

Elaboración de una Película Comestible a Base de Colágeno Incorporado con Nisina como Agente Antimicrobiano

Luis E. Guzmán*, Diofanor Acevedo, Laura Romero y Julieth Estrada

Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería, Programa de ingeniería de Alimentos, Avenida el Consulado, Calle 30 No. 48-152. Cartagena, Bolívar-Colombia (e-mail: lguzmanc1@unicartagena.edu.co)

* autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Mar. 31, 2014; Aceptado Jun. 6, 2014; Versión final recibida Ago. 4, 2014

Resumen

El objetivo del presente trabajo fue elaborar una película comestible a base de colágeno incorporado con nisina como agente antimicrobiano que permita disminuir la migración de humedad y la oxidación de la grasa en filetes de cerdo en refrigeración. Para esto se recurrió a pruebas de laboratorio como análisis de peróxido, porcentaje de humedad y análisis microbiológicos para hallar las concentraciones ideales de antimicrobiano y aditivos que componían la película y evaluar al mismo tiempo el comportamiento de la misma en las muestras de carne. Los resultados demostraron que la presencia de nisina en concentraciones cercanas al 2% en las películas comestibles de colágeno es una buena alternativa para ralentizar los procesos de degradación originados durante la refrigeración. También se encontró que la adición de materiales como cera de abeja y ácido ascórbico, en bajas proporciones, reducen en gran medida la pérdida de humedad y la oxidación de la grasa.

Palabras clave: película comestible, pérdida de humedad, cera de abeja, colágeno, nisina

Preparation of an Edible Film Based on Collagen Incorporated as the Antimicrobial Agent Nisin

Abstract

The goal of this work was to develop an edible collagen film incorporated with nisin as the antimicrobial agent to reduce the migration of moisture and fat oxidation in refrigerated pork fillets. Peroxide determination, moisture content and microbiological analysis were performed to find the ideal antimicrobial concentrations and additives that made the film and simultaneously evaluating the behavior of it in meat samples. The results showed that the presence of nisin at concentrations close to 2% in the edible collagen films represents a good alternative to slow degradation processes that arise during cooling. It was also found that the addition of materials such as beeswax and ascorbic acid, in low amounts, greatly reduce the loss of moisture and fat oxidation.

Keywords: edible films, moisture loss, beeswax, collagen, nisin

INTRODUCCIÓN

Las películas comestibles pueden ser usadas para proporcionar alta calidad y productos alimenticios seguros. En la industria cárnica es una alternativa para obtener alimentos más duraderos y resistentes ante los tratamientos térmicos que sufren durante su transformación y comercialización, además de convertirse es una herramienta para conservar las características sensoriales y organolépticas que son pieza clave en la selección por parte de los consumidores (Ramos–García *et al.*, 2010). Lípidos, proteínas y polisacáridos, son algunas de las materias primas empleadas en la elaboración de películas comestibles; cada una cumple una función específica por lo que su comportamiento no será el mismo en todos los alimentos (Ramos–García *et al.*, 2010). Las películas comestibles basadas en proteínas y cubiertas han incrementado la atención en recientes años debido a sus propiedades funcionales y características nutricionales (Parra, 2009; Ozdemir y Floros, 2008).

Los recubrimientos hechos a base de proteínas presentan mejores propiedades de barrera a los gases, sin embargo, la resistencia que presenta al vapor de agua es menor debido a su naturaleza hidrofílica (Pérez–Gago y Krochta, 2002). En estudios anteriores Tanada–Palmu y Grosso (2005) formularon un recubrimiento a base de gluten, etanol, hidróxido de amonio, y glicerol y lo aplicaron en fresa (*Fragaria vesca* L.). A esta misma formulación se le adicionó cera de abeja, ácido esteárico y ácido palmítico, reduciendo la pérdida de peso en las fresas hasta en un 50% en comparación con el recubrimiento sin lípidos. Pérez–Gago *et al.*, (2005), elaboraron un recubrimiento con proteína de suero de leche, hidroxipropil metilcelulosa, cera de abeja y carnauba, para cubrir trozos de fresa, logrando una reducción en el oscurecimiento enzimático. Los autores atribuyen este efecto a la alta propiedad de barrera al oxígeno que presentan las proteínas. Estos mismos autores elaboraron otro recubrimiento con proteína de suero de leche, cera de abeja y ácido ascórbico o cisteína, obteniendo la misma reducción en el oscurecimiento enzimático en trozos de manzana (Pérez–Gago *et al.*, 2006). Monedero *et al.*, (2009), elaboraron películas a base de proteína de soya (*Glycine max* M.), ácido oleico y glicerol, y posteriormente hicieron las pruebas en frutos, obteniendo una permeabilidad selectiva al O₂. Además, adicionaron lípidos y lograron disminuir la pérdida de agua hasta en un 50% en comparación con los frutos no recubiertos.

Varios autores han utilizado agentes antimicrobianos como aditivos en la formulación de sus recubrimientos. La incorporación de agentes antimicrobianos como es el caso de los aceites esenciales (anís, cardamo y tomillo) en películas, cubiertas o empaques, se han probado en varios productos alimenticios como carne y productos de panadería, inhibiendo el desarrollo de hongos, bacterias y levaduras (Ramos–García *et al.*, 2010). Rojas–Graü *et al.*, (2007), reportaron que el recubrimiento a base de puré de manzana-alginato, glicerol y aceite esencial de orégano en trozos de mango, disminuyó el desarrollo de *Listeria innocua*, hasta un 50% más que en los no tratados. Raybaudi–Massilia *et al.*, (2008), al incorporar recubrimientos a base de alginato y glicerol, y 0,3% de ácido palmítico en melón cortado, inhibieron el crecimiento de *Salmonella enterica*, además de conservar el producto fresco con buenos parámetros de calidad.

En estudios realizados por Ponce *et al.*, (2008), se demostró el efecto inhibitorio de cubiertas comestibles con quitosano y romero (*Rosmarinus officinalis* L.) al 1%, sobre el crecimiento de *L. monocytogenes* en la superficie de calabazas (*Cucurbita moschata* Dutch). Asimismo, este recubrimiento logró inhibir 5 mm más el halo de crecimiento de esta bacteria en comparación con el resto de otras cubiertas probadas como fueron las combinaciones de quitosano y olivo (*Olea europea* L) y quitosano y chile (*Capsicum annum* L.). Otra combinación que demostró buenos resultados fue la reportada por Pranoto *et al.*, (2005), estos autores realizaron un recubrimiento a base de quitosano y aceite de ajo. Los resultados se mostraron favorables debido a que este recubrimiento controló el crecimiento de los microorganismos *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus*. Vargas *et al.*, (2006), elaboraron un recubrimiento de quitosano y ácido oleico, para cubrir frutos de fresa observándose que la incidencia de microorganismos se redujo hasta en un 80% al término de la evaluación en comparación con los frutos no tratados. En este mismo estudio, la combinación, quitosano y ácido oleico no solo presentó efectos fungicidas y bactericidas, sino que además, fue un método alternativo para extender la vida de anaquel de zanahorias cortadas, reduciendo su respiración, la pérdida de peso y manteniendo el color.

La utilización del colágeno, como base proteica, junto a la incorporación de aditivos como antimicrobianos, emulsificantes, antioxidantes y plastificantes en productos cárnicos brinda grandes beneficios ya que cumple su papel de barrera, conservando las características físico químicas y organolépticas de la carne durante la refrigeración (Ramos–García *et al.*, 2010). El estudio de este tipo de películas en productos cárnicos y otros alimentos demuestra la eficiencia de las nuevas tecnologías de conservación y se transforma en una herramienta para analizar la aplicabilidad que tienen algunos materiales, en este caso el colágeno, como recubrimientos comestibles. Es así como nace la motivación para el desarrollo de este trabajo, el cual buscaba elaborar una película comestible a base de colágeno con adición de cera de abeja, ácido ascórbico y nisina, que permita disminuir la migración de humedad, la oxidación y el crecimiento microbiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Se utilizó carne de cerdo con un contenido lipídico de 2,24% para ser recubierto con la película comestible, eligiéndose el corte de lomo fino del cerdo por su textura y uniformidad. Para una obtención confiable de resultados, todas las muestras de carnes fueron compradas en el mismo lugar, y así asegurar una carne fresca y recién obtenida. Para la elaboración de la película se utilizó, como base estructural proteínica, el colágeno hidrosoluble; como plastificante se utilizó sorbitol. La cera de abeja fue utilizada como compuesto hidrofóbico, el Tween 20 como emulsificante, el ácido ascórbico se empleó como agente antioxidante y el agua destilada como solvente. La nisina se utilizó como conservante natural, suministrado por Interenzimas Ltda. Las condiciones experimentales fueron a una humedad relativa de 83%.

Desarrollo experimental

Para determinar la concentración ideal de cada uno de los componentes que se incluyen en película comestible, la parte experimental de este proyecto se realizó en cuatro etapas.

Etapas 1. Elaboración y estandarización del proceso de elaboración de la película: De acuerdo a metodología de Regalado *et al.*, (2005) se elaboraron películas comestibles a base de colágeno al 15% (w/v), sorbitol al 10% (w/v) y Tween del 5 al 20% (w/v) del peso total de colágeno para observar así la textura y elasticidad de la película.

Etapas 2. Determinación de la concentración de cera de abeja: Se buscó la concentración adecuada de cera de abeja, con la cual la carne en refrigeración perdiera menos humedad. Para esto se elaboraron 4 películas a diferentes concentraciones de cera: 0; 0,6; 1 y 1,5% (w/v), que fueron aplicadas por inmersión a 4 muestras de carne de aproximadamente 22±2 gramos. Se trabajó además con una muestra de carne en blanco (carne sin película).

Etapas 3. Determinación de la concentración de ácido ascórbico: Ya conocida la concentración ideal de cera de abeja, se pasó a determinar la concentración de ácido ascórbico necesaria para disminuir la oxidación de la grasa de la carne en refrigeración. Para esto se realizaron 4 películas con diferentes concentraciones de ácido ascórbico: 0; 0,1; 0,2 y 0,3% (w/v) que fueron aplicadas a 4 muestras de aproximadamente 40±5 gramos teniendo además una muestra en blanco (carne sin película). La reducción del índice de peróxido fue el parámetro que se obedeció para escoger la concentración adecuada de ácido ascórbico.

Etapas 4. Determinación de la concentración de nisina: La nisina es la única bacteriocina que ha sido aprobada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), para ser utilizada como conservante en la industria alimentaria. Molecularmente es un péptido de 34 aminoácidos con un peso molecular inferior a 5 kDa, producida por algunas cepas de *Lactococcus lactis* (Sierra *et al.*, 2013). Para conocer la concentración de nisina se procedió de manera similar a las etapas anteriores. Se realizaron 4 películas con diferentes concentraciones de nisina: 0; 1; 1,5 y 2% (w/v) y fueron aplicadas a muestras de carne de aproximadamente 200g cada una, dejando un blanco (carne sin película). Todas las muestras de carne con y sin película se almacenaron por 10 días en refrigeración a una temperatura de 5°C. La finalidad de todo el proceso era encontrar las concentraciones más adecuadas para prevenir y/o reducir la contaminación microbiana, la pérdida de peso y la oxidación de las grasas de las diferentes muestras de carne sometidas a refrigeración. La concentración adecuada de nisina se escogió luego de evaluar la mayor reducción de carga microbiana en las muestras en cuanto a coliformes totales y fecales y mesófilos aerobios.

Método de elaboración y aplicación de la película

El colágeno y el sorbitol se mezclaron en agua destilada con agitación constante, esta mezcla fue colocada a baño de maría a una temperatura de 90°C por 30 minutos. Se agregó la cera de abeja a la solución y se mantuvo en baño de maría por 5 minutos más. Pasados los 5 minutos se retiró del baño de maría y en agitación constante se adicionó el ácido ascórbico; luego la mezcla fue llevada a una licuadora donde se le agregó Tween 20 y se homogenizó a máxima velocidad por 2 minutos. Se dejó reposar 1 minuto. Transcurrido este tiempo se agregó la nisina y se homogenizó esta vez durante 1 minuto. Para observar la textura y elasticidad de la película, se vertieron 15 ml de la solución formadora de película en placas de vidrio de 10*10 cm, que se dejaron a temperatura ambiente (25°C) y humedad relativa de 83% en el laboratorio por 24 horas. El recubrimiento de la carne de cerdo con la solución de película comestible, se realizó manualmente por inmersión, realizando 2 inmersiones por muestra. La primera inmersión se realizó por un minuto, luego se colgaron las muestras durante 2 minutos para que escurriera y secara un poco; luego se realizó una segunda inmersión rápida que se dejó escurrir por 5 minutos a temperatura ambiente

frente a una corriente de aire fresco liberada por aire acondicionado. Posteriormente las muestras fueron almacenadas en refrigeración a 4°C por un periodo de 10 días.

Porcentaje de pérdida de humedad y grado de oxidación de la grasa cárnica

El grado de oxidación de la grasa cárnica se midió determinando índice de peróxido de acuerdo a Norma Técnica Colombiana (NTC) 236 (1998). La pérdida de humedad se determinó por diferenciación entre peso inicial del día uno (P_i) y peso final del día 10 (P_f) mediante balanza electrónica digital. Las muestras fueron pesadas cada dos días durante el almacenamiento, donde se calculó el porcentaje de pérdida de humedad mediante la Ecuación (1).

$$\% \text{ Pérdida de humedad} = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100\% \quad (1)$$

Calidad microbiológica de la carne

Los recuentos totales de Coliformes totales y fecales y Mesófilos aerobios se realizaron de acuerdo a lo indicado en la Norma Técnica Colombiana 1325 (2008) los días 2, 6 y 10 de almacenamiento. Estos últimos se expresaron como UFC/g. Los resultados se muestran como promedios de los datos obtenidos para cada sitio de muestreo.

Análisis de datos

En la investigación, se manejó un diseño experimental totalmente aleatorio. Las determinaciones se efectuaron por triplicado y los resultados expresados como la media con su desviación estándar.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de humedad por cera

Las muestras de carne de cerdo fueron pesadas cada dos días durante los diez días de almacenamiento con el fin de determinar el porcentaje de merma de peso por pérdida de humedad de acuerdo al porcentaje de cera en la película utilizando la Ecuación (1). Los datos obtenidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Pérdida de humedad de las diferentes muestras

% Cera	Día 2 (P_i)	Día 4	Día 6	Día 8	Día 10 (P_f)	% Pérdida
Sin película	21,50±0,00	19,33±0,37	16,50±0,26	16,06±0,40	14,06±0,15	34,57±0,00
0	24,43±0,40	22,53±0,45	19,20±0,00	18,50±0,10	16,76±0,05	31,36±0,01
0,4	23,23±0,11	21,80±0,26	19,26±0,25	18,46±0,20	17,80±0,20	24,10±0,00
0,6	23,50±0,00	22,93±0,32	19,96±0,96	19,43±0,80	18,16±0,25	22,69±0,01
0,8	22,20±0,10	21,10±0,20	19,03±0,20	17,23±0,30	16,26±0,15	26,72±0,00
1	22,56±0,25	21,16±0,40	17,90±0,72	17,53±0,25	16,06±0,11	28,79±0,00
1,5	23,56±0,32	22,33±0,76	19,13±0,50	18,36±0,55	16,50±0,26	30,20±0,00

Los recubrimientos a base de lípidos como las ceras son muy eficientes para reducir la deshidratación de los productos debido a su baja polaridad presentan una escasa permeabilidad al vapor de agua (Ramos-García *et al.*, 2010). La pérdida de humedad en carnes disminuye la firmeza y el peso del producto afectando su calidad y como consecuencia ocurren pérdidas económicas durante su comercialización (Ramos-García *et al.*, 2010).

El porcentaje de pérdida de humedad de las diferentes muestras variaron según la concentración de cera de abeja que contenía la película comestible, la cual actuaba como agente hidrofóbico. Las muestras de carne que no estaban recubiertas por la película, tuvieron mayor pérdida de humedad que aquellas que estaban recubiertas por la película. Y del grupo de muestras que estaban recubiertas por la película, aquellas que contenían 0,6% de cera de abeja funcionaron mucho mejor como una barrera ante la pérdida de humedad, ya que se redujo en un 11,87% la pérdida de peso, en comparación con la carne sin recubrimiento. Aun así se esperaba que las películas con concentraciones más altas de cera de abeja disminuyeran en mayor medida la pérdida de humedad. Sin embargo los resultados demostraron que el aumento de cera de abeja por encima del 0,6% hace que la película pierda eficiencia en la protección contra la pérdida de peso. Por

esta razón fue necesario incluir en la experiencia muestras con concentraciones de 0,4%, y 0,8% para determinar en qué punto se perdía menos humedad y a partir de qué punto empezaba a aumentar. En la Tabla se evidencia que partiendo del 0% hasta 0,6% de concentración de cera de abeja, la pérdida de humedad decrece, pero al aumentar la concentración vuelve a tener un comportamiento creciente. Al notar este comportamiento se elaboraron nuevamente las películas pero esta vez se dejaron secar en placas de 10*10 cm y se secaron a temperatura ambiente por 24 horas para observar la textura de las películas. Teniendo las películas ya sólidas y retiradas de las placas se pudo determinar que las películas con concentraciones mayores al 0,6% de cera de abeja eran más frágiles y quebrantables, concluyendo así que el aumento del compuesto hidrofóbico disminuía la acción del plastificante y con ello la barrera contra la pérdida de humedad (Ramos-García *et al.*, 2010).

En otras investigaciones con recubrimientos a base de lípidos García *et al.*, (2000), reportaron que al mezclar aceite de girasol (*Helianthus annuus* L.) y almidón de maíz (*Zea mays* L.) con glicerol y sorbitol como plastificante, obtuvieron un recubrimiento, con buenas propiedades mecánicas para adherirse a la zanahoria (*Daucus carota* L.) y redujeron la pérdida de vapor de agua tres veces mas por encima del control. Por su parte, McHugh y Senesi (2000), realizaron una mezcla de puré de manzana (*Pyrus Malus* L.) con lípidos, entre ellos las ceras, con glicerol como plastificante, para elaborar un recubrimiento y aplicarlo en trozos de manzana. Los recubrimientos a base de puré de manzana tuvieron excelentes propiedades de barrera al O₂ y la adición de lípidos garantizó mejores propiedades de barrera al agua, al igual que en esta investigación.

Índice de peróxido

El índice de peróxido de las diferentes muestras de carne con y sin película se encontraron entre 2 y 3,33 meq O₂/Kg de acuerdo a la Tabla 2.

Tabla 2: Índice de peróxido de las diferentes muestras

% ácido ascórbico	Sin película	0	0,1	0,2	0,3
IP (meq O ₂ /Kg)	3,33±0,28	3,16±0,28	2,33±0,28	2,00±0,50	2,00±0,50

Después de 10 días de almacenamiento en refrigeración, la grasa de las muestras de carne con y sin película no presentó niveles considerables de oxidación, ya que estos resultados fueron muy inferiores a los máximos recomendados por Villarroel *et al.*, (2006) de 5 meq O₂/Kg. Mientras que la Norma del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales en su CODEX STAN 19 (1981) señala una permisibilidad de Índice de peróxido para aceites vírgenes hasta 15 meq O₂/Kg y para otras grasas y aceites hasta 10 meq O₂/Kg. Lo anterior indica que la grasa de la carne que contenían las muestras aún no se encontraban lo suficientemente oxidadas o no se había presentando en gran cantidad los primeros productos de la oxidación, que son los peróxidos. Esto es debido muy posiblemente a que las grasas en la carne no fueron descompuestas por las lipasas en ácidos grasos libres y glicerol durante el almacenaje, ya que esto normalmente sucede cuando la temperatura y la humedad son altas (Hernández *et al.*, 2009). Microorganismo como hongos tienen una alta actividad lipolítica, de lo cual se presume la no presencia y desarrollo de estos durante el lapso de almacenamiento estudiado (Hernández *et al.*, 2009).

Sin embargo podemos observar en la Tabla 2 que el índice de peróxido de las muestras de carne que contenían películas con 0,2% y 0,3% de ácido ascórbico como antioxidante presentaron menor Índice de peróxido que las muestras de carne sin película y de las que contenían 0% de antioxidante, lo cual refleja un tanto la capacidad antioxidante del ácido ascórbico en la película. Si se extiende el tiempo de almacenamiento se podrían obtener buenos resultados con concentraciones de 0,2% y 0,3% de ácido ascórbico como antioxidante en el recubrimiento de carnes, siendo 0,2% la concentración ideal ya que con esta se puede alcanzar el mismo efecto que con la concentración de 0,3% sin aumentar la acidez de la película.

Análisis microbiológico

Los recubrimientos se pueden utilizar como vehículo de aditivos, los cuales pueden proporcionar al producto animal funciones más específicas como una actividad antimicrobiana, para evitar o reducir el crecimiento de microorganismos en su superficie (Ramos-García *et al.*, 2010). Sin embargo, se ha observado que se requiere de aplicaciones pequeñas para que sus atributos de calidad no se vean afectados (Ramos-García *et al.*, 2010). Dentro de los agentes antimicrobianos incorporados a los recubrimientos vegetales pueden considerarse la nisina.

Las muestras de carne recubiertas con películas e incorporación de nisina a diferentes concentraciones tuvieron óptimos resultados en la inhibición de Coliformes totales, en comparación con las muestras que no estaban recubiertas por la película, ya que en cada uno de los días de muestreo, el número de UFC/g de Coliformes totales era mucho mayor en las muestras de carne sin película que aquellas recubiertas con película y nisina. Dentro de las muestras de carnes con recubrimiento, las que tenían película con concentración de nisina al 2% tuvieron resultados altamente significativos ya que la inhibición de coliformes totales fue total.

En cuanto al recuento de Coliformes Fecales los resultados indican que no hubo contaminación significativa de Coliformes Fecales en las muestras de carnes con y sin recubrimiento, además se mantuvo sin crecimiento de estas en el periodo de almacenamiento. Por otro lado las muestras con película comestible y concentración de 2% de nisina presentaron total inhibición de mesófilos aerobios en los 3 días. Las muestras de carne sin película tuvieron mayor UFC/g de mesófilos aerobios que aquellas que si tenían película con nisina en el tercer día. Se observó que las muestras de carne con película con concentraciones al 0% de nisina, fueron las muestras que mayor UFC/g presentaron en los primeros dos días, debiéndose a que la película sin nisina no es una barrera eficiente para las muestras ante estos microorganismos.

Tabla 3: Resultados microbiológicos

Día	Recuento (UFC/g)	% Nisina				
		Sin película	0	1	1,5	2
2	C. Totales	$2 \cdot 10^5$	$2,3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^2$	$7 \cdot 10^2$	Negativo
	C. Fecales	$1,4 \cdot 10^3$	$1 \cdot 10^2$	<3	<3	<3
	Mesoerobios	$1,2 \cdot 10^4$	$9,4 \cdot 10^4$	$1,2 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	Negativo
6	C. Totales	$9 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^3$	$1,3 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^3$	Negativo
	C. Fecales	<3	<3	<3	<3	<3
	Mesoerobios	$8 \cdot 10^3$	$2 \cdot 10^4$	$6 \cdot 10^3$	$12 \cdot 10^3$	Negativo
10	C. Totales	$1,4 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^2$	$1 \cdot 10^2$	Negativo
	C. Fecales	<3	<3	<3	<3	$1 \cdot 10^2$
	Mesoerobios	$1,1 \cdot 10^5$	$1,1 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$6 \cdot 10^2$

En otras investigaciones Pranoto *et al.*, (2005) estudiaron el efecto antimicrobiano de películas comestibles de quitosano con incorporación de aceite de ajo, sorbato de potasio y nisina, y compararon el poder antimicrobiano de las tres películas a diversas concentraciones. Esta actividad se probó frente a patógenos como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* y *Bacillus cereus*. Estos autores incluyeron estos antimicrobianos en bajas concentraciones, y encontraron que la nisina tuvo mejores resultados como antimicrobiano.

Efectos físicos y visuales de la película en placas

La película elaborada a base de colágeno al 15%, sorbitol al 10% y Tween 20 al 5% del total de colágeno, luego de ser colocada en placas de vidrio y secada a temperatura ambiente por 24 horas, fue retirada con mucho cuidado. La película obtenida mostró ser elástica, fuerte, de color transparente, sin poros, sin grietas y no quebrantable.

CONCLUSIONES

La aplicación de recubrimientos comestibles a filetes de carne de cerdo sometidos a refrigeración permite en gran medida conservar su calidad microbiológica, así como sus características organolépticas y funcionales. Los resultados obtenidos durante las pruebas permiten establecer que una película ideal de colágeno con incorporación de antimicrobiano, podría ser aquella con una concentración de nisina del 2% ya que inhibe el desarrollo de coliformes totales, coliformes fecales y reduce favorablemente el crecimiento de mesófilos aerobios. La concentración de cera de abeja que reduce en gran proporción la pérdida de humedad es del 2%. Esta pudo reducir en un 11,87% la pérdida de peso causada por la eliminación de agua. En cuanto a la concentración de ácido ascórbico, a pesar de no presentarse importante oxidación de grasa en ninguna muestra se considera como ideal una proporción del 0,2% debido a que no se veía afectada la acidez de la película evitando así sabores anómalos en el producto. Está claro que para lograr al máximo la eficiencia de los recubrimientos en los alimentos, es necesario identificar claramente las características fisicoquímicas del producto a trabajar ya que las películas comestibles varían según el tipo de alimento y según las propiedades de barrera que se busca con ellas.

REFERENCIAS

Avena–Bustillos, R., J. Krochta y E. Saltveit, Water vapour resistance of red delicious apples and celery sticks coated with edible caseinate–acetylated monoglyceride films, *J. Food Science*: 62, 351–354 (1997)

CODEX STAN 19, CODEX Alimentarius, Norma del CODEX para grasas y aceites comestibles no regulados por normas individuales, 5p (1981)

García, M., M. Martino, y N. Zaritzky, Lipid addition to improve barrier properties of edible starch–based films and coatings, *Journal of Food Science*: 65, 941–947 (2000)

Hernández, C. y otros tres autores, Efecto del Almacenamiento de Granos de Maíz (*Zea mays*) sobre la Calidad del Aceite Extraído. *Información Tecnológica*: 20(4), 21-30 (2009)

McHung, T. y E. Senesi, Apple Wraps: A novel method to improve the quality and extend the shelf life of fresh–cut apples, *Journal of Food Science*: 65, 480–485 (2000)

Monedero, F.M. y otros tres autores, Effect of oleic acid–beeswax mixtures on mechanical, optical and water barrier properties of soy protein isolate based films, *Journal of Food Engineering*: 91:509–515 (2009)

NTC 1325, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Colombia), Establece los requisitos y los métodos de ensayo que deben cumplir productos cárnicos procesados no enlatados. Quinta Actualización, Bogotá, Colombia (2008)

NTC 236, Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (Colombia), Grasas y aceites vegetales y animales. Determinación del índice de peróxido. Primera Actualización, Bogotá, Colombia (1998)

Ozdemir, M. y J.D. Floros, Optimization of edible whey protein films containing preservatives for mechanical and optical properties, *Journal of Food Engineering*: 84(1), 116–123 (2008)

Parra, R.A., Lactosuero: importancia en la industria de alimentos, *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*: 62(1), 4967-4982 (2009)

Pérez–Gago, M. y J. Krochta, Drying temperature effect on water vapour permeability and mechanical properties of whey protein–lipid emulsion films, *J. Agricultural and Food Chemistry*: 49, 2308–2312 (2002)

Peréz–Gago, M. y otros cuatro autores, Effect of whey protein–and hydroxypropyl methylcellulose–based edible composite coating on color change of fresh–cut apples, *Postharvest Biology and Technology*: 36:77–85 (2005)

Pérez–Gago, M. y otros tres autores, Color change of fresh–cut apples coated with whey protein concentrate–based edible coating, *Postharvest Biology and Technology*: 39, 84–92 (2006)

Ponce, A. y otros tres autores, Antimicrobial and antioxidant activities of edible coatings enriched with natural plant extracts: *In vitro* and *in vivo* studies, *Postharvest Biology and Technology*: 49, 294–300 (2008)

Pranoto, Y., S. Rakshit, y V. Salokhe, Enhancing antimicrobial activity of chitosan films by incorporating garlic oil, potassium sorbate and nisin, *Food Science and technology* 38: 859–865 (2005)

Ramos–García, M.L. y otros cinco autores, Compuestos Antimicrobianos Adicionados en Recubrimientos Comestibles para Uso en Productos Hortofrutícolas, *Rev. mex. Fitopatología*: 28(1), 44-57 (2010)

Raybaudi–Massilia, R., J. Mosqueda–Melgar, y O. Martín–Belloso, Edible alginate–based coating as carrier of antimicrobials to improve shelf–life and safety of fresh–cut melon, *International Journal of Food Microbiology*: 121, 313–327 (2008)

Regalado, C., F. Magaña y C. Guzmán, Diseño de la formulación de un material de empaque flexible y comestible a base de aislado proteínico de suero, *Conciencia Tecnológica*: 27-30 (2005)

Rojas–Graü, M. y otros cinco autores, Apple puree–alginate edible coating as carrier of antimicrobial agents to prolong shelf–life of fresh–cut apples, *Postharvest Biology and Technology*: 45, 254–264 (2007)

Sierra, L., Montoya, O. y H. Ciro, Evaluación de la nisina como sustancia inactivadora de *Bacillus licheniformis* en el extracto líquido de café, *Rev.MVZ Cordoba*: 18(1), 3715-3721 (2013)

Tanada–Palmu, P. y C. Grosso, Effect of edible whet gluten–based films and coating on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality, *Postharvest Biology and Technology*: 36, 199–208 (2005)

Vargas, M. y otros tres autores, Quality of cold–stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings, *Postharvest Biology and Technology*: 41, 164–171 (2006)

Villarroel, M., L. Pino y J. Hazbun, Desarrollo de una Formulación Optimizada de Mousse de Linaza (*Linum Usitatissimum*), *ALAN*: 56(2), 185-191 (2006)