

Nacameh

Publicación electrónica arbitrada en Ciencia y Tecnología de la Carne

cbs.izt.uam.mx/nacameh

ISSN 2007-0373

NACAMEH Vol. 11, No. 1, pp. 18-32, 2017

Películas comestibles de proteína con aceite de maíz emulsionado como acarreador de paprika para mejorar color y rancidez en Boloña de res

Protein edible films with emulsified maize oil as paprika carrier to improve color and rancidity in beef Bologna


Erick C. Téllez-Rangelⁱ, Ignacio García-Martínezⁱⁱ, Eva Rodríguez-Huezoⁱⁱⁱ, Alfonso Totosaus^{iv,✉}


Cuerpo Académico de Bioquímica de Alimentos, Laboratorio y Planta Piloto de Alimentos. Tecnológico Estudios Superiores Ecatepec. Av. Tecnológico esq. Av. Central s/n., Ecatepec 55210, México ✉ Autor de correspondencia: atotosaus@tese.edu.mx. Fecha de recepción: 24/02/2017. Fecha de aceptación: 20/07/2017.


Resumen


Las películas comestibles son una manera de ayudar a mejorar la vida de anaquel de productos cárnicos. Si las películas son elaboradas a partir de proteínas, se puede incorporar aceite y para ser emulsionado, cambiando las propiedades de estas películas. En esta investigación se formularon películas de concentrado de proteína de leche y de proteína de plasma con y sin aceite emulsionada, para determinar su efecto sobre las propiedades físicas y mecánicas de las películas. Estas películas fueron utilizadas como vehículo acarreador de compuestos funcionales, paprika, como antioxidante y para mejorar color en Boloña de res, durante el almacenamiento al vacío a 4 °C. Las películas con aceite emulsionado fueron más translúcidas y meno solubles, pero más resistentes y dúctiles. Al aplicarse en la Boloña de res, se mejoraron las características de color en comparación con el control, pero las películas con aceite emulsionado disminuyeron en mayor medida la oxidación de lípidos, ya que la fase no polar de la película solubilizo compuestos orgánicos de la paprika que actúan como antioxidantes.

Palabras clave: películas comestibles, emulsión, paprika, color, oxidación de lípidos, Boloña.

ⁱ  orcid.org/0000-0002-1853-5738

ⁱⁱ  orcid.org/0000-0003-3582-0642

ⁱⁱⁱ  orcid.org/

^{iv}  orcid.org/0000-0003-1965-9510

Abstract

Edible films are a way to improve meat products shelf life. If edible films are formulated with proteins, oil can be emulsified by proteins, changing edible film properties. In this research protein edible films elaborated with milk protein concentrate or functional plasma proteins with or without emulsified oil were employed as carrier for functional ingredient, paprika, as antioxidant and to improve color in beef Bologna during vacuum packing storage at 4 °C. Edible films with emulsified oil were more transparent and less soluble, but more resistant and tough. Edible films application to beef Bologna improved color characteristics, as compared to non-edible film samples. Nonetheless, emulsified edible films had a major impact on decreasing lipid oxidation, since no polar phase on edible film solubilised organic compounds of paprika that acted as antioxidants.

Palabras clave: edible films, emulsion, paprika, color lipid oxidation, Bologna.

INTRODUCTION

Una película o recubrimiento es una delgada capa continua de material comestible que se coloca sobre la superficie de los alimentos para su preservación, que se aplican en la superficie de los alimentos para controlar la transferencia de masa y condiciones superficiales, acarrear aditivos o dar protección física y mecánica, además de mejorar las características sensoriales (Fernandez-Pan y col., 2011). Una definición más propia y amplia de película comestibles es cualquier material GRAS utilizado para envolver un alimento a manera de extender su vida de anaquel y que pueda ser comido junto con el alimento, siendo un medio para reemplazar y/o fortificar las capas naturales a fin de evitar pérdidas de humedad y controlar el intercambio de gases, prevenir disminución de componentes importantes, con un grosor menor de 0.3 mm (Pavlath y Orts, 2009).

Las propiedades de las películas comestibles dependen de la funcionalidad de diferentes componentes utilizados, proteínas o polisacáridos, a fin de mejorar las propiedades mecánicas (Pérez-Gago, 2012). La mezcla de varios componentes resulta en una película multi-componente con las diferentes propiedades derivadas de la cooperación de las funcionalidades. Las películas formadas con biopolímeros como proteínas y/o polisacáridos tienen buenas barreras mecánicas, pero con pobre barrera a la humedad, debido a su hidrofiliidad. En contraste, los lípidos como sustancias hidrofóbicas, aumentan las propiedades de barrera a la humedad, pero son menos efectivas en las propiedades mecánicas. De este modo, se pueden incorporar lípidos emulsionados al ser dispersados dentro de la matriz de la película (Wu y col., 2002; Giancone y col., 2008; Khwaldia y col., 2004; kokoszka y col., 2010).

Casi todos los sectores de la industria alimentaria podrían utilizar de manera apropiada películas comestibles formuladas para satisfacer los restos asociados con mantener una alta calidad en el mercadeo, nivel nutricional, estabilidad, sin perjuicios económicos. En la industria cárnica, de manera particular, los beneficios potenciales de las películas

comestibles son: (i) Las pérdidas de humedad durante el almacenamiento de carnes congeladas llevan a pérdidas de sabor, cambios de color y textura, además de implicar pérdidas de peso. Las películas comestibles con buenas barreras para la humedad podrían ayudar a evitar los problemas de pérdidas de humedad, ya que cuando se saca la carne del empaque al vacío, hay una reducción del 3-5% de peso debido a la evaporación de humedad. La aplicación de un recubrimiento antes del empacado ayudaría a evitar esta pérdida de humedad, sin el impacto económico de la pérdida de peso. (ii) Cuando se empacan cortes o piezas de carne, pollo o pescado frescos en charolas de plástico, el goteo puede hacer que los productos no se vean atractivos al consumidor. Las películas comestibles podrían retener esos jugos para prevenir el goteo, mejorando la presentación y eliminar la necesidad de poner almohadillas absorbentes en la charola. (iii) La velocidad de rancidez causada por la oxidación de lípidos y la coloración café debido a la oxidación de la mioglobina en las carnes podría ser reducida utilizando cubiertas de baja permeabilidad al oxígeno. (iv) Los recubrimientos también podrían reducir la carga de microorganismos contaminantes o patógenos e inactivar enzimas en la superficie de la carne o cortes tratados. (v) La pérdida de compuestos volátiles o la absorción de olores extraños puede restringirse con películas comestibles. (vi) Como una aplicación del empaque activo, las películas comestibles como acarreadores de compuestos antioxidantes (como tocoferoles) y/o agentes antimicrobianos (como ácidos orgánicos) pueden ser utilizados directamente en la superficie de la carne, y por ende retrasando la rancidez y decoloración de la carne, además de reducir la carga microbiana. (vii) La aplicación de una película comestible en la superficie de pescado, pollo o piezas de carne antes de empanizarlas y freír, pueden mejorar el valor nutricional al reducir la absorción de grasa durante el freído. Es por lo tanto evidente que las películas comestibles pueden mejorar substancialmente la calidad de carnes, pollo y pescados (Guilbert, Gontard y Morris, 1996). Varios tipos de películas comestibles han sido utilizadas en carne, pollo y pescado, aunque no han recibido un substancial impacto en su aceptación comercial, a pesar de los muchos beneficios que los procesadores de alimentos podrían tener al aplicarlos, favoreciendo a los consumidores de paso (Gennadios, Hanna y Kurth, 1997).

De este modo, el objetivo de este trabajo fue investigar el efecto de películas comestibles de diferentes proteínas comerciales incorporando aceite emulsionado sobre las propiedades de películas comestibles, a fin de ser utilizadas como acarreadoras de paprika como ingrediente funcional en la mejora del color y retraso de la rancidez oxidativa en Boloña de res empacada al vacío.

MATERIALES Y METODOS

Para la elaboración de las películas se usó el método vaciado en placa, utilizando placas de vidrio de 3 mm de espesor y de 18 cm de largo por 14 cm ancho, formando una orilla con cinta enmascaradora hasta una altura de aproximadamente 2 mm, dejando un área de 16cm×12cm para el vaciado.

Para las películas de concentrado de proteína de leche, la técnica descrita por McHugh, Avena-Bustillos y Krochta (1993) se llevo a cabo, con algunas modificaciones. Se pesaron 11.79 gr de concentrado de proteína de leche ALAPRO TM 4560 (New Zealand Dairy Products, Guadalajara) y se disolvió en 100 mL de agua destilada, después se le agregó 4.64 mL glicerol y se ajustó la solución a pH 9.

La elaboración de la película de proteína de plasma se basó en lo descrito por Nuthong, Benjakul y Prodpran (2009), con algunas modificaciones. Se pesó 9.47g de proteína de plasma porcina U 70 grado alimenticio (Interalimen S.A., Ciudad de México) y se disolvieron en 100 mL de agua destilada. Después se le agregó 70% p/p (en relación a la proteína peso seco) de glicerol como plastificante y posteriormente se ajustó la solución a pH 10.

Para la película emulsionada, a esta solución proteína-hidrocoloide se agregó 3% (p/v) de aceite de maíz La Gloria (Corfuerte SA de CV, México) emulsionado durante 3 minutos en un homogenizador Oster a 12,000 rpm.

Permeabilidad de vapor de agua

La permeabilidad de vapor de agua fue calculada usando el método gravimétrico, "método de la taza" de la ASTM (E96-80), de acuerdo a lo descrito por Gennadios y col. (1996) con algunas modificaciones. Se tomaron 2 muestras por cada película y se colocó cada película en un frasco de vidrio lleno de agua destilada (100% humedad relativa), dejando un 1 cm de distancia a la parte inferior película. Los frascos se pesaron 6 veces durante 24 horas y se mantuvieron a una temperatura constante de 24 ± 1 °C y una humedad relativa de 55 ± 5 %. El espesor de las películas se midió con un micrómetro digital Mitutoyo IP 65 (Mitutoyo, Kanagawa), haciendo al menos 5 lecturas aleatorias en las películas. La permeabilidad de vapor de agua se calculó con la siguiente ecuación:

$$PVA \text{ (g/Pa s m)} = \frac{(VPVA \times L)}{\Delta p}$$

Donde:

VPVA= velocidad de transmisión de vapor de agua (diferencia de peso al evaporarse el agua)

L= espesor de la película

Δp = Diferencia de vapor de agua entre ambos lados de la película

Materia soluble total y proteína soluble

Para el material soluble total de las películas, se adaptó el método reportado por Pereda, . Amica y Marcovich (2012). Se tomaron muestras de 2×2 cm de las películas en

condiciones ambiente (24 °C y 55% humedad relativa en promedio). Se pesaron y se colocaron en vasos de precipitado con 30 mL de agua destilada durante 24 horas, para posteriormente retirar y secar las muestras no disueltas a 105 °C durante 24 horas, calculando por diferencia de peso el porcentaje de solubilidad en base al peso inicial de la película.

La proteína soluble se determinó en base al método descrito por Jangchud y Chinnan (1999). Al agua utilizada en la prueba para material soluble total, se determinó el contenido de proteína disuelta utilizando el método de biuret (Gornall, Bardawill y David, 1949), reportando el porcentaje de proteína soluble de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Proteína soluble} = \frac{\text{Concentración de proteína}}{\text{Peso inicial de la película} \times \% \text{ Proteína total} \times \% \text{ Materia seca}}$$

Propiedades mecánicas de punción y extensión

Se determinó la opacidad de las películas de acuerdo al método descrito por Salgado y col. (2011). Secciones de películas de 2 cm² que se mantuvieron a 23±2 °C y 55±5 % de humedad relativa durante 24 horas se adhirieron a una celda de acrílico sin las paredes frontal y trasera para hacer un barrido de absorbancia de 400 a 800nm en un espectrofotómetro Genesys 10, calculando el área bajo la curva de acuerdo con lo que reporta Pereda y col. (2012). La opacidad de las películas se calculó dividiendo el área bajo la curva de absorbancia entre el espesor de la misma (nm/mm).

Las propiedades mecánicas de la fuerza y deformación en el punto de ruptura durante la punción de la película se determinaron mediante la prueba de punción de acuerdo al método descrito por Gontard, Guilbert y Cuq (1993). La película fue fijada en una celda de acrílico de 52.4 mm de diámetro y perforada en el centro con una sonda de aluminio de 3 mm de diámetro a una velocidad de 1 mm/s en un texturómetro Brookfield modelo LFRA 4500 (Brookfield Engineering Laboratories, Mendlebro). De las gráficas fuerza-deformación se obtuvo calculó la fuerza de punción (fuerza máxima detectada durante la prueba al rompimiento de la película) y el desplazamiento de la sonda para calcular la deformación de la punción (estiramiento de la película en relación a la longitud inicial l_0 , antes del rompimiento, Δl) de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$\text{Deformación}(\%) = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{\sqrt{D^2 + l_0^2} - l_0}{l_0}$$

Donde D es el desplazamiento de la sonda y l_0 es el radio de la celda.

Para calcular la resistencia a la tensión y el porcentaje al alargamiento de la película se utilizó un medidor digital de fuerza Chatillon DFIS 200, de acuerdo con lo descrito por

Gennadios, Weller y Testin (1993), con ligeras modificaciones. Se determinó la carga y la extensión de las películas (100 mm de longitud y 26 mm de ancho) a una velocidad de 50 mm/min. La fuerza de extensión se calculó dividiendo la carga máxima entre la sección transversal del área (espesor por ancho de la película) y multiplicada por 100.

Elaboración de la Boloña de res y películas comestibles con paprika

A las películas se les incorporaron diferentes concentraciones de paprika (0.0, 0.5 y 1.0%) a fin de evaluar la difusión de este ingrediente como compuesto antioxidante y mejorador de color en Boloña de res (Guerrero-Legarreta y Arteaga, 2007).

Para elaborar la Boloña de res, se molió la carne de res (71.40%) en un procesador de alimentos y se mezcló con la mitad del hielo (5.42%) y sal (1.78%), después se agregó el lardo de cerdo molido (11.42%), la otra mitad del hielo (6.00%) y el resto de los ingredientes (azúcar 0.81%, sal cura 0.27%, ertiorbato de sodio 0.04%). Se embutió la mezcla manualmente en una funda sintética de 150 mm de ancho y se cerró con hilo cáñamo los extremos. El embutido se colocó en una olla con agua a 55°C durante 30 minutos posteriormente se elevó la temperatura a 75 °C tapando la olla hasta que la temperatura interna del embutido alcanzará 70°C. Se enfrió a temperatura ambiente y se almaceno a 4°C. Al siguiente día se rebanó con un espesor de 10 mm de ancho, distribuyendo aleatoriamente las rebanas entre los diferentes tratamientos. Cada rebanada fue cubierta a la mitad con la película emulsionada y la otra mitad con la película sin emulsionar, para cada proteína, a las diferentes concentraciones de paprika. Las muestras fueron empacadas al vacío y almacenadas en refrigeración a 4 °C durante 40 días.

Determinación de la rancidez oxidativa

Se determinó la rancidez oxidativa utilizando ácido tiobarbitúrico según la metodología reportada por Zipser y Watts (1962). De cada muestreo de los diferentes tratamientos a los 1, 15, 30 y 40 días, las rebanadas de Boloña se molieron en un mortero para homogenizar. Se tomaron 10 gramos de muestra y se adicionaron 49 mL de agua destilada a una temperatura de 50 °C más un mL de una solución de sulfonamida (0.5% diluida en HCL al 20%). La mezcla se vertió en un matraz de 500 mL donde se le adicionaron 2 mL de una solución HCL 1:2, 48 mL de agua destilada a 50 °C y 2 gotas de antiespumante de silicón. El matraz se puso a destilar hasta obtener 50 mL de destilado, se tomaron 5 mL y se colocaron en tubos de ensaye agregando 5 mL de solución de ácido tiobarbitúrico (0.02 M en ácido acético glacial al 90%), y se llevaron a baño maría durante 35 min. Se enfriaron y se tomó lectura en el espectrofotómetro a 538 nm. La rancidez como mg de malonaldehído se calculó elaborando una curva estándar de 1,1,3,3-tetraepoxipropano a 3×10^{-5} M (Lawlord y col., 2000), llevado a cabo las diluciones pertinentes, para reportar los mg de malonaldehído por kg de muestra.

Color en coordenadas CIE-Lab

De cada muestreo de los diferentes tratamientos a los 1, 15, 30 y 40 días, las rebanadas de boloña se determinó el color en coordenadas CIE-Lab, adaptando la metodología reportada por Yam y Papadakis (2004). Cada una de las muestras fueron puestas en cajas Petri y colocadas en un escáner Microtek scanmaker 3600 para capturar cada muestra en imagen formato TIF a 300 dpi de resolución. Las imágenes fueron procesadas con el software Adobe Photoshop PCS 4 versión 11.0, convirtiendo a coordenadas CIE-Lab, para obtener del histograma de imagen los valores de L, a y b, estandarizados de acuerdo con:

$$L^* = \frac{\text{Luminosidad}}{255} \times 100$$

$$a^* = \frac{240a}{255} - 120$$

$$b^* = \frac{240b}{255} - 120$$

Diseño y análisis experimental

Para determinar el efecto del tipo de proteína, la incorporación de aceite emulsionado, y el tiempo de almacenamiento sobre el color y la oxidación de lípidos de la Boloña de res, se utilizó el siguiente modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + \epsilon_{ijk}$$

Donde Y_{ijk} representa la variable respuesta para el *i-ésimo* efecto del tipo de proteína (proteína de plasma porcino o concentrado de proteína de leche), *j-ésimo* tipo de película (con aceite emulsionado o no), y al *k-ésimo* tiempo de almacenamiento (1, 15, 30 o 40 días). ϵ es el error experimental asumiendo una distribución normal de media cero y una varianza σ^2 (Der y Everitt, 2002). Los resultados obtenidos se analizaron mediante un análisis de varianza en el paquete estadístico SAS v. 8 (SAS Statistical Analysis System, Cary North Carolina, USA) y la diferencia significativa entre medias se determinó con la prueba Duncan en el mismo paquete estadístico.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Propiedades de las películas

La Tabla 1 muestra los resultados de las propiedades físicas de las películas comestibles de proteína de leche y proteína de plasma, emulsionadas o no. Las películas emulsionadas (proteína de leche > proteína de plasma) fueron significativamente ($P < 0.05$) más opacas que las sin emulsionar. Del mismo modo, las películas de proteína de leche fueron más opacas que las de plasma. Para la materia soluble total, las películas de proteína de leche (emulsionada > sin emulsionar) fueron más solubles que las de plasma. El mismo comportamiento se observó para la proteína soluble, donde también las películas de

proteína de leche (sin emulsionar>emulsionada) tuvieron valores significativamente ($P<0.05$) mayores que las películas de plasma. La permeabilidad de vapor de agua fue significativamente ($P<0.05$) mayor en las películas de plasma (sin emulsionar>emulsionada). El incorporar aceite y emulsionarlo dentro de la matriz de proteína que formará la película modificó las propiedades ópticas de la misma, donde el aceite hizo a las películas menos translúcidas. La opacidad parece ser inversamente proporcional a la materia y a la proteína soluble, donde en las muestras sin aceite emulsionado tuvieron una mayor cantidad de material y proteína soluble, posiblemente por no intervenir en la formación y estabilización de la emulsión. La menor opacidad y más materia soluble se reflejó en una mayor permeabilidad al vapor de agua.

Las películas que contenían aceite emulsionado fueron más opacas que las muestras sin aceite emulsionado, ya que los glóbulos de grasa fueron dispersados en la matriz de la película afectando la transparencia y restringiendo la transmisión de luz a través de la película, debido a que la fase dispersa no-miscible promueve la opacidad en función de la diferencia de los índices de refracción el tamaño de partícula de la fase dispersa (Pereda y col., 2012). La materia soluble total disminuye con la incorporación de aceite emulsionado ya que las proteínas están ocupadas estabilizando la interface. Las películas comestibles que contienen aceite emulsionado son menos solubles que las películas sin aceite pues el aceite disminuye la naturaleza hidrofílica de la muestra (Tural y Turhan, 2017). Los valores de permeabilidad de vapor de agua en las películas con aceite emulsionado fueron menores debido a la baja continuidad de la red de proteína promovida por los glóbulos de aceite dispersos en la matriz de proteína, como resultado de dos factores: uno, la distribución heterogénea de los glóbulos lipídicos con un tamaño de partícula relativamente alto, lo cual afecta la cohesión estructural de la matriz proteica polimérica; y dos, la agregación de los glóbulos de grasa dentro de la película disminuye la tortuosidad (estructura de medio poroso) teniendo un efecto sobre la difusión de agua y por lo tanto en la permeabilidad de vapor de agua (Khwaldia y col., 2004).

En las propiedades mecánicas de las películas (Tabla 1), las películas emulsionadas (proteína de leche>proteína de plasma) fueron significativamente ($P<0.05$) más dúctiles que las películas sin emulsionar. Las películas emulsionadas fueron más resistentes y estirables.

Cambios en la resistencia a la punción son debido a la disrupción de la matriz continua polimérica provocando una estructura heterogénea (Soazo, Rubiolo y Verdini, 2011). La incorporación de aceite emulsionado en las películas comestibles de proteína causó cambios estructurales, ya que el aceite redujo el tamaño de partícula de la emulsión con el consecuente aumento en la inmovilización de la cadena de proteína en la interface lipídica, aumentando la fuerza de tensión (Khwaldia y col., 2004). Esto resultó en una película más flexible y estirable, debido a la discontinuidad producida por la red polimérica mejorando las propiedades de tensión (Fabra, Talens y Chiralt, 2008).

Tabla 1. Propiedades de las películas comestibles

Tratamiento	Concentrado de proteína de leche con aceite emulsionado	Concentrado de proteína de leche	Proteína de plasma con aceite emulsionado	Proteína de plasma
Opacidad (nm/mm)	496.51±10.5 a	414.64±15.6 d	490.77±14.9 b	415.51±26.8 c
Materia soluble total (%)	94.60±1.67 b	98.55±1.99 a	70.01±1.88 d	79.10±1.00 c
Proteína soluble (%)	16.45±2.23 b	46.03±1.25 a	18.94±1.13 d	18.65±1.96 c
Permeabilidad a vapor de agua*	2.73±0.55 b	2.84±1.01 a	18.94±1.25 d	1.79±0.99 c
Resistencia a la punción (N)	2.00±0.63 a	1.35±0.82 c	1.65±0.25 b	1.05±0.09 d
Deformación a la punción (%)	52.4±3.1 a	41.2±2.74 c	39.9±2.1 b	40.2±1.83 d
Fuerza de tensión (N)	0.893±0.02 a	0.867±0.01 c	0.801±0.02 b	0.806±0.02 d
Elongación (%)	122±9 a	107±9 c	105±5 b	108±8 d

a,b,c,d Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente ($P<0.05$) diferentes.

* $PVA \times 10^4$ g/Pa s m

Efecto de las películas sobre el color la Boloña

La luminosidad de las muestras de Boloña sin película (Control) fue significativamente ($P<0.05$) mayor que el de las muestras tratadas, seguida de las muestras con películas sin emulsionar (proteína de leche=proteína de plasma). Las muestras menos luminosas fueron las tratadas con película emulsionada (proteína de leche=proteína de plasma). Conforme paso el periodo de almacenamiento, las muestras de Boloña fueron significativamente ($P<0.05$) más luminosas a los 40 días, y las muestras más oscuras se detectaron al día uno de almacenamiento. Los tratamientos con 1.0% de paprika fueron significativamente ($P<0.05$) más luminosos que los tratamientos con 0.5% y 0.0% de paprika (Tabla 2) (Fig. 1).

En la tonalidad roja, las muestras con películas comestibles emulsionadas (proteína de leche=proteína de plasma) fueron significativamente ($P<0.05$) más rojas que las muestras con películas sin emulsionar y el Control. La tonalidad roja disminuyó significativamente ($P<0.05$) conforme pasó el tiempo de almacenamiento, siendo mayor al día uno. Como era de esperarse, las películas con mayor concentración de paprika fueron significativamente ($P<0.05$) más rojas que el Control (Tabla 3) (Fig. 1).

La luminosidad y la tonalidad roja de la carne y los productos cárnicos son los parámetros de color más importantes, debido a las características de este tipo de alimentos (sobre todo el contenido de humedad y de mioglobina). Definitivamente la aplicación de películas comestibles afectó el color instrumental, haciendo las muestras relativamente más opacas, pero tuvieron un efecto protector de la coloración durante el tiempo de almacenamiento. Para la tonalidad roja, las películas con paprika incrementaron esta coloración al contener la paprika.

Tabla 2. Luminosidad de las muestras de Boloña tratadas con las diferentes películas comestibles

Tratamiento	Paprika (%)	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		1	15	30	40
Control (sin película)	0.0	2.98±1.02 A, d, d	3.35±2.42 A, c, d	3.84±0.00 A, b, d	3.96±3.09 A, a, d
Concentrado de proteína de leche con aceite emulsionado	0.0	2.63±2.61 C, d, d	2.48±1.04 C, c, d	2.23±1.04 C, b, d	2.85±1.04 C, a, d
	0.5	2.51±0.00 C, d, e	1.25±0.00 C, c, e	1.74±5.23 C, b, e	1.99±5.23 C, a, e
	1.0	1.62±0.00 C, d, c	2.98±1.04 C, c, c	2.36±1.04 C, b, c	3.10±1.04 C, a, c
	0.0	2.48±1.04 B, d, d	2.73±1.04 B, c, d	2.60±1.04 B, b, d	3.10±1.04 B, a, d
Concentrado de proteína de leche	0.5	1.49±5.23 B, d, e	1.86±5.23 B, c, e	1.99±5.23 B, b, e	2.60±1.04 B, a, e
	1.0	5.94±2.09 B, d, c	6.56±2.09 B, c, c	1.62±0.00 B, b, c	2.11±1.04 B, a, c
	0.0	2.63±2.61 C, d, d	2.23±1.04 C, c, d	1.99±5.23 C, b, d	2.60±1.04 C, a, d
Proteína de plasma con aceite emulsionado	0.5	1.75±0.00 C, d, e	0.88±2.61 C, c, e	1.37±0.00 C, b, e	2.11±1.04 C, a, e
	1.0	2.11±1.04 C, d, c	2.73±1.04 C, c, c	2.73±1.04 C, b, c	2.73±1.04 C, a, c
	0.0	2.73±1.04 B, d, d	2.98±1.04 B, c, d	2.11±1.04 B, b, d	2.73±1.04 B, a, d
Proteína de plasma	0.5	2.23±1.04 B, d, e	2.60±1.04 B, c, e	2.48±1.04 B, b, e	2.98±1.04 B, a, e
	1.0	3.83±0.00 B, d, c	3.69±2.09 B, c, c	2.86±5.23 B, b, c	2.48±1.04 B, a, c

A, B, C Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente (P<0.05) diferentes para tratamiento (tipo de película).

a, b Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente (P<0.05) diferentes para el tiempo de almacenamiento.

c, d, e Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente (P<0.05) diferentes para la concentración de paprika.

Tabla 3. Componente roja (+a*) de las muestras de Boloña tratadas con las diferentes películas comestibles

Tratamiento	Paprika (%)	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		1	15	30	40
Control (sin película)	0.0	18.21±2.21 D, a, f	16.56±1.00 D, b, f	6.97±2.95 D, c, f	16.31±1.00 D, c, f
Concentrado de proteína de leche con aceite emulsionado	0.0	14.80±8.37 B, a, f	17.78±0.00 B, b, f	15.80±8.37 B, c, f	14.09±8.37 B, c, f
	0.5	20.56±8.37 B, a, e	17.45±8.37 B, b, e	15.46±0.00 B, c, e	15.50±0.00 B, c, e
	1.0	20.83±0.00 B, a, d	17.30±8.37 B, b, d	16.96±0.00 B, c, d	15.78±4.18 B, c, d
	0.0	17.48±8.37 A, a, f	18.76±8.37 A, b, f	16.60±0.00 A, c, f	15.50±0.00 A, c, f
Concentrado de proteína de leche	0.5	22.32±1.67 A, a, e	17.99±8.37 A, b, e	15.95±8.37 A, c, e	13.85±4.18 A, c, e
	1.0	25.71±1.67 A, a, d	18.77±8.37 A, b, d	18.94±8.37 A, c, d	18.14±0.00 A, c, d
	0.0	17.21±0.00 C, a, f	14.20±8.37 C, b, f	14.16±8.37 C, c, f	14.60±4.18 C, c, f
Proteína de plasma con aceite emulsionado	0.5	19.38±8.37 C, a, e	14.81±4.18 C, b, e	14.68±0.00 C, c, e	13.87±4.18 C, c, e
	1.0	20.69±8.37 C, a, e	15.33±4.18 C, b, e	16.42±0.00 C, c, e	15.00±0.00 C, c, e
	0.0	16.50±0.00 A, a, f	17.94±8.37 A, b, f	17.68±0.00 A, c, f	16.52±8.37 A, c, f
Proteína de plasma	0.5	17.97±0.00 A, a, e	18.40±0.00 A, b, e	17.56±8.37 A, c, e	16.58±0.00 A, c, e
	1.0	20.73±8.37 A, a, d	18.59±8.37 A, b, d	19.57±0.00 A, c, d	14.85±4.18 A, c, d

A, B, C Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente (P<0.05) diferentes para tratamiento (tipo de película).

a, b Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente (P<0.05) diferentes para el tiempo de almacenamiento.

c, d, e Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente (P<0.05) diferentes para la concentración de paprika.

Para la componente amarilla del color, las muestras de Boloña tratadas con películas emulsionadas (proteína de leche < proteína de plasma) fueron significativamente ($P < 0.05$) más amarillas que las muestras con película sin emulsionar y el Control. A mayor concentración de paprika la tonalidad amarilla fue significativamente ($P < 0.05$) mayor (Tabla 4) (Fig. 1).

Tabla 4. Componente amarilla (+b*) de las muestras de Boloña tratadas con las diferentes películas comestibles

Tratamiento	Paprika (%)	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		1	15	30	40
Control (sin película)	0.0	12.33±4.10 E, a, g	14.82±2.22 E, b, g	4.64±2.05 E, d, g	12.58±4.10 E, c, g
Concentrado de proteína de leche con aceite emulsionado	0.0	15.71±0.00 B, a, g	17.44±8.37 B, b, g	14.15±4.18 B, d, g	14.84±8.37 B, c, g
	0.5	19.52±8.37 B, a, f	24.25±0.00 B, b, f	21.18±0.00 B, d, f	20.78±0.00 B, c, f
	1.0	25.65±1.67 B, a, e	31.98±8.37 B, b, e	26.67±0.00 B, d, e	26.56±8.37 B, c, e
Concentrado de proteína de leche	0.0	11.58±4.18 D, a, g	13.80±8.37 D, b, g	11.78±4.18 D, d, g	12.35±4.18 D, c, g
	0.5	24.61±0.00 D, a, f	15.41±8.37 D, b, f	14.22±4.18 D, d, f	15.66±8.37 D, c, f
	1.0	21.67±0.00 D, a, e	19.60±0.00 D, b, e	23.21±1.67 D, d, e	23.49±8.37 D, c, e
Proteína de plasma con aceite emulsionado	0.0	14.85±4.18 A, a, g	14.96±0.00 A, b, g	14.13±4.18 A, d, g	15.71±0.00 A, c, g
	0.5	24.91±8.37 A, a, f	26.83±0.00 A, b, f	23.97±0.00 A, d, f	27.31±8.37 A, c, f
	1.0	27.50±0.00 A, a, e	27.68±1.67 A, b, e	28.55±8.37 A, d, e	29.44±8.37 A, c, e
Proteína de plasma	0.0	15.60±4.18 C, a, g	14.95±8.37 C, b, g	12.11±0.00 C, d, g	12.84±8.37 C, c, g
	0.5	25.70±8.37 C, a, f	16.71±0.00 C, b, f	14.95±8.37 C, d, f	15.73±8.37 C, c, f
	1.0	30.35±1.67 C, a, e	19.38±8.37 C, b, e	24.23±8.37 C, d, e	20.57±0.00 C, c, e

A, B, C Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para tratamiento (tipo de película).

a, b Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para el tiempo de almacenamiento.

c, d, e Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para la concentración de paprika.

Los pigmentos contenidos en la paprika con responsables de las diferencias en color, ya que carotenoides y xantofilas como el β -caroteno y la zeaxantina (amarillas) y/o la capsantina y la capsorubina (rojas) aumentaron las coloraciones amarilla y roja, respectivamente, en las muestras con paprika (Fernández-López, Ignacio y Caballero, 2002; Mercadante y col., 2010).

Efecto de las películas sobre la rancidez oxidativa

Para los valores de rancidez oxidativa, las muestras control tuvieron valores significativamente ($P < 0.05$) más altos que las muestras tratadas con películas comestibles. Las películas emulsionadas tuvieron valores mayores de rancidez que las muestras no emulsionadas. Al pasar el tiempo de almacenamiento, la rancidez oxidativa aumentó significativamente ($P < 0.05$). Las muestras sin paprika (Control y 0.0%) tuvieron valores

significativamente ($P < 0.05$) mayores de rancidez que las muestras con paprika ($1.0\% > 0.5\%$) (Tabla 5).

Es probable que las cantidades de polifenoles, ácido ascórbico, β -caroteno y otros compuestos con actividad antioxidante y de barrido de radicales libres contenidos en la paprika (Karakaya y col., 2001; Deepa y col., 2006). La paprika tiene mejor actividad antioxidante que el tomate en productos cárnicos (Sánchez-Escalante y col., 2003; Mercadante y col., 2010).

Tabla 5. Rancidez oxidativa (mg de malonaldehído/kg) de las muestras de Boloña tratadas con las diferentes películas comestibles

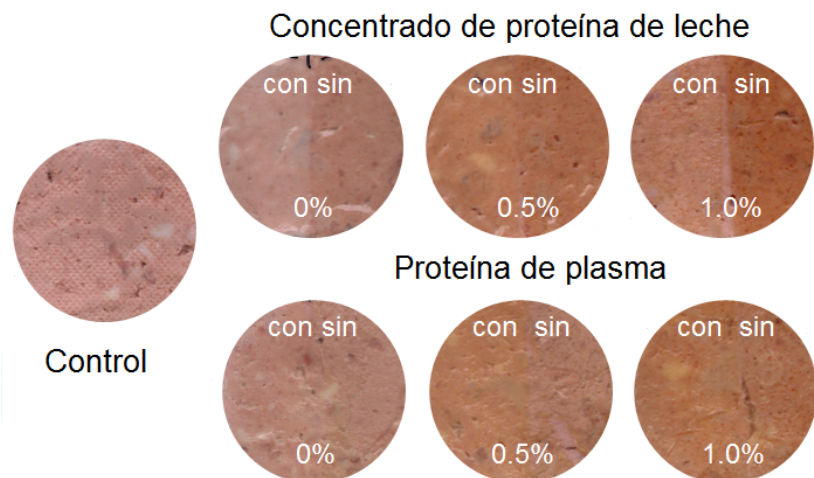
Tratamiento	Paprika (%)	Tiempo de almacenamiento (Días)			
		1	15	30	40
Control (sin película)	0.0	2.980±1.02 A, a, e	3.350±2.42 A, b, e	3.840±0.00 A, d, e	3.960±3.09 A, c, e
Concentrado de proteína de leche con aceite emulsionado	0.0	2.230±1.04 B, a, e	2.600±1.04 B, b, e	2.480±1.04 B, d, e	2.980±1.04 B, c, e
	0.5	2.730±1.04 B, a, f	2.980±1.04 B, b, f	2.110±1.04 B, d, f	2.730±1.04 B, c, f
	1.0	2.830±0.00 B, a, g	2.690±2.09 B, b, g	1.860±5.23 B, d, g	2.480±1.04 B, c, g
Concentrado de proteína de leche	0.0	0.750±0.00 C, a, e	0.880±2.61 C, b, e	1.370±0.00 C, d, e	2.110±1.04 C, c, e
	0.5	0.630±2.61 C, a, f	2.230±1.04 C, b, f	1.990±5.23 C, d, f	2.600±1.04 C, c, f
	1.0	2.110±1.04 C, a, g	2.730±1.04 C, b, g	2.730±1.04 C, d, g	3.220±1.04 C, c, g
Proteína de plasma con aceite emulsionado	0.0	1.490±5.23 B, a, e	1.860±5.23 B, b, e	1.990±5.23 B, d, e	2.600±1.04 B, c, e
	0.5	2.480±1.04 B, a, f	2.730±1.04 B, b, f	2.600±1.04 B, d, f	3.100±1.04 B, c, f
	1.0	2.940±2.09 B, a, g	2.560±2.09 B, b, g	1.620±0.00 B, d, g	2.110±1.04 B, c, g
Proteína de plasma	0.0	0.510±0.00 C, a, e	1.250±0.00 C, b, e	1.740±5.23 C, d, e	1.990±5.23 C, c, e
	0.5	0.630±2.61 C, a, f	2.480±1.04 C, b, f	2.230±1.04 C, d, f	2.850±1.04 C, c, f
	1.0	1.620±0.00 C, a, g	2.980±1.04 C, b, g	2.360±1.04 C, d, g	3.100±1.04 C, c, g

A, B, C Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para tratamiento (tipo de película).

a, b Medias con la misma letra en el mismo renglón no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para el tiempo de almacenamiento.

c, d, e Medias con la misma letra en la misma columna no son significativamente ($P < 0.05$) diferentes para la concentración de paprika.

Figura 1. Muestras de Boloña de res tratadas con las diferentes películas comestibles de proteína con diferentes concentraciones de paprika



CONCLUSIONES

La aplicación de películas comestibles como acarreadoras de compuestos bioactivos, en este caso un compuesto utilizado ampliamente en la industria cárnica como pigmento y conservador (la paprika es un antioxidante y antimicrobiano). De este modo, conociendo las propiedades físicas (solubilidad y opacidad) y mecánicas (resistencia a la punción y elongación) de películas elaboradas con proteína y aceite emulsionado, se puede utilizar este empaque activo para mejorar las características de productos cárnicos empacados al vacío, como la Boloña de res. Las películas de proteína con aceite emulsionado tuvieron valores menores de color (pero mejor que el control), que las películas sin aceite emulsionado, pero disminuyeron más efectivamente la oxidación de lípidos, ya que la fase no polar de la película solubilizó compuestos orgánicos de la paprika que actuaron como antioxidantes.

REFERENCIAS

- DEEPA N., C. KAUR, B. SINGH, H.C. KAPOOR. 2006. Antioxidant activity in some red sweet pepper cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19: 572-578.
- DER G., B.S. EVERITT (2002). *A Handbook of Statistical Analyses Using SAS*. Londres, Chapman & Hall, pp. 98-119.
- FABRA M.J., P. TALENS, A. CHIRALT. (2008). Effect of alginate and λ -carrageenan on tensile properties and water vapour permeability of sodium caseinate-lipid based films. *Carbohydrate Polymers* 74: 419-426.
- FERNÁNDEZ-LÓPEZ J., J.A. PÉREZ-ALVAREZ, E. SAYAS-BARBERÁ, F. LÓPEZ-SANTOVEÑA. 2002. Effect of paprika (*Capsicum annun*) on color of Spanish-type sausage during the resting stage. *Journal of Food Science* 67: 2410-2414.
- FERNÁNDEZ-PAN I., J. IGNACIO, M. CABALLERO (2011). Biopolymers for edible films and coatings in food applications. En: Plackett D, editor. *Biopolymers-New Materials for Sustainable Films and Coatings*. New York: John Wiley & Sons, pp. 233-254.
- GENNADIOS A., C.L. WELLER, M.A. HANNA, G.W. FRONING (1996). Mechanical and barrier properties of egg albumen films. *Journal of Food Science* 61: 585-589.
- GENNADIOS A., C.L. WELLER, R.F. TESTIN (1993). Modification of physical and barrier properties of edible wheat gluten-based films. *Cereal Chemistry* 70: 426-429.
- GENNADIOS A., M.A. HANNA, L.B. KURTH (1997). Application of edible coating on meats, poultry and seafoods: A review. *LWT-Food Science and Technology* 30: 337-350.
- GIANCONE T., E. TORRIERI, P. DI PIERR, L. MARINIELLO, M. MORESI, R. PORTA, P. MASI (2008). Role of constituents on the network formation of hydrocolloid edible films. *Journal of Food Engineering* 89: 195-203.

- GONTARD N., S. GUILBERT, J.L. CUQ (1993). Water and glycerol as plasticizers affect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. *Journal of Food Science* 58: 206-211.
- GORNALL A.G., C.J. BARDAWILL, M.M. DAVID (1949). Determination of serum proteins by means of the biuret reaction. *Journal of Biological Chemistry* 177: 751-766.
- GUERRERO LEGARRETA, I., M.R. ARTEAGA MARTÍNEZ (2007). *Tecnología de Carnes: Elaboración y Preservación de Productos Cárnicos*. Trillas. México.
- GUILBERT S., N. GONTARD, L.G.M. GORRIS (1996). Prolongation of the shelf-life of perishable food products using biodegradable films and coatings. *LWT-Food Science and Technology* 29: 10-17.
- JANGCHUD A., M.S. CHINNAN (1999). Peanut protein film as affected by drying temperature and pH of film forming solution. *Journal of Food Science* 64: 153-157.
- KARAKAYA S., S.N. EL, A.A. TA. 2001. Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *International Journal of Food Science and Nutrition*, 52: 501-508.
- KHWALDIA K., S. BANON, S. DESOBRY, J. HARDY (2004). Mechanical and barrier properties of sodium caseinate–anhydrous milk fat edible films. *International Journal of Food Science and Technology* 39: 403-411.
- KHWALDIA K., S. BANON, S. DESOBRY, J. HARDY. (2004). Mechanical and barrier properties of sodium caseinate–anhydrous milk fat edible films. *International Journal of Food Science and Technology*, 39: 403-411.
- KOKOSZKA S., F. DEBEAUFORT, A. LENARTA, A. VOILLEY (2010). Liquid and vapour water transfer through whey protein/lipid emulsion films. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 90: 1673-1680.
- LAWLOR J.B., P.J.A. SHEEHY, J.P. KERRY, D.J. BUCKLEY, P.A. MORRISSEY (2000). Measuring oxidative stability of beef muscles obtained from animals supplemented with vitamin E using conventional and derivative spectrophotometry. *Journal of Food Science* 65: 1138-1141
- McHUGH T.H., R. AVENA-BUSTILLOS, J.M. KROCHTA (1993). Hydrophilic edible films: modified procedure for water vapor permeability and explanation of thickness effects. *Journal of Food Science* 58: 899-903.
- MERCADANTE A.Z., C.D. CAPITANI, E.A. DECKER, I.A. CASTRO. 2010. Effect of natural pigments on the oxidative stability of sausages stored under refrigeration. *Meat Science*, 84: 718-726.

- NUTHONG P., S. BENJAKUL, T. PRODPRAN (2009). Effect of some factors and pretreatment on the properties of porcine plasma protein-based films. *LWT-Food Science and Technology* 42: 1545-1552
- PAVLATH A.E., W. ORTS (2009). Edible films and coatings: Why, what, and how? In: Embuscado ME, Huber KC, editors. *Edible Films and Coatings for Food Applications*. New York: Springer Science, pp. 1-23.
- PEREDA M., G. AMICA, N.E. MARCOVICH (2012). Development and characterization of edible chitosan/olive oil emulsion films. *Carbohydrate Polymers* 87: 1318-1325.
- PÉREZ-GAGO M.B. (2012). Películas comestibles compuestas a base de hidrocoloides y lípidos. En: Olivas-Orozco GI, González-Aguilar GA, Martín-Belloso O, Soliva-Fortuny R, editors. *Películas y Recubrimientos Comestibles: Propiedades y Aplicaciones en Alimentos*. Mexico City: AM Editores. pp. 219-241.
- SALGADO P.R., G.B. FERNÁNDEZ, S.R. DRAGO, A.N. MAURI (2011). Addition of bovine plasma hydrolysates improves the antioxidant properties of soybean and sunflower protein-based films. *Food Hydrocolloids* 25: 1433-1440.
- SÁNCHEZ-ESCALANTE A., G. TORRESCANO, D. DJENANE, J.A. BELTRÁN, P. RONCALÉS. 2003. Stabilisation of colour and odour of beef patties by using lycopene-rich tomato and peppers as a source of antioxidants. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83: 197-194.
- SOAZO M., A. RUBIOLO, R. VERDINI. (2011). Effect of drying temperature and beeswax content on physical properties of whey protein emulsion films. *Food Hydrocolloids* 25: 1251-1255.
- TURAL S., S. TURHAN. (2017). Properties and antioxidant capacity of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) by-product protein films containing thyme essential oil. *Food Technology and Biotechnology*, 55: 77-85.
- WU Y., C.L. WELLER, F. HAMOUZ, S.L. CUPPETT, M. SCHNEPF (2002). Development and application of multicomponent edible coatings and films: A review. *Advances in Food and Nutrition Research* 44: 347-394.
- YAM K.L., S.E. PAPADAKIS (2004). A simple digital imaging method for measuring and analyzing color of food surfaces. *Journal of Food Engineering*, 61: 137-142.
- ZIPSER M.W., B.M. WATTS (1962). A modified 2-thiobarbituric acid (TBA) method for the determination of malonaldehyde in cured meats. *Food Technology*, 16(7): 102-104.