



UNIVERSIDAD TECNICA DE BABAHOYO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA DE AGRICULTURA, SILVICULTURA, PESCA Y
VETERINARIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA



TRABAJO DE TITULACIÓN

Componente práctico del examen de carácter Complexivo, presentado al H. Consejo Directivo de la Facultad, como requisito previo a la obtención del título de:

INGENIERA AGROINDUSTRIAL

TEMA:

Nanosensores como una alternativa para la prolongación del tiempo de vida útil de los alimentos precederos

AUTORA:

Jamileth Marianela Castro Cano

TUTOR:

Lic. Daniel Arias Toro PhD.

Babahoyo – Los Ríos – Ecuador

2024

RESUMEN

La aplicación de la nanotecnología en la industria alimentaria ofrece amplias oportunidades gracias a los nanosensores, que son dispositivos capaces de detectar pequeños cambios en las propiedades de los alimentos. Los nanosensores son útiles para predecir la vida de anaquel de los productos alimenticios, además ayuda a tener un control en la producción de etileno para poder tener con certeza cuando un producto va a caducar, se puede controlar la temperatura, la disponibilidad de agua y el grado de madurez del alimento. También ayudan a mejorar la seguridad alimentaria al detectar contaminantes y patógenos, y facilitan el monitoreo en tiempo real de condiciones como la temperatura y la humedad para una gestión eficaz de la cadena de frío, los tipos de nanosensores puede detectar compuestos químicos como pesticidas, antibióticos que afecte el producto alimentario, además de controlar las bacterias patógenas que puedan causar daños a los alimentos.

PALABRAS CLAVES: Cambios, contaminación, deterioro, vida útil.

SUMMARY

The application of nanotechnology in the food industry offers ample opportunities thanks to nanosensors, which are devices capable of detecting small changes in the properties of food. Nanosensors are useful for predicting the shelf life of food products, as well as helping to control ethylene production in order to know with certainty when a product is about to expire, temperature, water availability and the degree of maturity of the food. They also help to improve food safety by detecting contaminants and pathogens, and facilitate real-time monitoring of conditions such as temperature and humidity for effective management of the cold chain, the types of nanosensors can detect chemical compounds such as pesticides, antibiotics that affect the food product, in addition to controlling pathogenic bacteria that can cause damage to food.

KEY WORDS: Changes, contamination, spoilage, shelf life.

INDICE

RESUMEN	II
SUMMARY	III
INDICE	IV
1. CONTEXTUALIZACION	1
1.1. Introducción	1
1.2. Problema de la investigación.....	2
1.3. Justificación de la investigación	3
1.4. Objetivo de la investigación	3
1.4.1. Objetivo general.....	3
1.4.2. Objetivos específicos.....	3
1.5. Línea de investigación.....	3
2. DESARROLLO.....	5
2.1. Marco conceptual	5
2.1.1. Nanotecnología en la Industria Alimentaria.....	5
2.1.2. Beneficios de la nanotecnología	5
2.1.3. Nanosensores.....	5
2.1.4. Clases de nanomateriales para nanosensores.....	5
2.1.4.1. Nanomateriales inorgánicos.....	5

2.1.4.2.	Nanomateriales orgánicos	6
2.1.4.3.	Alótropo de carbono	6
2.1.5.1.	Nanosensores electroquímicos	7
2.1.5.2.	Nanosensores ópticos.....	7
2.1.5.3.	Nanosensores basados en nanopartículas.....	7
2.1.6.	Efectos de la inclusión de los nanosensores para prolongar la vida útil	8
2.1.6.1.	Detección temprana de degradación o contaminación.....	8
2.1.6.2.	Optimización de la calidad y frescura	8
2.1.6.3.	Mejora de la seguridad alimentaria	8
2.1.6.4.	Monitorización en tiempo real	8
2.1.7.	Nanosensores en la industria cárnica	9
2.1.7.1.	Detector de oxígeno	9
2.1.7.2.	Detector de aminas	9
2.1.7.3.	Detector con inmunógenos	9
2.1.8.	Vida útil	10
2.1.9.	Factores que afecta la vida útil del alimento	10
2.1.9.1.	Factores intrínsecos	10
2.1.9.2.	Factores extrínsecos.....	10
2.1.10.	Alimentos perecederos.....	11

2.2.	Metodología.....	11
2.3.	Resultados.....	12
2.4.	Discusión.....	13
3.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	14
3.1.	Conclusiones.....	14
3.2.	Recomendaciones.....	15
4.	REFERENCIAS Y ANEXOS	16
4.1.	Referencias bibliográficas	16
4.2	Anexos	20

1. CONTEXTUALIZACION

1.1. Introducción

La nanotecnología implica la manipulación de la materia a una escala extremadamente pequeña (casi a nivel atómico o molecular) para crear nuevas estructuras, materiales y dispositivos con propiedades únicas (de 1 a 100 nanómetros de tamaño). Los materiales a esta escala tienen propiedades únicas que pueden influir en las interacciones físicas, químicas y biológicas. Por tanto, la investigación, desarrollo y aplicación de estas propiedades son fundamentales para el desarrollo de nuevas tecnologías (Páez, 2022).

Los nanosensores pueden detectar materiales que entran en contacto con los alimentos antes o después de la producción y determinar si contienen microorganismos que causan deterioro y enfermedades, como bacterias, hongos, levaduras, virus o parásitos. Además, es posible identificar la presencia de patógenos específicos como *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* y otros microorganismos cuyas toxinas pueden representar un riesgo para la salud del consumidor (Ramos *et al.*, 2024).

Los avances en la investigación y el desarrollo de la nanociencia marcan avances significativos en la seguridad alimentaria. Desde envases de alimentos que reducen el riesgo de migración tóxica hasta tecnologías mejoradas de detección de patógenos, la nanotecnología está logrando avances significativos en la prevención de riesgos relacionados con los alimentos (Almachi *et al.*, 2021).

Unilever ha implementado nanosensores en su línea de producción en Ecuador, destacándose por su compromiso con la calidad y seguridad alimentaria. Esta tecnología les permite monitorear la composición química y microbiológica de sus productos de forma precisa, detectando tempranamente posibles contaminaciones y garantizando la frescura de sus alimentos. La adopción de nanosensores por parte de Unilever demuestra su liderazgo en innovación tecnológica y su enfoque en ofrecer productos de alta calidad a sus consumidores (Castillo, 2020).

En Agripac, empresa líder en Ecuador, la incorporación de nanosensores en su proceso de producción de alimentos para animales demuestra su compromiso con la innovación y la calidad. Estos nanosensores permiten monitorear de cerca la calidad de sus productos, incluida la detección de metales pesados, asegurando así la frescura y seguridad de los alimentos para animales. Esta adopción tecnológica refuerza la posición de Agripac como una empresa comprometida con la mejora continua y la seguridad alimentaria en el mercado ecuatoriano (El Universo, 2021).

La vida útil de un producto alimenticio es el período de tiempo posterior a la producción durante el cual, en condiciones de almacenamiento controladas, las propiedades sensoriales y fisicoquímicas del alimento se pierden gradualmente y las propiedades microbiológicas del alimento cambian (Carrillo *et al.*, 2014). Los alimentos se ve afectada por muchos factores, como el tipo de ingredientes utilizados, la composición del producto, los procesos de producción utilizados, las condiciones higiénicas durante el procesamiento, envasado, almacenamiento y distribución (Ghosh *et al.*, 2022).

El objetivo de esta revisión bibliográfica es dar a conocer como el uso de los nanosensores podrían prolongar la vida útil de los alimentos perecederos.

1.2. Problema de la investigación

A nivel macroeconómico, Ecuador enfrenta importantes problemas de pérdida y desperdicio de alimentos a lo largo de toda la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumo final, y se estima que cada año se pierde o desperdicia el 15 % de los alimentos producidos en el país. Ante este problema, los alimentos perecederos como frutas, verduras y productos lácteos son especialmente sensibles a factores como la temperatura, la humedad y la contaminación microbiana, lo que los hace más susceptibles a deteriorarse antes de llegar al consumidor final (Junges *et al.*, 2022).

Este problema es relevante en un contexto donde la demanda de alimentos seguros y de alta calidad está en constante crecimiento, al igual que la necesidad de

reducir el impacto ambiental de los procesos industriales y la dependencia a tantos conservantes químicos.

1.3. Justificación de la investigación

El fundamento de esta investigación radica en la necesidad urgente de reducir el desperdicio de alimentos. Para lograrlo, se propone incorporar nanosensores a la cadena de producción de productos alimenticios perecederos. Estos nanosensores permitirían controlar las atmósferas modificadas de los alimentos, lo que a su vez extendería su vida útil y permitiría un control más preciso de los agentes externos. Además, los nanosensores pueden identificar agentes patógenos y compuestos químicos como pesticidas y antibióticos, lo que contribuiría a garantizar la seguridad alimentaria.

1.4. Objetivo de la investigación

1.4.1. Objetivo general

Describir el uso de los Nanosensores como una alternativa para la prolongación del tiempo de vida útil de los alimentos precederos.

1.4.2. Objetivos específicos

- Explicar el funcionamiento de los nanosensores utilizados en la industria alimentaria.
- Detallar los efectos de la inclusión de los nanosensores para prolongar la vida útil.

1.5. Línea de investigación

La presente investigación está enfocada dentro de los dominios de la Universidad Técnica de Babahoyo de Recursos agropecuarios, ambiente, biodiversidad y biotecnología. Pues, la temática de la presente investigación es “Describir los nanosensores como una alternativa para la prolongación del tiempo de

vida útil de los alimentos perecederos”, el mismo que se encuentra enfocado en la línea de: Desarrollo agropecuario, agroindustrial sostenible y sustentable y en la sublínea de: Seguridad y soberanía alimentaria.

2. DESARROLLO

2.1. Marco conceptual

2.1.1. Nanotecnología en la Industria Alimentaria

La nanotecnología está a la vanguardia de la ciencia ya que es una herramienta útil para prolongar la vida útil de los alimentos. También se pueden diseñar alimentos interactivos que emitan colores y sabores según las necesidades del consumidor (Ojeda *et al.*, 2019).

2.1.2. Beneficios de la nanotecnología

La nanotecnología aplicada a los alimentos tiene muchos beneficios, como mejorar la seguridad alimentaria mediante la detección temprana de contaminantes y patógenos como bacterias, virus, hongos (Mehwishs *et al.*, 2022).

2.1.3. Nanosensores

Los nanosensores son dispositivos que utilizan tecnología a escala nanométrica para detectar y medir señales físicas, químicas o biológicas con una alta sensibilidad y selectividad. Estos sensores están compuestos por materiales a nanoescala, lo que les permite interactuar con su entorno de manera extremadamente sensible, detectando cambios incluso a nivel molecular. Los nanosensores pueden ser utilizados en una variedad de aplicaciones, incluyendo la detección de contaminantes en alimentos, la monitorización de la calidad del agua, la medicina diagnóstica y terapéutica, y la seguridad y defensa, entre otros (Abedi *et al.*, 2024).

2.1.4. Clases de nanomateriales para nanosensores

2.1.4.1. Nanomateriales inorgánicos

Los nanosensores para el control de calidad y vida útil de los alimentos se basan en diversos nanomateriales inorgánicos como dióxido de titanio, nanopartículas de oro, nanopartículas de plata, óxido de zinc, puntos cuánticos y nanopartículas magnéticas (Shafiq *et al.*, 2020).

2.1.4.2. Nanomateriales orgánicos

Los nanosensores se desarrollan utilizando nanomateriales orgánicos como películas nanoestructuradas, hidrogeles nanoestructurados, dendrímeros, nanopartículas poliméricas hiperramificadas, estructuras orgánicas covalentes, nanopartículas poliméricas impresas molecularmente, nanopartículas, nanocompuestos poliméricos, etc. Estos materiales se utilizan en el desarrollo de sensores en combinación con polímeros conductores como polianilina, polipirrol y poli(3,4-etilendioxitiofeno), así como nanoformas de celulosa, quitosano y otros biopolímeros (Babu *et al.*, 2021).

2.1.4.3. Alótopo de carbono

Debido a que el carbono puede formar enlaces con otros átomos, puede tener diferentes estructuras alotrópicas (Ghosh *et al.*, 2022).

Estos falótopos de ayudan a la seguridad y la calidad de los alimentos. Por ejemplo, se han desarrollado sensores basados en grafeno para detectar la aflatoxina B1 en muestras de leche, y se han desarrollado otros sensores para detectar metales pesados en los alimentos y el agua. Los nanomateriales de carbono también se utilizan en una variedad de aplicaciones biomédicas y tecnológicas, como el tratamiento del cáncer, la administración de fármacos, la obtención de imágenes celulares y los sensores de gas y humedad (Ghosh *et al.*, 2022).

2.1.5. Tipos de nanosensores

- Nanosensores electroquímicos.
- Nanosensores ópticos.
- Nanosensores basados en nanopartículas
- Nanosensores basados en nanotubos.
- Nanosensores basados en nanofibras
- Nano códigos de barras (Toydemir *et al.*, 2020).

2.1.5.1. Nanosensores electroquímicos

Estos nanosensores utilizan reacciones químicas que generan una corriente eléctrica para detectar sustancias en los alimentos. Pueden detectar la presencia de determinadas moléculas en alimentos y bebidas, como la glucosa o los antioxidantes. Es útil para medir la calidad y frescura de los alimentos y controlar el contenido de nutrientes (Nimal *et al.*, 2022).

2.1.5.2. Nanosensores ópticos

Estos nanosensores utilizan la interacción de la luz con nanomateriales para detectar sustancias en los alimentos. Pueden detectar la presencia de patógenos como bacterias o virus o la concentración de determinados compuestos como vitaminas o toxinas. Control de calidad y seguridad alimentaria (Anh *et al.*, 2022).

2.1.5.3. Nanosensores basados en nanopartículas

Estos nanosensores utilizan nanopartículas como elementos sensibles para detectar sustancias en los alimentos. Las nanopartículas de oro pueden cambiar de color en presencia de determinadas moléculas, lo que les permite detectar la presencia de alérgenos o contaminantes en los alimentos. Ayudan a garantizar la seguridad alimentaria y evitar reacciones alérgicas (Rastogi *et al.*, 2022).

2.1.5.4. Nanosensores basados en nanotubos

Estos nanosensores utilizan nanotubos de carbono u otros materiales para detectar sustancias en los alimentos. Pueden detectar la presencia de gases, como el etileno, que se producen durante la maduración de los frutos, lo que acelera su deterioro. Se pueden utilizar para controlar la maduración y el almacenamiento de los alimentos. Determinar la presencia de estos gases (Biswas *et al.*, 2022).

2.1.6. Efectos de la inclusión de los nanosensores para prolongar la vida útil

2.1.6.1. Detección temprana de degradación o contaminación

Los nanosensores pueden detectar pequeños cambios en las propiedades físicas, químicas o biológicas de los alimentos, lo que permite la detección temprana de la degradación o contaminación de los alimentos. Por ejemplo, pueden detectar la liberación de compuestos volátiles que indican la presencia de microorganismos degradantes. Esta característica permite una respuesta rápida para evitar la propagación de alimentos inseguros (Dobrucka, 2020).

2.1.6.2. Optimización de la calidad y frescura

Los nanosensores brindan una oportunidad sin precedentes para monitorear instantáneamente la calidad y frescura de los alimentos. Pueden detectar cambios sutiles en la composición química, la actividad microbiana y las condiciones ambientales que afectan la calidad del producto. Esto permite a los fabricantes y distribuidores tomar medidas preventivas para preservar la frescura y la calidad de los alimentos durante más tiempo y así reducir el desperdicio de alimentos (Annanouch *et al.*, 2021).

2.1.6.3. Mejora de la seguridad alimentaria

Son materiales poderosos para la detección de contaminantes para prevenir riesgos físicos, químicos y microbiológico, estos nanosensores detecta los niveles muy bajos de compuestos químicos como pesticidas, antibióticos (Anh *et al.*, 2022).

2.1.6.4. Monitorización en tiempo real

Estos nanosensores monitorean los factores extrínsecos y intrínsecos de los alimentos para poder detectar su tiempo de vida útil y controlar estos factores (Patel *et al.*, 2020).

2.1.7. Nanosensores en la industria cárnica

2.1.7.1. Detector de oxígeno

La permeabilidad de gases como el oxígeno debe ajustarse para mantener la calidad higiénica de la carne, ya que el oxígeno acelera el crecimiento de microorganismos aeróbicos y, por tanto, afecta a la conservación de la carne. Actualmente se están desarrollando métodos de detección basados en nanotecnología, como los nanosensores. Por ejemplo, se ha desarrollado una tinta sensible a la luz para detectar oxígeno en envases de carne. La tinta utiliza partículas de dióxido de titanio (TiO₂) o dióxido de estaño (SnO₂) a nanoescala y un tinte activo redox (azul de metileno) que le permite cambiar de color en respuesta a pequeñas cantidades de oxígeno (Nile *et al.*, 2020).

2.1.7.2. Detector de aminas

Los detectores de aminas gaseosas se utilizan para monitorear la calidad de la carne porque las aminas son indicadores de deterioro. En este contexto, se han desarrollado compuestos de nanopartículas de SnO₂ que pueden detectar niveles muy bajos de estas aminas incluso en concentraciones de una poca ppm (Shah *et al.*, 2022).

2.1.7.3. Detector con inmunógenos

Los métodos de detección biológica se basan en interacciones específicas entre antígenos y anticuerpos, como la tecnología de separación inmunomagnética (SIM). Esta tecnología utiliza partículas magnéticas con anticuerpos adheridos y un imán para separar selectivamente los analitos de una matriz alimentaria. Se ha utilizado con éxito para aislar *E. coli* de carne molida fresca con una eficiencia de captura superior al 94 % y sin interferencia de otras especies bacterianas (Jigyasa & Rajput, 2022).

2.1.8. Vida útil

La vida útil de un alimento es el período de tiempo durante el cual un producto alimenticio puede ser almacenado, distribuido y consumido de manera segura, manteniendo sus características organolépticas (como sabor, textura, aroma y apariencia) y sus propiedades nutricionales dentro de los límites especificados. La vida útil de un alimento puede variar considerablemente dependiendo de factores como el tipo de alimento, el método de procesamiento y envasado, las condiciones de almacenamiento y transporte, entre otros (Nardella *et al.*, 2022).

2.1.9. Factores que afecta la vida útil del alimento

2.1.9.1. Factores intrínsecos

- Actividad acuosa o actividad hídrica (a_w)
- Disponibilidad de oxígeno
- Microflora natural y recuentos microbiológicos supervivientes en el producto final
- PH / acidez total
- Potencial de óxido-reducción (Eh)
- Aditivos (sales, especias)
- Bioquímica y química natural del producto
- Formulación del producto (Aconsa, 2020).

2.1.9.2. Factores extrínsecos

Los factores extrínsecos afectan la disponibilidad de oxígeno y potencial redox.

- Temperatura
- Humedad relativa
- Incidencia de luz (ELIKA, 2019).

2.1.10. Alimentos perecederos

Los alimentos perecederos son productos que tienen una vida útil limitada y se echan a perder rápidamente si no se almacenan adecuadamente. Estos alimentos suelen ser frescos e incluyen principalmente frutas, verduras, carnes, pescados, lácteos y productos de panadería. Su vida útil depende de factores como la temperatura, la humedad, la luz y la presencia de microorganismos. Los alimentos perecederos, por su naturaleza, requieren condiciones especiales de almacenamiento como refrigeración o congelación para mantener su calidad e inocuidad. El deterioro de los alimentos perecederos puede manifestarse por cambios de color, textura, sabor y olor y por el crecimiento de microorganismos nocivos para la salud (Arilla, 2021).

2.2. Metodología

Tipo: Revisión bibliográfica.

Diseño: Descriptivo y analítico. Se analizaron estudios previos sobre los nanosensores como una alternativa para la prolongación del tiempo de vida útil de los alimentos perecederos.

Se seleccionó artículos científicos, tesis de grado, tesis de posgrado, revistas académicas, libros y páginas web que cumplan con criterios de relevancia y calidad científica de los últimos años, mediante criterios de inclusión y exclusión definidos previamente. Se priorizaron artículos recientes que aporten información a los objetivos de la investigación. Los instrumentos utilizados comprenderán motores de búsqueda en línea, software de gestión bibliográfica y herramientas de análisis textual como ScienceDirect, Web of Science, BIOSIS Previews, Elsevier, Biological Abstracts, Scielo, Scopus, Latindex, World Wide Science, PubMed, Dialnet y gestores bibliográficos como Mendeley y Zotero para facilitar la organización, categorización y síntesis de la información recopilada.

2.3. Resultados

Resultados del objetivo específico 1

Los nanosensores tienen una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria y cada tipo tiene sus propias ventajas y aplicaciones específicas. Los nanosensores electroquímicos se pueden utilizar para detectar sustancias como la glucosa o los antioxidantes, lo que permite medir la calidad y frescura de los alimentos y realizar pruebas nutricionales. Los nanosensores ópticos pueden detectar eficazmente la concentración de patógenos como bacterias o virus, así como compuestos como vitaminas o toxinas, que son esenciales para la calidad y seguridad de los alimentos. Los nanosensores basados en nanopartículas de oro pueden detectar eficazmente alérgenos o contaminantes en los alimentos, lo que ayuda a garantizar la seguridad alimentaria y prevenir reacciones alérgicas. Finalmente, los nanosensores basados en nanotubos, como los nanotubos de carbono, pueden usarse para detectar gases como el etileno que aceleran el deterioro de la fruta, lo que los hace ideales para monitorear la maduración y el almacenamiento de los alimentos.

Resultados del objetivo específico 2

La incorporación de nanosensores en la industria alimentaria puede aportar importantes beneficios en términos de alargamiento de la vida útil de los productos. Al detectar cambios sutiles en las propiedades físicas, químicas o biológicas de los alimentos, estos dispositivos pueden detectar la degradación o contaminación temprana y ayudar a prevenir la propagación de productos inseguros. Además, los nanosensores mejoran la calidad y la frescura al monitorear continuamente los componentes químicos y microbiológicos, lo que permite a los fabricantes y distribuidores tomar medidas preventivas. También mejoran la seguridad alimentaria al detectar contaminantes y patógenos y facilitan el monitoreo en tiempo real de condiciones como la temperatura y la humedad, lo que permite una gestión eficiente de la cadena de frío.

2.4. Discusión

La investigación de Rastogi *et al.* (2022) los nanosensores ayudan a detectar compuestos químicos como pesticidas en alimentos, antibióticos y bacterias patógenos que deterioran el alimento, en concordancia con Abedi *et al.* (2024).

La investigación de Mehwish *et al.* (2022) destaca que la nanotecnología ofrece beneficios únicos y aun a escala extremadamente pequeña para el control de factores internos y externos del alimento para poder extender la vida útil de los mismo en concordancia con Annanouch *et al.* (2021).

3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

3.1. Conclusiones

Se llega a la conclusión que la aplicación de nanosensores en la industria alimentaria ofrece una amplia gama de beneficios.

Los nanosensores electroquímicos detectan eficientemente sustancias como la glucosa o los antioxidantes, permitiendo medir la calidad y frescura de los alimentos y verificar el contenido de nutrientes. Por otro lado, los nanosensores ópticos son muy importantes para la detección de patógenos y compuestos como vitaminas o toxinas para garantizar la calidad y seguridad de los alimentos.

La introducción de nanosensores en la industria alimentaria puede detectar tempranamente la degradación o contaminación y prevenir la propagación de productos inseguros. Además, mejora la calidad y frescura de los alimentos mediante un seguimiento continuo de su composición química y microbiana, promoviendo medidas preventivas por parte de fabricantes y distribuidores.

3.2. Recomendaciones

Se realiza las siguientes recomendaciones en concordancia a las conclusiones planteadas anteriormente:

- Implementar en las industrias el uso de nanosensores para garantizar la calidad alimentaria.
- Buscar estrategia para incorporar esta tecnología en toda línea de procesos desde la recepción hasta el consumidor final.
- Es fundamental capacitar al personal sobre el uso y la importancia de los nanosensores en la industria alimentaria. También es importante concienciar a los consumidores sobre los beneficios de estas tecnologías para garantizar la seguridad y calidad de los alimentos que consumen.
- Las empresas deben implementar sistemas de monitoreo continuo basados en nanosensores para garantizar la calidad y seguridad de los alimentos en todas las etapas de producción, almacenamiento y distribución.

4. REFERENCIAS Y ANEXOS

4.1. Referencias bibliográficas

- Abedi-Firoozjah, R., Ebdali, H., Soltani, M., Abdolahi-Fard, P., Heydari, M., Assadpour, E., Azizi-Lalabadi, M., Zhang, F., & Jafari, S. M. (2024). Nanomaterial-based sensors for the detection of pathogens and microbial toxins in the food industry; a review on recent progress. *Coordination Chemistry Reviews*, 500, 215545. <https://doi.org/10.1016/j.ccr.2023.215545>
- Aconsa, E. de comunicación. (2020, febrero 14). *Estudio de vida útil: Qué analiza, tipos y por qué es fundamental*. Aconsa. <https://aconsa-lab.com/estudio-de-vida-util-alimentos/>
- Almachi, D., & Valladares, P. B. (2021). El Uso de la Nanotecnología para el desarrollo de empaques alimenticios del sector pesquero. *Química Central*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.29166/quimica.v7i2.3270>
- Anh, N. H., Doan, M. Q., Dinh, N. X., Huy, T. Q., Tri, D. Q., Loan, L. T. N., Hao, B. V., & Le, A. T. (2022). Gold nanoparticle-based optical nanosensors for food and health safety monitoring: Recent advances and future perspectives. *RSC Advances*, 12(18), Article 18. <https://doi.org/10.1039/d1ra08311b>
- Annanouch, F. E., Casanova-Cháfer, J., Alagh, A., Alvarado, M., González, E., & Llobet, E. (2021). Nanosensors for food logistics. *Nanosensors for Smart Agriculture*, 657-683. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-824554-5.00022-7>
- Arilla, D. S. (2021, julio 13). [Desafío logístico] Gestión de productos perecederos. *SCM Logística*. <https://www.scmlogistica.es/gestion-productos-perecederos-desafio-logistico/>
- Babu, P. J., Tirkey, A., & Rao, T. J. M. (2021). A review on recent technologies adopted by food industries and intervention of 2D-inorganic nanoparticles in food packaging applications. *European Food Research and Technology*, 247(12), 2899-2914. <https://doi.org/10.1007/s00217-021-03848-1>

- Carrillo, M., & Munguía, A. (2014). Vida útil de los alimentos / Lifetime food. *CIBA Revista Iberoamericana de las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 2, 32. <https://doi.org/10.23913/ciba.v2i3.20>
- Castillo, J. (2020). *REVISTA INDUSTRIA Y ALIMENTOS* 73. <https://www.revistaindustriayalimentos.com/ediciones/oct-dic2016/files/basic-html/page19.html>
- Dobrucka, R. (2020). Metal nanoparticles in nanosensors for food quality assurance. *Logforum*, 16(2), Article 2. <https://doi.org/10.17270/J.LOG.2020.390>
- El Universo. (2021, octubre 22). *Agripac invierte en tecnología para mejorar procesos de producción e inventarios*. El Universo. <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/agripac-invierte-en-tecnologia-para-mejorar-procesos-de-produccion-e-inventarios-nota/>
- ELIKA. (2019, agosto 14). La vida útil de los Alimentos. *Persona Consumidora*. <https://personaconsumidora.elika.eus/la-vida-util-de-los-alimentos/>
- Ghosh, T., Raj, G. V. S. B., & Dash, K. K. (2022a). A comprehensive review on nanotechnology based sensors for monitoring quality and shelf life of food products. *Measurement: Food*, 7, undefined-undefined. <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2022.100049>
- Ghosh, T., Raj, G. V. S. B., & Dash, K. K. (2022b). A comprehensive review on nanotechnology based sensors for monitoring quality and shelf life of food products. *Measurement: Food*, 7, 100049. <https://doi.org/10.1016/j.meaf00.2022.100049>
- Jigyasa, U., & Rajput, J. K. (2022). Nanomaterial-based sensors as potential remedy for detection of biotoxins. *Food Control*, 135, undefined-undefined. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108686>
- MehwishS, S., Christophe, H., & Iram, A. (2022). A Review on Nanotechnology: Applications in Food Industry, Future Opportunities, Challenges and Potential

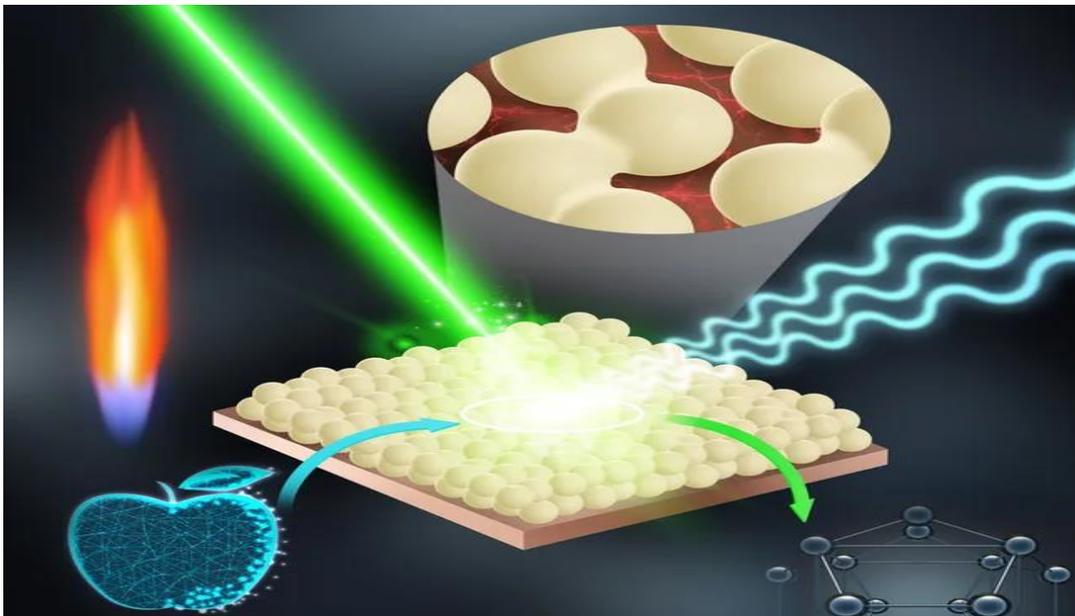
- Risks. *Journal of Nanotechnology and Nanomaterials*, 3(1), Article 1. <https://doi.org/10.33696/nanotechnol.3.029>
- Nardella, S., Conte, A., & Nobile, M. A. D. (2022). State-of-Art on the Recycling of By-Products from Fruits and Vegetables of Mediterranean Countries to Prolong Food Shelf Life. *Foods*, 11(5), Article 5. <https://doi.org/10.3390/foods11050665>
- Nile, S. H., Baskar, V., Selvaraj, D., Nile, A., Xiao, J., & Kai, G. (2020). Nanotechnologies in Food Science: Applications, Recent Trends, and Future Perspectives. *Nano-Micro Letters*, 12(1), 45. <https://doi.org/10.1007/s40820-020-0383-9>
- Nimal, R., Selcuk, O., Kurbanoglu, S., Shah, A., Siddiq, M., & Uslu, B. (2022). Trends in electrochemical nanosensors for the analysis of antioxidants. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 153, undefined-undefined. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2022.116626>
- Ojeda, G. A., Gorman, A. M. A., & Sgroppo, S. C. (2019). La nanotecnología y su aplicación en alimentos. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 12(23), Article 23. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2019.23.67747>
- Páez Aguinaga, T. J. (2022). *Nanotecnología en el mundo: Marco regulatorio*. <http://localhost:8080/xmlui/handle/123456789/4603>
- Patel, G., Pillai, V., Bhatt, P., & Mohammad, S. (2020). Application of nanosensors in the food industry. *Nanosensors for Smart Cities*, 355-368. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819870-4.00020-7>
- Ramos, G. C. D., Zanella, R., Araiza, L. C., & Torres, R. L. (2024). Mundo Nano a 15 años de su lanzamiento: Aportes, avances, retos y perspectivas. *Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología*, 17(32), Article 32. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485691e.2024.32.69818>

- Shafiq, M., Anjum, S., Hano, C., Anjum, I., & Abbasi, B. H. (2020). An overview of the applications of nanomaterials and nanodevices in the food industry. *Foods*, 9(2), Article 2. <https://doi.org/10.3390/foods9020148>
- Shah, V., Bhaliya, J., Patel, G. M., & Joshi, P. (2022). Room-Temperature Chemiresistive Gas Sensing of SnO₂ Nanowires: A Review. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 32(3), Article 3. <https://doi.org/10.1007/s10904-021-02198-5>
- Toydemir, G., Cekic, S. D., Ozkan, G., Uzunboy, S., Avan, A. N., Capanoglu, E., & Apak, R. (2020). Nanosensors for foods. *Food Engineering Series*, 327-375. https://doi.org/10.1007/978-3-030-44552-2_12

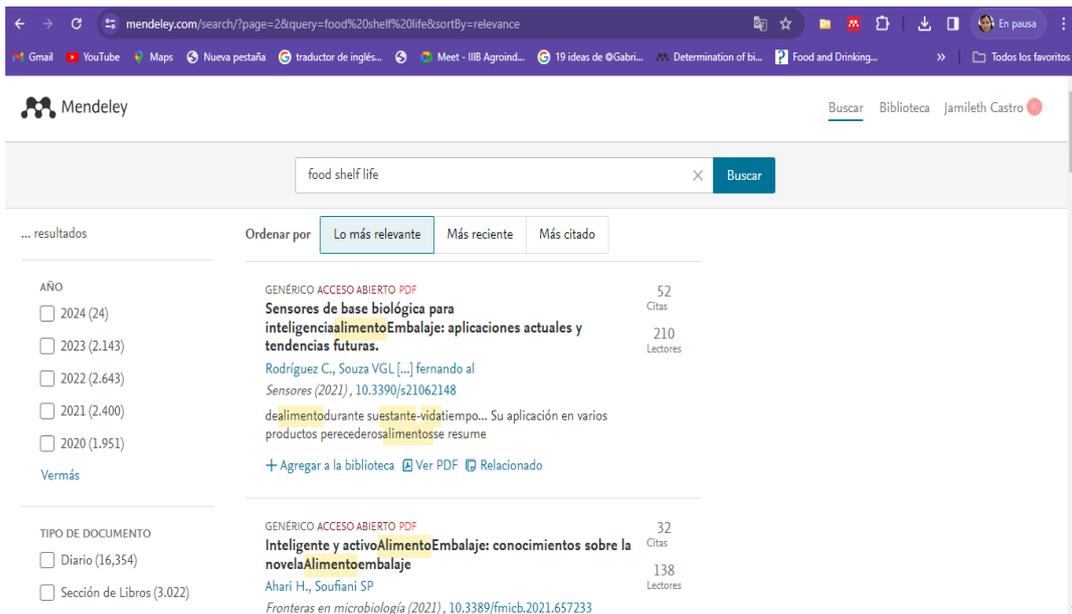
4.2 Anexos



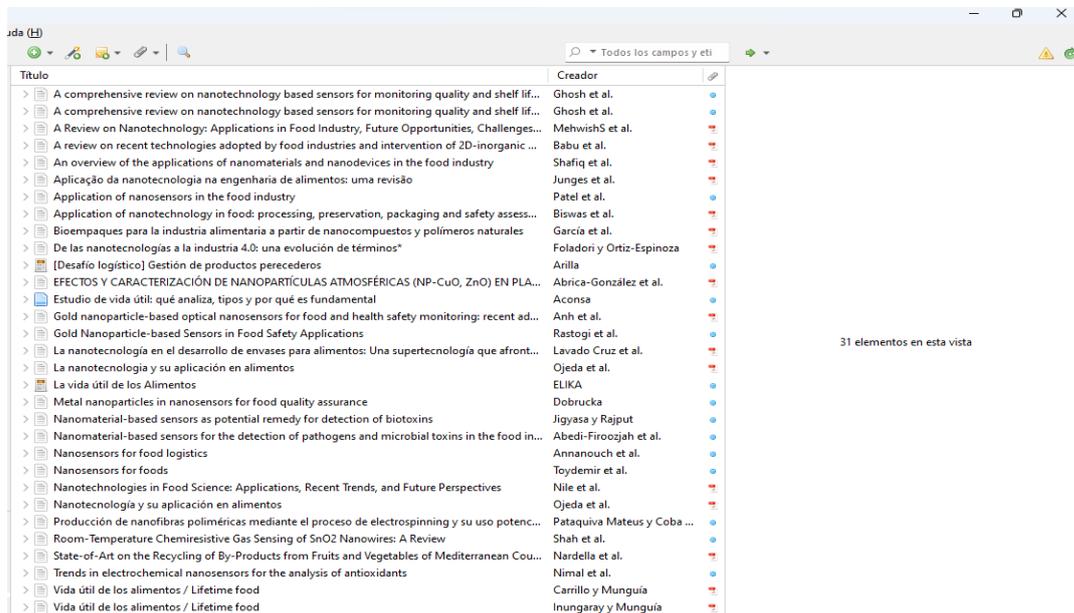
Anexo 1: Nanotecnología en alimentos.



Anexo 2: Nanosensores en alimentos.



Anexo 3: Mendeley



Anexo 4: Base de datos de zotero.