



## Películas con alto poder antimicrobiano: Fundamentos, principales componentes extraídos de subproductos agroindustriales, y aplicaciones

Films with high antimicrobial power: Fundamentals, Main components extracted from agro-industrial by-products, and applications

Giancarlo Cueva-Gordillo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Trujillo. Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú.

ORCID de los autores:

G. Cueva <https://orcid.org/0009-0002-6486-2489>

### RESUMEN

En los últimos años, la industria del envasado ha comenzado a tomar conciencia sobre el impacto ambiental de los materiales utilizados en sus productos. El creciente interés de los consumidores por opciones más ecológicas ha llevado a la industria a enfocarse en la investigación y el desarrollo de alternativas que no solo sean más sostenibles, sino que mantengan y mejoren las características del producto, garantizando una mayor duración y seguridad alimentaria.

Este artículo explora cómo algunos residuos biológicos provenientes de la cadena agrícola y agroindustrial, combinados con agentes antimicrobianos pueden ser aprovechados para crear empaques biodegradables, activos e inteligentes. Estos empaques no solo mejoran la calidad de los alimentos, sino que también ofrecen propiedades de barrera que ayudan a preservar su inocuidad hasta llegar al consumidor final.

**Palabras clave:** Películas; packing; barrera antimicrobiana; agentes patógenos; residuos.

### ABSTRACT

In recent years, the packaging industry has begun to become aware of the environmental impact of the materials used in its products. The growing interest of consumers in greener options has led the industry to focus on research and development of alternatives that are not only more sustainable, but also maintain and improve product characteristics, guaranteeing longer shelf life and food safety. This article explores how some biological waste from the agricultural and agro-industrial chain, combined with antimicrobial agents, can be used to create biodegradable, active and intelligent packaging. These packages not only improve the quality of food, but also offer barrier properties that help preserve its safety until it reaches the final consumer.

**Keywords:** Films; packing; antimicrobial barrier; pathogenic agents; waste.

### 1. Introducción

Desde su origen, los plásticos derivados de recursos petroquímicos han ido penetrando diversas industrias y las rutinas diarias de las personas en todo el mundo. Sin embargo, este

avance ha traído consigo un significativo desafío ambiental, ya que, tras su breve vida útil, solo una pequeña fracción, el 14 %, se recicla (Palechor-Trochez et al., 2021). Las perspectivas para el futuro próximo son sombrías, se estima que para

el año 2050, la cantidad de plásticos en los océanos superará la población de peces, mientras tanto, la demanda mundial de estos materiales continuará aumentando hasta alcanzar las 1321 millones de toneladas métricas para el año 2060 (Barboza et al., 2024). A nivel de Latinoamérica, el consumo per cápita de los plásticos han pasado de 7 kg a más de 30 kg en 40 años, considerando que México, Chile, Brasil y Argentina consumen aproximadamente 50 kg al año (Zapata et al., 2023).

Por otra parte, el empleo de plásticos en el envasado de alimentos conlleva consecuencias negativas para los consumidores, ya que ingieren microplásticos que pueden ocasionar trastornos gastrointestinales, cambios metabólicos, daños en el ADN y estrés oxidativo (Shruti & Kutralam-Muniasamy, 2024).

Ante el problema de la lenta descomposición de los plásticos, los envases biodegradables surgen como una alternativa en la industria gracias a su facilidad de descomposición y las propiedades de barrera favoreciendo así, la conservación de los alimentos (Fatima et al., 2024). Es aquí donde los polímeros obtenidos de fuentes renovables junto con proteínas y lípidos se unen para formar películas y recubrimientos (Isabel et al., 2017). Entre los polisacáridos usados para la formulación de las películas biodegradables se encuentran la celulosa y derivados, quitosano, pectinas de bajo y alto metoxilo, extractos de algas; proteínas como gelatina, caseína, soja, maní; y por lípidos, las ceras vegetales o aceite esencial de plantas (Mederos-Torres et al., 2020). Muchos de estos recursos se encuentran como desechos o merma de la cadena hortofrutícola, solo en Latinoamérica se desperdician 127 millones de toneladas de alimentos anualmente, más del 50 % responden a frutas y hortalizas; lo mismo sucede con los desechos acuícolas (Palma et al., 2021). Sin embargo, para que los empaques biodegradables puedan reemplazar a los plásticos, también deben cumplir funciones técnicas como protección mecánica, contra la luz y humedad, tener ciertas propiedades permeables; así como también, tener una acción de barrera contra microorganismos (Ceylan & Atasoy, 2023).

Para mejorar las propiedades antimicrobianas y capacidad antioxidante de los empaques biodegradables se suele reforzar con agentes

orgánicos como propóleo, chaco y glicerol (Castañón Vilca et al., 2023), aceites esenciales y extractos de plantas (Akrami et al., 2023), gelatina de pescado y quitosano (Zhao et al., 2022) o agentes inorgánicos como las nanopartículas metálicas (Rout & Pradhan, 2024).

Estos envases biodegradables también pueden ser comestibles, tienen un sinnúmero de aplicaciones en diversos alimentos según los recursos utilizados. Por ejemplo, en lácteos, se protege del *S. aureus* y *L. monocytogenes* al queso partiendo de nanopartículas de quitosano y aceite de moringa (Lin et al., 2019); en frutas, evitando la pérdida de agua, reduciendo la actividad enzimática de la polifenol oxidasa y mejorando el flavor (Mousavi et al., 2021); en pescados, mediante el electro hilado evitando el deterioro de músculo y prolongando la vida útil (Song et al., 2022); en cáscaras de embutidos, mejorando propiedades mecánicas a través del colágeno (Suurs & Barbut, 2020), en carnes, reduciendo la oxidación de las grasas a través de películas con alginato de chía (Golpaigani et al., 2023); entre otras.

Por lo mencionado, este estudio tiene como objetivo revalorizar los residuos agroindustriales de diferentes orígenes para ser utilizados como empaques en la misma industria, de esta manera, mantener y reforzar las propiedades de los alimentos que se dispone a toda la población mundial, sobre todo, dando un énfasis en la inocuidad alimentaria.

## 2. Fundamentos en la elaboración de películas

Para la elaboración de películas se requiere de tres componentes fundamentales (Figura 1): biopolímeros que constituyen la estructura, plastificantes que proporcionan elasticidad, y aditivos que mejoran sus propiedades (Sharma & Pathania, 2022).

Estos componentes también pueden clasificarse según su origen y procesamiento en varias categorías: los obtenidos de biomasa o fuentes naturales como polisacáridos, lípidos y proteínas; los derivados de microorganismos o modificaciones genéticas, como la celulosa bacteriana y el polihidroxibutirato (PHB); y los que provienen de estructuras monoméricas biológicas, como el alcohol polivinílico (PVA) (Trajkovska Petkoska et al., 2021).

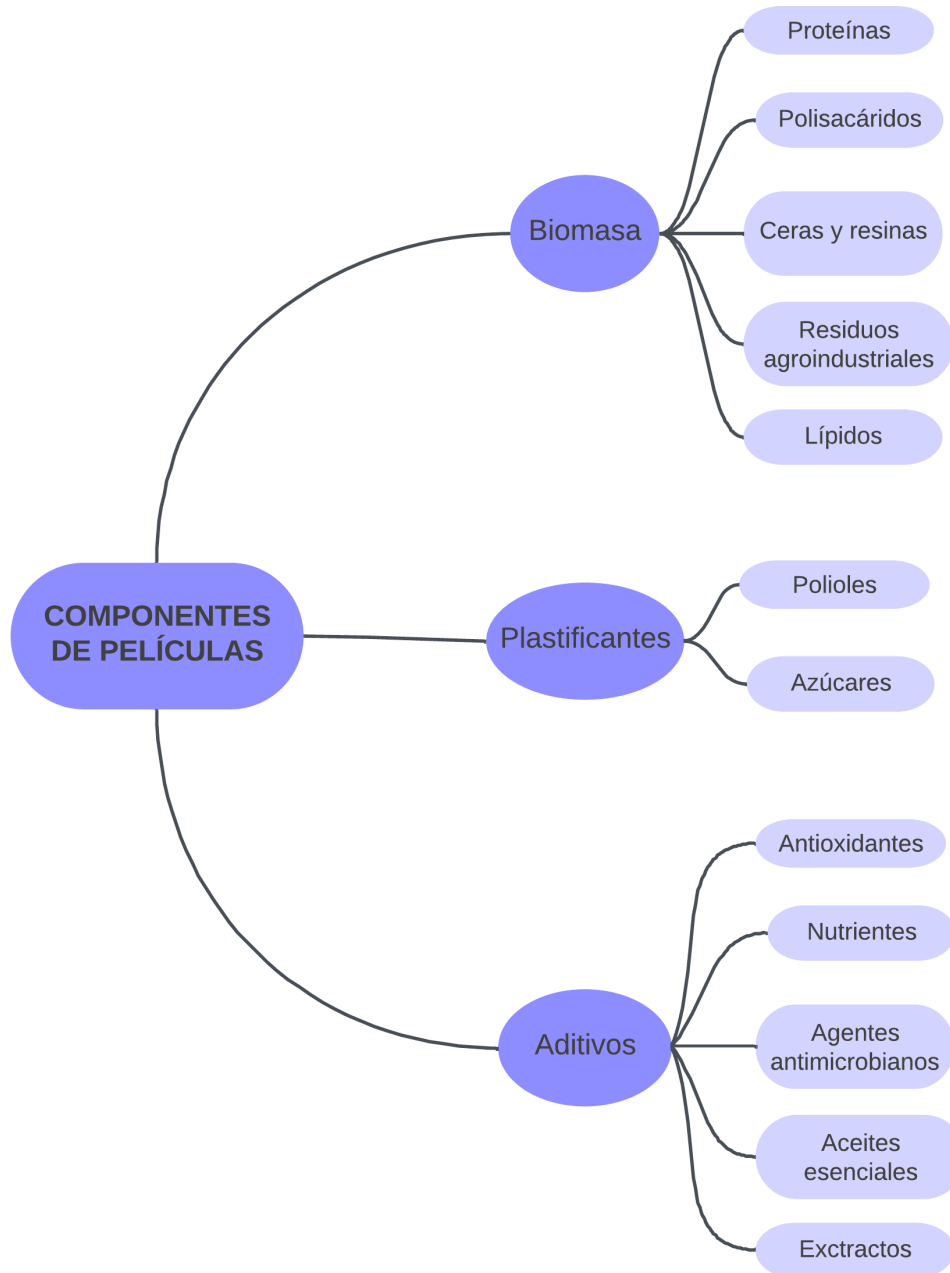


Figura 1. Elementos para la formación de películas.

### 3. Componentes extraídos de residuos agroindustriales como materia prima

La elaboración de películas biodegradables surge como alternativa ante las grandes cantidades de desechos de las industrias agrícolas y agroindustriales (Braun et al., 2022). Estos desechos son producidos luego de la cosecha o elaboración de productos cárnicos; raíces, tubérculos y semillas representan el 25%, frutas y verduras el

21%, carnes el 12% y cereales el 8% (Arun et al., 2020). La importancia de su uso se ve reflejado en la posible extracción de colágeno, enzimas, proteínas, gelatinas, quitina, ácidos grasos, glicerol, celulosa y lignina (Tsang et al., 2019). En la (Figura 2) se observan los componentes extraíbles de algunos residuos de la cadena agrícola y agroindustrial.

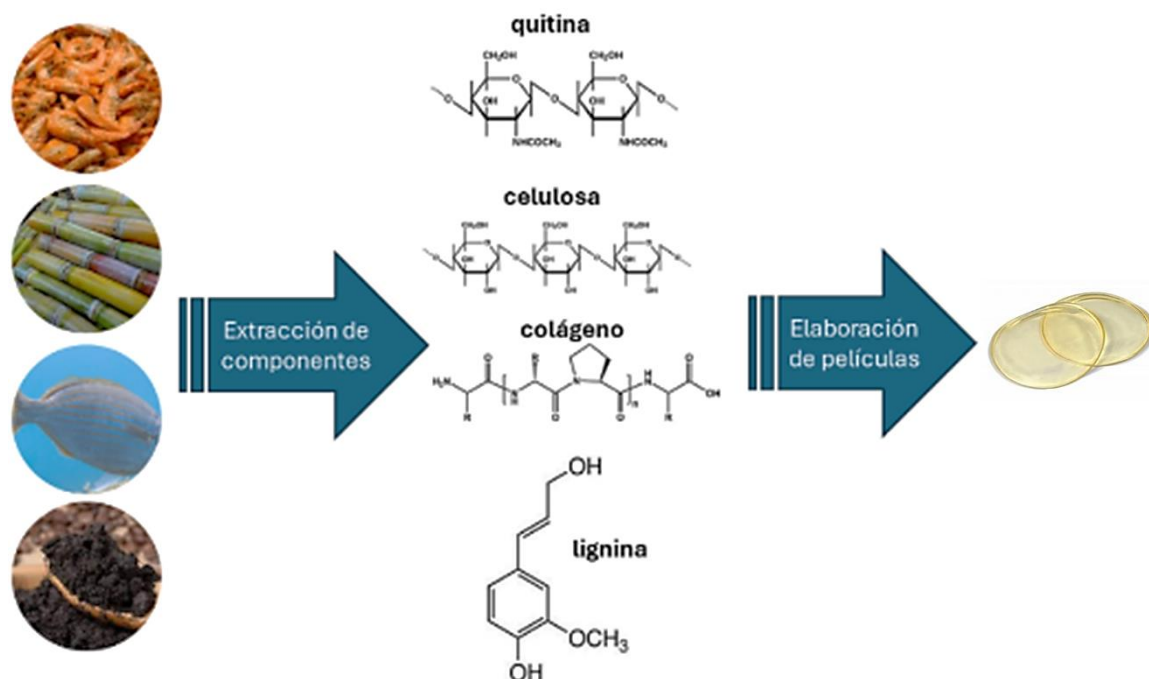


Figura 2. Componentes de residuos agroindustriales para la formación de películas.

#### 4. Agentes antimicrobianos

Parte de los aditivos en la formulación de películas se encuentran los extractos de plantas con antioxidantes naturales como los flavonoides y antocianinas (Munteanu & Vasile, 2019). Además, se han realizado investigaciones en las que se añaden aceites esenciales para aumentar la seguridad alimentaria, prolongar la vida útil del producto al eliminar ciertos microorganismos patógenos, y hacerlo comestible al agregarle sabor (Gavahian et al., 2020). A su vez, los microorganismos, como las bacterias ácido-lácticas pueden evitar el crecimiento de agentes

patógenos en las películas como envases de alimentos (Siracusa et al., 2020).

Por otro lado, también hay agentes antimicrobianos sintéticos, como las nanopartículas metálicas. Su actividad de barrera antimicrobiana se basa en interrumpir la transferencia de electrones a través de la membrana, penetrar la envoltura celular y oxidar componentes celulares (Mohammad et al., 2022).

En la (Tabla 1) se muestran algunos agentes que se añadieron o mezclaron para formar películas y su efecto en ciertos productos.

Tabla 1

Agentes o aditivos antimicrobianos en películas

Agente	Producto	Efecto	Referencia
Quitosano y procianidina	Queso	Mantiene la calidad y sus características nutricionales	(L. Zhang et al., 2021)
Antocianinas extraídas de la rosella	Carne de cerdo	Controla e indica la frescura	(J. Zhang et al., 2019)
Antocianinas extraídas de <i>Lycium ruthenicum</i>	Filetes de lubina negra	Aumenta la vida útil y sirve como indicador de frescura	(Qin et al., 2021)
Quitosano extraído de langostinos	Frutos de chile	Mejora la germinación y el crecimiento de semilla. Controla microorganismos patógenos que se transmiten por las semillas	(Gowda & Sriram, 2023)
Nanopartículas de plata	Mandarina	Retrasó la senescencia de la fruta	(Ali Alharbi et al., 2024)
Carragenina extraída de yuyo	Jamón	Retardó la degradación en 5 días	(Chinchay Gallardo & Rafael Guevara, 2023)
Aceite esencial de hoja de plátano	Tomate	Conserva la calidad	(Alor et al., 2023)
Aceite esencial de <i>Pimpinella saxifraga</i>	Queso fresco	Actividad antioxidante y antimicrobiana	(Tubay-Bermúdez et al., 2024)

### 5. Aplicaciones

Las películas podrían funcionar como un posible sistema de envasado en distinto tipo de alimentos, entre ellos: carnes, frutos secos, panes, frutas y verduras, confitería y cereales. En la (Tabla 2) se observan algunos ejemplos de aplicaciones en alimentos.

### 6. Retos

El desarrollo de los materiales de embalaje comestibles y biopolímeros significa un gran avance para la innovación de la industria alimentaria en cuanto a la mejora de la calidad de los productos y la preservación del medio ambiente. Se observa en la (Figura 3) cómo términos relacionados a propiedades antimicrobianas van

tomando mayor relevancia con el tiempo, siendo uno de los principales el quitosano como agente potencial para aportar propiedades con este fin buscado.

Sin embargo, a pesar de que la elaboración de las películas puede parecer baratos por los insumos que se utilizan producto de los desechos de la industria agroindustrial, aun es un gran problema el escalamiento a grandes volúmenes de producción de las películas. Esto puede deberse a los distintos aditivos y propiedades activas e inteligentes que se les quiere añadir, sin embargo, se debe encontrar un equilibrio para que finalmente las películas elaboradas a base de desperdicios industriales puedan ser el verdadero reemplazo de los plásticos.

Tabla 2

Ejemplos de aplicaciones de las películas en alimentos

Formulación de la película	Aplicación	Referencia
Extracto de cáscara de ajo y nanopartículas de dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> -NPs).	Filete de tilapia fresco	(Youssef et al., 2021)
Pera nopa, glicerol, Tween 20	Inmersión en Kiwi	(Jafarzadeh et al., 2021)
Quitosano y aceite de <i>Artemisia Annua</i> .	Película en tomate cherry	(Robledo et al., 2018)
Nanocompuesto a base de quitosano-carboximetilcelulosa-ácido oleico (CMC-CH-OL) incorporado con diferentes concentraciones (0,5, 1 y 2%) de nanopartículas de óxido de zinc (ZnO NPs).	Películas y recubrimientos sobre pan de trigo rebanado	(Noshirvani et al., 2017)
Alginato de sodio, TiO <sub>2</sub> -NPs y extracto de cáscara	Recubrimiento por inmersión del alimento	(Khan et al., 2023)

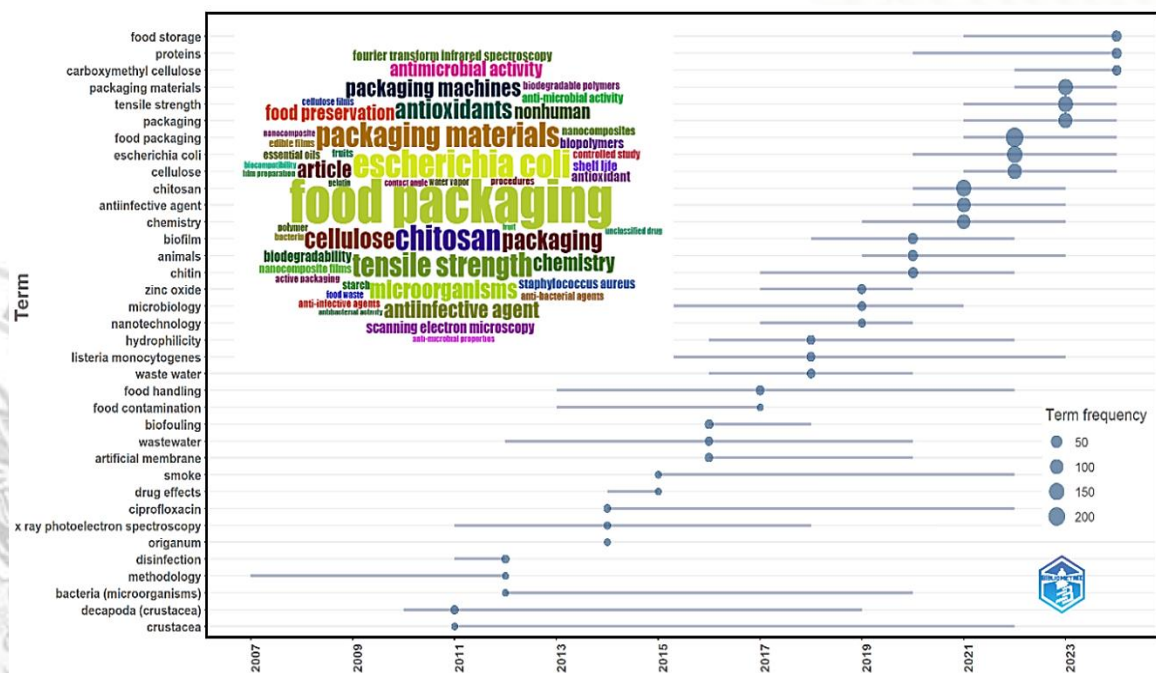


Figura 3. Tendencias en la elaboración de películas antimicrobianas.

## 7. Conclusiones

La industria del embalaje se va transformando por el contexto medioambiental en el que vivimos, tal vez no se pueda enterrar en su totalidad el uso de polímeros derivados de recursos fósiles, sin embargo, las alternativas a este problema ya se encuentran en constante tendencia de crecimiento. En este sentido también se puede rescatar residuos excretados de la producción agrícola y agroindustrial como celulosa, almidón, quitosano, entre otras y añadir agentes antimicrobianos como aceites esenciales o nanopartículas metálicas para enriquecer las mezclas y mejorar las propiedades de barrera antimicrobiana de un alimento. El proceso de esta industria aun está en crecimiento y requiere mayor investigación para que en un futuro se mejoren las características técnicas y bajar el coste producción.

## Referencias bibliográficas

- Akrami, S., Saki, M., Marashi Hossaeini, S. M., Sabahi, S., & Noori, S. M. A. (2023). Application of soy protein-based films and coatings on the shelf life of food products: A mini-review of recent publications with emphasis on nanotechnology. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(2), 1393-1401. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01708-4>
- Ali Alharbi, A., Alghamdi, A. M., Talal Al-Goul, S., Allohbi, A., Baty, R. S., Qahl, S. H., & Beyari, E. A. (2024). Valorizing pomegranate wastes by producing functional silver nanoparticles with antioxidant, anticancer, antiviral, and antimicrobial activities and its potential in food preservation. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 31(1), 103880. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2023.103880>
- Alor, L. A. G., Crispin, N. E. M., Cabrera, D. J. M., & Macavilca, E. A. (2023). Uso de aceites esenciales en el envasado de alimentos. *Peruvian Agricultural Research*, 5(1), Article 1. <https://doi.org/10.51431/par.v1i1.818>
- Arun, K. B., Madhavan, A., Sindhu, R., Binod, P., Pandey, A., R. R., & Sirohi, R. (2020). Remodeling agro-industrial and food wastes into value-added bioactives and biopolymers. *Industrial Crops and Products*, 154, 112621. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112621>
- Barboza, L. G. A., Otero, X. L., & Guilhermino, L. (2024). Microplastic contamination in marine mussels from the Atlantic coast of North Portugal and human risk of microplastic intake through mussel consumption. *Environmental Pollution*, 352, 124133. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2024.124133>
- Braun, R., Hertweck, D., & Eicker, U. (2022). An approach to cluster the research field of the food-energy-water nexus to determine modeling capabilities at different levels using text mining and cluster analysis. *Energy Nexus*, 7, 100101. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100101>
- Castañón Vilca, J. A., Ortiz-Quipe, B. S., Apaza-Cusiatau, C. R., Medrano de Jara, E., Quequezana-Bedregal, M. J., Gutierrez-Oppe, E. E., & Pessôa Filho, P. A. (2023). Evaluation of the barrier and antimicrobial properties of biodegradable films based on potato waste starch containing natural additives. *SN Applied Sciences*, 5(12). Scopus. <https://doi.org/10.1007/s42452-023-05604-4>
- Ceylan, H. G., & Atasoy, A. F. (2023). New Bioactive Edible Packing Systems: Synbiotic Edible Films/Coatings as Carriers of Probiotics and Prebiotics. *Food and Bioprocess Technology*, 16(7), 1413-1428. <https://doi.org/10.1007/s11947-022-02983-1>
- Chinchay Gallardo, E. H., & Rafael Guevara, D. F. (2023). Preparación de bioplásticos a base de yuyo y su evaluación en la preservación activa de alimentos perecibles. *Repositorio Institucional* - UTP. <http://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/8446>
- Fatima, S., Khan, M. R., Ahmad, I., & Sadiq, M. B. (2024). Recent advances in modified starch based biodegradable food packaging: A review. *Heliyon*, 10(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e27453>
- Gavahian, M., Chu, Y.-H., Lorenzo, J. M., Mousavi Khaneghah, A., & Barba, F. J. (2020). Essential oils as natural preservatives for bakery products: Understanding the mechanisms of action, recent findings, and applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(2), 310-321. <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1525601>
- Golpaigani, M. H., Ariaii, P., Ahmadi, M., & Safari, R. (2023). Preservation effect of protein hydrolysate of rainbow trout roe with a composite coating on the quality of fresh meat during storage at 4 ± 1 °C. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 17(3), 2416-2428. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01783-7>
- Gowda, S., & Sriram, S. (2023). Green synthesis of chitosan silver nanocomposites and their antifungal activity against *Colletotrichum truncatum* causing anthracnose in chillies. *Plant Nano Biology*, 5, 100041. <https://doi.org/10.1016/j.plana.2023.100041>
- Isabel, A., Hernández, M., Antonio, R., González, O., Alberto, C., Pereira, P., Quesada, A., Goering, W., & Castillo, C. (2017). *Películas biodegradables con propiedades bioactivas*. <https://sites.google.com/site/1rvcta>
- Jafarzadeh, S., Mohammadi Nafchi, A., Salehabadi, A., Oladzad-abbasabadi, N., & Jafari, S. M. (2021). Application of bio-nanocomposite films and edible coatings for extending the shelf life of fresh fruits and vegetables. *Advances in Colloid and Interface Science*, 291. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2021.102405>
- Khan, O. A., Zaidi, S., Islam, R. U., Naseem, S., & Junaid, P. M. (2023). Enhanced shelf-life of peach fruit in alginate based edible coating loaded with TiO<sub>2</sub> nanoparticles. *Progress in Organic Coatings*, 182, 107688. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107688>
- Lin, L., Gu, Y., & Cui, H. (2019). Moringa oil/chitosan nanoparticles embedded gelatin nanofibers for food packaging against *Listeria monocytogenes* and *Staphylococcus aureus* on cheese. *Food Packaging and Shelf Life*, 19, 86-93. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2018.12.005>
- Mederos-Torres, Y., Bernabé-Galloway, P., & Ramírez-Arrebató, M. Á. (2020). Películas basadas en polisacáridos como recubrimientos biodegradables y su empleo en la postcosecha de los frutos. *Cultivos Tropicales*, 41(3). <https://www.redalyc.org/journal/1932/193266151009/html/>
- Mohammad, Z. H., Ahmad, F., Ibrahim, S. A., & Zaidi, S. (2022). Application of nanotechnology in different aspects of the food industry. *Discover Food*, 2(1), 12. <https://doi.org/10.1007/s44187-022-00013-9>
- Mousavi, S. R., Rahmati-Joneidabad, M., & Noshad, M. (2021). Effect of chia seed mucilage/bacterial cellulose edible coating on bioactive compounds and antioxidant activity of strawberries during cold storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 190, 618-623. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.08.213>
- Munteanu, S. B., & Vasile, C. (2019). Vegetable Additives in Food Packaging Polymeric Materials. *Polymers*, 12(1), 28. <https://doi.org/10.3390/polym12010028>
- Naqash, F., Masoodi, F. A., Ayob, O., & Parvez, S. (2022). Effect of active pectin edible coatings on the safety and quality of fresh-cut apple. *International Journal of Food Science & Technology*, 57(1), 57-66. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15059>
- Noshirvani, N., Ghanbarzadeh, B., Gardrat, C., Rezaei, M. R., Hashemi, M., Le Coz, C., & Coma, V. (2017). Cinnamon and ginger essential oils to improve antifungal, physical and mechanical properties of chitosan-carboxymethyl cellulose films. *Food Hydrocolloids*, 70, 36-45. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.015>
- Palechor-Trochez, J. J., Ramírez-Gonzales, G., Villada-Castillo, H. S., & Solanilla-Duque, J. F. (2021). A review of trends in the development of bionanocomposites from lignocellulosic and polyacids biomolecules as packing material making alternative:

- A bibliometric analysis. *International Journal of Biological Macromolecules*, 192, 832-868. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.10.003>
- Palma, R. M. M., Pérez, A. A. F., & Padilla, M. C. (2021). Recubrimientos comestibles para extender la vida de anaquel de productos hortofrutícolas. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(4), 4605-4625. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v5i4.644](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i4.644)
- Qin, Y., Yun, D., Xu, F., Chen, D., Kan, J., & Liu, J. (2021). Smart packaging films based on starch/polyvinyl alcohol and Lycium ruthenicum anthocyanins-loaded nano-complexes: Functionality, stability and application. *Food Hydrocolloids*, 119, 106850. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106850>
- Robledo, N., Vera, P., López, L., Yazdani-Pedram, M., Tapia, C., & Abugoch, L. (2018). Thymol nanoemulsions incorporated in quinoa protein/chitosan edible films; antifungal effect in cherry tomatoes. *Food Chemistry*, 246, 211-219. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.11.032>
- Rout, S. S., & Pradhan, K. C. (2024). A review on antimicrobial nano-based edible packaging: Sustainable applications and emerging trends in food industry. *Food Control*, 163, 110470. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2024.110470>
- Sharma, S., & Pathania, A. R. (2022). Biodegradable polymers green synthesis of nanoparticle – An overview. *Materials Today: Proceedings*, 62, 3827-3831. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.488>
- Shruti, V. C., & Kutralam-Muniasamy, G. (2024). Migration testing of microplastics in plastic food-contact materials: Release, characterization, pollution level, and influencing factors. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 170, 117421. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117421>
- Siracusa, R., Scuto, M., Fusco, R., Trovato, A., Ontario, M. L., Crea, R., Di Paola, R., Cuzzocrea, S., & Calabrese, V. (2020). Anti-inflammatory and Anti-oxidant Activity of Hidrox® in Rotenone-Induced Parkinson's Disease in Mice. *Antioxidants*, 9(9), 824. <https://doi.org/10.3390/antiox9090824>
- Song, Z., Liu, H., Huang, A., Zhou, C., Hong, P., & Deng, C. (2022). Collagen/zein electrospun films incorporated with gallic acid for tilapia (*Oreochromis niloticus*) muscle preservation. *Journal of Food Engineering*, 317, 110860. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2021.110860>
- Suurs, P., & Barbut, S. (2020). Collagen use for co-extruded sausage casings – A review. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 91-101. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.06.011>
- Trajkovska Petkoska, A., Daniloski, D., D'Cunha, N. M., Naumovski, N., & Broach, A. T. (2021). Edible packaging: Sustainable solutions and novel trends in food packaging. *Food Research International*, 140. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109981>
- Tsang, Y. F., Kumar, V., Samadar, P., Yang, Y., Lee, J., Ok, Y. S., Song, H., Kim, K.-H., Kwon, E. E., & Jeon, Y. J. (2019). Production of bioplastic through food waste valorization. *Environment International*, 127, 625-644. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.03.076>
- Tubay-Bermúdez, C. J., Zambrano-Mendoza, L. A., Vera, M. M. L., Jiménez, K. B. M., & Revilla-Escobar, K. Y. (2024). Aceites esenciales en la conservación de alimentos: Una revisión Essentials oils in food preservation: A review. *Revista Científica y Técnica Agropecuaria, Agroindustrial y Ambiental*, 11(1), Article 1. <http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/article/view/142>
- Youssef, A. M., El-Sayed, H. S., EL-Nagar, I., & El-Sayed, S. M. (2021). Preparation and characterization of novel bionanocomposites based on garlic extract for preserving fresh Nile tilapia fish filets. *RSC Advances*, 11(37), 22571-22584. <https://doi.org/10.1039/D1RA03819B>
- Zapata, A., Civit, B., & Arena, P. (2023). Circularidad de plástico: Revisión bibliográfica desde perspectiva de Análisis de Ciclo de Vida y Economía Circular. *INNOVA UNTREF. Revista Argentina de Ciencia y Tecnología*. <https://www.revistas.untref.edu.ar/index.php/innova/article/view/1777>
- Zhang, J., Zou, X., Zhai, X., Huang, X., Jiang, C., & Holmes, M. (2019). Preparation of an intelligent pH film based on biodegradable polymers and roselle anthocyanins for monitoring pork freshness. *Food Chemistry*, 272, 306-312. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.041>
- Zhang, L., Zhang, Z., Chen, Y., Ma, X., & Xia, M. (2021). Chitosan and procyanidin composite films with high antioxidant activity and pH responsivity for cheese packaging. *Food Chemistry*, 338, 128013. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128013>
- Zhao, Z., Li, Y., & Du, Z. (2022). Seafood Waste-Based Materials for Sustainable Food Packing: From Waste to Wealth. *Sustainability*, 14(24), Article 24. <https://doi.org/10.3390/su142416579>

