



## Nanopartículas: aplicaciones actuales y futuras en la industria alimentaria

Haydeé Yajaira López De la Peña  
Dra. Claudia Magdalena López Badillo  
Dra. Elia Marta Múzquiz Ramos  
Facultad de Ciencias Químicas, UAdeC  
Francisco Hernández Centeno  
María Hernández González  
Depto. Ciencia y Tecnología de Alimentos, UAAAN  
yajaira.lp@gmail.com

El prefijo *nano* significa una billonésima ( $1 \times 10^{-9}$ ) de un metro o  $1 / 75,000$ , el tamaño de un cabello humano. El "nano" mundo significa enano en lengua griega. Se ha dicho que un nanómetro es "un punto mágico en la escala de longitud, porque éste es el punto donde los dispositivos artificiales más pequeños se encuentran con los átomos y moléculas del mundo natural" .

El término nanomaterial incluye partículas naturales o sintéticas con al menos de una dimensión menor a 100 nanómetros (nm), mientras que las nanopartículas incluyen al menos dos de sus dimensiones entre 1 y 100 nm. Los nanomateriales (cerámicos, metales, polímeros o compósitos) son sintetizados y modificados con el fin de mejorar su desempeño en procesos tecnológicos y la composición del material difiere de acuerdo a su uso potencial .

La habilidad de manipular la materia a nanoescala tiene un enorme potencial para diversas aplicaciones e innovaciones, involucrando nuevos materiales para áreas tan distintas como la alimentaria, textil, química, medicina, tecnologías para la información y energía por mencionar solo algunas. Sus aplicaciones han alcanzado casi todos los aspectos de nuestra vida .

Las nanopartículas han existido en el planeta por siglos, algunos ejemplos son las partículas de humo y las nanopartículas dentro de las bacterias. Además, en algunas civilizaciones antiguas ya se utilizaban, aprovechando sus propiedades ópticas y minerales. La cultura egipcia usó las nanopartículas metálicas ya que se empleaban nanopartículas de oro como coloides medicinales para conservar la juventud y la

buena salud; la civilización china, además de utilizarlas con fines curativos, las aplicaba como colorantes inorgánicos en la porcelana.

Una industria mundial que mueve millones de dólares es la de fabricación de alimentos, y todas las grandes compañías de alimentos están buscando maneras de mejorar la eficiencia de la producción, inocuidad y las características de los alimentos. Para una industria donde la competencia es intensa y la innovación es vital, la nanotecnología ha surgido como una ayuda potencial para mejorar la producción de alimentos y la calidad de los mismos. Las aplicaciones de los nanomateriales en la alimentación (Figura 1) se pueden encontrar en el procesado de alimentos, aditivos alimentarios y en materiales en contacto con alimentos (empacado), algunas aplicaciones ya se comercializan y otras aún están en proceso de desarrollo.

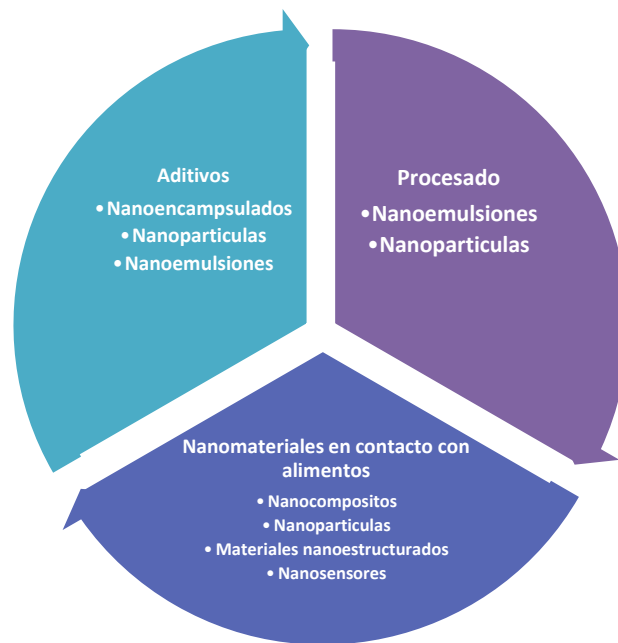


Figura 1. Aplicaciones de la nanotecnología en la industria alimentaria.

## Nanopartículas en el procesado de alimentos



Los componentes orgánicos que están presentes en los alimentos como proteínas, carbohidratos y grasas pueden variar en tamaño, desde grandes cadenas poliméricas hasta moléculas más simples en el rango nanométrico. Los nanomateriales orgánicos pueden ser sintetizados para fines específicos, tales como la encapsulación de nutrientes para aumentar su biodisponibilidad, mejorar el sabor, la textura y la consistencia de los productos alimenticios, o enmascarar un sabor u olor indeseable. Tal vez algún día podremos fabricar una mantequilla con bajo contenido de grasa, pero con el sabor y el tacto de la mantequilla natural. Del mismo modo, se podrá mejorar el sabor de la leche, enriquecer diversos alimentos con frutas y verduras a través de la nanotecnología para ofrecer una mayor cantidad de nutrientes así como encapsular y mezclar diversos alimentos en novedosas combinaciones .

En la actualidad se realizan investigaciones para lograr la nanoencapsulación de algunos aceites, como son los aceites de pescado, ya que estos tienen un alto contenido de ácidos grasos omega 3 los cuales juegan un papel importante en la función cerebral, el crecimiento y desarrollo normal, y los procesos inflamatorios. Las deficiencias de omega 3 se han relacionado con una variedad de problemas de salud, incluyendo enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer, trastornos del estado de ánimo, artritis y más . La razón por la cual dichos aceites no son utilizados es debido a su fuerte olor y rápido deterioro, de tal manera que su aplicación en formulaciones alimenticias es limitada. En este momento, se están desarrollando nanoliposomas para encapsular aceite de pescado y una vez encapsulado, ayudar en la fortificación de yogur . Cabe mencionar que existen en el mercado productos enriquecidos con omega 3, pero estos no provienen de fuentes naturales y por lo tanto no pueden ser aprovechados por el organismo, así que el desarrollo de este tipo de nano encapsulaciones tiene un futuro prometedor

El té verde es una bebida que tiene propiedades antioxidantes, antimicrobianas, antienvjecimiento y anticancerígenas, donde el ingrediente más potente en el té verde es el galato de epigallocatequina (EGCG), la cual es una molécula pequeña e inestable, su baja biodisponibilidad cuando se toma por vía oral a menudo limita su eficacia terapéutica en el cuerpo humano. Por lo cual se ha estado investigando la encapsulación de EGCG en nanopartículas lipídicas para evitar su oxidación y así conservar sus propiedades.

Otra molécula con alto poder antioxidante presente en el té verde, es la enzima superóxido dismutasa (SOD), la cual se pierde durante la preparación tradicional del té. Se han desarrollado diferentes alternativas para procesar el té verde, una de ellas es en forma de polvo, para lo cual dicho polvo se reduce a 1,000 nm por molienda en seco . Como resultado de la molienda se tiene un aumento de varias decenas de veces en la actividad de la enzima SOD. Es decir que al preparar un té con este polvo micro fino, se estará ingiriendo un poderoso antioxidante además que se mejora la digestión y absorción de nutrientes en el organismo.



En la industria de la bebidas se está buscando usar las nanoemulsiones (base lipídica), ya que estas tienen tamaños de gota mucho menores que las longitudes de onda visibles; por lo tanto, la mayoría de las nanoemulsiones parecen ópticamente transparente. Esta es una característica muy favorable para su aplicación como portadores de nutrientes, sin comprometer el color y sabor de estos productos.

### **Aditivos alimentarios**

Los aditivos alimentarios son sustancias que normalmente no se consumen como alimentos, sino que se añaden intencionalmente a los alimentos. Los aditivos alimentarios se clasifican en muchas clases como por ejemplo, reguladores de la acidez, antioxidantes, colorantes, emulsionantes, conservantes, estabilizantes, edulcorantes y espesantes.

Un aditivo ampliamente usado es el dióxido de silicio grado alimenticio, utilizado en alimentos y otros productos como un agente estabilizador, eliminador de espuma, adsorbente, portador, agente acondicionador, agente de enfriamiento, auxiliar de filtración, agente emulsionante, agente de control de la viscosidad, agente contra la sedimentación y antiaglomerante. Actualmente, se está utilizando dicho aditivo de grado alimenticio en forma de un nano óxido de silicio, que es un nanomaterial artificial de alto volumen (es decir, que con menores cantidades de este aditivo se obtienen las propiedades antes mencionadas) y que no tiene tantos efectos negativos al estar en contacto con los seres humanos y el medio ambiente.

Otro aditivo usado en la industria alimenticia es la cúrcuma, la cual tiene una fuerte actividad antioxidante, pero pobre solubilidad en agua y baja estabilidad química, lo que limita su utilización como un nutraceutico. Se han creado nanopartículas que encapsulan la cúrcuma y esto ayuda a que esta exhiba mayores actividades antioxidantes.

Entre los pocos ejemplos de aditivos alimentarios disponibles en forma sintética es el licopeno, que es un carotenoide del tomate, que tiene un tamaño de partícula en el intervalo de 100 nm . Las principales aplicaciones en el área de alimentos del licopeno incluyen refrescos y mezclas para hornear. La adición de licopeno miscible a los alimentos no sólo proporciona el color rojo característico de este compuesto, sino que también aporta ciertos beneficios para la salud. Estudios epidemiológicos reportan que el consumo de licopeno está relacionado con un menor riesgo de cáncer, así como un efecto protector contra una serie de enfermedades cardiovasculares.



Por otra parte, se encuentran los compuestos aromáticos los cuales son un grupo de compuestos sintetizados naturalmente durante la maduración de las frutas a través reacciones enzimáticas. Donde los ésteres son una clase importante de estos compuestos aromáticos, porque dan el aroma a muchas frutas. Las industrias de alimentos y bebidas han utilizado combinaciones de éstos ésteres para dar sabor a helados, dulces, gomas, jugos y néctares artificiales. La industria farmacéutica suelen utilizar sabores de frutas para enmascarar el sabor desagradable de algunos medicamentos. La naturaleza hidrofóbica de la mayoría de estos ésteres obstaculiza su adición a los alimentos y bebidas. Algunos autores tienen como objetivo formular un sistema soluble en agua, una nanoemulsión que pueda ofrecer este sabor a los alimentos o bebidas sin utilizar disolventes orgánicos.

La vitamina A es esencial para la vida en los mamíferos; sin embargo, no puede ser sintetizada y tiene que ser proporcionada por los alimentos, ya que es una vitamina A poco soluble en agua y relativamente inestable durante el procesamiento y almacenamiento de alimentos, por lo cual se han desarrollado numerosas estrategias para evitar su degradación, originalmente para usos farmacéuticos y ahora para aplicaciones nutricionales. Existen muchas estrategias de encapsulación para la vitamina A, donde la nanoencapsulación conduce a un aumento de la absorción de la misma, sin ninguna modificación en la actividad biológica de esta vitamina.

### **Materiales en contacto con alimentos**

Una gran parte de las aplicaciones de las nanopartículas se encuentran en los materiales en contacto con los alimentos donde se pueden encontrar nanocompuestos, empaques activos, así como empaques antimicrobianos. Debido a las amenazas causadas por la contaminación de alimentos con microorganismos, existe un creciente interés en el envasado antimicrobiano, que desempeña un papel crucial en la ampliación de la vida útil de los alimentos. El desarrollo de la nanotecnología está ofreciendo nuevas perspectivas para el desarrollo de nuevos materiales de embalaje.

El desarrollo de nanocompuestos poliméricos con propiedades antimicrobianas ha sido un factor clave para controlar o inhibir el crecimiento de microorganismos y la prevención de enfermedades transmitidas por los alimentos.

Los productos antibacterianos disponibles en el mercado están fabricados sobre una base de polímero adicionado con plata (Ramos, Gómez-Gómez, Cámara, & Ramos, 2016), los cuales son los más utilizados a pesar de que el cobre es considerablemente menos costoso y se ha observado que la incorporación de nanopartículas de cobre como agentes antibacteriano en matrices poliméricas puede generar



nanocompuestos de cobre-polímero con excelentes resultados en la inhibición del crecimiento de un amplio espectro de microorganismos.

Para el envasado de alimentos también hay trabajos de investigación se han centrado en el desarrollo de materiales biodegradables mediante el uso de biopolímeros tales como almidón, carragenina, agar, gelatina, etc. que reemplacen a los polímeros no biodegradables a base de petróleo. Además de trabajos de investigación que están estudiando nuevas síntesis de nanocompuestos híbridos biodegradables utilizando almidón, aminoácido (lisina), polipropilenglicol (PPG) y nanopartículas de ZnO (NPS), que exhiben propiedades de memoria de forma. Se cree que estas películas de nanocompuestos híbridos biodegradables pueden ser útiles en aplicaciones de embalaje de alimentos para mejorar la vida de anaquel de los productos alimenticios.

En los últimos años se han desarrollado materiales híbridos para aplicaciones de envasado activo. La combinación de las características de los polímeros orgánicos e innovaciones en la nanotecnología ha llevado a la creación de nuevos materiales con propiedades extraordinarias. Los que han despertado mayor interés son los biopolímeros combinados con propiedades antioxidantes y antimicrobianas que se degradan en condiciones de compostaje. Estos materiales son el resultado de las demandas actuales de los alimentos frescos, con una mayor vida útil, así como materiales de embalaje naturales con un impacto medioambiental reducido.

Los productos frescos o carnes exhiben algunos olores, sabores, colores o características sensoriales desagradables cuando están en mal estado. Cuando los materiales de envasado impiden una amplia exposición sensorial, los consumidores deben confiar en las fechas límite de venta, que son determinados por los productores en base a un conjunto de suposiciones idealizadas sobre la forma en que el alimento se almacena o transporta. Mientras que la fecha de caducidad de un cartón de leche puede indicar al consumidor que el producto debe ser bueno para un período de dos semanas, esta fecha puede no ser aplicable si la leche se almacena por encima de su temperatura óptima durante una hora, ya sea en un camión de reparto o en un automóvil caliente. Las propiedades químicas y electro-ópticas de algunas nanopartículas ofrecen soluciones a este problema. Algunos tipos de nanomateriales son capaces de detectar la presencia de gases, olores, contaminantes químicos y patógenos, o responder a cambios en ciertas condiciones ambientales.

Con este fin, se han ideado numerosos métodos de detección de gas no invasivo basado en la nanotecnología. Por ejemplo, algunos investigadores han desarrollado una tinta indicadora fotoactivada para la detección de oxígeno en empaques sellados sobre la base de nanopartículas de  $\text{TiO}_2$  o



nanopartículas de SnO<sub>2</sub> y un colorante redox-activo (azul de metileno); este detector cambia gradualmente de color en respuesta a la presencia de pequeñas cantidades de oxígeno.

### Referencias bibliográficas

Auweter, H., H. Bohn, H. Haberkorn, D. Horn, E. Luddecke, and V. Rauschenberger. "Production of Carotenoid Preparations in the Form of Coldwater-Dispersible Powders, and the Use of the Novel Carotenoid Preparations." Google Patents, 1999.

Balaz, P. *Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering*. Springer Berlin Heidelberg, 2010.

Blekas, G. A. "Food Additives: Classification, Uses and Regulation." In *Encyclopedia of Food and Health*, 731-736. Oxford: Academic Press, 2016.

Calder, P. C. "1 - Nutritional Benefits of Omega-3 Fatty Acids." In *Food Enrichment with Omega-3 Fatty Acids*, 3-26: Woodhead Publishing, 2013.

Cushen, M., J. Kerry, M. Morris, M. Cruz-Romero, and E. Cummins. "Nanotechnologies in the Food Industry – Recent Developments, Risks and Regulation." *Trends in Food Science & Technology* 24, no. 1 (2012): 30-46.

Duncan, Timothy V. "Applications of Nanotechnology in Food Packaging and Food Safety: Barrier Materials, Antimicrobials and Sensors." *Journal of Colloid and Interface Science* 363, no. 1 (2011): 1-24.

Edris, Amr E., and Clare R. Malone. "Formulation of Banana Aroma Impact Ester in Water-Based Microemulsion Nano-Delivery System for Flavoring Applications Using Sucrose Laurate Surfactant." *Procedia Food Science* 1, (2011): 1821-1827.

Fabra, M. J., A. López-Rubio, and J. M. Lagaron. "15 - Biopolymers for Food Packaging Applications." In *Smart Polymers and Their Applications*, 476-509: Woodhead Publishing, 2014.

Fathi, Milad, M. R. Mozafari, and M. Mohebbi. "Nanoencapsulation of Food Ingredients Using Lipid Based Delivery Systems." *Trends in Food Science & Technology* 23, no. 1 (2012): 13-27.

Ghorbanzade, Tahere, Seid Mahdi Jafari, Sahar Akhavan, and Roxana Hadavi. "Nano-Encapsulation of Fish Oil in Nano-Liposomes and Its Application in Fortification of Yogurt." *Food Chemistry* 216, (2017): 146-152.





Gutiérrez, Claudia. "Las Nanoparticulas: Pequeñas Estructuras Con Gran Potencial." *Contacto Nuclear*, 2005, 24-29.

Ha, Thi Van Anh, Saehoon Kim, Yeri Choi, Hae-Soo Kwak, Sung Je Lee, Jingyuan Wen, Indrawati Oey, and Sanghoon Ko. "Antioxidant Activity and Bioaccessibility of Size-Different Nanoemulsions for Lycopene-Enriched Tomato Extract." *Food Chemistry* 178, (2015): 115-121.

Hannon, Joseph C., Joseph Kerry, Malco Cruz-Romero, Michael Morris, and Enda Cummins. "Advances and Challenges for the Use of Engineered Nanoparticles in Food Contact Materials." *Trends in Food Science & Technology* 43, no. 1 (2015): 43-62.

Kotharangannagari, Venkata Krishna, and Kanny Krishnan. "Biodegradable Hybrid Nanocomposites of Starch/Lysine and ZnO Nanoparticles with Shape Memory Properties." *Materials & Design* 109, (2016): 590-595.

Lee, Soo-Keun, Martin Sheridan, and Andrew Mills. "Novel Uv-Activated Colorimetric Oxygen Indicator." *Chemistry of Materials* 17, no. 10 (2005): 2744-2751.

Man, Gene Chi Wai, Kai On Chu, and Chi Chiu Wang. "16 - Nanoencapsulation of Green Tea Catechins and Its Efficacy A2 - Grumezescu, Alexandru Mihai." In *Novel Approaches of Nanotechnology in Food*, 555-586: Academic Press, 2016.

Peralta-Videa, Jose R., Lijuan Zhao, Martha L. Lopez-Moreno, Guadalupe de la Rosa, Jie Hong, and Jorge L. Gardea-Torresdey. "Nanomaterials and the Environment: A Review for the Biennium 2008–2010." *Journal of Hazardous Materials* 186, no. 1 (2011): 1-15.

Ravichandran, R. "Nanotechnology Applications in Food and Food Processing: Innovative Green Approaches, Opportunities and Uncertainties for Global Market." *International Journal of Green Nanotechnology: Physics and Chemistry* 1, no. 2 (2010): P72-P96.

Sauvant, Patrick, Maud Cansell, Abdessattar Hadj Sassi, and Claude Atgié. "Vitamin a Enrichment: Caution with Encapsulation Strategies Used for Food Applications." *Food Research International* 46, no. 2 (2012): 469-479.

Shibata, T. "Method for Producing Green Tea in Microfine Powder." Google Patents, 2002.

Tamayo, Laura, Manuel Azócar, Marcelo Kogan, Ana Riveros, and Maritza Páez. "Copper-Polymer Nanocomposites: An Excellent and Cost-Effective Biocide for Use on Antibacterial Surfaces." *Materials Science and Engineering: C* 69, (2016): 1391-1409.





---

Yang, Yu, James J. Faust, Jared Schoepf, Kiril Hristovski, David G. Capco, Pierre Herckes, and Paul Westerhoff. "Survey of Food-Grade Silica Dioxide Nanomaterial Occurrence, Characterization, Human Gut Impacts and Fate across Its Lifecycle." *Science of The Total Environment* 565, (2016): 902-912.