

Artículo de divulgación

## Vida útil de frutas y verduras: pérdidas poscosecha y alternativas de envasado sostenibles

*Shelf life of fruits and vegetables: Post-harvest losses and sustainable packaging alternatives*

Brayan Aguiar-Mendoza <sup>1</sup>, Octavio Cota-Arriola <sup>2</sup>, Carmen Lizette Del-Toro-Sánchez <sup>1</sup>, Saúl Ruiz-Cruz <sup>1</sup>, Olga Martín-Belloso <sup>3</sup>, Guadalupe Miroslava Suárez-Jiménez <sup>1,\*</sup>

- 1 Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad de Sonora, Blvd. Luis Encinas y Rosales s/n. Col. Centro, 83000 Hermosillo, Sonora, México,
  - 2 Ingeniería Ambiental, Universidad Estatal de Sonora, Ley Federal del Trabajo S/N, Col. Apolo, Hermosillo 83100, Sonora, México.
  - 3 Departamento de Tecnología, Ingeniería y Ciencia de los Alimentos, Universidad de Lleida, Avenida Rovira Roure, 191, Lleida, España
- \* Autor para correspondencia: [miroslava.suarez@unison.mx](mailto:miroslava.suarez@unison.mx)

### Recibido:

30/06/2026

### Aceptado:

17/09/2026

### Publicado:

21/09/2026

### RESUMEN

El desperdicio de frutas y verduras es una problemática latente a nivel mundial, se calcula que alrededor del 50 % de los productos hortofrutícolas pierden su calidad durante su cosecha, almacenamiento y transporte. Esta situación trae consigo grandes desafíos sociales, ya que la pérdida de alimentos agudiza la situación de miles de personas que padecen hambre, desnutrición o no tienen acceso seguro a una alimentación adecuada. La corta vida útil de estos productos está estrechamente vinculada a tres factores principales: la producción de etileno, la pérdida de agua y el crecimiento microbiano. Como alternativa, tradicionalmente se apostó por el uso de empaques sintéticos para su conservación, sin embargo, estos generan microplásticos y afectan la biodiversidad de muchos ecosistemas cuando no son reciclados. Ante este panorama, surge la necesidad de desarrollar nuevos materiales más ecológicos y funcionales que permitan a los alimentos conservar su frescura durante más tiempo. En la actualidad se innova en el campo de los biopolímeros derivados de subproductos agrícolas y desechos del procesamiento industrial de alimentos, ya que estos constituyen un recurso renovable y biodegradable, y presentan propiedades bioactivas y formadoras de película que los convierten en alternativas prometedoras, alineados con los modelos de economía circular y las políticas de cero desperdicios que se pretenden implantar a nivel mundial.

**Palabras clave:** seguridad alimentaria, biopolímeros, desperdicio alimentario, etileno, residuos plásticos, pérdida de agua

### ABSTRACT

The waste of fruits and vegetables is a persistent global problem; approximately 50% of fresh produce loses quality during harvesting, storage, and transport. This situation poses significant social challenges, as food loss exacerbates the plight of thousands of people who suffer from hunger, malnutrition, or lack secure access to adequate food. The short shelf life of these products is closely linked to three main factors: ethylene production, water loss, and microbial growth. Traditionally, synthetic packaging has been used as a preservation

alternative; however, when not recycled, it generates microplastics and impacts the biodiversity of many ecosystems. Given this situation, there is a need to develop new, more eco-friendly, and functional materials that help food stay fresh longer. Currently, innovation is underway in the field of biopolymers derived from agricultural byproducts and industrial food-processing waste, as these constitute renewable, biodegradable resources and possess bioactive and film-forming properties that make them ideal substitutes, aligned with circular economy models and zero-waste policies currently being implemented worldwide.

**Keywords:** food security, biopolymers, food waste, ethylene, plastic waste, water loss

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, México se ha consolidado como uno de los cinco principales exportadores agrícolas de las Américas. Con 19 millones de hectáreas cosechadas en 2024, el país cubrió el 40 % de las exportaciones mundiales de productos como aguacates, tomates, chiles y bayas (Cano-Espinosa y Méndez-León, 2025). A pesar de este éxito productivo, el verdadero desafío comienza en la poscosecha. A nivel mundial, las frutas y verduras son los alimentos que más se desperdician (40-55 %) durante las etapas de manipulación y almacenamiento, superando a los granos (30 %), semillas oleaginosas (20 %), carnes y productos lácteos (20 %) y pescados (35 %)(Lufu et al., 2020). México refleja esta crisis con el desperdicio anual de 20.4 millones de toneladas de alimentos (Figura 1), que representan el 34 % de la producción nacional y pérdidas de 400 mil millones de pesos (MXN) (Mundo-Rosas et al., 2024).



**Figura 1.** Pérdida y desperdicio de frutas y verduras en un mercado local de Hermosillo, Sonora.

Este fenómeno afecta directamente la seguridad alimentaria; los datos del Consejo Nacional de Evaluación (CONEVAL) reflejan que solo el 57.8 % de la población mantiene una alimentación nutritiva y de calidad, mientras el 42.2 % (53.5 millones) sufre de inseguridad alimentaria y el 8.1 % restante (10.2 millones) enfrenta niveles severos de inseguridad alimentaria, viéndose obligado a privarse de alimentos durante un día o más (Ayala-Zuñiga, 2024).

Para mitigar esta situación, tradicionalmente se han empleado diversos materiales en la fabricación de envases capaces de prolongar la vida útil de los alimentos. No obstante, la dependencia de los plásticos sintéticos derivados del petróleo ha generado una crisis medioambiental (Saberí Rishet et al., 2024). En respuesta a esta problemática, se está apostando por la búsqueda de materiales procedentes de fuentes naturales o generados a partir de residuos; estos, por lo general, constituyen recursos renovables, biodegradables, no tóxicos y reciclables, que destacan por su menor impacto ambiental, mayor sostenibilidad y favorecen la transición hacia un modelo económico circular (Cristofoli et al., 2023).

El objetivo de este trabajo es estudiar los principales factores que determinan la vida útil de las frutas y verduras, la situación y las implicaciones ambientales de los plásticos tradicionales utilizados para el envasado de alimentos, y algunos biopolímeros como posibles sustitutos.

## PRINCIPALES PARÁMETROS QUE DETERMINAN LA VIDA ÚTIL DE FRUTAS Y VERDURAS

La vida útil es un atributo importante de los alimentos, materias primas, ingredientes y productos manufacturados. Esta se define como el periodo de tiempo durante el cual el producto permanecerá inocuo, es decir, conservará sus características sensoriales, químicas, físicas y microbiológicas deseables, cumplirá con las declaraciones y datos nutricionales plasmados en su etiquetado y, consecuentemente, tendrá aceptación por el consumidor (Giménez et al., 2012).

En el caso particular de los productos hortofrutícolas, estos se consideran como organismos vivos cuyos procesos biológicos y metabólicos continúan incluso tras ser cosechados, dando lugar a la maduración y finalmente al envejecimiento, mediante el cual los tejidos comienzan a descomponerse. Según lo reportado, el deterioro poscosecha de frutas y verduras (F & V) se puede minimizar mediante el control de la tasa de respiración y producción de etileno, la pérdida de peso o de humedad y la carga microbiana. Además, resulta de vital importancia el control de las condiciones óptimas de almacenamiento y la correcta aplicación de los diferentes tratamientos poscosecha para extender su vida útil y garantizar óptimas condiciones antes de su consumo (Perez-Vazquez et al., 2023).

## ¿QUÉ ES EL ETILENO?

El patrón de respiración es un parámetro esencial para determinar el tiempo de vida útil, dada su estrecha relación con el proceso de maduración; a su vez, este fenómeno afecta directamente la calidad general de la fruta, el atractivo visual, la fragancia y el sabor. Las frutas se clasifican dentro de dos grandes grupos o categorías: frutos climatéricos (tomate, plátano, mango, aguacate), los cuales se caracterizan por un aumento de la tasa de respiración debido al incremento repentino en la producción de etileno, y los frutos no climatéricos (piña, cítricos, uvas, fresas), en los cuales no existe tal efecto (Saeed et al., 2024).



**Figura 1.** Papel del etileno en la maduración de las frutas.

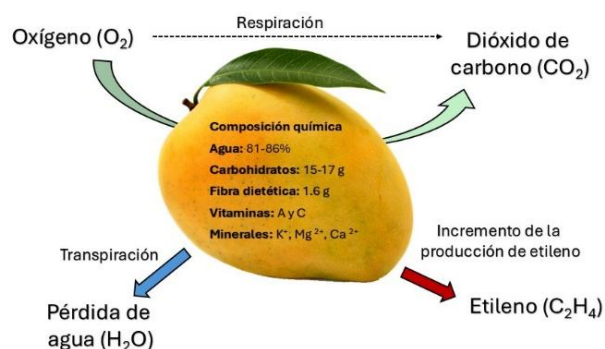
El papel del etileno puede llegar a ser positivo o negativo dependiendo de la fruta y su etapa de maduración

(Figura 1). Para el caso de las frutas climatéricas, es un factor determinante en la pérdida de calidad y comercialización. Esta hormona gaseosa a temperatura (25 °C) y presión (1 atm) atmosférica es biológicamente activa en cantidades mínimas, incluso provenientes de frutas situadas en posiciones consecutivas durante el almacenamiento (Asrey et al., 2023).

El etileno permite que la fruta alcance su punto óptimo de consumo y desarrolle las coloraciones deseadas (rojo-naranja, en el mango) mediante la síntesis de pigmentos (antocianinas y licopeno) y la degradación de la clorofila (verde). Entre de los efectos negativos destacan el ablandamiento excesivo, la pérdida de peso, la disminución de la firmeza y la pérdida de la textura deseable, todo esto influenciado en gran medida por la degradación de la pectina, los polisacáridos y las modificaciones en los componentes de la pared celular (Saeed et al., 2024). Además, su efecto desencadena la degradación de compuestos bioactivos y la emisión de olores desagradables ocasionados por la proliferación o el crecimiento de microorganismos asociados a la sobremaduración (Asrey et al., 2023).

## ¿POR QUÉ LAS FRUTAS PIERDEN PESO CON EL PASO DEL TIEMPO?

Regularmente, el agua constituye aproximadamente el 90 % del peso fresco de una gran variedad de productos frutícolas y, para el caso de los vegetales este contenido es un poco menor, alrededor del 75 %. La pérdida de agua, que también se conoce como pérdida de peso o de humedad, es un fenómeno que ocurre durante el almacenamiento. En el caso particular de las frutas frescas, estas pierden agua al no recibirla del árbol y llevar a cabo el proceso de transpiración (Figura 2). Esta reducción de agua o pérdida de peso es el principal factor que determina la vida útil de los productos hortofrutícolas y se considera un indicador de calidad durante el periodo poscosecha (Lufu et al., 2020).



**Figura 2.** Composición química del mango y mecanismos de pérdida de agua mediante los procesos de transpiración y respiración.

Se ha reportado que las F & V dejan de ser aptas para su comercialización tras pérdidas moderadas del 3–10 % de su contenido de agua, lo que provoca la pérdida de características deseadas como la textura, firmeza, coloración, sabor, contenido de nutrientes. En los casos en que se vuelve excesiva, aumenta la vulnerabilidad ante patógenos, el arrugamiento de la piel, la maduración y, finalmente, la senescencia, afectando su valor de mercado y la aceptación del consumidor (Gidado et al., 2024).

La transpiración es el proceso mediante el cual el agua se moviliza desde el interior de la fruta hacia su piel y finalmente el vapor de agua se difunde a la atmósfera por medio de la cutícula (incluyendo fisuras) y estructuras especializadas como lenticelas, estomas y cicatriz peduncular. Esto se debe a las diferencias en la presión de vapor de agua entre el interior de la fruta y la atmósfera (Lufu et al., 2020).

## DETERIORO MICROBIANO

El deterioro microbiano es la principal causa de desperdicio durante la etapa poscosecha de las F&V, estos agentes pueden introducirse desde el entorno agrícola, la manipulación inadecuada y el procesamiento (Alegbeleye et al., 2022). Estos alimentos presentan características propias que los convierten en medios ideales para la supervivencia, el crecimiento y la propagación microbiana. Los tejidos internos de las F&V presentan gran cantidad de nutrientes, aminoácidos libres y carbohidratos, principalmente almidón, celulosa, hemicelulosa y pectina; estos componentes son aprovechados por los microorganismos, particularmente

los hongos, que producen varias enzimas que degradan estas sustancias para liberar agua y nutrientes que utilizan para su crecimiento (Barth et al., 2009).

Los principales factores que afectan el deterioro microbiano de las F&V son el pH, la temperatura y la actividad del agua. Las frutas presentan valores de pH < 4.5 y gran cantidad de azúcar, lo que favorece el crecimiento de hongos microscópicos (pH: 3–8), mientras que las verduras muestran valores de pH: 4.8–6.5, ideales para la proliferación tanto de hongos como de bacterias (Mafe et al., 2024).

En cuanto a la temperatura, se recomiendan valores entre 0 y 5 °C para el correcto almacenamiento de F & V, a valores más elevados tiende a aumentar la frecuencia respiratoria y la producción de etileno en frutos climatéricos, afectando negativamente la calidad de los productos. En la Tabla 1 se presentan los valores ideales de temperatura para el almacenamiento de algunas frutas y verduras comúnmente consumidas. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que ciertos microorganismos psicotrópicos (bacterias y hongos) logran crecer a bajas temperaturas, las cuales también pueden inducir deterioro por frío. Por otra parte, la exposición a altos niveles de humedad relativa puede favorecer la proliferación microbiana y el rápido deterioro de los productos cosechados (Rajapakshe et al., 2026).

La actividad de agua (aw) se define como “la relación entre la presión parcial de vapor del agua en equilibrio con un alimento y la presión parcial de vapor de saturación del agua en el aire a la misma temperatura”. Su valor varía entre 0 y 1, indicando la cantidad de agua libre en los alimentos para actuar como disolvente, participar en reacciones bioquímicas y el deterioro microbiano. Las F&V presentan una elevada actividad de agua (aw= 0.95–0.99); sin embargo, su reducción no es posible para la comercialización de estos productos frescos, lo cual los vuelve muy susceptibles al deterioro microbiano (Perez-Vazquez et al., 2023).

**Tabla 1.** Condiciones de almacenamiento para prolongar la vida útil de frutas y verduras.

| Alimento                                    | Vida útil  | Temperatura (°C) |
|---------------------------------------------|------------|------------------|
| Tomate<br>( <i>Solanum lycopersicum</i> L.) | 7-11 días  | Ambiente         |
|                                             | 14-20 días | 13 - 15          |

|                                                                           |                   |          |
|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------|
| Tomate cherry<br>( <i>Solanum lycopersicum</i><br>var. Cerasiforme)       | 5-7 días          | Ambiente |
| Mango<br>( <i>Mangifera indica</i> L.)                                    | 6-10 días         | Ambiente |
|                                                                           | 2- 3 semanas      | 10-13    |
| Pepino<br>( <i>Cucumis sativus</i> L.)                                    | 2 - 3 días        | Ambiente |
|                                                                           | 10 -14 días       | 10-12    |
| Papaya<br>( <i>Carica papaya</i> L.)                                      | 2-3 días          | Ambiente |
| Melón ( <i>Cucumis melo</i> L.)                                           | 2-3 semanas       | 7-10     |
| Guayaba<br>( <i>Psidium guajava</i> L.)                                   | 6-8 días          | Ambiente |
| Fresas ( <i>Fragraria x ananassa</i> Duch.)                               | 5 días            | 0-4      |
|                                                                           | 3- 4 días         | 20       |
| Manzana<br>( <i>Malus domestica</i> )                                     | 4-6 meses         | 0-4      |
|                                                                           | 2 semanas         | 25       |
| Piña<br>( <i>Ananas comosus</i> L.)                                       | Hasta 4 semanas   | 10-15    |
| Uva ( <i>Vitis vinifera</i> L.)                                           | 2-3 días          | 25-35    |
|                                                                           | 12- 24 semanas    | -1-0     |
| Aguacate Hass ( <i>Persea americana</i> Mill.)                            | Hasta 4 semanas   | 5        |
| Naranja ( <i>Citrus sinensis</i> L.) Osbeck cv.)                          | 4-8<br>semanas    | 5-6      |
| Naranja Valencia<br>( <i>Citrus sinensis</i> (L.)<br>Osbeck cv. Valencia) | 8-12 semanas      | 3-6      |
| Limón amarillo                                                            | 3-4 semanas       | 13-14    |
| Limón verde/amarillo                                                      | 6 semanas         | 13-14    |
| Limón verde                                                               | 1 - 6 meses       | 13-14    |
| Kiwi<br>( <i>Actinidia deliciosa</i> )                                    | 4 - 6 meses       | 0        |
| Pomelo<br>( <i>Citrus paradisi</i> )                                      | 10 -12<br>Semanas | 8-9      |
| Cereza<br>( <i>Prunus avium</i> L.)                                       | 1-2 semanas       | -1-0.5   |
| Mandarina<br>( <i>Citrus reticulata</i> )                                 | 2-4 semanas       | 5-8      |
| Durazno<br>( <i>Prunus persica</i> L.)                                    | 3-5 días          | 20-25    |

|                                                           |                |       |
|-----------------------------------------------------------|----------------|-------|
|                                                           | 2-5 semanas    | 0     |
| Nectarina<br>( <i>Prunus persica</i> var.<br>Nucipersica) | 2-7<br>semanas | 0     |
| Plátano ( <i>Mussa spp.</i> )                             | 2 semanas      | 12-14 |

## USO E IMPACTO DE PLÁSTICOS EN EL ENVASADO DE ALIMENTOS

El envasado es una técnica de conservación vital para prevenir el desperdicio de F&V, con la cual se pretende extender su vida útil y protegerlos de cualquier daño que pueda afectar su calidad e inocuidad (Figura 3) antes de llegar al consumidor (Rajapakshe et al., 2026). Adicionalmente, los envases facilitan el almacenamiento de los productos, comunican marcas, información nutricional y promueven campañas de marketing que pueden influir en las decisiones finales de compra (Verma et al., 2021).

Los plásticos representan el segundo material más empleado en el envasado de alimentos por detrás del papel y cartón, mostrando una gran versatilidad de formas, bajo costo, durabilidad, ligereza, resistencia, flexibilidad, transparencia, capacidad de termosellado y excelentes propiedades de barrera. Esas características lo hacen ideal para envasar una amplia gama de productos (Kumar et al., 2020).



**Figura 3.** Efectos del envasado sobre la calidad y la vida útil de las F&V.

A nivel mundial, la fabricación de plásticos incrementó desmedidamente de 15 millones de toneladas métricas (MTM) a 359 entre 1964 y 2018; actualmente se producen un total de 430 MTM y se proyecta alcanzar los 500 millones para el año 2050 (González-López et al., 2023). Aproximadamente el 90 % de los plásticos que se producen derivan de combustibles fósiles; se estima que

la producción de plásticos representa entre el 4 y el 8 % del consumo mundial de petróleo y se prevé que alcance el 20 % para el año 2050 (Prasad et al., 2025).

Los plásticos sintéticos derivados del petróleo representan el 37 % del mercado total de materiales de envasado de alimentos, siendo el polietileno (PE), el polipropileno (PP) y la poliamida (PA) los más empleados debido a las propiedades mencionadas anteriormente. Sin embargo, al tratarse de materiales no biodegradables, estos persisten en el ambiente tras su uso original si no existe concientización sobre la importancia de su reciclaje. El 63% de los residuos plásticos del mundo provienen de la industria del envasado y solamente el 14% de los plásticos de un solo uso se llega a reciclar (Narancic et al., 2020). Como consecuencia, gran parte termina impactando negativamente los ecosistemas terrestres y, en mayor medida, los océanos, donde afectan la vida marina y liberan grandes cantidades de microplásticos que terminan en alimentos, medicamentos y demás productos obtenidos a partir de estas fuentes biológicas.

Estas no son las únicas problemáticas, ya que la producción de plásticos favorece el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, la lixiviación de sustancias químicas nocivas (Gamage et al., 2024), la contaminación de los suelos con residuos asociados al deterioro físico del plástico y la emisión de sustancias tóxicas como resultado de la incineración de residuos no reciclables (Narancic et al., 2020).

## **¿QUÉ ESTRATEGIAS EXISTEN ANTE ESTA PREOCUPANTE SITUACIÓN?**

Ante este panorama, los envases biodegradables para alimentos han surgido como una alternativa ecológica y respetuosa con el medio ambiente, ya que los materiales obtenidos de biopolímeros renovables pueden ser degradados en moléculas más pequeñas mediante diferentes tratamientos bióticos y abióticos y disminuir la dependencia generalizada del uso de combustibles fósiles (Gamage et al., 2024). Es muy basta la literatura donde se aborda el uso de biomateriales provenientes de plantas y animales para el envasado de alimentos; destacando biopolímeros a base de polisacáridos como la celulosa, almidón, pectina, alginato, gomas, quitosano; mientras que dentro de los de origen proteico destacan la

zeína, gelatina, colágeno, proteína de la soya, gluten del trigo y caseína (Kumar et al., 2020; Prasad et al., 2025). A pesar de las bondades de estos biomateriales, existen importantes desafíos que frenan su uso a gran escala en el envasado de alimentos: alto costo de producción, incompatibilidad con los métodos de fabricación industrial, poca robustez mecánica, escasa resistencia al vapor de agua y carencia de regulación para su uso industrial.

## **CONCLUSIONES**

La pérdida poscosecha de frutas y verduras en México afecta directamente la seguridad alimentaria de un amplio sector de la población, en especial de las personas más desfavorecidas económicamente. A pesar de los grandes volúmenes de producción de estos alimentos, resulta prácticamente imposible cubrir las necesidades de los consumidores debido a los diferentes factores que reducen drásticamente su tiempo de vida útil y los transforman en productos altamente perecederos.

Los intentos de la industria por preservar la calidad de los productos frescos mediante diversas técnicas de conservación han constituido un gran reto. Sin embargo, hoy en día la situación medioambiental ocasionada por la producción desmedida de plásticos se vuelve insostenible, aunada a los conflictos geopolíticos que se desarrollan producto de disputas por yacimientos de combustibles a lo largo del mundo. Por ello, aumenta la urgencia de desarrollar nuevos materiales alternativos que sustituyan los embalajes derivados de fuentes fósiles y nos permitan apostar por la explotación de fuentes renovables.

Por lo tanto, la transición hacia los biomateriales no es solo una necesidad ambiental para mitigar los daños causados a los diferentes ecosistemas; es un imperativo social y una decisión estratégica sobre el uso de los recursos agotables que se encuentran actualmente en explotación. El desarrollo de tecnologías verdes que prolonguen la frescura del campo mexicano es una herramienta clave para llevar nutrientes a quienes más los necesitan, fortaleciendo así la seguridad alimentaria y el modelo de economía circular. Es importante destacar que aún se trabaja en el desarrollo de biomateriales capaces de exhibir propiedades mecánicas y de barrera similares a las de los plásticos tradicionales.

## Agradecimientos

A la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo para los estudios de posgrado del estudiante Brayan Aguiar Mendoza (CVU 1321840).

## Literatura citada

- Alegbeleye, O., Odeyemi, O. A., Strateva, M., & Stratev, D. (2022). Microbial spoilage of vegetables, fruits and cereals. *Applied Food Research* 2(1). <https://doi.org/10.1016/j.afres.2022.100122>
- Asrey, R., Sharma, S., Barman, K., Prajapati, U., Negi, N., & Meena, N. K. (2023). Biological and postharvest interventions to manage the ethylene in fruit: a review. *Sustainable Food Technology*. 1(6), 803–826. Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/d3fb00037k>
- Ayala Zuñiga, J. A. (2024). La seguridad alimentaria en México. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 5(3), 1515-1525. <https://doi.org/10.56712/latam.v5i3.2135>
- Barth, M., Hankinson, T. R., Zhuang, H., & Breidt, F. (2009). Microbiological Spoilage of Fruits and Vegetables. *Compendium of the Microbiological Spoilage of Foods and Beverages* (135–183). Springer New York. [https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1\\_6](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0826-1_6)
- Cano-Espinosa, D., & Méndez-León, J. R. (2025). The Competitive Dynamics of Mexican Fresh Grapes in the U.S. Market. *World*, 6(1), 31. <https://doi.org/10.3390/world6010031>
- Cristofoli, N. L., Lima, A. R., Tchonkouang, R. D. N., Quintino, A. C., & Vieira, M. C. (2023). Advances in the Food Packaging Production from Agri-Food Waste and By-Products: Market Trends for a Sustainable Development. *Sustainability*, 15(7), 6153. <https://doi.org/10.3390/su15076153>
- Gamage, A., Thiviya, P., Liyanapathirana, A., Wasana, M. L. D., Jayakodi, Y., Bandara, A., Manamperi, A., Dassanayake, R. S., Evon, P., Merah, O., & Madhujith, T. (2024). Polysaccharide-Based Bioplastics: Eco-Friendly and Sustainable Solutions for Packaging. *Journal of Composites Science*, 8(10), 413. <https://doi.org/10.3390/jcs8100413>
- Gidado, M. J., Gunny, A. A. N., Gopinath, S. C. B., Ali, A., Wongs-Aree, C., & Salleh, N. H. M. (2024). Challenges of postharvest water loss in fruits: Mechanisms, influencing factors, and effective control strategies – A comprehensive review. *Journal of Agriculture and Food Research*, 17 (September 2024), 101249. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101249>
- Giménez, A., Ares, F., & Ares, G. (2012). Sensory shelf-life estimation: A review of current methodological approaches. *Food Research International*, 49(1), 311–325. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.07.008>
- González-López, M. E., Calva-Estrada, S. de J., Gradilla-Hernández, M. S., & Barajas-Álvarez, P. (2023). Current trends in biopolymers for food packaging: a review. *Frontiers in Sustainable Food Systems* 7(1225371). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1225371>
- Kumar, S., Mukherjee, A., & Dutta, J. (2020). Chitosan based nanocomposite films and coatings: Emerging antimicrobial food packaging alternatives. *Trends in Food Science and Technology*, 97(March 2020), 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.002>
- Lufu, R., Ambaw, A., & Opara, U. L. (2020). Water loss of fresh fruit: Influencing pre-harvest, harvest and postharvest factors. *Scientia Horticulturae*, 272(October 2020), 109519. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109519>
- Mafe, A. N., Edo, G. I., Makia, R. S., Joshua, O. A., Akpogheli, P. O., Gaaz, T. S., Jikah, A. N., Yousif, E., Isoje, E. F., Igbuku, U. A., Ahmed, D. S., Essaghah, A. E. A., & Umar, H. (2024). A review on food spoilage mechanisms, food borne diseases and commercial aspects of food preservation and processing. *Food Chemistry Advances*, 5(December 2024), 100852. <https://doi.org/10.1016/j.focha.2024.100852>
- Mundo-Rosas, V., Morales-Díaz, L. D., Posadas-Domínguez, R. R., González-Victoria, R. M., Galarde-López, M., & García-Guerra, A. (2024). Characterization and Analysis of Public Policies to Prevent and Manage Food Waste in Mexico.



*Sustainability*, 16(24), 10890.  
<https://doi.org/10.3390/su162410890>

4069–4082. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04964-2>

Narancic, T., Cerrone, F., Beagan, N., & O'Connor, K. E. (2020). Recent advances in bioplastics: Application and biodegradation. *Polymers* 12(4), 920. <https://doi.org/10.3390/POLYM12040920>

Perez-Vazquez, A., Barciela, P., Carpena, M., & Prieto, M. A. (2023). Edible Coatings as a Natural Packaging System to Improve Fruit and Vegetable Shelf Life and Quality. *Foods*, 12(19), 3570. <https://doi.org/10.3390/foods12193570>

Prasad, J., Kumar, N., Pratibha, Jaiswal, R., Yadav, A., Sharma, S. P., Fawole, O. A., & Kaushik, N. (2025). Biopolymer based composite packaging: A sustainable approach for fruits and vegetables preservation. *Applied Food Research*, 5(2), (December 2025), 101211. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.101211>

Rajapakshe, P., Rathnasinghe, N., Guruge, K., Nilmini, R., Jayasinghe, R., Karunaratne, V., Wijesena, R., & Priyadarshana, G. (2026). Strategies to minimize post-harvest waste of fruits and vegetables: Current solutions and future perspectives. *Journal of Future Foods*, 6(3), 400–412. <https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2025.04.013>

Saberi Riseh, R., Vatankhah, M., Hassanisaadi, M., Shafiei-Hematabad, Z., & Kennedy, J. F. (2024). Advancements in coating technologies: Unveiling the potential of chitosan for the preservation of fruits and vegetables. *International Journal of Biological Macromolecules*, 254(January 2024), 127677. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.127677>

Saeed, M., Zhao, L., Rashwan, A. K., Osman, A. I., Chen, Z., Wang, G., Zhou, C., Tu, T., Alabd, A., Jiao, Y., & Gao, Z. (2024). Ethylene-Induced Postharvest Changes in Five Chinese Bayberry Cultivars Affecting the Fruit Ripening and Shelf Life. *Horticulturae*, 10(11), 1144. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10111144>

Verma, M. K., Shakya, S., Kumar, P., Madhavi, J., Murugaiyan, J., & Rao, M. V. R. (2021). Trends in packaging material for food products: historical background, current scenario, and future prospects. *Journal of Food Science and Technology*, 58(11),

**Aviso legal/Nota del editor:** Las declaraciones, opiniones y datos contenidos en todas las publicaciones son exclusivamente de los autores y colaboradores, y no de Agraria ni de sus editores. Agraria y sus editores no se responsabilizan de ningún daño a personas o bienes que resulte de las ideas, métodos, instrucciones o productos mencionados en el contenido.

