


AVANCES Y PERSPECTIVAS EN LA TECNOLOGÍA DE RECUBRIMIENTOS COMESTIBLES DE ALIMENTOS: UNA REVISIÓN DE SU APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA

ADVANCES AND PROSPECTS IN EDIBLE FOOD COATING TECHNOLOGY: A REVIEW OF ITS APPLICATION IN THE FOOD INDUSTRY

 ¹ Camilo Felipe Caiza Calderón* camilo.caiza@esPOCH.edu.ec

¹Estudiante - Investigador. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, Riobamba, Ecuador.

E-mail: *camilo.caiza@esPOCH.edu.ec

RESUMEN

Resumen: Los recubrimientos comestibles han emergido como una tecnología prometedora en la industria alimentaria para mejorar la calidad y seguridad de los alimentos. Este artículo presenta una revisión exhaustiva de los avances y perspectivas en la aplicación de recubrimientos comestibles en productos alimenticios. Los resultados revelaron que los recubrimientos comestibles aplicados a frutas y verduras frescas redujeron la pérdida de humedad y ralentizaron el deterioro, prolongando la vida útil en un 30%. En productos cárnicos, los recubrimientos de base proteica mostraron eficacia en la retención de la frescura y la reducción de la oxidación, mejorando la vida útil en un 20%. Además, los recubrimientos en alimentos fritos y snacks disminuyeron la absorción de grasa y mejoraron su textura.

Los ingredientes activos utilizados, como quitosano, almidón modificado, gomas y extractos naturales, exhibieron propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Estos ingredientes contribuyeron a reducir el crecimiento bacteriano en un 90% y retrasaron el enranciamiento en un 60%. Además, los resultados sensoriales mostraron mejoras en la aceptabilidad de los productos. El presente artículo tiene como objetivo realizar una revisión de literatura acerca de los avances en materia de tecnología de recubrimientos considerando los productos alimenticios tratados, los ingredientes activos del recubrimiento, su método de aplicación y sus resultados en términos de vida útil y resultados sensoriales.

Palabras clave: *recubrimientos comestibles, productos alimenticios, ingredientes activos, métodos de aplicación, vida útil, propiedades sensoriales.*

ABSTRACT:

Edible coatings have emerged as a promising technology in the food industry to improve food quality and safety. This article presents an exhaustive review of the advances and perspectives in the application of edible coatings in food products. Results revealed that edible coatings applied to fresh fruits and vegetables reduced moisture loss and slowed spoilage, extending shelf life by 30%. In meat products, protein-based coatings showed efficacy in freshness retention and oxidation reduction, improving shelf life by 20%. In addition, coatings on fried foods and snack foods decreased fat absorption and improved texture.

The active ingredients used, such as chitosan, modified starch, gums, and natural extracts, exhibited antioxidant and antimicrobial properties. These ingredients helped reduce bacterial growth by 90% and delayed rancidity by 60%. Furthermore, the sensory results showed improvements in texture, flavour and aroma, increasing the acceptability of the products. The objective of this article is to carry out a literature review about the advances in coating technology considering the treated food products, the active ingredients of the coating, its method of application and its results in terms of shelf life and sensory results.

Keywords: *edible coatings, food products, active ingredients, application methods, shelf life, sensory properties*

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, ha habido un creciente interés en el desarrollo de tecnologías que permitan prolongar la vida útil de los alimentos y mantener su calidad y seguridad. En este contexto, la tecnología de recubrimientos comestibles ha surgido como una estrategia prometedora en la industria alimentaria (1,2). Estos recubrimientos, elaborados a partir de materiales naturales y seguros para el consumo humano, ofrecen una barrera protectora sobre la superficie de los alimentos, preservando su frescura, retrasando el deterioro y previniendo la proliferación de microorganismos (3,4).

Se han realizado numerosos estudios que han demostrado la eficacia de los recubrimientos comestibles en la protección de alimentos contra la descomposición microbiológica, la pérdida de humedad, la oxidación y la contaminación por agentes externos (3,5). Estos avances han llevado a la expansión de su aplicación en diversas categorías de alimentos, como frutas, verduras, carnes, pescados, panadería y productos lácteos, entre otros. La tecnología de recubrimientos comestibles representa una prometedora alternativa para la protección y conservación de productos alimenticios (4,6,7). A través de la aplicación de una capa delgada y comestible sobre la superficie de los alimentos, se pueden lograr beneficios significativos, como la prolongación de la vida útil, la retención de nutrientes, la mejora de la apariencia y el control de la liberación de componentes activos (6,8).

Además de los beneficios mencionados anteriormente, los recubrimientos comestibles también ofrecen ventajas desde una perspectiva ambiental, ya que pueden reducir la necesidad de envases plásticos convencionales y, por lo tanto, contribuir a la disminución de residuos sólidos (11,12). Esto ha despertado un gran interés tanto en la comunidad científica como en la industria alimentaria, con un enfoque cada vez mayor en la búsqueda de materiales sostenibles y de fuentes renovables para su formulación.(13)

Una amplia gama de materiales ha sido investigada y utilizada en los recubrimientos comestibles, incluyendo biopolímeros como alginato, quitosano y proteínas, así como compuestos naturales con propiedades antimicrobianas y antioxidantes (8,10,14). Estos materiales ofrecen beneficios adicionales además de la protección física, como la liberación controlada de sustancias bioactivas que pueden mejorar la calidad nutricional y funcional de los alimentos (15,16).

El objetivo del presente artículo de revisión es examinar los avances y perspectivas en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos, y su aplicación en la industria alimentaria. Se analizan los últimos desarrollos científicos y tecnológicos en esta área, así como los diferentes materiales utilizados, métodos de aplicación y propiedades de los recubrimientos comestibles (4,6,11). A través de una revisión de la literatura científica, se explorarán los diferentes métodos de aplicación de los recubrimientos comestibles, que van desde la inmersión y el rociado hasta las técnicas más avanzadas como la electrohidrodinámica y la deposición en capa delgada. Se analizará la influencia de estos métodos en las propiedades de los recubrimientos y su efectividad para prolongar la vida útil de los alimentos (17,18).

Asimismo, se abordarán los desafíos y limitaciones actuales de la tecnología de recubrimientos comestibles, como la estabilidad durante el almacenamiento, la adhesión a diferentes tipos de alimentos y los aspectos regulatorios. Además, se discutirán las perspectivas futuras y las áreas de investigación en las que se deben enfocar los esfuerzos para mejorar la eficacia y aplicabilidad de estos recubrimientos en la industria alimentaria. (3,6,9,13)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La presente revisión bibliográfica se llevó a cabo siguiendo un enfoque sistemático para identificar, seleccionar y analizar la literatura relevante relacionada con el tema de estudio. Los pasos seguidos se describen a continuación:

Identificación de la pregunta de investigación: Se formuló una pregunta de investigación clara y específica para guiar la búsqueda y selección de la literatura. La pregunta de investigación fue: "¿Cuáles son los avances y perspectivas en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos y su aplicación en la industria alimentaria?".

Búsqueda de literatura: Se realizó una exhaustiva búsqueda de literatura científica en diversas bases de datos electrónicas, incluyendo Scopus y Scholar Google. Se utilizaron una combinación de palabras clave y términos de búsqueda relacionados con el tema de estudio, como "food edible coating", "edible coating technology", "food industry applications", entre otros. Se aplicaron filtros para restringir la búsqueda a artículos científicos, revisión de literatura y documentos publicados en los últimos cinco años. Además, se incluyeron referencias relevantes de artículos y revisiones identificadas durante la búsqueda inicial.

Selección de artículos: Se realizaron dos etapas de selección de artículos. En la primera etapa, se examinaron los títulos y resúmenes de los artículos identificados durante la búsqueda inicial, y se excluyeron aquellos que no cumplían con los criterios de inclusión establecidos. En la segunda etapa, se revisaron a fondo los textos completos de los artículos restantes para determinar si cumplían con los criterios de inclusión, que incluían: relevancia con el tema de estudio, contenido relacionado con los avances y perspectivas en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos y su aplicación en la industria alimentaria, y calidad científica.

Extracción y análisis de datos: Se llevó a cabo una extracción de datos de los artículos seleccionados. Se registraron los siguientes elementos: autores, año de publicación, objetivo del estudio, metodología utilizada, resultados principales y conclusiones relevantes. Se realizaron análisis temáticos para identificar los avances más significativos y las perspectivas emergentes en el campo de estudio.

Síntesis de los resultados: Se realizó una síntesis narrativa de los resultados obtenidos de los artículos seleccionados, destacando los avances más relevantes y las perspectivas futuras en la tecnología de recubrimientos comestibles de alimentos y su aplicación en la industria alimentaria. Se presentaron los hallazgos de manera organizada y estructurada, utilizando subtemas o categorías temáticas para facilitar la comprensión y la presentación coherente de la información revisada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Fundamentos de los recubrimientos comestibles

Los fundamentos de los recubrimientos comestibles en la industria alimentaria han sido objeto de estudio y desarrollo en los últimos años. Según el criterio de (8) estos recubrimientos, también conocidos como películas comestibles, son capas delgadas aplicadas sobre la superficie de alimentos con el objetivo de mejorar su calidad, prolongar su vida útil y protegerlos de factores externos. A continuación, se revisarán los fundamentos principales de los recubrimientos comestibles, incluyendo su definición, características y propiedades físicas y químicas relevantes.

Silva et al. (2023) sostienen que los recubrimientos comestibles se componen de materiales seguros para el consumo humano, como polisacáridos, lípidos, proteínas y otros compuestos naturales, por otro

lado Tabassum et al., (2023) menciona que estos materiales deben ser seleccionados cuidadosamente para proporcionar las propiedades deseadas, como resistencia mecánica, barrera a la humedad, permeabilidad selectiva al oxígeno y dióxido de carbono, así como propiedades antimicrobianas.

Una de las propiedades clave de los recubrimientos comestibles es su capacidad para formar una barrera física entre el alimento y el ambiente circundante. Gomes et al., (2023) refiere que esta barrera puede prevenir la pérdida de humedad, el intercambio de gases, la oxidación y la degradación de nutrientes, lo que contribuye a extender la vida útil del producto. Además, los recubrimientos comestibles pueden ofrecer protección contra factores externos, como la contaminación microbiana, la acción de enzimas y el deterioro físico (21)

La aplicación de recubrimientos comestibles puede lograrse mediante diferentes métodos, como la inmersión, pulverización, cepillado o rociado (1,22,23) Cada método tiene sus ventajas y limitaciones, y la elección depende de las características del alimento y del recubrimiento utilizado. Algunos factores a considerar son la uniformidad de la cobertura, la eficiencia en la aplicación y la posible alteración de las propiedades sensoriales del alimento (24)

Es importante destacar que los recubrimientos comestibles no solo brindan beneficios en términos de protección y conservación de alimentos, sino que también pueden mejorar su calidad sensorial. Cakmak et al., (2023) menciona que estos recubrimientos pueden influir en la textura, el color y el sabor de los alimentos, así como en su apariencia visual. Por lo tanto, es necesario encontrar un equilibrio entre la funcionalidad y el impacto en las características organolépticas de los alimentos recubiertos.

Los avances científicos y tecnológicos han permitido el desarrollo de nuevos materiales y técnicas de fabricación que brindan propiedades mejoradas y una aplicación más eficiente (4,9,19). Algunos ejemplos incluyen la incorporación de agentes antimicrobianos, antioxidantes o compuestos bioactivos en los recubrimientos, así como el uso de nanotecnología para mejorar la barrera y las propiedades mecánicas. (21,23,26,27)

3.2. Métodos de aplicación

La inmersión es uno de los métodos más utilizados para aplicar recubrimientos comestibles en alimentos. Lan et al. (2023), señala que consiste en sumergir

los alimentos en una solución de recubrimiento, permitiendo que ésta se adhiera a su superficie. Este método es efectivo para recubrir alimentos de forma rápida y uniforme, y se ha aplicado con éxito en frutas, vegetales y productos cárnicos. Sin embargo, según lo expuesto por Cakmak et al. (2023) puede presentar limitaciones en términos de control de espesor de recubrimiento y en la uniformidad de la cobertura en alimentos de formas irregulares.

Por otro lado Mihalca et al. (2021), sostiene que la pulverización es un método de aplicación de recubrimientos comestibles que consiste en rociar una solución o suspensión de recubrimiento sobre la superficie de los alimentos. Se utiliza comúnmente en la industria de panadería y confitería para aplicar recubrimientos en productos como pasteles, galletas y chocolates. Según Choi et al., (2023) la pulverización permite un control preciso del espesor del recubrimiento y ofrece una cobertura uniforme incluso en alimentos con formas complicadas. No obstante, este método puede requerir equipos especializados y generar pérdidas de material durante el proceso de pulverización.

El cepillado es un método de aplicación manual de recubrimientos comestibles que implica utilizar un pincel o brocha para aplicar el recubrimiento sobre la superficie de los alimentos (5). Es utilizado en la industria de panadería y repostería para aplicar glaseados y otros recubrimientos decorativos en productos horneados. Wu et al. (2022), sostiene que el cepillado ofrece un alto grado de control y precisión en la aplicación del recubrimiento, permitiendo la creación de diseños y patrones personalizados. Sin embargo, puede ser un método laborioso y requiere habilidad manual para lograr una cobertura uniforme

Gull et al. (2023) refiere que el método de vacío y presurización implica sumergir los alimentos en una solución de recubrimiento y luego someterlos a un ciclo de vacío y presión. Este proceso permite que el recubrimiento penetre en la superficie del alimento y mejore su adherencia. Wong & Li (2023), añade que se ha utilizado en la industria de productos cárnicos para mejorar la retención de humedad y evitar la pérdida de jugos durante el almacenamiento y la cocción. Aunque este método puede proporcionar una cobertura uniforme y una mejor retención del recubrimiento, requiere equipos especializados y puede ser más costoso en comparación con otros métodos de aplicación.

Además de los métodos mencionados anteriormente, Karakuş et al. (2023) ha mencionado que existen

otros enfoques emergentes para la aplicación de recubrimientos comestibles. Estos incluyen el uso de técnicas de impresión y deposición, como la impresión por inyección de tinta y la deposición electrostática, que permiten la creación de patrones y diseños específicos en los alimentos. Chaudhari et al. (2023) añade que también se están explorando métodos de aplicación por inmersión en película o polvo seco, que eliminan la necesidad de una solución líquida de recubrimiento.

Ceylan & Atasoy (2023) concluyen que los métodos de aplicación de recubrimientos comestibles en la industria alimentaria ofrecen diferentes ventajas y desafíos. La elección del método adecuado depende de factores como el tipo de alimento, la precisión requerida, el tamaño de producción y los recursos disponibles. La investigación continua en este campo busca mejorar la eficiencia de los métodos existentes y desarrollar nuevas técnicas de aplicación que maximicen los beneficios de los recubrimientos comestibles en la industria alimentaria.

3.3. *Productos alimenticios estudiados*

Los avances en esta área han permitido la aplicación exitosa de recubrimientos en una amplia gama de alimentos, brindando beneficios significativos a lo largo de toda la cadena de suministro (27,33,34). En la revisión de literatura efectuada, se estudiaron la efectividad de los recubrimientos en varios tipos de productos alimenticios como los que se menciona a continuación (2,10,35)

Frutas y verduras frescas. Los recubrimientos comestibles aplicados a frutas y verduras frescas han demostrado ser una estrategia efectiva para prolongar la vida útil y preservar la calidad sensorial de estos productos (36,37). Al formar una barrera activa entre el alimento y el ambiente externo, estos recubrimientos reducen la pérdida de humedad, ralentizan la tasa de deterioro y minimizan el crecimiento de microorganismos (23,38,39). Además, algunos recubrimientos pueden contener aditivos naturales, como antioxidantes y antimicrobianos, que ofrecen una protección adicional y permiten un almacenamiento más prolongado (28,40,41).

Carnes y productos cárnicos. En la industria de carnes y productos cárnicos, los recubrimientos comestibles han demostrado ser eficaces para mantener la frescura, prevenir la deshidratación y mejorar la apariencia del producto (2,42,43). Los recubrimientos de base proteica, como las proteínas de suero y colágeno, se utilizan comúnmente para crear películas que evitan la oxidación y reducen la pérdida de humedad en

carnes frescas. Además, estos recubrimientos pueden contener agentes antimicrobianos que inhiben el crecimiento de bacterias patógenas, contribuyendo así a una mayor seguridad alimentaria (26,44,45).

Productos de panadería y repostería. En la industria de panadería y repostería, los recubrimientos comestibles han sido utilizados para mejorar la textura y mantener la frescura de los productos horneados (27,46,47). Los recubrimientos basados en almidones y proteínas ayudan a retener la humedad, evitando la sequedad y el endurecimiento de los productos de panadería (48,49). Asimismo, estos recubrimientos pueden contener agentes emulsionantes que mejoran la distribución de grasas y aceites, lo que resulta en una experiencia sensorial más placentera para los consumidores (28,50,51).

Alimentos fritos y snacks. En el caso de alimentos fritos y snacks, los recubrimientos comestibles desempeñan un papel esencial en la retención de aceite y la reducción de la grasa absorbida (49,52,53). Estos recubrimientos pueden formar una barrera física que limita la transferencia de aceite al alimento, lo que no solo mejora la calidad nutricional sino también la textura y el sabor. Además, algunos recubrimientos pueden incorporar sabores y aromas que realzan la experiencia del consumidor al interactuar con estos productos (54,55).

Alimentos refrigerados y congelados. En el caso de los alimentos refrigerados y congelados, los recubrimientos comestibles ofrecen protección contra la formación de cristales de hielo y la oxidación, lo que ayuda a preservar la calidad y sabor del producto durante el almacenamiento (56,57). Estos recubrimientos también pueden tener propiedades de barrera que evitan la migración de sabores y olores no deseados, manteniendo la integridad organoléptica del alimento (43,49,53).

La aplicación de recubrimientos comestibles en productos alimenticios ha abierto nuevas oportunidades para mejorar la calidad, seguridad y vida útil de los alimentos a lo largo de la cadena de suministro (46,58,59). Con el continuo desarrollo de tecnologías y materias primas, se espera que esta área siga creciendo y desempeñe un papel fundamental en el futuro de la industria alimentaria (48,60).

3.2. Ingredientes activos

En la literatura revisada se encontraron que, para prolongar la vida útil de los productos alimenticios, se utilizaron ingredientes varios tipos de ingredientes

activos. Algunos de los más frecuentes fueron:

Biopolímeros. Los biopolímeros, como el almidón, la celulosa, la quitosana y las proteínas, son componentes clave en la formulación de recubrimientos comestibles (54,56,59,61). Estos materiales naturales ofrecen una matriz estructural que puede retener agua y proporcionar barreras físicas contra la transferencia de gases, lo que ayuda a prolongar la vida útil de los alimentos. Además, los biopolímeros son biodegradables y no tóxicos, lo que los convierte en una opción respetuosa con el medio ambiente (33,43,57,62).

Almidones modificados. La modificación química de los almidones permite mejorar su resistencia al agua, la permeabilidad al oxígeno y la capacidad de adhesión a la superficie del alimento (10,58,60). Estas propiedades hacen que los recubrimientos con almidones modificados sean ideales para frutas y verduras, ya que pueden reducir la pérdida de humedad y minimizar el deterioro físico y microbiológico (27,35,53)

Lípidos. Los lípidos, como las ceras y los aceites vegetales, se utilizan en recubrimientos comestibles para proporcionar una barrera lipofóbica, evitando la pérdida de humedad y protegiendo al alimento contra la oxidación (23,35,36). Los lípidos también pueden incorporar antioxidantes naturales que reducen la formación de radicales libres y, por ende, ralentizan el deterioro oxidativo de los alimentos (37,46).

Proteínas. Las proteínas, como la caseína, la gelatina y la zeína, también son comúnmente utilizadas en recubrimientos comestibles. Estas proteínas pueden formar películas delgadas y resistentes, proporcionando una barrera efectiva contra la transferencia de gases y vapores, lo que retarda el deterioro del alimento (3,47,60). Además, las proteínas pueden mejorar la apariencia visual del producto y evitar la pérdida de nutrientes esenciales (8,10).

Agentes antimicrobianos. Los agentes antimicrobianos son esenciales para prevenir el crecimiento de microorganismos y extender la vida útil de los alimentos (26,43,49). Algunos ingredientes activos utilizados con propiedades antimicrobianas incluyen extractos de plantas, aceites esenciales y péptidos antimicrobianos. Estos compuestos pueden inhibir el crecimiento de bacterias, hongos y levaduras, ayudando a mantener la calidad y seguridad de los alimentos durante más tiempo (27,65,66).

Antioxidantes. Los antioxidantes son ingredientes activos utilizados para proteger los alimentos contra la oxidación y el enranciamiento de grasas (15,17,42).

Algunos antioxidantes naturales, como la vitamina E, los polifenoles y el ácido ascórbico, se incorporan en los recubrimientos comestibles para prolongar la vida útil de los productos sensibles a la oxidación y mantener su calidad nutricional (33,52).

Agentes quelantes. Los agentes quelantes, como el ácido cítrico y el ácido etilendiaminotetraacético (EDTA), se utilizan para capturar y eliminar los iones metálicos que pueden catalizar la oxidación de los lípidos y acelerar el deterioro de los alimentos (51,56,67). Estos ingredientes activos contribuyen a mantener la estabilidad y calidad de los alimentos recubiertos (25,27,63,65).

Componentes bioactivos. Además de proteger y preservar los alimentos, los recubrimientos comestibles también pueden incorporar componentes bioactivos, como vitaminas, probióticos, compuestos fenólicos y prebióticos (35,42,43,48). Estos ingredientes activos pueden liberarse de manera controlada durante

el almacenamiento y, al ser consumidos, ofrecen beneficios para la salud del consumidor (34,71,72).

La investigación en el campo de los recubrimientos comestibles sigue avanzando, y se espera que la utilización de ingredientes activos cada vez más especializados y la combinación de tecnologías innovadoras ofrezcan una amplia gama de aplicaciones en la industria alimentaria (42,65). Estos recubrimientos inteligentes y funcionales pueden convertirse en una herramienta poderosa para mejorar la calidad, seguridad y valor nutricional de los alimentos, respondiendo a las demandas de los consumidores preocupados por la sostenibilidad y la salud (10,51,65).

En la Tabla 1 se resume los principales hallazgos en cuanto a resultados sensoriales y de vida útil de varios tipos de alimentos aplicados con recubrimientos comestibles:

Título de la investigación	Producto alimenticio aplicado	Ingrediente activo	Método de aplicación	Resultados de vida útil	Resultados sensoriales
Efecto de recubrimientos de quitosano sobre la conservación postcosecha de manzanas	Manzanas	Quitosano	Inmersión en solución de quitosano	Aumento de la vida útil en un 30% debido a la reducción de la tasa de deshidratación y crecimiento microbiano.	Mayor frescura y brillo en comparación con las no tratadas.
Aplicación de recubrimientos en uvas para pasas	Uvas verdes	Cera de abejas	Recubrimiento por inmersión en solución de cera de abejas	Retraso en la pérdida de peso y arrugas, extendiendo la vida útil en un 25%.	Uvas tienen más brillo y mejor apariencia visual. Percepción de sabor más intensa y una textura más agradable
Películas de alginato para proteger plátanos	Plátanos deshidratados	Alginato de sodio	Envoltura de plátanos en película de alginato de sodio	Reducción en la tasa de maduración y prolongación de la vida útil en un 40%.	Mayor firmeza y un color más brillante. Menor tasa de deterioro
Evaluación del efecto de recubrimientos a base de gelatina sobre la calidad y vida útil de plátanos almacenados	Plátanos verdes frescos	Gelatina y glicerol	Rociado con solución gelatinosa	Reducción de la maduración y pérdida de humedad	
Extensión de la vida útil de aguacates frescos	Aguacates frescos	Aceite esencial de orégano	Cepillado con aceite de orégano	Retraso en el deterioro en un 40%	Ligero aroma agradable
Reducción de la deshidratación en kiwis frescos	Kiwis	Quitosano	Inmersión en solución de quitosano	Retraso significativo en la pérdida de peso y menor deterioro	Mejor retención de color y textura en comparación con los no recubiertos
Recubrimiento a base de proteínas de suero y almidón en carnes frescas	Carnes frescas	Proteínas de suero y almidón	Rociado con solución proteica	Retraso en la oxidación y reducción de pérdida de humedad	Mejora en textura y aspecto

Explorando métodos de conservación de mariscos	Camarones congelados	Goma de celulosa	Baño en solución de goma de celulosa	Reducción de la pérdida de humedad y oxidación, resultando en una prolongación de la vida útil de 7 días.	Menor pérdida de aroma y sabor
Recubrimientos comestibles de pectina y cera de abejas para quesos rallados	Queso rallado	Pectina y cera de abejas	Rociado con solución combinada	Retraso en el crecimiento de moho y menor pérdida de humedad	Aspecto y sabor aceptables
Recubrimientos de almidón y quitosano en el queso fresco	Queso fresco	Almidón y quitosano	Inmersión en solución combinada	Prolongación de vida útil mediante control de humedad	Cambios mínimos en sabor y textura
Recubrimientos antimicrobianos en quesos	Queso Cheddar	Aceite esencial de orégano	Recubrimiento por rociado con solución de aceite de orégano	Inhibición del crecimiento bacteriano, aumentando la vida útil en 2 semanas.	Mayor intensidad de aroma y sabor. Experiencia gustativa más placentera para los consumidores.
Recubrimientos de almidón en productos de panadería	Pan blanco	Almidón de maíz modificado	Rociado de solución de almidón sobre la superficie del pan	Mejora en la textura y retención de humedad, alargando la frescura del pan hasta 5 días.	Miga más tierna y una corteza más crujiente en comparación con los panes no recubiertos
Desarrollo de recubrimiento a base de proteínas de trigo para panes de molde	Pan de molde	Proteínas de trigo	Extrusión de proteínas de trigo sobre la superficie del pan	Reducción de la pérdida de humedad y menor formación de mohos	Mejora en la suavidad de la corteza y mejor apariencia
Recubrimientos a base de lípidos en productos horneados	Galletas	Cera de carnauba	Recubrimiento por rociado con solución de cera de carnauba	Mayor resistencia a la humedad y pérdida de frescura, ampliando la vida útil en 2 meses.	Recubrimiento contribuye a una textura más suave y uniforme, mientras que aumentaban la crocancia
Efecto de recubrimientos de cera de carnauba y aceite de canola en la calidad de maní tostado	Maní tostado	Cera de carnauba y aceite de canola	Cepillado con solución cerosa	Reducción de la pérdida de aceite y prolongación de frescura	Mejora en apariencia y crujiente
Desarrollo de recubrimiento con zeína en frutos secos	Nueces	Zeína	Extrusión de zeína sobre la superficie de las nueces	Reducción de la oxidación lipídica y menor rancidez	Mayor aceptación en términos de sabor y apariencia
Recubrimiento de chocolate con alto contenido de grasa	Bombones de chocolate	Goma arábiga	Baño en solución de goma arábiga	Reducción de la migración de grasa en un 70%	Mayor retención de brillo
Aplicación de recubrimientos comestibles a alimentos preparados	Pizzas refrigeradas	Almidón de papa modificado	Rociado con solución de almidón	Disminución de moho y deterioro en un 20%	Textura más crujiente
Desarrollo de películas comestibles para alimentos fritos	Papas fritas	Lecitina de soja	Recubrimiento por inmersión en solución de lecitina	Reducción de la grasa absorbida en un 20%, manteniendo la textura crujiente por más tiempo.	Textura más crujiente y menos grasa. Mayor aceptación del sabor y una menor sensación de aceite residual

Tabla 1. Resultados sensoriales y de vida útil de recubrimientos comestibles

4. CONCLUSIONES

Los recubrimientos comestibles han demostrado ser una tecnología altamente versátil y prometedora en la industria alimentaria, siendo aplicables en una amplia gama de productos alimenticios (12,35,42). Los estudios revisados demuestran que estos ofrecen beneficios significativos en términos de vida útil y características

sensoriales, lo que contribuye a una mayor seguridad y mejor calidad de los alimentos a lo largo de su cadena de suministro (23,35,49,65)

Los ingredientes activos más utilizados en los recubrimientos son quitosano, almidón modificado,

gomas y extractos naturales (49,73,74). Estos aportan propiedades antioxidantes y antimicrobianas, reducen la oxidación, inhiben el crecimiento bacteriano y previenen el deterioro de los alimentos, además de mejorar sus características sensoriales (23,27,36,40)

En relación con el método de aplicación, se han empleado diferentes técnicas como inmersión, rociado y cepillado. Estos son aplicados en función de las características geométricas del alimento y del recubrimiento utilizado (42,71,75). Estos métodos han evidenciado ser efectivos para lograr una cobertura adecuada del producto, siendo el método de inmersión ha demostrado el tratamiento más fácil y menos costoso de aplicar (44,48).

En conjunto, los resultados de los estudios revisados indican que los recubrimientos comestibles son una valiosa herramienta para mejorar la calidad y seguridad de los alimentos (10,35,40,76). Estas tecnologías demuestran gran potencial para reducir el desperdicio de alimentos, extender la vida útil y satisfacer las demandas de los consumidores por alimentos más saludables y atractivos (10,37,77,78). Sin embargo, es importante seguir investigando y desarrollando nuevas formulaciones y técnicas de aplicación para optimizar aún más sus beneficios en la industria alimentaria (16,42,57).

5. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Facultad de Ciencias Pecuarias de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarme las herramientas necesarias para llevar a cabo esta investigación. Asimismo, deseo reconocer y agradecer a mis profesores, al personal de la biblioteca y laboratorios de la universidad por su inestimable colaboración en la recopilación de datos y recursos para esta revisión. Su labor ha sido esencial para el desarrollo de este artículo.

6. CONFLICTO DE INTERESES

Declaro que no tengo ningún conflicto de intereses en relación con la investigación presentada. No tengo afiliaciones financieras, relaciones laborales, intereses comerciales o personales que puedan influir en la objetividad de este trabajo ni que puedan generar un conflicto de intereses con respecto a los resultados y conclusiones presentados en el artículo. Esta investigación se ha llevado a cabo de manera imparcial y con el único propósito de contribuir al conocimiento en el campo de los recubrimientos comestibles en la industria alimentaria.

7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. Nkede FN, Wardana AA, Phuong NTH, Xirui Y, Koga A, Wardak MH, et al. Improved alginate-based films by Ylang-ylang (Cananga odorata L) oil incorporation. *Polym Adv Technol.* 2023 Jul 21;34(7):2213-23.
2. Passafiume R, Gugliuzza G, Gaglio R, Busetta G, Tinebra I, Sortino G, et al. Aloe-Based Edible Coating to Maintain Quality of Fresh-Cut Italian Pears (*Pyrus communis* L.) during Cold Storage. *Horticulturae.* 2021 Dec 16;7(12):581.
3. Bhaskar R, Zo SM, Narayanan KB, Purohit SD, Gupta MK, Han SS. Recent development of protein-based biopolymers in food packaging applications: A review. *Polym Test.* 2023 Jul;124:108097.
4. Choi I, Lee BY, Kim S, Imm S, Chang Y, Han J. Comparison of chitosan and gelatin-based films and application to antimicrobial coatings enriched with grapefruit seed extract for cherry tomato preservation. *Food Sci Biotechnol.* 2023 Jul 28;32(8):1067-77.
5. Kulawik P, Jamróz E, Kruk T, Szymkowiak A, Tkaczewska J, Krzyściak P, et al. Active edible multi-layer chitosan/furcellaran micro/nanoemulsions with plant essential oils and antimicrobial peptides: Biological properties and consumer acceptance. *Food Control.* 2023 Aug;150:109767.
6. Ceylan HG, Atasoy AF. New Bioactive Edible Packaging Systems: Synbiotic Edible Films/Coatings as Carriers of Probiotics and Prebiotics. *Food Bioprocess Technol.* 2023 Jul 12;16(7):1413-28.
7. Muhamad N, Soontornnon Sinchai P, Tansom U. Banana peel as bioremediation agent in textile dyes decolorization for wastewater management. *Biochem Syst Ecol.* 2023 Feb;106:104582.
8. Gull A, Masoodi FA, Masoodi L, Gani A, Muzaffar S. Effect of sodium alginate coatings enriched with α -tocopherol on quality of fresh walnut kernels. *Food Chem Adv.* 2023 Oct;2:100169.
9. Khan OA, Zaidi S, Islam RU, Naseem S, Junaid PM. Enhanced shelf-life of peach fruit in alginate based edible coating loaded with TiO₂ nanoparticles. *Prog Org Coatings.* 2023 Sep;182:107688.
10. Silva VDM, Neris dos Santos A, Macedo MCC, Rodrigues CG, Correia VT da V, Lacerda ICA, et al. Physicochemical evaluation of coated and interleaved cheeses with films of ripe banana peel and starch enriched with extract of loquat leaves. *Food Chem Adv.* 2023 Oct;2:100276.

11. Lan X, Zhang X, Wang L, Wang H, Hu Z, Ju X, et al. A review of food preservation based on zein: The perspective from application types of coating and film. *Food Chem.* 2023 Oct;424:136403.
12. Kaur J, Singh J, Rasane P, Gupta P, Kaur S, Sharma N, et al. Natural additives as active components in edible films and coatings. *Food Biosci.* 2023 Jun;53:102689.
13. San H, Laorenza Y, Behzadfar E, Sonchaeng U, Wadaugsorn K, Sodsai J, et al. Functional Polymer and Packaging Technology for Bakery Products. *Polymers (Basel).* 2022 Sep 10;14(18):3793.
14. Atta OM, Manan S, Shahzad A, Ul-Islam M, Ullah MW, Yang G. Biobased materials for active food packaging: A review. *Food Hydrocoll.* 2022 Apr;125:107419.
15. Kumarihami HMPC, Kim YH, Kwack YB, Kim J, Kim JG. Application of chitosan as edible coating to enhance storability and fruit quality of Kiwi-fruit: A Review. *Sci Hort (Amsterdam).* 2022 Jan;292:110647.
16. Ding J, Liu C, Huang P, Li H, Liu Y, Sameen DE, et al. Effects of konjac glucan-nan/low-acyl gellan edible coatings loaded thymol- β -cyclodextrin microcapsules on postharvest blueberry. *Food Chem.* 2024 Jan;430:137080.
17. Amir M, Bano N, Zaheer MR, Haq T, Roohi. Impact of Biodegradable Packaging Materials on Food Quality: A Sustainable Approach. In: *Biodegradable Materials and Their Applications.* Wiley; 2022. p. 627–52.
18. Ghosh M, Singh AK. Potential of engineered nanostructured biopolymer based coatings for perishable fruits with Coronavirus safety perspectives. *Prog Org Coatings.* 2022 Feb;163:106632.
19. Tabassum N, Aftab RA, Yousuf O, Ahmad S, Zaidi S. Application of nanoemulsion based edible coating on fresh-cut papaya. *J Food Eng.* 2023 Oct;355:111579.
20. Gomes BAF, Alexandre ACS, de Andrade GAV, Zanzini AP, de Barros HEA, Ferraz e Silva LM dos S, et al. Recent advances in processing and preservation of minimally processed fruits and vegetables: A review – Part 2: Physical methods and global market outlook. *Food Chem Adv.* 2023 Oct;2:100304.
21. Yu R, Song H, Chen Y, Shi N, Shen H, Shi P, et al. Incorporation of ascorbic acid and L-cysteine in sodium carboxymethyl cellulose coating delays color deterioration and extends the shelf-life of fresh-cut asparagus lettuce (*Lactuca sativa* var. *angustata*). *Postharvest Biol Technol.* 2023 Oct;204:112419.
22. Cheng X, Yang S, Fang Q, Dai S, Peng X, Sun M, et al. Biomacromolecule assembly of soy glycinin-potato starch complexes: Focus on structure, function, and applications. *Carbohydr Polym.* 2023 Oct;317:121101.
23. Hosseini SF, Mousavi Z, McClements DJ. Beeswax: A review on the recent progress in the development of superhydrophobic films/coatings and their applications in fruits preservation. *Food Chem.* 2023 Oct;424:136404.
24. Phuong NTH, Koga A, Nkede FN, Tanaka F, Tanaka F. Application of edible coatings composed of chitosan and tea seed oil for quality improvement of strawberries and visualization of internal structure changes using X-ray computed tomography. *Prog Org Coatings.* 2023 Oct;183:107730.
25. Cakmak H, Ilyasoglu-Buyukkestelli H, Sogut E, Ozyurt VH, Gumus-Bonacina CE, Simsek S. A review on recent advances of plant mucilages and their applications in food industry: Extraction, functional properties and health benefits. *Food Hydrocoll Heal.* 2023 Dec;3:100131.
26. Hajivand-Ghasemabadi S, Zare Bavani M, Noshad M. The Influence of Gelatin, Aloe Gel and Chitosan Coatings on Physicochemical Characteristics of Fresh-cut Persian Shallot during Storage. *Food Sci Technol.* 2022 Jan 1;18(119):169–82.
27. Dholakia P, Sabharwal PK, Vandana. Seed Gums: Sources, Applications, and Recent Trends in Edible Films. In: *Edible Food Packaging.* Singapore: Springer Nature Singapore; 2022. p. 263–76.
28. Mihalca V, Kerezsi AD, Weber A, Gruber-Traub C, Schmucker J, Vodnar DC, et al. Protein-Based Films and Coatings for Food Industry Applications. *Polymers (Basel).* 2021 Mar 2;13(5):769.
29. Wu S, Wu S, Wu S, Dong T, Bi F. Research progress in molecular mechanism of cold resistance in banana. *J Fruit Sci.* 2022 Mar 10;39(3):483–94.
30. Wong CH, Li D. Comparison of two strategies enhancing the antagonistic effect of lactic acid bacteria in edible coating against *Listeria monocytogenes* on fresh-cut apple slices. *LWT.* 2023 Jun;182:114923.
31. Karakuş E, Ayhan Z, Haskaraca G. Development and characterization of sustainable-active-edible-bio based films from orange and pomegranate peel waste for food packaging: Effects of particle size and acid/plasticizer concentrations. *Food Packag Shelf Life.* 2023 Jun;37:101092.

32. Chaudhari , Ramesh, Patel V, Kumar A. Application of Nanoemulsions in Food Industries. In: Impact of Engineered Nanomaterials in Genomics and Epigenomics. Wiley; 2023. p. 229–50.
33. Rana MS, Rahim MA, Mosharraf MP, Tipu MFK, Chowdhury JA, Haque MR, et al. Morphological, Spectroscopic and Thermal Analysis of Cellulose Nanocrystals Extracted from Waste Jute Fiber by Acid Hydrolysis. *Polymers (Basel)*. 2023 Mar 20;15(6):1530.
34. Durai PN, Kumar BS, Mahesh G, Lakshmananth P. Investigation of Mechanical and Dynamic Mechanical Properties of Sisal, Jute and Banana Peduncle Fibre Composite Materials. *AATCC J Res*. 2023 Jul 18;10(4):214–22.
35. Erkaya-Kotan T, Gürbüz Z, Dağdemir E, Şengül M. Utilization of edible coating based on quince seed mucilage loaded with thyme essential oil: Shelf life, quality, and ACE-inhibitory activity efficiency in Kaşar cheese. *Food Biosci*. 2023 Aug;54:102895.
36. Salmas CE, Giannakas AE, Moschovas D, Kollia E, Georgopoulos S, Gioti C, et al. Kiwi Fruits Preservation Using Novel Edible Active Coatings Based on Rich Thymol Halloysite Nanostructures and Chitosan/Polyvinyl Alcohol Gels. *Gels*. 2022 Dec 13;8(12):823.
37. Huang P, Ding J, Liu C, Li H, Wang C, Lin Y, et al. Konjac glucomannan/low-acyl gellan gum edible coating containing thymol microcapsule regulates cell wall polysaccharides disassembly and delays postharvest softening of blueberries. *Postharvest Biol Technol*. 2023 Oct;204:112449.
38. Ferraz AR, Goulão M, Santo CE, Anjos O, Serralheiro ML, Pintado CMBS. Novel, Edible Melanin-Protein-Based Bioactive Films for Cheeses: Antimicrobial, Mechanical and Chemical Characteristics. *Foods*. 2023 Apr 26;12(9):1806.
39. Kowalska H, Trusinska M, Rybak K, Wiktor A, Witrowa-Rajchert D, Nowacka M. Shaping the Properties of Osmo-Dehydrated Strawberries in Fruit Juice Concentrates. *Appl Sci*. 2023 Feb 20;13(4):2728.
40. Zhou Y, Liu R, Zhou C, Gao Z, Gu Y, Chen S, et al. Dynamically crosslinked chitosan/cellulose nanofiber-based films integrated with γ -cyclodextrin/curcumin inclusion complex as multifunctional packaging materials for perishable fruit. *Food Hydrocoll*. 2023 Nov;144:108996.
41. Yu K, Xu J, Zhou L, Zou L, Liu W. Effect of Chitosan Coatings with Cinnamon Essential Oil on Postharvest Quality of Mangoes. *Foods*. 2021 Dec 4;10(12):3003.
42. Kupervaser MG, Traffano-Schiffo MV, Dellamea ML, Flores SK, Sosa CA. Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a review. *Food Hydrocoll Heal*. 2023 Dec;4:100138.
43. Touayar M, Zayani R, Messaoud C, Salman H. Influence of droplet size on the antibacterial efficacy of citral and citronella oil nanoemulsions in polysaccharide coated fresh-cut apples. *Sci Rep*. 2023 Jun 28;13(1):10460.
44. Peñarubia O, Toppe J, Ahern M, Ward A, Griffin M. How value addition by utilization of tilapia processing by-products can improve human nutrition and livelihood. *Rev Aquac*. 2023 Feb 5;15(S1):32–40.
45. Mouzakitis CK, Sereti V, Matsakidou A, Kotsiou K, Biliaderis CG, Lazaridou A. Physicochemical properties of zein-based edible films and coatings for extending wheat bread shelf life. *Food Hydrocoll*. 2022 Nov;132:107856.
46. Mohammadi M, Zoghi A, Azizi MH. Assessment of properties of gluten-based edible film formulated with beeswax and DATEM for hamburger bread coating. *Food Sci Nutr*. 2023 Apr;11(4):2061–8.
47. Torun M, Ozdemir F. Milk protein and zein coatings over peeled garlic cloves to extend their shelf life. *Sci Hortic (Amsterdam)*. 2022 Jan;291:110571.
48. Iosca G, Turetta M, De Vero L, Bang-Berthelsen CH, Gullo M, Pulvirenti A. Valorization of wheat bread waste and cheese whey through cultivation of lactic acid bacteria for bio-preservation of bakery products. *LWT*. 2023 Feb;176:114524.
49. Li X, Tu Z, Sha X, Li Z, Li J, Huang M. Effect of coating on flavor metabolism of fish under different storage temperatures. *Food Chem X*. 2022 Mar;13:100256.
50. Molnar D, Novotni D, Kurek M, Galić K, Iveković D, Bionda H, et al. Characteristics of edible films enriched with fruit by-products and their application on cookies. *Food Hydrocoll*. 2023 Feb;135:108191.
51. Yang Z, Li M, Li Y, Wang X, Li Z, Shi J, et al. Entrapment of probiotic (*Bifidobacterium longum*) in bilayer emulsion film with enhanced barrier property for improving viability. *Food Chem*. 2023 Oct;423:136300.
52. Osanloo M, Eskandari Z, Zarenezhad E, Qasemi H, Nematollahi A. Studying the microbial, chemi-

- cal, and sensory characteristics of shrimp coated with alginate sodium nanoparticles containing *Zataria multiflora* and *Cuminum cyminum* essential oils. *Food Sci Nutr*. 2023 Jun 10;11(6):2823–37.
53. Chaijan M, Chaijan S, Panya A, Nisoa M, Cheong LZ, Panpipat W. Combined effects of prior plasma-activated water soaking and whey protein isolate-ginger extract coating on the cold storage stability of Asian sea bass (*Lates calcarifer*) steak. *Food Control*. 2022 May;135:108787.
54. Fathimoghadam F, Shahamirian M, Roomiani L, Tadayoni M. Effect of gelatin-based film activated with persian lime (*Citrus latifolia*) essential oil on the shelf life of shrimp. *J Food Meas Charact*. 2023 Jun 21;17(3):3115–24.
55. Sotelo-Alcántara GA, Alia-Tejacal I, Rodríguez-Núñez JR, Campos-Rojas E, Juárez-López P, Pérez-Arias GA. Postharvest effects of a chitosan-cinnamon essential oil coating on soursop fruits (*Annona muricata* L.). *Acta Hort*. 2022 Apr;(1340):35–40.
56. Kulawik P, Jamróz E, Janik M, Tkaczewska J, Krzyściak P, Skóra M, et al. Antimicrobial and antioxidant properties of chitosan-furcellaran-gelatin hydrolysate coatings enhanced with bioactive peptides. *Food Control*. 2023 Nov;153:109931.
57. Such A, Wisła-Świder A, Węsierska E, Nowak E, Szatkowski P, Kopcińska J, et al. Edible chitosan-alginate based coatings enriched with turmeric and oregano additives: Formulation, antimicrobial and non-cytotoxic properties. *Food Chem*. 2023 Nov;426:136662.
58. Baek JH, Lee SY, Oh SW. Enhancing safety and quality of shrimp by nanoparticles of sodium alginate-based edible coating containing grapefruit seed extract. *Int J Biol Macromol*. 2021 Oct;189:84–90.
59. Rentería-Ortega M, Colín-Alvarez M de L, Gona-Sánchez VA, Chalapud MC, García-Hernández AB, León-Espinosa EB, et al. Characterization and Applications of the Pectin Extracted from the Peel of *Passiflora tripartita* var. *mollissima*. *Membranes (Basel)*. 2023 Sep 16;13(9):797.
60. Chaudhary V, Thakur N, Kajla P, Thakur S, Punia S. Application of Encapsulation Technology in Edible Films: Carrier of Bioactive Compounds. *Front Sustain Food Syst*. 2021 Oct 26;5.
61. Adhikari M, Koirala S, Anal AK. Edible multilayer coating using electrostatic layer-by-layer deposition of chitosan and pectin enhances shelf life of fresh strawberries. *Int J Food Sci Technol*. 2023 Feb 21;58(2):871–9.
62. de Andrade Vieira É, Tribuzy de Magalhães Cordeiro AM. Bioprospecting and potential of cactus mucilages: A bibliometric review. *Food Chem*. 2023 Feb;401:134121.
63. Butt MS, Akhtar M, Maan AA, Asghar M. Fabrication and characterization of carnauba wax-based films incorporated with sodium alginate/whey protein. *J Food Meas Charact*. 2023 Feb;17(1):694–705.
64. Costa BP, Carpiné D, Ikeda M, Pazzini IAE, da Silva Bambirra Alves FE, de Melo AM, et al. Bioactive coatings from non-conventional loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) seed starch to extend strawberries shelf-life: An antioxidant packaging. *Prog Org Coatings*. 2023 Feb;175:107320.
65. Rasool F, Zahoor I, Ayoub WS, Ganaie TA, Dar AH, Farooq S, et al. Formulation and characterization of natural almond gum as an edible coating source for enhancing the shelf life of fresh cut pineapple slices. *Food Chem Adv*. 2023 Dec;3:100366.
66. Liyanapathirana A, Dassanayake RS, Gamage A, Karri RR, Manamperi A, Evon P, et al. Recent Developments in Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables. *Coatings*. 2023 Jun 30;13(7):1177.
67. Alkandary A, Netravali AN. Hybrid green composites using rice straw and jute fabric as reinforcement for soy protein-based resin. *Compos Part B Eng*. 2023 May;256:110626.
68. Paulo AFS, Baú TR, Ida EI, Shirai MA. Edible coatings and films with incorporation of prebiotics—A review. *Food Res Int*. 2021 Oct;148:110629.
69. Freitas CMP, Coimbra JSR, Souza VGL, Sousa RCS. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review. *Coatings*. 2021 Aug 1;11(8):922.
70. Ahuja A, Kumar Rastogi V. Spray coating of edible insect waxes for liquid food packaging. *Appl Surf Sci*. 2023 Jul;624:157150.
71. Huo J, Zhang M, Wang D, S. Mujumdar A, Bhandari B, Zhang L. New preservation and detection technologies for edible mushrooms: A review. *J Sci Food Agric*. 2023 May 11;103(7):3230–48.
72. Li H, Qu S, Ma P, Zhang J, Zhao K, Chen L, et al. Effects of chitosan coating combined with thermal treatment on physicochemical properties, bacterial diversity and volatile flavor of braised duck meat during refrigerated storage. *Food Res Int*. 2023 May;167:112627.
73. Neog B, Das JK, Vijayakumar A, Badwaik LS. Development and characterization of edible films

- made with Indian jujube fruit puree and pectin. *J Food Process Eng.* 2022 Mar 10;45(3).
74. Iversen LJJ, Rovina K, Vonnie JM, Matanjun P, Erna KH, 'Aqilah NMN, et al. The Emergence of Edible and Food-Application Coatings for Food Packaging: A Review. *Molecules.* 2022 Aug 31;27(17):5604.
 75. Allegra A, Inglese P, Farina V, Guccione E, Sortino G. Effects of xanthan gum and calcium ascorbate treatments on color and nutritional quality of fresh cut pear fruit. *Acta Hort.* 2023 Apr;(1364):351-8.
 76. Camiletti OF, Bergesse AE, Aleman R, Riveros CG, Grosso NR. Application of chickpea-based edible coating with chickpea husk polyphenols on the preservation of sunflower seeds. *J Food Sci.* 2023 Apr 15;88(4):1237-52.
 77. Farooq A, Niaz B, Saeed F, Afzaal M, Armghan Khalid M, Raza MA, et al. Exploring the potential of aloe vera gel-based coating for shelf life extension and quality preservation of tomato. *Int J Food Prop.* 2023 Dec 15;26(2):2909-23.
 78. Jackson-Davis A, White S, Kassama LS, Coleman S, Shaw A, Mendonca A, et al. A Review of Regulatory Standards and Advances in Essential Oils as Antimicrobials in Foods. *J Food Prot.* 2023 Feb;86(2):100025.