

# Avances recientes en el desarrollo de recubrimientos comestibles aplicados en productos cárnicos

## Recent advances in the development of edible coatings applied to meat products

Islas-Enríquez R.P.<sup>1</sup>, Márquez-Reyes J.M.<sup>2</sup>, Amaya-Guerra C.A.<sup>1</sup>, Gallardo-Rivera C.T.<sup>1</sup>, Galindo-Rodríguez S.A.<sup>1</sup> y Treviño-Garza M.Z<sup>1\*</sup>.

<sup>1</sup> Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Av. Pedro de Alba S/N, Cd. Universitaria, San Nicolás de los Garza 66455, Mexico. \*E-mail: [mayra.trevinogrz@uanl.edu.mx](mailto:mayra.trevinogrz@uanl.edu.mx); [mayra\\_trevinogarza@hotmail.com](mailto:mayra_trevinogarza@hotmail.com)

<sup>2</sup> Facultad de Agronomía, Universidad Autónoma de Nuevo León (UANL), Francisco I. Madero S/N, Ex Hacienda el Cañada, Escobedo 66050, Mexico.

### Resumen:

La carne es un alimento de gran importancia comercial por su alto valor biológico y nutricional. Sus características fisicoquímicas tales como pH, alta actividad acuosa y contenido de nutrientes (proteínas y minerales) lo catalogan como un alimento altamente perecedero y susceptible a la proliferación de microorganismos lo que conlleva a la reducción de su vida de anaquel. Así mismo, este producto es susceptible a la oxidación de sus componentes provocando su deterioro y mermando sus propiedades sensoriales y nutricionales. Ante esta problemática se han desarrollado recubrimientos comestibles (RC) a base de biopolímeros como polisacáridos, proteínas y lípidos para la conservación de los productos cárnicos. Se ha demostrado que la incorporación de compuestos activos (agentes antimicrobianos y antioxidantes naturales) en los RC puede reducir de manera significativa el desarrollo de microorganismos deteriorantes y patógenos, prevenir la oxidación lipídica y la rancidez, preservar o reducir la pérdida de atributos sensoriales como el color, olor, sabor y textura, e incrementar la vida de anaquel. Finalmente, la incorporación de la tecnología de RC en la industria cárnica puede alargar la vida útil y evitar importantes pérdidas económicas por el rechazo del consumidor. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación fue hacer una revisión sobre estudios recientes en el desarrollo de RC en productos cárnicos, con la finalidad de conocer sus efectos en la calidad y vida de anaquel, a la par de elucidar el papel de los RC como una tecnología clave en la preservación de estos alimentos.

**Palabras clave:** Recubrimientos comestibles, polisacáridos, compuestos bioactivos, productos cárnicos, calidad, vida de anaquel.

### Abstract:

Meat is a food of great commercial importance due to its high biological and nutritional value. Its physicochemical characteristics, such as pH, high water activity, and nutrient content (proteins and minerals), classify meat as highly perishable and susceptible to the proliferation of microorganisms, leading to a reduction in its shelf-life. Likewise, this product is susceptible to the oxidation of its components, causing their deterioration and reducing their sensory and nutritional properties. Due to this problem, edible coatings (EC) based on biopolymers such as polysaccharides, proteins and lipids have been developed for the preservation of meat products. It has been shown that the incorporation of active compounds (antimicrobial agents and natural antioxidants) into ECs can significantly reduce the development of spoilage microorganisms and pathogens, prevent lipid oxidation and rancidity, preserve, or reduce the loss of sensory attributes such as color, odor, flavor, and texture, and increase the shelf-life. Finally, EC technology in the meat industry can extend the shelf-life of the products and avoid significant economic losses due to consumer rejection. Therefore, this research aimed to review recent studies on the development of ECs in meat products to know their effects on quality and shelf-life, alongside elucidating the role of EC as a key technology in the preservation of these foods.

**Keywords:** Edible coatings, polysaccharides, bioactive compounds, meat products, quality, shelf-life.

## Introducción

En la actualidad, la demanda de los consumidores se orienta cada vez más hacia la obtención de alimentos de excelente calidad, elaborados con ingredientes provenientes de fuentes naturales, seguros y con propiedades nutricionales y sensoriales atractivas, así como con una vida útil prolongada, como es el caso de la carne. La proteína de origen animal tiene gran relevancia en la dieta del ser humano por su alto valor biológico y nutricional. La carne se considera un alimento nutricionalmente valioso dado su contenido de proteínas de alta calidad, que aportan aminoácidos esenciales, así como minerales y vitaminas de elevada biodisponibilidad. Este producto, contiene entre 16.5 y 20 % de proteína y es una excelente fuente de tiamina, riboflavina, niacina y otras vitaminas del complejo B. Adicionalmente, la carne es una buena fuente de ácidos grasos esenciales como el linoléico, linolénico y oléico (Sánchez-Ortega *et al.*, 2014; Umaraw *et al.*, 2020).

La carne es la fuente de primera elección de proteína animal para muchas personas en todo el mundo. En México, las carnes frescas de mayor consumo son las de pollo, porcino y bovino, y en menor cantidad las de ovino, caprino y pavo. En el 2020, el consumo estimado per cápita de pollo fue de 34.1 kg/año, el de porcino 18.9 kg/año y el de bovino de 15.1 kg/año (COMECARNE, 2021). De acuerdo con el Consejo Mexicano de la Carne (2021), en el año 2020, aproximadamente el 84% de la producción mundial de carne (pollo, bovino y porcino) se concentró en diez países. México se situó en el séptimo lugar produciendo un aproximado de 7.4 millones de toneladas de carne de pollo, bovino, porcino y otras especies.

La carne se clasifica como un alimento altamente perecedero debido a su pH, a su alta actividad de agua ( $A_w$ ), y a su contenido de nutrientes como proteínas y minerales. Su vida de anaquel es limitada, oscilando entre los 3 - 5 días a 4 °C (FoodSafety.gov, 2023). El deterioro de los componentes de la carne es causado principalmente por el crecimiento de microorganismos, el oxígeno, luz, temperatura, tipo de almacenamiento, entre otros factores. Estos factores provocan cambios fisicoquímicos, microbiológicos y sensoriales como rancidez, degradación de proteínas, crecimiento de microorganismos, cambios en el color y textura, olores desagradables, sabores indeseables, cambios en apariencia, entre otros. Lo anterior provoca rechazo del consumidor lo que conlleva a pérdidas económicas importantes. En nuestro país, estas pérdidas se estiman hasta en un 29% de la producción total de carne de pollo, 35% de la carne de res y 40% de la carne de cerdo (CEDRSSA, 2019). La industria cárnica representa una parte importante de las economías nacionales y, por lo tanto, los sistemas de producción y comercialización deben seguir prácticas sanitarias adecuadas, y adicionalmente incorporar tecnologías de conservación necesarias para alargar la vida útil de la carne y evitar pérdidas económicas (Arriaga-Lorenzo *et al.*, 2023).

En este contexto, además de la refrigeración y la congelación se han desarrollado diversos métodos de conservación tales como el uso de atmósferas modificadas, empaques al vacío, adición de conservantes químicos, y más recientemente, la aplicación directa de sustancias naturales como aceites esenciales y extractos vegetales con actividad antimicrobiana y/o antioxidante, así como el uso de películas y recubrimientos comestibles (RC). Un recubrimiento comestible es una capa de materiales que son aplicados directamente sobre la superficie del alimento en forma de una película muy delgada, que funciona como cubierta protectora (Treviño-Garza *et al.* 2015). El RC protege al alimento contra agentes externos como microorganismos, vapor de agua, oxígeno y luz, previene migración de agua, retarda el intercambio gaseoso, previene la pérdida de compuestos deseables y extiende la vida de anaquel del producto. Adicionalmente, los RC pueden funcionar como un vehículo de aditivos y compuestos bioactivos como antimicrobianos y antioxidantes, funcionando como un empaque activo (Alizadeh-Sani *et al.* 2019).

## Materiales utilizados en el desarrollo de recubrimientos comestibles

Para el desarrollo de RC se emplean matrices que suelen tener como base biopolímeros que provienen de diversas fuentes, ya sean de origen vegetal, animal o microbiano. Entre estos materiales se encuentran:

**Polisacáridos.** Algunos ejemplos de ellos son el quitosano, almidón, alginato, gomas, pectina, mucílagos, derivados de la celulosa, entre otros. La estructura lineal de algunos polisacáridos como la celulosa, amilosa y quitosano forman RC resistentes, transparentes, flexibles y resistentes a aceites y grasas. Adicionalmente, tienen excelentes propiedades de barrera para gases (Dhall, 2013; Paidari *et al.*, 2021). Los RC formulados a base de polisacáridos se caracterizan por ser libres de aceite e incoloros, y aportan un bajo contenido calórico. Estos recubrimientos pueden ser aplicados para mejorar la vida útil de los productos cárnicos y otros alimentos, reduciendo considerablemente los problemas asociados a su deshidratación, rancidez oxidativa y el oscurecimiento superficial. Sin embargo, es importante destacar que, debido a su naturaleza hidrofílica, los polisacáridos no son buenas barreras contra la humedad (Gagaoua *et al.*, 2021; Song *et al.*, 2021) por lo que su aplicación y la formulación del recubrimiento dependerán de las características de la matriz alimentaria.

**Proteínas.** Se han empleado para tal fin proteínas del suero de leche, gelatina, caseína, colágeno, zeína, proteína de soya, entre otras (Kumar y Neeraj, 2019). Su desnaturalización permite extender sus cadenas proteicas obteniendo estructuras más cohesivas que los polisacáridos, y su adherencia a la superficie de la carne ayuda a crear una barrera contra el oxígeno y el dióxido de carbono, sin embargo, son sensibles a la humedad y pueden ser susceptibles al ataque de algunas enzimas propias del alimento (Dhall, 2013; Song *et al.*, 2021).

**Lípidos.** Estos compuestos son buenas barreras para prevenir la pérdida de humedad y proveen brillo al alimento. Sus características hidrofóbicas forman RC más gruesos y quebradizos por lo que deben asociarse con proteínas o polisacáridos para su aplicación en productos cárnicos. Los RC producidos a partir de una mezcla de lípidos con proteínas o polisacáridos muestran mejores propiedades mecánicas y de barrera. Se pueden elaborar RC a partir de una amplia gama de sustancias lipídicas, incluidos los aceites esenciales, monoglicéridos acetilados, las ceras naturales, resinas, ácidos grasos, aceites minerales y vegetales, y algunos tensoactivos (Dhall, 2013; Sánchez-Ortega *et al.*, 2014).

Estas matrices poliméricas pueden además funcionar como vehículos de sustancias con distintas funcionalidades como antimicrobianos, antioxidantes, nutraceuticos, probióticos, saborizantes y aromas, entre otros. Adicionalmente, las formulaciones de RC incluyen aditivos tales como plastificantes entre los que destacan, el glicerol, sorbitol, monoglicéridos y polietilenglicol, por mencionar algunos, estos agentes mejoran la flexibilidad y la elongación de los polímeros para una mejor aplicación en los productos alimenticios (Parreidt *et al.*, 2018), entre los que destacan los productos cárnicos (Figura 1).



**Figura 1.** Esquema general de los componentes de los recubrimientos comestibles y sus funciones para mejorar la calidad y vida útil en productos cárnicos.

## Recubrimientos comestibles adicionados con compuestos bioactivos y su aplicación en los productos cárnicos

Como se mencionó anteriormente, las características intrínsecas de los productos cárnicos, como su elevado contenido de humedad, pH y a su aporte de nutrientes y grasa, los vuelven susceptibles al crecimiento microbiano, a la oxidación y a modificaciones en sus atributos sensoriales, tales como el color, sabor y olor, durante el periodo de almacenamiento. Por sí solos, los RC no suelen cumplir todos los requerimientos para la preservación de estos alimentos; por lo tanto, suelen adicionarse diversas sustancias para mejorar su funcionalidad, principalmente agentes antimicrobianos y antioxidantes provenientes de fuentes vegetales como extractos de té verde, matcha y albahaca, así como aceites esenciales como el de tomillo, ajo y jengibre, por mencionar algunos (Montaño-Sánchez *et al.*, 2020; Şen y Kılıç, 2021; Alexandre *et al.*, 2021; Guerrero *et al.*, 2020; Noori *et al.*, 2018). Los agentes antimicrobianos pueden inhibir o retardar el crecimiento microbiano y mejorar la vida de anaquel del producto, mientras que, los antioxidantes pueden retrasar la oxidación lipídica y mantener sus características organolépticas por un periodo prolongado. Se han utilizado ampliamente polímeros para la formulación de RC a los que se han integrado sustancias antimicrobianas y antioxidantes provenientes de fuentes naturales con resultados prometedores en la conservación de productos cárnicos derivados de res, cerdo, pavo y pollo. En la Tabla 1, se presentan algunos de ellos.

**Tabla 1.** Recubrimientos comestibles adicionados con compuestos bioactivos y aplicados en productos cárnicos.

Producto	Matriz polimérica	Agentes activos	Funcionalidad	Referencia
Carne de hamburguesa de res fresca	Carboximetilcelulosa (CMC)	Polvo de cáscara de manzana, ácido tartárico	Antioxidante y antimicrobiano	Shin <i>et al.</i> , (2017)
Filetes de pechuga de pollo	Caseinato de sodio	Nanoemulsión de aceite esencial de jengibre	Antimicrobiano y antioxidante	Noori <i>et al.</i> , (2018)
Chuletas de cerdo	Quitosano	Vinagre de bamboo	Antioxidante y preservante de color.	Zhang <i>et al.</i> , (2018)
Albóndigas cocidas	Quitosano	Humo líquido	Antimicrobiano	Desvita <i>et al.</i> , (2020)
Carne de cordero descongelada	Alginato	Aceite esencial de tomillo y ajo	Antimicrobiano y antioxidante	Guerrero <i>et al.</i> , (2020)
Carnes frescas de res, pavo y pollo.	Pululano	Nisina, timol, arginato láurico	Antimicrobiano	Hassan y Cutter, (2020)
Chuletas de cerdo frescas	Quitosano	Extracto acuoso de té verde	Antioxidante y antimicrobiano	Montaño-Sánchez <i>et al.</i> , (2020)
Pollo fresco	Almidón de maíz	Nanoemulsión de aceite esencial de <i>Zataria multiflora</i> y cinamaldehído	Antimicrobiano y antioxidante	Abbasi <i>et al.</i> , (2021)
Carne de res	Alginato	Extracto de albahaca	Antioxidante	Alexandre <i>et al.</i> , (2021)
Rebanadas de carne de res fresca	Mucílago de semilla de <i>Lepidium perfoliatum</i>	Aceite esencial de <i>Chicorium intybus</i>	Antimicrobiano y antioxidante	Behbahani <i>et al.</i> , (2021)
Albóndigas cocidas	Proteína de suero de leche	Extracto de polvo de acai y extracto de matcha	Antioxidante y antimicrobiano	Şen y Kılıç, (2021)

## Efecto de los recubrimientos comestibles en la calidad de los productos cárnicos

### *Reducción del crecimiento de microorganismos y extensión de la vida de anaquel*

Uno de los efectos más importantes de la aplicación de los RC en los cárnicos es la extensión considerable de la vida de anaquel debido a la reducción del crecimiento de microorganismos. Su proliferación puede resultar en la formación de exudados, degradación de componentes estructurales, disminución de la capacidad de retención de agua, olores desagradables y cambios en la apariencia y textura (Sánchez-Ortega *et al.*, 2014). Se ha encontrado que el uso de RC adicionados con antimicrobianos como aceites esenciales y extractos vegetales ricos en compuestos fenólicos ha reducido considerablemente las cuentas de mesófilos aerobios, psicrótrofos, bacterias ácido lácticas (BAL), *Enterobacteriaceae* presentes en los productos cárnicos (Bazargani-Gilani *et al.*, 2015; Behbahani *et al.*, 2017; Cardoso *et al.*, 2016; Fernández-Pan *et al.*, 2014; Hassanzadeh *et al.*, 2017) así como *Pseudomonas* spp., (Bazargani-Gilani *et al.*, 2015; Fernández-Pan *et al.*, 2014). Esta reducción del desarrollo microbiano ha permitido la extensión de la vida de anaquel en cárnicos como pechuga de pollo y carne de res frescas, chuletas de cerdo, albóndigas cocidas, entre otros, hasta por el doble o triple del tiempo respecto al control dependiendo de las condiciones de almacenamiento (Tabla 2). Por otro lado, también se ha reportado una efectividad importante contra bacterias patógenas encontradas en cárnicos como *Escherichia coli* y *Staphylococcus aureus* (Behbahani *et al.*, 2017; Heydari *et al.*, 2020), *Salmonella typhimurium* y *Listeria innocua* (Montaño-Sánchez *et al.*, 2020; Desvita *et al.*, 2020), entre otros, por lo que los RC también pueden coadyuvar en mantener la inocuidad de los productos cárnicos (Tabla 2).

**Tabla 2.** Efecto de RC adicionados con agentes antimicrobianos sobre la vida de anaquel de productos cárnicos.

Producto	Condiciones de almacenamiento	Matriz polimérica	Agente antimicrobiano	Microorganismos controlados	Vida de anaquel	Referencia
Medallones de pechuga de pollo fresca	4 °C por 13 días	Proteína de suero de leche	Aceite esencial de orégano (20 g/Kg)	Mesófilos aerobios, psicrótrofos y <i>Pseudomonas</i> spp.	De 6 a 13 días	Fernández-Pan <i>et al.</i> , (2014)
Pechuga de pollo fresca	4 °C por 20 días	Quitosano	<i>Zataria multiflora</i> al 2%	Mesófilos aerobios, psicrótrofos, <i>Pseudomonas</i> spp., <i>Enterobacteriaceae</i> , mohos y levaduras	De 5 a 10 días	Bazargani-Gilani <i>et al.</i> , (2015)
Carne de res fresca	4 °C por 18 días	Mucílago de semilla de <i>Plantago major</i>	Aceite esencial de eneldo ( <i>Anethum graveolens</i> ) al 1.5%	Mesófilos aerobios, psicrótrofos, <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> y mohos	De 6 a 18 días	Behbahani <i>et al.</i> , (2017)
Pechuga de pollo fresca	4 °C por 21 días	Quitosano	Extracto de semilla de uva al 0.1%	Mesófilos aerobios y psicrótrofos	De 7 a 21 días	Hassanzadeh <i>et al.</i> , (2017)
Carne de res fresca	4 °C por 14 días	Almidón de cassava	Oleoresina de hojas de lima kaffir ( <i>Citrus hystrix</i> DC) al 0.075%	Mesófilos aerobios	14 días	Utami <i>et al.</i> , (2017)

**Cont. Tabla 2**

Carne de avestruz	4 °C por 9 días	Mucílago de semilla de Qodume Shirazi	Aceite esencial de lavanda al 2%	Mesófilos aerobios, psicrótrofos, <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , coliformes y mohos	De 3 a 9 días	Heydari <i>et al.</i> , (2020)
Chuletas de cerdo frescas	0 °C por 25 días y empaque al vacío	Quitosano	Extracto acuoso de té verde al 0.5%	Mesófilos aerobios, psicrótrofos, <i>E. coli</i> , <i>S. aureus</i> , <i>L. innocua</i> , <i>S. typhimurium</i>	25 días	Montaño-Sánchez <i>et al.</i> , (2020)
Albóndigas cocidas	Temperatura ambiente	Quitosano	Humo líquido al 5%	Mesófilos aerobios, psicrótrofos, <i>E. coli</i> y <i>S. typhimurium</i>	54 h	Desvita <i>et al.</i> , (2020)

**Prevención o reducción de la oxidación lipídica**

En la carne fresca, la oxidación lipídica está asociada con la degradación de triglicéridos y/o fosfolípidos. Los productos derivados de la oxidación como hidroxiperóxidos, aldehídos y cetonas pueden causar enranciamiento, pérdida del color y valor nutritivo debido a la degradación de lípidos, pigmentos, proteínas, carbohidratos y vitaminas (Sánchez-Ortega *et al.*, 2014). Uno de los parámetros para evaluar la oxidación lipídica es la determinación de las sustancias reactivas del ácido tiobarbitúrico (TBARS) para medir productos de la oxidación secundaria de los lípidos, que suele reportarse en mg de malonaldehído (MAD)/kg. De acuerdo con Campo *et al.*, (2006), se considera que el umbral de percepción de rancidez oxidativa en la carne de res se alcanza a valores de TBARS de alrededor de 2.0 mg MAD/kg. Para el caso de la carne de cerdo, se ha reportado que este valor se encuentra entre 0.6 – 2.0 mg MAD/kg (Georgantelis *et al.*, 2007). Existen varios reportes del uso de recubrimientos comestibles enriquecidos con antioxidantes como aceites esenciales de romero, orégano, extractos de té verde, de matcha, de albahaca,  $\beta$ -caroteno, entre otros; en productos cárnicos con resultados satisfactorios en la reducción de los valores de TBARS (Cardoso *et al.*, 2016; Vital *et al.*, 2016; Shin *et al.*, 2017; Ozvural y Huang, 2018). Algunos de ellos se concentran en la Tabla 3. En estos estudios se observaron reducciones considerables de los valores de oxidación de los productos cárnicos respecto al control, encontrándose por debajo de los umbrales asociados con la percepción de la rancidez durante todo o la mayor parte del tiempo de almacenamiento en refrigeración.

**Tabla 3.** Efecto de la aplicación de RC incorporados con agentes antioxidantes sobre la calidad (oxidación lipídica) de productos cárnicos.

Producto	Condiciones de almacenamiento	Matriz polimérica	Agente antioxidante	Efecto	Referencia
Filetes de carne de res	4 °C por 5 días	Gelatina	Quitosano 0.5-1%	La oxidación lipídica disminuyó con el aumento de la concentración de quitosano. Los tratamientos mostraron valores de TBARS < 2 mg MAD/kg	Cardoso <i>et al.</i> , (2016)

**Cont. Tabla 3**

Filetes de res frescos	2 °C por 14 días	Alginato	Aceites esenciales de romero y orégano (0.1%)	Los RC con orégano y romero redujeron los valores de TBARS 47% y 39%, respectivamente.	Vital <i>et al.</i> , (2016)
Carne de hamburguesa de res fresca	4 °C por 10 días	Carboximetil-celulosa	Polvo de cáscara de manzana al 1% y ácido tartárico al 0.75%	Se obtuvieron valores < 2 mg MAD/kg durante todo el tiempo de almacenamiento	Shin <i>et al.</i> , (2017)
Carne de hamburguesa	4 °C por 8 días	Quitosano con tripolifosfato de sodio	β-caroteno encapsulado al 0.5%	La oxidación de lípidos fue inhibida durante el almacenamiento encontrándose valores de TBARS de 1.2 mg MDA/kg	Ozvural y Huang, (2018)
Carne de cerdo	4 °C por 7 días	Alginato de sodio y CMC	Galato de epigallocatequina	Efecto significativo en la inhibición de TBARS (<0.6 mg MAD/kg) hasta por 3 días	Ruan <i>et al.</i> , (2019)
Carne de res	2 °C por 14 días	Alginato	Extracto de albahaca	Se mantuvo la oxidación de lípidos por debajo de los 2 mg MDA/kg durante 14 días	Alexandre <i>et al.</i> , (2021)

**Preservación de los atributos sensoriales**

Los cambios en los atributos sensoriales son una de las razones principales de la reducción de la vida de anaquel en los productos cárnicos, que puede deberse al crecimiento microbiano y a la oxidación lipídica inducida por la producción de metabolitos (Hassanzadeh *et al.*, 2017). Asimismo, la oxidación de lípidos causa rancidez alterando el sabor y olor y la producción de una coloración parda por la oxidación de la mioglobina en la carne (Gagaoua *et al.*, 2021). La aplicación de RC permite mejorar, mantener o reducir la pérdida de las propiedades sensoriales de los productos cárnicos tales como el color, olor y sabor (Cardoso *et al.*, 2016; Abdallah *et al.*, 2018; Ruan *et al.*, 2019; Garavito *et al.*, 2020; Guerrero *et al.*, 2020). En la Tabla 4 se muestran algunos estudios de RC desarrollados y la evaluación de las propiedades sensoriales en los cárnicos tratados.

**Tabla 4.** Efecto de la aplicación de RC incorporados con compuestos bioactivos sobre los atributos sensoriales de productos cárnicos.

Producto	Condiciones de almacenamiento	Matriz polimérica	Agentes activos	Efecto en atributos sensoriales	Referencia
Carne de res fresca	4 °C por 18 días	Gelatina y quitosano	N.A.	Preservante del color por 5 días en exhibición al menudeo	Cardoso <i>et al.</i> , (2016)

**Cont. Tabla 4**

Carne de cerdo	4 °C por 7 días	Alginato de sodio y CMC	Galato de epigalocatequina	Efecto protector del color, redujo la pérdida de peso, mejoró el olor y la aceptabilidad general	Ruan <i>et al.</i> , (2019)
Pastirma	4 °C por 4 semanas	Gelatina y alginato	N.A.	Preservación del color y mejora en todos sus atributos sensoriales	Abdallah <i>et al.</i> , (2018)
Filetes de pechuga de pollo	4 °C por 16 días	Proteína de soya y goma guar	Nisina	Se preservaron sus propiedades sensoriales en comparación con el control	Garavito <i>et al.</i> , (2020)
Carne de cordero descongelada (después de 35 meses)	2 a 4 °C por 7 días	Alginato	Aceite esencial de tomillo y ajo	El aceite de tomillo preservó mejor el color de la carne y atributos sensoriales	Guerrero <i>et al.</i> , (2020)

## Conclusiones

El empleo de RC en los productos cárnicos es una importante propuesta ante la exigencia de los consumidores por alimentos de excelente calidad, naturales, sensorialmente atractivos e inocuos. Los RC están formados por biopolímeros como polisacáridos, proteínas y lípidos que pueden ser acarreadores de sustancias activas como antimicrobianos, antioxidantes y otros aditivos. Estos RC activos previenen o ralentizan el desarrollo de microorganismos del deterioro, así como de patógenos, extendiendo la vida de anaquel y mejorando las características sanitarias del alimento. Sus propiedades permiten mantener los atributos sensoriales de los productos cárnicos tales como su color, olor, sabor y apariencia, reducir la oxidación lipídica y la pérdida de peso, entre otros beneficios. Por lo anterior, son una importante tecnología para extender la vida útil de los productos cárnicos más allá de la que los métodos tradicionales de conservación pueden alcanzar. Su efectividad y funcionalidad dependen de sus propiedades físico-mecánicas aunado a las características propias del alimento al que van destinados, por lo que se requiere del estudio y desarrollo de materiales con diversas propiedades funcionales.

## Perspectivas

El uso de compuestos bioactivos en los alimentos, tales como antimicrobianos y antioxidantes de origen natural, ha sido impulsado por la demanda de opciones alimenticias más saludables. En la práctica, se ha visto que la incorporación de estos componentes a los recubrimientos comestibles mejora notablemente la eficacia del recubrimiento, generando un impacto positivo en las características de calidad y vida útil de los productos cárnicos durante su almacenamiento. En este contexto, se ha dirigido la atención hacia la valorización de subproductos ricos en compuestos bioactivos, de industrias tales como la alimentaria y agrícola. Esta estrategia de conservación no sólo permite el aprovechamiento de desperdicios de bajo costo, sino que también se alinea con el uso sostenible de los recursos y la implementación de prácticas de economía circular. En este escenario, es crucial fomentar nuevas investigaciones orientadas en este sentido, para contribuir significativamente a la mejora general de la calidad y seguridad de los productos cárnicos.



## Bibliografía

- Abbasi, Z., Aminzare, M., Hassanzad Azar, H., and Rostamizadeh, K. (2021). Effect of corn starch coating incorporated with nanoemulsion of *Zataria multiflora* essential oil fortified with cinnamaldehyde on microbial quality of fresh chicken meat and fate of inoculated *Listeria monocytogenes*. *Journal of Food Science and Technology*, 58(7), 2677–2687. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04774-y>
- Abdallah, M.R., Mohamed, M.A., Mohamed, H., and Emara, M.T. (2018). Application of alginate and gelatin-based edible coating materials as alternatives to traditional coating for improving the quality of pastirma. *Food Science and Biotechnology*, 27(6), 1589–1597. <https://doi.org/10.1007/s10068-018-0393-2>
- Alexandre, S., Vital, A. C. P., Mottin, C., do Prado, R. M., Ornaghi, M. G., Ramos, T. R., Guerrero, A., Pilau, E. J., and do Prado, I. N. (2021). Use of alginate edible coating and basil (*Ocimum* spp) extracts on beef characteristics during storage. *Journal of Food Science and Technology*, 58(10), 3835–3843. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04844-1>
- Alizadeh Behbahani, B., Falah, F., Vasiee, A., and Tabatabaee Yazdi, F. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food Science and Nutrition*, 9(5), 2458–2467. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2186>
- Alizadeh-Sani, M., Ehsani, A., Moghaddas Kia, E., and Khezerlou, A. (2019). Microbial gums: introducing a novel functional component of edible coatings and packaging. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 103(17), 6853–6866. <https://doi.org/10.1007/s00253-019-09966-x>
- Arriaga-Lorenzo, P., Maldonado-Simán, E., Ramírez-Valverde, R., Martínez-Hernández, P. A., Tirado-González, D. N., and Saavedra-Jiménez, L. A. (2023). Evaluación de la cadena de frío en cortes de res vendida en supermercados. *Revista Chapingo Serie Agricultura Tropical*, 3(1), 17–26. <https://doi.org/10.5154/r.chsagt.2023.03.02>
- Bazargani-Gilani, B., Aliakbarlu, J., and Tajik, H. (2015). Effect of pomegranate juice dipping and chitosan coating enriched with *Zataria multiflora* Boiss essential oil on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 29, 280–287. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2015.04.007>
- Behbahani, B. A., Shahidi, F., Yazdi, F. T., Mortazavi, S. A., and Mohebbi, M. (2017). Use of *Plantago major* seed mucilage as a novel edible coating incorporated with *Anethum graveolens* essential oil on shelf life extension of beef in refrigerated storage. *International Journal of Biological Macromolecules*, 94 (Part A), 515–526. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2016.10.055>
- Behbahani, B. A., Falah, F., Vasiee, A., and Yazdi, F. T. (2021). Control of microbial growth and lipid oxidation in beef using a *Lepidium perfoliatum* seed mucilage edible coating incorporated with chicory essential oil. *Food Science and Nutrition*, 9(5), 2458–2467. <https://doi.org/10.1002/fsn3.2186>
- Campo, M.M., Nute, G.R., Hughes, S.I., Enser, M., Wood, J.D., and Richardson, R.I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>
- Cardoso, G. P., Dutra, M. P., Fontes, P. R., Ramos, A. de L. S., Gomide, L. A. de M., and Ramos, E. M. (2016). Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. *Meat Science*, 114, 85–94. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012>
- CEDRSSA. (2019). El desperdicio de alimentos en México alcanza el 34.7 por ciento de lo que se produce. Centro de Estudios para el Desarrollo Rural Sustentable y la Soberanía Alimentaria. Fecha de consulta: junio de 2022. [http://www.cedrssa.gob.mx/post\\_el\\_-n-desperdicio-n\\_de\\_-n-alimentos-n\\_en\\_-n-mn-xico-n-\\_alcanza\\_el\\_34\\_7\\_por\\_ciento\\_de\\_lo\\_que\\_se\\_produce-\\_n-cedrssa-n.htm](http://www.cedrssa.gob.mx/post_el_-n-desperdicio-n_de_-n-alimentos-n_en_-n-mn-xico-n-_alcanza_el_34_7_por_ciento_de_lo_que_se_produce-_n-cedrssa-n.htm)
- COMECARNE. (2021). Compendio estadístico 2021. Consejo Mexicano de la Carne. Fecha de consulta junio de 2022: [https://comecarne.org/wp-content/uploads/2021/07/Compendio\\_Estad%C3%ADstico\\_2021\\_VF.pdf](https://comecarne.org/wp-content/uploads/2021/07/Compendio_Estad%C3%ADstico_2021_VF.pdf)
- Desvita, H., Faisal, M., Mahidin, and Suhendrayatna. (2020). Preservation of meatballs with edible coating of chitosan dissolved in rice hull-based liquid smoke. *Heliyon*, 6(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05228>
- Dhall, R. K. (2013). Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(5), 435–450. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>
- Fernández-Pan, I., Carrión-Granda, X., and Maté, J. I. (2014). Antimicrobial efficiency of edible coatings on the preservation of chicken breast fillets. *Food Control*, 36(1), 69–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2013.07.032>
- FoodSafety.gov. (2023). Tabla de conservación de alimentos fríos. Fecha de consulta: marzo 2024. <https://espanol.foodsafety.gov/tablas-de-seguridad-alimentaria-mfu8/Tabla-de-conservaci%C3%B3n-de-alimentos-fr%C3%ADos>
- Gagaoua, M., Bhattacharya, T., Lamri, M., Oz, F., Dib, A.L., Oz, E., Uysal-Unalan, I., and Tomasevic, I. (2021). Green Coating Polymers in Meat Preservation. *Coatings* 11(11), 1379. <https://doi.org/10.3390/coatings11111379>
- Garavito, J., Moncayo-Martínez, D., and Castellanos, D.A. (2020). Evaluation of antimicrobial coatings on preservation and

- shelf life of fresh chicken breast fillets under cold storage. *Foods*, 9(9), 1203. <https://doi.org/10.3390/foods9091203>
- Georgantelis, D., Blekas, G., Katikou, P., Ambrosiadis, I., and Fletouris, D. J. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and  $\alpha$ -tocopherol on lipid oxidation and colour stability during frozen storage of beef burgers. *Meat Science*, 75(2), 256–264. doi:10.1016/j.meatsci.2006.07.018
- Guerrero, A., Ferrero, S., Barahona, M., Boito, B., Lisbinski, E., Maggi, F., and Sañudo, C. (2020). Effects of active edible coating based on thyme and garlic essential oils on lamb meat shelf life after long-term frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(2), 656–664. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10061>
- Hassan, A. H. A., and Cutter, C. N. (2020). Development and evaluation of pullulan-based composite antimicrobial films (CAF) incorporated with nisin, thymol and lauric arginate to reduce foodborne pathogens associated with muscle foods. *International Journal of Food Microbiology*, 320, 108519. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2020.108519>
- Hassanzadeh, P., Tajik, H., Rohani, S. M. R., Moradi, M., Hashemi, M., and Aliakbarlu, J. (2017). Effect of functional chitosan coating and gamma irradiation on the shelf-life of chicken meat during refrigerated storage. *Radiation Physics and Chemistry*, 141, 103–109. <https://doi.org/10.1016/j.radphyschem.2017.06.014>
- Heydari, S., Jooyandeh, H., Alizadeh Behbahani, B., and Noshad, M. (2020). The impact of Qodume Shirazi seed mucilage-based edible coating containing lavender essential oil on the quality enhancement and shelf life improvement of fresh ostrich meat: An experimental and modeling study. *Food science & nutrition*, 8(12), 6497–6512. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1940>
- Kumar, N., and Neeraj. (2019). Polysaccharide-based component and their relevance in edible film/coating: a review. *Nutrition & Food Science*, 49(5), 793–823. <https://doi.org/10.1108/NFS-10-2018-0294>
- Montaño-Sánchez, E., Torres-Martínez, B. del M., Vargas-Sánchez, R. D., Huerta-Leidenz, N., Sánchez-Escalante, A., Beriain, M. J., and Torrescano-Urrutia, G. R. (2020). Effects of chitosan coating with green tea aqueous extract on lipid oxidation and microbial growth in pork chops during chilled storage. *Foods*, 9(6). <https://doi.org/10.3390/foods9060766>
- Noori, S., Zeynali, F., and Almasi, H. (2018). Antimicrobial and antioxidant efficiency of nanoemulsion-based edible coating containing ginger (*Zingiber officinale*) essential oil and its effect on safety and quality attributes of chicken breast fillets. *Food Control*, 84, 312–320. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.08.015>
- Ozvural, E. B., and Huang, Q. (2018). Quality differences of hamburger patties incorporated with encapsulated  $\beta$  carotene both as an additive and edible coating. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13353>
- Paidari, S., Zamindar, N., Tahergorabi, R., Kargar, M., Ezzati, S., Shirani, N., and Musavi, S. H. (2021). Edible coating and films as promising packaging: a mini review. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 15(5), 4205–4214. <https://doi.org/10.1007/s11694-021-00979-7>
- Parreidt, T. S., Schott, M., Schmid, M., and Müller, K. (2018). Effect of presence and concentration of plasticizers, vegetable oils, and surfactants on the properties of sodium-alginate-based edible coatings. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(3):742. <https://doi.org/10.3390/ijms19030742>
- Ruan, C., Zhang, Y., Sun, Y., Gao, X., Xiong, G., and Liang, J. (2019). Effect of sodium alginate and carboxymethyl cellulose edible coating with epigallocatechin gallate on quality and shelf life of fresh pork. *International Journal of Biological Macromolecules*, 141, 178–184. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.247>
- Sánchez-Ortega, I., García-Almendárez, B. E., Santos, E. M., Amaro-Reyes, A., Barboza-Corona, J. E., and Regalado, C. (2014). Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal*, 2014, 248935. <https://doi.org/10.1155/2014/248935>
- Şen, D. B., and Kılıç, B. (2021). Effects of edible coatings containing acai powder and matcha extracts on shelf life and quality parameters of cooked meatballs. *Meat Science*, 179, 108547. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108547>
- Shin, S. H., Chang, Y., Lacroix, M., and Han, J. (2017). Control of microbial growth and lipid oxidation on beef product using an apple peel-based edible coating treatment. *LWT – Food Science and Technology*, 84, 183–188. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.05.054>
- Song, D. H., Hoa, V. B., Kim, H. W., Khang, S. M., Cho, S. H., Ham, J. S., and Seol, K. H. (2021). Edible films on meat and meat products. *Coatings*, 11, 1344. <https://doi.org/10.3390/coatings11111344>
- Treviño-Garza, M. Z., García, S., Flores-González, M. del S., and Arévalo-Niño, K. (2015). Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science*, 80(8), M1823–M1830. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.12938>
- Umaraw, P., Munekata, E. S., Verma, A. K., Barba, F. J., Singh, V. P., Kumar, P., and Lorenzo, J. M. (2020). Edible films/coating with tailored properties for active packaging of meat, fish and derived products. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 10-24. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.032>
- Utami, R., Khasanah, L. U., and Nasution, M. I. A. (2017). Preservative effects of kaffir lime (*Citrus hystrix* DC) leaves oleoresin incorporation on cassava starch-based edible coatings for refrigerated fresh beef. *International Food Research*

*Journal*, 24(4), 1464–1472.

- Vital, A. C., Guerrero, A., Monteschio, J. D. O., Valero, M. V., Carvalho, C. B., and De Abreu Filho, B. A. (2016). Effect of edible and active coating (with rosemary and oregano essential oils) on beef characteristics and consumer acceptability. *PloS One*, 11(8), e0160535. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0160535>
- Zhang, H., He, P., Kang, H., and Li, X. (2018). Antioxidant and antimicrobial effects of edible coating based on chitosan and bamboo vinegar in ready to cook pork chops. *LWT – Food Science and Technology*, 93, 470–476. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.04.005>