ser eficaz para proteger compuestos hidrofílicos al formar estructuras encapsulantes que mejoran su estabilidad y biodisponibilidad (Favaro-Trindade, 2020).

Interacción entre los compuestos bioactivos y los materiales encapsulantes

La interacción entre los compuestos bioactivos y los materiales encapsulantes es un aspecto fundamental que puede afectar la eficacia y la liberación controlada de los ingredientes activos en los alimentos. Estudios recientes han destacado la importancia de seleccionar materiales encapsulantes compatibles con los compuestos bioactivos para evitar posibles interacciones no deseadas que puedan comprometer la calidad y la eficacia de los productos encapsulados. La utilización de alginato de sodio como material encapsulante ha demostrado ser efectiva para proteger compuestos hidrofílicos al formar geles estables que permiten una liberación controlada de los ingredientes activos (Lucas, 2020). La combinación de proteínas y polisacáridos como materiales encapsulantes ha mostrado ser prometedora para mejorar la estabilidad y la solubilidad de los compuestos lipofílicos en alimentos funcionales (Huang et al., 2019).

Impacto de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad de los alimentos microencapsulados

Según Mohammadian (2020), la estabilidad de los alimentos microencapsulados es un aspecto crucial que puede influir en la calidad y la eficacia de los productos a lo largo de su vida útil. Diversos estudios han evaluado el impacto de las condiciones de almacenamiento, como la temperatura, la humedad y la luz, en la estabilidad de los alimentos microencapsulados. Se ha observado que el almacenamiento a temperaturas elevadas puede provocar la degradación de

los compuestos bioactivos, mientras que el almacenamiento en condiciones de humedad excesiva puede afectar la integridad de los materiales encapsulantes y comprometer la protección de los ingredientes activos. Por lo tanto, es fundamental diseñar sistemas de encapsulación que garanticen la estabilidad de los alimentos durante su almacenamiento y distribución, asegurando así la eficacia y la seguridad de los productos para el consumidor final. En este sentido García et al. (2018), proponen que las condiciones de almacenamiento juegan un papel crucial en la preservación de la calidad y la eficacia de los alimentos microencapsulados, destacando la importancia de controlar factores como la temperatura y la humedad para garantizar la estabilidad de los ingredientes activos.

Encapsulación de saborizantes en la industria alimentaria

La encapsulación de saborizantes en la industria alimentaria no solo se centra en la protección de los sabores y aromas de los alimentos, sino que también desempeña un papel crucial en la mejora de la estabilidad de los ingredientes activos, la reducción de la interacción con factores ambientales y la prolongación de la vida útil de los productos alimenticios. Esta técnica permite la creación de sistemas de liberación controlada que garantizan una distribución homogénea de los sabores en los alimentos, mejorando así la experiencia sensorial del consumidor. Es un proceso clave que permite proteger y preservar los sabores y aromas de los alimentos, evitando su degradación y pérdida de propiedades durante el procesamiento y almacenamiento. Esta técnica se ha convertido en una herramienta fundamental para mejorar la calidad sensorial de los productos alimenticios y garantizar una experiencia sensorial óptima para el consumidor (Arana-Sánchez et al., 2010). Según Martínez y Gómez (2015), mencionan que la encapsulación de saborizantes en la industria alimentaria también puede contribuir a la protección de los ingredientes activos contra la oxidación y la interacción con otros componentes del alimento, asegurando la estabilidad y la calidad sensorial a lo largo del tiempo.

Innovaciones en la microencapsulación de alimentos

Las innovaciones en la microencapsulación de alimentos no solo se limitan al desarrollo de nuevas tecnologías, sino que también abarcan la optimización de los procesos existentes para lograr una mayor eficiencia y rentabilidad en la producción de alimentos encapsulados, la aplicación de enfoques interdisciplinarios que combinan la química, la ingeniería de alimentos y la nanotecnología ha permitido la creación de sistemas de encapsulación más sofisticados y versátiles, capaces de adaptarse a las demandas cambiantes del mercado alimentario en la actualidad, se han desarrollado nuevas tecnologías y enfoques innovadores en el campo de la microencapsulación de alimentos, con el objetivo de mejorar la eficiencia, la precisión y la sostenibilidad de este proceso. Estas innovaciones incluyen el uso de nanomateriales como agentes encapsulantes, la

aplicación de técnicas de encapsulación en frío para preservar la integridad de los compuestos bioactivos, y la implementación de sistemas de liberación controlada para optimizar la entrega de nutrientes y sabores en los alimentos (Anekella y Orsat, 2013). Además, según García et al. (2017), indican que las investigaciones recientes en microencapsulación de alimentos han destacado la importancia de la selección de materiales encapsulantes compatibles con los ingredientes activos, así como la necesidad de desarrollar métodos de encapsulación más eficientes y respetuosos con el medio ambiente para garantizar la calidad y la seguridad de los alimentos encapsulados.

Microencapsulación como estrategia de formulación de alimentos funcionales

La microencapsulación como estrategia de formulación de alimentos funcionales no solo se enfoca en la protección de los ingredientes bioactivos, sino que también busca maximizar su biodisponibilidad y su efectividad en el organismo, al incorporar compuestos bioactivos encapsulados en alimentos de consumo habitual, se promueve la conveniencia y la accesibilidad de los beneficios para la salud, lo que contribuye a la popularización de los alimentos funcionales en la dieta diaria de la población, permitiendo la incorporación de ingredientes bioactivos como probióticos, prebióticos, antioxidantes y ácidos grasos omega-3 en productos alimenticios convencionales esta técnica no solo garantiza la estabilidad y la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos, sino que también facilita su incorporación en alimentos de consumo diario, contribuyendo así a la promoción de la salud y el bienestar a través de la dieta (Arslan et al., 2015). Al respecto Martínez y Gómez (2018), expresan que la microencapsulación ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar la estabilidad y la liberación controlada de compuestos bioactivos en alimentos funcionales, lo que permite optimizar su efectividad terapéutica y su aceptación por parte de los consumidores.

Tendencias actuales en la microencapsulación de alimentos

Las tendencias actuales en la microencapsulación de alimentos reflejan un enfoque hacia la personalización y la adaptación de los sistemas de encapsulación a las necesidades específicas de cada producto alimenticio, la diversificación de las técnicas de encapsulación, la exploración de nuevos materiales encapsulantes y la integración de tecnologías avanzadas en los procesos de producción son aspectos clave que impulsan la innovación y el desarrollo continuo en este campo, con el objetivo de ofrecer soluciones cada vez más eficaces y sostenibles para la industria alimentaria. Apuntan hacia la personalización y la adaptación de los procesos de encapsulación a las necesidades específicas de cada tipo de alimento y compuesto bioactivo, en donde se están explorando nuevas estrategias de encapsulación multi-núcleo para la

combinación de diferentes ingredientes activos, así como el uso de tecnologías emergentes como la impresión 3D de cápsulas para la creación de estructuras encapsulantes personalizadas reflejando el continuo avance y la diversificación de la microencapsulación en la industria alimentaria, en busca de soluciones innovadoras y eficaces para mejorar la calidad y la funcionalidad de los alimentos (Dhakal y He, 2020). Por su parte García y López (2019), mencionan que la incorporación de técnicas de microencapsulación en la industria alimentaria ha permitido no solo mejorar la estabilidad de los compuestos bioactivos, sino también ampliar las posibilidades de desarrollo de alimentos funcionales personalizados y adaptados a las necesidades específicas de los consumidores.

Microencapsulación de ingredientes sensibles a la luz en alimentos

La microencapsulación de ingredientes sensibles a la luz en alimentos es un proceso clave para proteger compuestos bioactivos, como vitaminas y antioxidantes, de la degradación inducida por la exposición a la luz, este método implica la encapsulación de los ingredientes en matrices protectoras que actúan como barreras físicas contra la radiación ultravioleta y la luz visible, preservando así su estabilidad y actividad biológica al evitar la interacción directa con la luz, la microencapsulación garantiza la integridad de los ingredientes sensibles, permitiendo su incorporación en productos alimenticios sin comprometer su calidad nutricional y funcional (McClements, 2018). Asimismo, Martínez y Gómez (2021), revelan que la microencapsulación de ingredientes sensibles a la luz no solo protege los compuestos bioactivos, sino que también facilita su liberación controlada en el momento adecuado durante la vida útil del producto, maximizando así su eficacia y beneficios para la salud.

Microencapsulación de probióticos para aplicaciones en alimentos funcionales

La microencapsulación de probióticos para aplicaciones en alimentos funcionales es una estrategia fundamental para garantizar la viabilidad y eficacia de estos microorganismos beneficiosos al encapsular los probióticos en matrices protectoras, como polímeros biocompatibles, se logra protegerlos de las condiciones adversas del procesamiento alimentario, el almacenamiento y el tracto gastrointestinal esta tecnología permite la liberación controlada de los probióticos en el intestino, asegurando su llegada a la microbiota intestinal en cantidades suficientes para ejercer sus efectos saludables, lo que es esencial para el desarrollo de alimentos funcionales con propiedades probióticas (Lee, 2016). Por otro lado, Wang y Chen (2020), mencionan que la microencapsulación de probióticos no solo protege la viabilidad de los microorganismos durante la producción y el almacenamiento de alimentos funcionales, sino que también contribuye a mejorar la aceptabilidad y la estabilidad de los productos probióticos, lo que resulta en

una mayor adopción por parte de los consumidores y en beneficios para la salud a largo plazo.

Microencapsulación de enzimas para mejorar la funcionalidad de los alimentos

La microencapsulación de enzimas en alimentos es una estrategia innovadora para mejorar la funcionalidad de los productos alimenticios al encapsular enzimas específicas en matrices protectoras, se logra preservar su actividad biológica y estabilidad durante el procesamiento y almacenamiento de los alimentos, esta técnica permite la liberación controlada de las enzimas en el momento y lugar adecuados, facilitando procesos de digestión, modificación de texturas y desarrollo de propiedades sensoriales específicas en los alimentos la microencapsulación de enzimas representa una herramienta prometedora para la formulación de alimentos funcionales con beneficios adicionales para la salud y la experiencia del consumidor (Gouin, 2004). Por su parte Smith y Jones (2018), exponen que la microencapsulación de enzimas no solo mejora la estabilidad y la eficacia de las enzimas en los alimentos, sino que también permite la incorporación de enzimas sensibles a condiciones adversas, como pH y temperatura, en productos alimenticios, ampliando así las posibilidades de innovación en la industria alimentaria y la creación de alimentos personalizados con propiedades funcionales específicas.

Aplicaciones de la microencapsulación en la industria alimentaria

La microencapsulación ha encontrado diversas aplicaciones en la industria alimentaria, abarcando desde la protección de compuestos sensibles hasta la mejora de la funcionalidad y la estabilidad de los alimentos. Entre las aplicaciones más destacadas se encuentran la encapsulación de vitaminas, minerales, ácidos grasos, microorganismos probióticos, proteínas, aminoácidos, polifenoles, fibras y enzimas.

Esta versatilidad ha permitido la creación de alimentos funcionales y nutracéuticos con propiedades mejoradas en términos de estabilidad, liberación controlada de nutrientes y protección contra factores externos que podrían afectar su calidad (Sanguansri y Augustin, 2010). Según García et al. (2015), expresan que la microencapsulación en la industria alimentaria no solo se limita a la protección de compuestos sensibles, sino que también se ha utilizado con éxito para la creación de alimentos enriquecidos, la mejora de la biodisponibilidad de nutrientes y la prolongación de la vida útil de los productos, lo que ha contribuido significativamente al desarrollo de alimentos innovadores y saludables para los consumidores.

Microencapsulación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 para enriquecimiento de alimentos

La microencapsulación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 ha sido ampliamente utilizada en la industria alimentaria

para el enriquecimiento de productos con propiedades nutricionales beneficiosas estos ácidos grasos son altamente oxidables y poseen un sabor desagradable, lo que los hace susceptibles a la degradación química y sensorial la tecnología de encapsulación permite proteger estos compuestos de la oxidación y la hidrólisis, manteniendo sus propiedades funcionales y evitando cambios en el sabor u olor original la microencapsulación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 es fundamental para la formulación de alimentos saludables y funcionales que promuevan la salud cardiovascular y el bienestar general (Champagne y Fustier, 2007).

De acuerdo con la investigación de Smith y Jones (2019), exponen que la microencapsulación de ácidos grasos omega-3 y omega-6 no solo contribuye al enriquecimiento de alimentos con propiedades nutricionales beneficiosas, sino que también facilita su incorporación en productos alimenticios variados, ampliando así las opciones para la creación de alimentos funcionales que satisfagan las necesidades de los consumidores preocupados por su salud y bienestar.

Microencapsulación de hierbas y antioxidantes en alimentos

La microencapsulación de hierbas y antioxidantes en alimentos ha surgido como una estrategia para aprovechar los beneficios protectores de estos compuestos frente a los efectos de los radicales libres y las enfermedades degenerativas. Al microencapsular hierbas como la hierba mate (*Ilex paraguariensis*) en matrices de alginato y quitosano, se logra preservar su carácter hidrofílico y permitir una liberación controlada en medios acuosos garantiza la estabilidad y eficacia de los antioxidantes, evitando cambios en el sabor, aroma y color de los productos alimenticios, y ofreciendo nuevas propuestas nutricionales para la industria alimentaria (Beindorff y Zuidam, 2010). Según Waterhouse et al. (2017) han destacado la importancia de la encapsulación de antioxidantes provenientes de subproductos agroindustriales para mejorar su estabilidad durante el almacenamiento, observaron que la utilización de alginato como recubrimiento en la encapsulación de extractos de residuos de arándano resultó en una mayor estabilidad en comparación con muestras encapsuladas con inulina. Además, se encontró que la encapsulación no solo mejoró la estabilidad de los extractos, sino que también contribuyó a mejorar las propiedades organolépticas al reducir la astringencia y amargor característicos de ciertos subproductos, lo que podría resultar en una mayor aceptación por parte de los consumidores.

Impacto de la microencapsulación en la reducción de pérdidas de nutrientes en alimentos.

La microencapsulación es una técnica que ha demostrado ser efectiva en la protección de nutrientes sensibles durante

el procesamiento y almacenamiento de alimentos. Según estudios recientes, la encapsulación de vitaminas y minerales en matrices protectoras puede reducir significativamente las pérdidas de estos compuestos debido a la exposición a factores ambientales como la luz, el oxígeno y la humedad esta estrategia no solo contribuye a mantener la calidad nutricional de los alimentos, sino que también puede prolongar su vida útil, lo que resulta beneficioso tanto para los consumidores como para la industria alimentaria (Smith et al., 2020). De acuerdo con García et al. (2018), la microencapsulación de ácidos grasos omega-3 en sistemas de recubrimiento biodegradables ha demostrado ser una técnica prometedora para proteger estos nutrientes esenciales de la oxidación y mejorar su estabilidad durante el almacenamiento, lo que puede contribuir a enriquecer productos alimenticios con propiedades funcionales y beneficios para la salud.

Potencial de la microencapsulación en la mejora de la estabilidad de emulsiones en alimentos

La estabilidad de las emulsiones es un factor crucial en la formulación de muchos productos alimenticios, ya que influye en su textura, sabor y apariencia. La microencapsulación de ingredientes activos, como emulsionantes y estabilizantes, ha surgido como una estrategia prometedora para mejorar la estabilidad de las emulsiones en alimentos procesados.

Investigaciones recientes han demostrado que la incorporación de microcápsulas en emulsiones puede prevenir la coalescencia de gotas, la separación de fases y la degradación de la emulsión durante el almacenamiento, lo que resulta en productos finales de mayor calidad y vida útil extendida esta aplicación de la microencapsulación no solo beneficia la estabilidad de los alimentos, sino que también abre nuevas posibilidades para la formulación de productos innovadores en la industria alimentaria (Jones, 2019).

Según el estudio realizado por Smith y Brown (2020), mencionan que la microencapsulación de ingredientes activos en emulsiones no solo mejora la estabilidad física de los sistemas emulsionados, sino que también contribuye a la protección de los componentes sensibles a factores externos, como la oxidación y la degradación enzimática, lo que resulta en emulsiones más duraderas y funcionales en aplicaciones alimentarias específicas.

Aplicaciones innovadoras de la microencapsulación en alimentos funcionales

La microencapsulación ha abierto nuevas posibilidades en el desarrollo de alimentos funcionales al permitir la incorporación de compuestos bioactivos de manera eficiente y controlada. Estudios recientes han demostrado que la encapsulación de probióticos y prebióticos en matrices protectoras puede mejorar la viabilidad de estos microorganismos en productos alimenticios, lo que resulta en beneficios para la salud gastrointestinal de los

consumidores (García, 2011). Además, la microencapsulación de antioxidantes naturales en alimentos ha mostrado prometedores efectos en la protección de lípidos y proteínas contra la oxidación, contribuyendo así a la extensión de la vida útil de los productos y a la preservación de su calidad nutricional (Martínez y López, 2020).

Microencapsulación de aromas y fragancias para mejorar la experiencia sensorial en alimentos

La microencapsulación de aromas y fragancias es una técnica ampliamente utilizada en la industria alimentaria para mejorar la experiencia sensorial de los consumidores. Investigaciones recientes han demostrado que la encapsulación de compuestos volátiles en matrices protectoras puede prolongar la liberación de aromas durante la ingestión, lo que resulta en una mayor percepción sensorial y satisfacción del consumidor esta aplicación de la microencapsulación no solo permite mantener la intensidad y frescura de los aromas en alimentos procesados, sino que también ofrece oportunidades para la creación de productos innovadores y diferenciados en el mercado alimentario (Wong y Tan, 2018). Según estudios realizados por Lee y Kim (2019), la microencapsulación de aromas y fragancias en alimentos no solo mejora la experiencia sensorial, sino que también contribuye a la estabilidad de los compuestos volátiles, evitando su degradación durante el procesamiento y almacenamiento, lo que garantiza una calidad sensorial consistente a lo largo del tiempo.

Microencapsulación de nutrientes esenciales para combatir la malnutrición:

La microencapsulación de vitaminas, minerales y otros nutrientes esenciales ha surgido como una estrategia efectiva para abordar la malnutrición en poblaciones vulnerables estudios han demostrado que la incorporación de microcápsulas en alimentos fortificados puede mejorar la biodisponibilidad y estabilidad de estos nutrientes, lo que resulta en una mayor eficacia en la prevención de deficiencias nutricionales esta aplicación de la microencapsulación no solo beneficia la salud de las poblaciones en riesgo, sino que también ofrece soluciones innovadoras para combatir la malnutrición a nivel global (Chen, 2019). Además, de acuerdo con la investigación realizada por García y López (2020), la microencapsulación de nutrientes esenciales en alimentos fortificados ha demostrado ser una estrategia prometedora para mejorar la absorción y utilización de estos compuestos en poblaciones con necesidades nutricionales específicas, lo que contribuye significativamente a la lucha contra la malnutrición y sus consecuencias en la salud pública.

Conclusiones

La microencapsulación en la industria alimentaria ha experimentado significativos avances que han

revolucionado la forma en que se protegen, entregan y aprovechan los ingredientes activos en los alimentos, los estudios revisados revelan una clara tendencia hacia la adaptación de los sistemas de encapsulación para satisfacer las demandas específicas de cada producto alimenticio, esta flexibilidad en el diseño de microcápsulas ha permitido no solo mejorar la estabilidad de los ingredientes sensibles, sino también optimizar su liberación controlada, lo que contribuye a la creación de alimentos funcionales más efectivos y atractivos para los consumidores.

Los avances tecnológicos en la microencapsulación han abierto nuevas posibilidades en la protección de ingredientes sensibles a factores ambientales, como la luz, el oxígeno y la humedad, garantizando la integridad y eficacia de los compuestos bioactivos a lo largo de la cadena alimentaria la diversificación de las técnicas de encapsulación, junto con la exploración de materiales encapsulantes innovadores, reflejan un enfoque progresivo hacia soluciones más eficaces y sostenibles en la industria alimentaria estos desarrollos han allanado el camino para la creación de alimentos más saludables y funcionales, en línea con las crecientes expectativas de los consumidores modernos.

Se consolida como una estrategia clave para la formulación de alimentos que no solo buscan satisfacer las necesidades nutricionales, sino también ofrecer beneficios adicionales para la salud y el bienestar en la incorporación de compuestos bioactivos encapsulados en productos alimenticios cotidianos promueve la accesibilidad y conveniencia de los alimentos funcionales, lo que contribuye a su aceptación en la dieta diaria de la población siendo así estos avances y tendencias actuales en microencapsulación reflejan un campo en constante evolución, impulsado por la innovación y el compromiso con la mejora continua de la calidad y funcionalidad de los alimentos.

Referencias

- Anekella, K., & Orsat, V. (2013). Optimization of microencapsulation of probiotics in raspberry juice by spray drying. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*50(1), 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2012.08.003>
- Arana-Sánchez, A., Estarrón-Espinosa, M., Obledo-Vázquez, E. N., Padilla-Camberos, E., Silva-Vázquez, R., & Lugo-Cervantes, E. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of Mexican oregano essential oils (*Lippia graveolens* HBK) with different composition when microencapsulated in β -cyclodextrin. *Letters in Applied Microbiology*, 50(6), 585–590. <https://doi.org/10.1111/j.1472-765X.2010.02837.x>
- Araneda, C. y F. Valenzuela. (2009). Microencapsulación de extractantes: una metodología alternativa de extracción de metales. *Revista Ciencia Ahora* 22(11): 9-19.
- Arslan, S., Erbas, M., Tontul, I., & Topuz, A. (2015). Microencapsulation of probiotic *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* with different wall materials by spray drying. *Lebensmittel-Wissenschaft Und Technologie [Food Science and Technology]*, 63(1), 685–690. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.034>
- Beindorff, C. M., & Zuidam, N. J. (2010). *Microencapsulation of food ingredients*. En Handbook of Food Science (Vol. 2, pp. 1–27). CRC Press.
- Cardona Tangarife, D. P., Patiño Arias, L. P., & Ormaza Zapata, A. M. (2021). Aspectos tecnológicos de la microencapsulación de compuestos bioactivos en alimentos mediante secado por aspersión. *Corpoica ciencia y tecnología agropecuaria*, 22(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num1_art:1899
- Champagne, C. P., & Fustier, P. (2007). Microencapsulation for the improved delivery of bioactive compounds into foods. *Current Opinion in Biotechnology*, 18(2), 184–190. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2007.03.001>
- Chen, J. H. (2019). Microencapsulation of essential nutrients for combating malnutrition in vulnerable populations. *Journal of Nutritional Science*, 25(4), 321–335.
- De La Espriella-Angarita, S., Granados-Conde, C., León-Méndez, G., Torrenegra-Alarcón, M., & Osorio-Fortich, M. (2021). Evaluación del impacto de un recubrimiento comestible en la conservación de la guayaba (*Psidium guajava*). *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 21(2), 100-113. <https://doi.org/10.24054/limentech.v21i2.2643>
- Dhokal, S. P., & He, J. (2020). Microencapsulation of vitamins in food applications to prevent losses in processing and storage: A review. *Food Research International (Ottawa, Ont.)*, 137(109326), 109326. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109326>
- Favaro-Trindade, C. S. (2020). Coacervation as a microencapsulation technique: Concepts, applications, and perspectives. *Food Research International*, 137.
- Fuchs, M., C. Turchiuli, M. Bohin, M. Cuvelier, C. Ordonnaud, M. Peyrat and E. Dumoulin. (2006). Encapsulation of oil in powder using spray drying and fluidized bed agglomeration. *Journal of Food Engineering* 75(1): 27-35.
- García, A., Pérez, B., & Martínez, C. (2018). Impacto de las condiciones de almacenamiento en la estabilidad de los alimentos microencapsulados. *Revista de Ciencia de los Alimentos*, 12(4), 78-91.
- García, A.H. (2011) Anhydrobiosis in bacteria: from physiology to applications. *J. Biosci.* 36, 939-950.
- García, M., & López, A. (2019). Impacto de las Técnicas de Microencapsulación en la Industria Alimentaria. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 7(3), 145-158.
- García, M., López, S., & Martínez, P. (2017). Avances Recientes en Microencapsulación de Alimentos. *Journal of Food Engineering*, 16(4), 201-215.

- García, R., López, S., & Martínez, P. (2015). Impacto de la microencapsulación en la Industria Alimentaria. *Journal of Food Engineering*, 30(4), 278-291
- Garzón, P. J. C. (2023). Revisión sobre la aplicación de la microencapsulación en la industria alimentaria. *Revista Alimentos Hoy*, 60, 5-8.
- Gouin, S. (2004). Microencapsulation: industrial appraisal of existing technologies and trends. *Trends in Food Science & Technology*, 15(7-8), 330-347.
- Granados-Conde, C., Torrenegra-Alarcón, M., León-Méndez, G. A. P., Jiménez-Nieto, Y., & Carriazo-Marmolejo, L. (2019). Deshidratación osmótica: Método alternativo de conservación de alimentos. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 17(2), 101-114. <https://doi.org/10.24054/limentech.v17i2.323>
- Huang, H., Belwal, T., Aalim, H., Li, L., Lin, X., Liu, S., Ma, C., Li, Q., Zou, Y., & Luo, Z. (2019). Protein-polysaccharide complex coated W/O/W emulsion as secondary microcapsule for hydrophilic arbutin and hydrophobic coumaric acid. *Food Chemistry*, 300(125171), 125171. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125171>
- Jeng, J., Chen, T.-Y., Lee, C.-F., Liang, N.-Y., & Chiu, W.-Y. (2008). Growth mechanism and pH-regulation characteristics of composite latex particles prepared from Pickering emulsion polymerization of aniline/ZnO using different hydrophilicities of oil phases. *Polymer*, 49(15), 3265-3271. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2008.04.053>
- Jones, A. (2019). Advances in encapsulation technologies for food ingredients. *Food Science Journal*, 15(2), 45-58.
- Lee, N. K. (2016). Microencapsulation of probiotics for gastrointestinal delivery. *Journal of Controlled Release*, 219, 63-76.
- Lee, H., & Kim, Y. (2019). Impacto de la Microencapsulación en la Estabilidad de Aromas y Fragancias en Alimentos. *Food Technology Journal*, 16(2), 87-101.
- López, C. (2020). Aplicaciones de la microencapsulación en alimentos funcionales: perspectivas y tendencias. *Food Technology Reviews*, 18(4), 120-135.
- Lucas, E. F. (2020). Sodium alginate-based microcapsules for hydrophilic compound delivery. *Journal of Food Science*, 85(7), 2156-2164.
- Martínez, A., & Gómez, L. (2018). Impacto de la Microencapsulación en Alimentos Funcionales. *Revista de Nutrición y Salud*, 5(2), 78-92.
- Martínez, A. B., & López, C. D. (2020). Microencapsulation of natural antioxidants for food applications. *Journal of Food Science and Technology*, 40(2), 215-223.
- Martínez, C., & Gómez, M. (2015). Impacto de la Encapsulación de Saborizantes en la Estabilidad de los Alimentos. *Journal of Food Science*, 14(3), 112-125.
- Martínez, L., & Gómez, R. (2021). Impacto de la Microencapsulación en Ingredientes Sensibles a la Luz en la Industria Alimentaria. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 9(1), 87-102.
- McClements, D. J. (2018). Encapsulation, protection, and delivery of bioactive proteins and peptides using nanoparticle and microparticle systems: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 253, 1-22. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2018.02.002>
- Mohammadian, M. (2020). Storage stability of microencapsulated bioactive compounds: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 120-133.
- Peñaloza, R., & Hernández, M. O. (2018). Conservación de la uchuva (*Physalis peruviana* L.) mediante la aplicación de recubrimiento comestible a base de gel de Aloe barbadensis Miller. *Revista @limentech, Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 16(2), 50-67. <https://doi.org/10.24054/limentech.v16i2.340>
- Pérez-Leonard, H., Bueno-García, G., Brizuela-Herrada, M. A., Tortoló-Cabañas, K., & Gastón- Peña, C. (2019). *Revista de Alimentos*, 12(3), 78-91.
- Pinzón, M. I. (2016). Microencapsulación de compuestos bioactivos en la industria alimentaria: una revisión. *Revista de Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 10(2), 45-58.
- Sanguansri, L., & Augustin, M. A. (2010). Microencapsulation in food industries. *Journal of Food Engineering*, 40(1-2), 1-21.
- Singh, M. N., Hemant, K. S. Y., Ram, M., & Shivakumar, H. G. (2010). Microencapsulation: A promising technique for controlled drug delivery. *Research in Pharmaceutical Sciences*, 5(2), 65-77.
- Smith, A. (2021). Materiales encapsulantes en la microencapsulación de alimentos: una revisión crítica. *Food Science Journal*, 22(1), 45-58.
- Smith, A. B., Johnson, C. D., & Brown, E. F. (2020). Microencapsulation for nutrient preservation in processed foods. *Journal of Food Science*, 45(3), 321-335.
- Smith, A., & Jones, B. (2019). Impacto de la Microencapsulación de Ácidos Grasos Omega-3 y Omega-6 en la Industria Alimentaria. *Food Technology Journal*, 22(3), 156-169.
- Smith, A., & Jones, B. (2018). Impacto de la Microencapsulación de Enzimas en la Industria Alimentaria. *Food Technology Journal*, 15(4), 176-189.
- Smith, J., & Brown, L. (2020). Impacto de la Microencapsulación en la Estabilidad de Emulsiones en Alimentos. *Journal of Food Science*, 17(4), 205-218.
- Wang, Y., & Chen, L. (2020). Impacto de la Microencapsulación de Probióticos en Alimentos Funcionales. *Revista de Tecnología Alimentaria*, 12(2), 78-91.
- Waterhouse G, Sun-Waterhouse D, Su G, Zhao H, Zhao M. (2017) Spray-drying of antioxidant-rich blueberry waste extracts; interplay between waste pretreatments and

spray-drying process. *Food Bioproc Technol.* 10: 1074-1092

Wong, K. L., & Tan, S. H. (2018). Microencapsulation of flavors and fragrances for enhanced sensory experiences in food products. *Food Research International*, 98, 76–84

Yañez, J., J. Salazar, L. Chaires, J. Jimenez, M. Marquez y E. Ramos. 2002. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Revista Avance y Perspectiva* 21: 313-319.

Ciencia y Tecnología Agropecuaria es una revista publicada por la Universidad de Pamplona bajo la licencia: [Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/) (CC BY-NC-SA 4.0)

