

**Efecto de recubrimiento a base de gelatina de
colágeno durante el almacenamiento del
músculo *semitendinosus* de res, en dos tipos de
empaques**

Telma Cristina Quintanilla Portillo

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2016

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Efecto de recubrimiento a base de gelatina de colágeno durante el almacenamiento del músculo *semitendinosus* de res, en dos tipos de empaque

Proyecto especial de graduación presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniera en Agroindustria Alimentaria en el
Grado Académico de Licenciatura

Presentado por

Telma Cristina Quintanilla Portillo

Zamorano, Honduras

Noviembre, 2016

Efecto de recubrimiento a base de gelatina de colágeno durante el almacenamiento del músculo *semitendinosus* de res, en dos tipos de empaque

Telma Cristina Quintanilla Portillo

Resumen: El objetivo de este estudio fue determinar los cambios físicos, químicos y microbiológicos del músculo *semitendinosus* de res al recubrirlo con una solución filmogénica a base de gelatina de colágeno a lo largo del período de almacenamiento en refrigeración (1, 7 y 14 días). Se desarrolló el estudio en dos fases. La primera fase consistió en la evaluación del efecto de las variables porcentaje de gelatina y glicerol sobre las propiedades mecánicas y de solubilidad en agua de la película comestible, utilizando la metodología de superficie de respuesta. Se obtuvo modelos predictivos en la fuerza de perforación y la deformación por elongación de las películas y se determinó mediante la función de utilidad una combinación óptima de 12.5% de gelatina y 6.25% glicerol/ 100% de gelatina para obtener la solución filmogénica deseada. La segunda fase consistió en evaluar el efecto del recubrimiento en medallones del músculo *semitendinosus* de res utilizando la técnica de inmersión para recubrir. Se utilizó un Diseño Completamente al Azar con arreglo factorial, medallones de carne recubierta y no recubierta y dos tipos de empaque, bolsa al vacío y bandeja de poliestireno con cubierta de nilón. El recubrimiento comestible mantiene el color y la humedad de la carne durante 14 días con respecto al control utilizado. La carne no recubierta empacada al vacío y la carne recubierta empacada en bandeja comercial presentan comportamiento similar en pérdida de humedad, color y cambio en pH. Se recomienda continuar estudios aumentando los días de almacenamiento al vacío e incluyendo análisis sensoriales de la carne recubierta.

Palabras clave: Carne, película comestible, superficie de respuesta.

Abstract: The aim of this study was to evaluate physical, chemical and microbiological changes of beef from the *semitendinosus* muscle coated with a solution based on gelatin throughout its storage period under refrigeration (1, 7 and 14 days). The study was conducted in two phases. The first phase consisted of evaluating the effect of the percentage of gelatin and glycerol on the mechanical properties and solubility in water of the edible film, using a surface response methodology. Predictive models were obtained in the puncture force and elongation at break and it was determined by the utility function an optimum combination of 12.5% gelatin and 6.25% glycerol/ 100% gelatin to obtain the desired solution for coating. The second phase consisted of evaluating the effect of the coating in medallions of beef from the *semitendinosus* muscle using the immersion technique to coat. A Completely Randomized Design was used with a factorial arrangement, coated and uncoated medallions and two types of packaging, vacuum bag and polystyrene tray with a nylon cover. The edible coating kept the color and moisture of the meat for 14 days compared to the control used. Uncoated meat vacuum packed and coated meat packed in commercial tray exhibit similar behavior in moisture loss and change in color and pH. Further studies are recommended increasing the days of vacuum storage and including sensory analysis of the coated meat.

Key words: Beef, edible film, surface response methodology.

CONTENIDO

Portadilla	i
Página de firmas	ii
Resumen	iii
Contenido	iv
Índice de Cuadros, Figuras y Anexos	v
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIALES Y MÉTODOS	3
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
4. CONCLUSIONES.....	39
5. RECOMENDACIONES.....	40
6. LITERATURA CITADA	41
7. ANEXOS	46

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Equipo utilizado para la elaboración de las películas.....	3
2. Niveles de las variables independientes para la formulación de películas a base de gelatina.....	5
3. Delineamiento del diseño experimental completo.....	6
4. Descripción de los tratamientos en un Diseño Completamente al Azar.....	8
5. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en el grosor de los tratamientos.....	11
6. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado al grosor de la película comestible.	12
7. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la solubilidad en agua de los tratamientos.....	14
8. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la solubilidad en agua de la película comestible.....	15
9. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la deformación por elongación (%) de los tratamientos.....	17
10. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la deformación por elongación (%) de la película comestible.	18
11. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la tensión (Mpa) de los tratamientos.....	20
12. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la tensión de la película comestible.	20
13. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en el módulo de elasticidad de los tratamientos.	22
14. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado al módulo de elasticidad de la película comestible.	23
15. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la fuerza de perforación de los tratamientos.	25
16. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la fuerza de perforación de la película comestible.....	25
17. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la deformación por perforación de los tratamientos.....	27
18. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado la deformación por perforación de la película comestible.	28

Cuadros	Página
19. Análisis de humedad en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	32
20. Análisis color del valor L (luminosidad) en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	33
21. Análisis color del valor a* en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	34
22. Análisis color del valor b* en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	35
23. Análisis microbiológico de bacterias mesófilas aerobias en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	36
24. Análisis microbiológico de coliformes totales en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	37
25. Análisis de costos en carne recubierta y no recubierta y con dos tipos de empaque.....	38
Figuras	Página
1. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/100 g de gelatina sobre el grosor (mm) de la película comestible.....	13
2. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la solubilidad en agua de la película comestible.....	16
3. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el porcentaje de deformación por elongación de la película comestible.....	19
4. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la tensión de la película comestible.....	21
5. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el módulo de elasticidad de la película comestible.....	24
6. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la fuerza de perforación de la película comestible.....	26
7. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el porcentaje de deformación por perforación de la película comestible.....	29
8. Valores óptimos de gelatina y glicerol sobre las propiedades físicas de la película comestible.....	30
9. Efecto del tiempo en el pH de los tratamientos en los diferentes empaques....	31
Anexos	Página
1. Cuadro de Distribución F con $P < 0.05$	46
2. Valores F calculado para $P < 0.05$ para grosor, solubilidad en agua, deformación por elongación, tensión, módulo de elasticidad, fuerza de perforación y deformación por perforación.....	46
3. Análisis de purga en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.....	48

Anexos	Página
4. Interacción entre factores y sus probabilidades para pH	48
5. Interacción entre factores y sus probabilidades para Humedad.....	48
6. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor L.....	49
7. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor a*.	49
8. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor b*.	49
9. Interacción entre factores y sus probabilidades para Bacterias mesófilas aerobias.	50
10. Interacción entre factores y sus probabilidades para Coliformes totales.....	50

1. INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos frescos tienen alta demanda en el mercado y son por los que mejor precio se paga. El consumidor actual exige calidad en este producto, y el procesador tiene un reto debido a que la vida de anaquel que está relacionada con los factores intrínsecos del animal y extrínsecos de la transformación de músculo a carne, es corta.

La vida de anaquel en refrigeración de la carne puede ser mejorada con el procesamiento que se le dé, pero esto implica pérdidas en las características físico-químicas y sensoriales del producto. Sin embargo, podría extenderse con la utilización de algún agente de recubrimiento que retarde procesos sin modificar los atributos que caracterizan a los cortes de carne frescos (Antoniewski y Barringer 2010).

Un recubrimiento es una capa de algún material específico que rodea un producto alimenticio con el fin de evitar la pérdida de humedad, aroma, y sabor. Existe un sinnúmero de materias primas utilizadas como recubrimientos pero en sus matrices siempre llevan lípidos, polisacáridos y proteínas que aportan características funcionales diferentes a la matriz (Bourtoom 2008).

Los recubrimientos dentro de la industria de los cárnicos han sido ampliamente estudiados porque mejoran la calidad de productos frescos, congelados y procesados, sin importar la fuente cárnica. Además de reducir la oxidación de lípidos y la decoloración de la pieza cárnica, mejoran la apariencia del producto en su empaque ya que sirven como absorbentes de la purga, sellan sabores volátiles, y pueden acarrear antimicrobianos y antioxidantes (Gennadios *et al.* 1997). Actualmente hay dos películas comestibles utilizadas en productos cárnicos disponibles comercialmente: New Gem™ que está compuesta de proteínas y Coffi que es una red de colágeno, y ambas contienen antimicrobiales en sus matrices (Sánchez-Ortega *et al.* 2014).

La gelatina puede ser usada como material de recubrimiento en carne porque actúa como barrera ante el agua y oxígeno, limitando la pérdida de agua y la oxidación de grasas que al final extiende la vida útil del producto (Krotcha y De Mulder-Johnson 1997). La gelatina es una proteína soluble en agua, que tiene la capacidad de formar geles transparentes, lo que lo hace un material valioso para la investigación de las propiedades funcionales de los hidrocoloides (Djagny *et al.* 2010). Se deriva de la hidrólisis del colágeno, una proteína fibrosa que constituye huesos, cartílagos y piel de bovinos y porcinos que influyen en las propiedades finales de la gelatina (Gómez-Guillén *et al.* 2011).

La gelatina es ampliamente utilizada en la industria de alimentos pues tiene múltiples características que se adaptan a las necesidades que tiene la industria. Es utilizada como agente de clarificación, estabilizador, y material de recubrimiento. Ha habido estudios en la formación de películas comestibles para preservar carne desde el siglo XIX (Harvard y Harmony 1869; Morris y Parker 1896), para acarrear antioxidantes en carne de pollo (Klose *et al.* 1952), para mantener el color y retardar la rancidez oxidativa en productos cárnicos congelados (Villegas *et al.* 1999) y para extender la vida de anaquel y acarrear antimicrobianos en carne fresca (Antoniewski *et al.* 2007; Hong *et al.* 2009; Herring *et al.* 2010; Baranenko *et al.* 2013; Cardoso *et al.* 2016).

Para mejorar las características de las películas comestibles se agregan plastificantes en las soluciones filmogénicas. Los plastificantes tienen bajo peso molecular que los hacen compatibles con cualquier polímero (Ustonol 2009). En soluciones filmogénicas a base de proteína reducen las interacciones entre proteínas y aumentan el espacio intermolecular (Lieberman y Guilbert 1973) que al final influye en las propiedades mecánicas y de barrera que tendrá la película comestible.

Se determinó la influencia de un recubrimiento de gelatina y dos tipos de empaque: bolsa al vacío y bandeja comercial en el músculo *semitendinosus* de res en función a si cambia o no las características físicas químicas y microbiológicas de este. Esta efectividad se medirá en base a cuatro factores importantes: humedad, color, pH, y crecimiento microbiológico. Los estudios en recubrimiento de gelatina de colágeno han resultado positivos pues sí producen cambios positivos de diferentes piezas de carne desacelerando la purga, manteniendo atributos sensoriales, reduciendo el deterioro de color y aroma, y sirviendo como barrera ante el oxígeno y el agua.

Se evaluó la efectividad del recubrimiento a base de gelatina de colágeno durante el almacenamiento en refrigeración del músculo *semitendinosus* de res, por lo que se plantearon los siguientes objetivos:

- Determinar la combinación de gelatina de colágeno y glicerol que optimice las propiedades físicas de un recubrimiento comestible para carne.
- Determinar cambios físicos, químicos y microbiológicos del músculo *semitendinosus* de res al recubrirlo con gelatina de colágeno a lo largo del período de almacenamiento en refrigeración.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación. La investigación se realizó en el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ), en el Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ) y en la Planta de Cárnicos de Zamorano, ubicados en la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Materiales. Para la elaboración de la película se utilizó gelatina de colágeno tipo B Bloom 250, adquirida a través de la Distribuidora DINQUISA, localizada en San Salvador, El Salvador. La glicerina fue adquirida por medio de la empresa JG Scientific en Tegucigalpa, Honduras. Se utilizó agua destilada para la elaboración de las soluciones filmogénicas. El músculo *semitendinosus* de res fue obtenido en la Planta de Cárnicos de Zamorano proveniente de novillos con una edad promedio de 12 meses. Se utilizaron dos tipos de empaque: bandeja comercial utilizando bandejas de poliestireno expandido y papel resinite (nilón) y empaque al vacío utilizando bolsas tipo celoflex.

En el Cuadro 1 se describen los equipos utilizados para la elaboración de las películas a base de gelatina de colágeno y glicerol.

Cuadro 1. Equipo utilizado para la elaboración de las películas.

Equipo	Marca/Modelo
Estufa agitador	Thermo Scientific CIMAREC 131325
Balanza analítica	Ohaus AdventurerAX224/E
Potenciómetro	Orion Star
Cámara de estabilidad	Norlake Scientific

Elaboración de película. Se realizaron pruebas preliminares para ajustar el flujo de proceso y para establecer los porcentajes de agua, gelatina y glicerol. Se utilizó el método casting para la elaboración de soluciones filmogénicas. Se mezcló agua con gelatina por 30 minutos a 70 ± 2 °C a 350 rpm. Posteriormente se agregó el glicerol a la solución y se mezcló por 10 minutos. Después se enfrió la solución hasta 50 ± 2 °C.

Secado y acondicionamiento de las películas. Después del enfriamiento se vertieron 25 ± 0.5 g de solución filmogénica en platos de plástico de 162 cm^2 de área. Para el secado se utilizó una cámara de estabilidad a $37 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ y $60 \pm 2\%$ de humedad relativa por 24 horas. Luego del secado se separaron manualmente las películas de los platos y se almacenaron en un desecador a $23 \text{ }^\circ\text{C}$ y $60 \pm 5\%$ de humedad relativa controlada, que se obtuvo con una solución saturada de Cloruro de Sodio (NaCl) de 4 a 7 días de acuerdo a la literatura (Chariguamán 2015; Sobral *et al* 2001; Vanin *et al.* 2005) y con adaptaciones.

Diseño experimental. Se estableció un experimento factorial completo 2^k , estadísticamente delineado en la metodología superficie de respuesta con un diseño compuesto central rotacional de segundo orden (DCCR). Los parámetros del proceso fueron codificados (-1, 0, +1) de acuerdo a la ecuación 1.

$$x_i = X_i - \frac{\Delta Z}{x_i} \quad [1]$$

Para obtener un entorno experimental más acotado se delinearón las variables axiales $-\alpha$ y $+\alpha$, este valor depende del número factorial ($F = 2k$), donde K es el número de variables independientes ($K = 2$), los valores son definidos por la ecuación 2:

$$\alpha = (F)^{1/4} = (2k)^{1/4} = 1.414 \quad [2]$$

El número de unidades experimentales para esta metodología es un diseño factorial completo definido por la ecuación 3:

$$n = 2^k + 2k + m \quad [3]$$

Dónde:

2^k = número de puntos factoriales

$2k$ = número de puntos axiales

m = número de réplicas del punto central

Se utilizaron 2 variables independientes y 2 niveles codificados para un total de 12 unidades experimentales, obteniendo 4 factoriales combinación de los niveles -1 y +1, 4 axiales $-\alpha$ y $+\alpha$, y 4 puntos centrales que sirven como estimado del error experimental y determinando la precisión del modelo matemático.

La amplitud del rango de las variables se determinó por medio de pruebas preliminares y literatura consultada. El punto central de la gelatina se determinó en base a resultados obtenidos por Antoniewski *et al.* (2007) y ajustado según pruebas preliminares. El punto central del glicerol se determinó en base a resultados obtenidos por Thomazine *et al.* (2005) y Sobral *et al.* (2001), y fue ajustado según pruebas preliminares.

El análisis de los resultados experimentales se describe como el comportamiento de un sistema que combina 2 variables independientes o 1 variable dependiente y la respuesta está en función de los niveles que se combinan (Box y Draper, 1959), descrito en la ecuación 4.

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_k) \quad [4]$$

Los resultados se ajustaron con un análisis de regresión lineal para ajustar un polinomio de segundo orden con las variables independientes para cada respuesta. La ecuación 5 fue utilizada para predecir el comportamiento de cada respuesta.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{12} X_1 X_2 + \varepsilon \quad [5]$$

Dónde:

Y_1 = Función respuesta
 X_1 y X_2 = Valores de las variables independientes
 β_0 = Coeficiente relativo con la interpretación del eje
 β_1 y β_2 = Coeficientes lineales estimados por el método de mínimos cuadrados
 β_{11} y β_{22} = Coeficientes de variables cuadráticas
 β_{12} = Coeficiente de interacción entre variables independientes
 E = Error experimental

En el Cuadro 2 se presentan los niveles axiales, factoriales y los puntos centrales de las variables independientes utilizadas.

Cuadro 2. Niveles de las variables independientes para la formulación de películas a base de gelatina

Variables	Niveles				
	$-\alpha$	-1	0	+1	$+\alpha$
% Gelatina (X_1)	5.00	7.20	12.5	17.81	20.00
% Glicerol/100 g Gelatina (X_2)	0.00	3.66	12.5	21.34	25.00

En el Cuadro 3 se describen las expresiones completas de todas las variables independientes codificadas y decodificadas con las que se obtuvo el coeficiente de regresión.

Cuadro 3. Delineamiento del diseño experimental completo.

Tratamientos	Valores codificados		Valores reales	
	% Gelatina	%Glicerol/100 g Gelatina	% Gelatina	% Glicerol/100 g Gelatina
1	-1.00	-1.00	7.20	3.66
2	-1.00	1.00	7.20	21.34
3	1.00	-1.00	17.81	3.66
4	1.00	1.00	17.81	21.34
5	-1.41	0.00	5.00	12.50
6	1.41	0.00	20.00	12.50
7	0.00	-1.41	12.50	0.00
8	0.00	1.41	12.50	25.00
9	0.00	0.00	12.50	12.50
10	0.00	0.00	12.50	12.50
11	0.00	0.00	12.50	12.50
12	0.00	0.00	12.50	12.50

Análisis estadístico. Se realizó un análisis con un apego a la prueba F de 5% de significancia. El modelo de regresión se consideró significativo cuando el valor de la prueba F calculado fue mayor o igual al valor F de la tabla y según esto se trazó la superficie de respuesta.

El procesamiento de los datos fue realizado con el programa Statistica versión 7.0 para Windows, usando las variables independientes codificadas para obtener los coeficientes de regresión y las variables reales para generar los gráficos de superficie respuesta. Para la función de utilidad se utilizaron 4 pasos para determinar el valor que optimizara las variables que fueron significativas en este estudio.

Caracterización de las películas

Grosor. El grosor de las películas fue determinado utilizando un micrómetro manual (± 0.01 mm de error). El grosor final se determinó aleatoriamente con 30 puntos.

Solubilidad en agua. La solubilidad para la película se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por Gontard *et al.* (1992) con adaptación. Las películas se cortaron en forma circular con un diámetro de 20 mm y fueron pesados. Luego se sumergieron en beakers con 50 ml de agua destilada. Se agitaron lentamente a 25 °C por 24 horas.

Después se retiraron las muestras y se secaron (105 ± 2 °C por 24 h) en un horno de convección para determinar el peso del material que no fue solubilizado. La solubilidad se expresa de acuerdo con la ecuación 6.

$$\% \text{ Solubilidad} = \left(1 - \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso inicial}} \right) \right) \times 100 \quad [6]$$

Donde PI es el peso inicial de la película y PF es el peso final del material seco que no se solubilizó.

Propiedades mecánicas. Las propiedades mecánicas de interés para este estudio fueron elongación y perforación. Las pruebas de perforación se realizaron con un analizador de textura Brookfield CT3 4500 y las pruebas de elongación se realizaron con el texturómetro Instron. Se realizaron cinco pruebas de perforación y elongación a cada muestra.

Elongación. Mediante la prueba de elongación se pueden derivar tres propiedades: deformación, tensión y módulo de elasticidad (Vicentini 2003). El alargamiento a la rotura y el módulo de elasticidad se determinó en base al método D 828-95a de la ASTM 1995. Las películas se cortaron en piezas de 30 mm de largo por 15 mm de ancho. La distancia inicial entre las mordazas fue de 30 mm y la velocidad de tracción de 0.9 mm/s.

La tensión de ruptura se calculó dividiendo la relación de la fuerza entre el área de la sección transversal inicial de la película. La deformación a la ruptura se consideró como la deformación lineal $[(l-l_0)/l_0]$, se determinó por la curva de tensión-deformación. El módulo de elasticidad se calculó como la pendiente de la región lineal de la curva de tensión en función a la deformación.

Perforación. La fuerza y la distancia a la rotura se determinaron con las pruebas de perforación de acuerdo con la metodología establecida en la literatura (Gontard 1991; Vicentini 2003; Rocha 2009) y con adaptaciones. Las películas se cortaron en piezas de 30 mm de largo por 15 mm de ancho y eran colocadas en un acople y atravesadas con una sonda de 3 mm de diámetro que se movía a 0.9 mm/s. La deformación se calculó en base al desplazamiento de la sonda hasta la rotura y la distancia media de la película según la ecuación 7.

$$\text{Deformación (\%)} = \left(\frac{\left[\sqrt{(\text{Largo inicial}^2 + \text{Desplazamiento}^2)} - \text{Largo inicial} \right]}{\text{Largo inicial}} \right) \times 100 \quad [7]$$

Evaluación de la vida de anaquel del músculo *semitendinosus* de res.

Pruebas preliminares. Para determinar el flujo de proceso ideal para recubrir la carne, se realizaron pruebas preliminares adaptadas según la metodología utilizada por Cardoso *et al.* (2016).

Recubrimiento de los cortes de carne. Para recubrir los cortes de carne se removió la grasa visible y el tejido conectivo. Luego se cortó el músculo *semitendinosus* transversalmente para obtener medallones de 20 mm de grosor. Los medallones se sumergieron por 10 s en la SF para polimerizar la película directamente en la carne (Cardoso *et al.* 2016). Después los medallones se colgaron para permitir que el exceso de solución filmogénica goteara en un cuarto frío a 4 °C por 20 min, dejando que el frío gelatinizara el recubrimiento. Luego fueron empacados en bandeja comercial de polietileno expandido o empacados al vacío en bolsas celoflex. Los medallones fueron almacenados a 4 °C en un cuarto frío hasta que se realizaron las pruebas.

Diseño experimental. Se estableció un experimento factorial en el que se evaluaron dos tipos de medallones (medallones con recubrimiento y medallones sin recubrimiento) y dos tipos de empaque (bandeja comercial y empaque al vacío). Se usó un Diseño Completamente al Azar con medidas repetidas en el tiempo en los días 1, 7 y 14, y tres repeticiones para cada tratamiento, de los que se obtuvieron 36 unidades experimentales. La descripción de los tratamientos está detallada en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Descripción de los tratamientos en un Diseño Completamente al Azar.

Recubrimiento	Tipo de empaque	Días		
		Día 1	Día 7	Día 14
No	Bandeja comercial	BC	BC	BC
No	Empaque al vacío	EV	EV	EV
Si	Bandeja comercial	CRBC	CRBC	CRBC
Si	Empaque al vacío	CREV	CREV	CREV

Análisis estadístico. Se realizó un análisis de varianza ANDEVA con nivel de probabilidad del 5%, se hizo una separación de medias TUKEY entre tratamientos y medias ajustadas LSMEANS entre días de donde también se obtuvo la relación entre factores. Los análisis se realizaron utilizando el programa SAS® versión 9.4 para todas las variables analizadas.

Análisis químicos.

Análisis de pH. Se midió el pH utilizando un potenciómetro Orion Star. Para esto se introdujo el electrodo directamente en el medallón de carne. Se analizaron las unidades experimentales por triplicado.

Análisis de humedad. Se determinó la humedad de la carne con el método AOAC 952.08. Se calculó con la ecuación 9.

$$\text{Humedad (\%)} = \left(\frac{(\text{Peso crisol} + \text{muestra húmeda}) - (\text{Peso crisol} + \text{muestra seca})(g)}{(\text{Peso crisol} + \text{muestra húmeda}) - \text{Peso crisol (g)}} \right) \times 100 \quad [9]$$

Análisis físicos.

Análisis de color. Para la medición del color de la carne se utilizó el colorímetro Colorflex Hunterlab. Se analizaron los tratamientos por triplicado, registrando los valores según la escala La*b*.

Purga. Los medallones se pesaron antes de ser empacados y almacenados para obtener el peso inicial. Después de los días 1, 7 o 14 de almacenamiento se extrajeron del empaque y se pesaron para obtener el peso final. También se pesó el exudado. La purga se calculó con el peso inicial del medallón, el peso final y el exudado, utilizando la ecuación 10.

$$\% \text{ Purga} = \left(\frac{\text{Peso de la purga}}{\text{Peso inicial de la carne}} \right) \times 100 \quad [10]$$

Análisis microbiológicos

Bacterias mesófilas aerobias. Se hicieron tres diluciones para cada muestra. Las siembras para el conteo de bacterias mesófilas aerobias se realizaron los días 1, 7 y 14, almacenando los platos Petri a 37 °C en una incubadora. El medio de crecimiento para la siembra fue Agar Cuenta Estándar (ACE) y se diluyó en búfer de fosfatos. El conteo se hizo a las 48 horas.

Coliformes totales. Se hicieron dos diluciones para cada muestra. Las siembras para el conteo de coliformes totales se realizaron los días 1, 7 y 14, almacenando los platos Petri a 37 °C en una incubadora. El medio de crecimiento para la siembra fue Agar Bilis Rojo Violeta (ABRV) y se diluyó en búfer de fosfatos. El conteo se hizo a las 24 horas.

Análisis de costos. Se tomaron en cuenta los 4 tratamientos evaluados para determinar el precio final y comparar con el precio de venta del músculo *semitendinosus* en la Planta de Cárnicos de Zamorano.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de la película comestible.

Grosor. El grosor en recubrimientos y películas comestibles es un factor importante que afecta directamente las propiedades biológicas y la vida de anaquel del alimento recubierto, además de proporcionar información acerca de las propiedades mecánicas y de barrera de la película (Bertuzzi *et al.* 2002; Skurtys *et al.* 2010).

En el Cuadro 5 se desglosan los resultados de grosor (mm) en los tratamientos. El rango del grosor va desde 0.06 hasta 0.22 mm, obteniendo el valor mínimo en el tratamiento con menor porcentaje de gelatina y el valor máximo en el tratamiento con mayor porcentaje de gelatina, puntos axiales en este estudio.

Cuadro 5. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en el grosor de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Grosor (mm $\pm$ DE)
1	7.20	3.66	0.07 $\pm$ 0.01
2	7.20	21.34	0.10 $\pm$ 0.01
3	17.81	3.66	0.15 $\pm$ 0.01
4	17.81	21.34	0.21 $\pm$ 0.02
5	5.00	12.50	0.06 $\pm$ 0.01
6	20.00	12.50	0.22 $\pm$ 0.02
7	12.50	0.00	0.13 $\pm$ 0.01
8	12.50	25.00	0.20 $\pm$ 0.01
9	12.50	12.50	0.21 $\pm$ 0.01
10	12.50	12.50	0.21 $\pm$ 0.01
11	12.50	12.50	0.20 $\pm$ 0.01
12	12.50	12.50	0.21 $\pm$ 0.01

De acuerdo al Cuadro 6 todas las variables lineales y cuadráticas fueron significativas y además presentaron interacción entre ellas a una $P < 0.05$ sobre el grosor de la película. Las dos variables cuadráticas X_1^2 y X_2^2 (gelatina y glicerol) presentan un efecto negativo que indica que el incremento de estas variables disminuye el grosor de la película. El R^2 fue 0.98 para el grosor de la película comestible que indica que el 98% de los datos de grosor se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 2% no se adapta al modelo. La falta de ajuste fue significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es tendencioso.

Cuadro 6. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado al grosor de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	2.07E-01	1.86E-07*
X₁	5.22E-02	4.08E-06*
X₁²	-3.82E-02	1.45E-05*
X₂	2.37E-02	4.34E-05*
X₂²	-2.69E-02	4.17E-05*
X₁*X₂	9.43E-03	1.89E-03*
Falta de ajuste		1.69E-03*
R²	0.98	
F. Calculado	1582.69	
F. Tabular	8.85	

X₁: % Gelatina, X₂: %Glicerol/ 100 g de Gelatina

*= Significantes a $p < 0.05$

La expresión matemática para el grosor (mm) es un modelo cuadrático de segundo orden, entre el grosor de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 11.

$$\text{Grosor (mm)} = 0.21 + 0.05X_1 - 0.04X_1^2 + 0.02X_2 - 0.03X_2^2 + 0.01X_1X_2 \quad [11]$$

Se realizó la prueba F con significancia de $P < 0.05$ y se obtuvo 1582.69 de valor F calculado resultando mayor que 8.85 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 11 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 1) donde se muestra el efecto cuadrático de la gelatina y el glicerol en el grosor de la película.

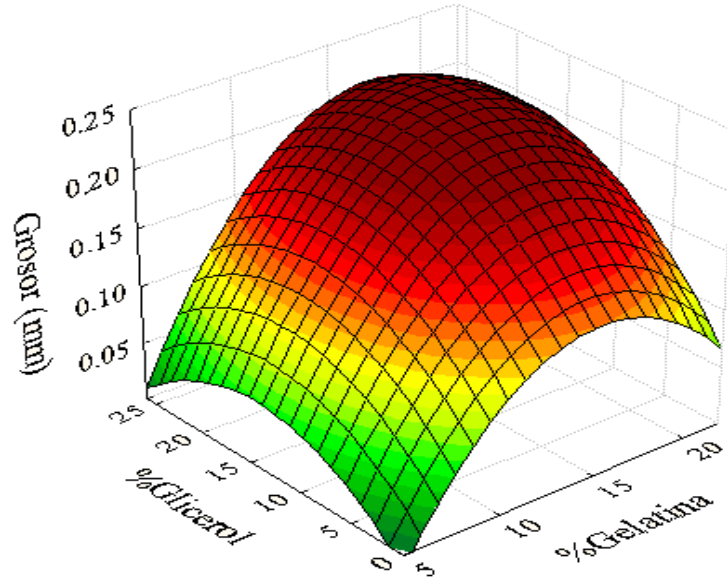


Figura 1. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/100 g de gelatina sobre el grosor (mm) de la película comestible.

El modelo (ecuación 11) indica un incremento positivo de 0.05 mm en el nivel lineal de X_1 (gelatina), aumento positivo de 0.02 mm en el nivel lineal de X_2 (glicerol) e interacción entre variables X_1 y X_2 (gelatina y glicerol) con un aumento positivo, todo esto resultando en aumento del grosor de la película comestible. Por otra parte, ambas variables X_1 y X_2 en su nivel cuadrático indican una disminución de 0.04 y 0.03 mm respectivamente por cada unidad de estas adicionada. Esta situación ocurre cuando se coloca la misma cantidad de solución filmogénica en los platos con diferente formulación (Merino 2015).

Vanin *et al.* (2005), elaboraron películas a base de gelatina y varias concentraciones de diferentes plastificantes. En los resultados de las películas plastificadas con glicerol el grosor aumenta a medida la concentración de este aumenta desde 0.06 hasta 0.077 pero sin diferencia significativa, pudo deberse a que solo se utilizó 2% de gelatina para todas las películas. Hanani *et al.* (2013) elaboraron películas a base de gelatina y diferentes niveles de glicerol por extrusión. Los resultados obtenidos indicaron que el grosor de las películas no fue influenciado por el nivel de glicerol sin embargo, el nivel máximo de glicerol fue 1.1% y solo utilizó una concentración de gelatina.

Solubilidad en agua. La solubilidad en agua es una característica requerida en aplicaciones específicas de recubrimiento de alimentos. Para desarrollar propiedades de barrera en películas es necesario que los materiales a utilizar sean parcial o totalmente insolubles en agua para evitar la pérdida de las cualidades que tenga la película si se desintegra (Guilbert *et al.* 1995).

En el Cuadro 7 se presentan los resultados del porcentaje de solubilidad en agua de los tratamientos. El rango de solubilidad en agua va desde 43.15 hasta 68.15% obteniendo el menor valor en un punto axial del experimento, donde el porcentaje de glicerol es mayor y el mayor valor en solubilidad en un punto factorial del experimento.

Cuadro 7. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la solubilidad en agua de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Solubilidad en agua (% $\pm$ DE)
1	7.20	3.66	60.89 $\pm$ 0.01
2	7.20	21.34	50.01 $\pm$ 0.01
3	17.81	3.66	68.15 $\pm$ 0.01
4	17.81	21.34	54.05 $\pm$ 0.01
5	5.00	12.50	57.09 $\pm$ 0.02
6	20.00	12.50	59.24 $\pm$ 0.01
7	12.50	0.00	63.56 $\pm$ 0.03
8	12.50	25.00	43.15 $\pm$ 0.02
9	12.50	12.50	51.96 $\pm$ 0.03
10	12.50	12.50	51.68 $\pm$ 0.05
11	12.50	12.50	52.19 $\pm$ 0.04
12	12.50	12.50	51.35 $\pm$ 0.02

En el Cuadro 8, todas las variables lineales y cuadráticas fueron significativas estadísticamente y además presentaron interacción entre ellas a una $P < 0.05$ sobre la solubilidad en agua de la película. La variable lineal X_1 (glicerol) y la interacción entre variables X_1 y X_2 (gelatina y glicerol) presentan un efecto negativo que indica que el incremento de estas variables disminuye la solubilidad de agua de la película. El R^2 fue 0.95 para la solubilidad en agua de la película comestible que indica que el 95% de los datos de solubilidad de agua se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 5% no se adapta al modelo. La falta de ajuste fue significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es tendencioso.

Cuadro 8. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la solubilidad en agua de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	5.18E+01	9.46E-08*
X₁	1.79E+00	7.92E-04*
X₁²	3.81E+00	1.17E-04*
X₂	-6.73E+00	1.52E-05*
X₂²	1.41E+00	2.24E-03*
X₁*X₂	-8.05E -01	2.12E-02*
Falta de ajuste		3.68E-03*
R²		0.95
F. Calculado		493.87
F. Tabular		8.85

X₁: % Gelatina, X₂: %Glicerol/ 100 g de Gelatina

*= Significantes a p<0.05

La expresión matemática para la solubilidad en agua (%) es un modelo cuadrático de segundo orden, entre la solubilidad en agua de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 12.

$$\text{Solubilidad en agua (\%)} = 51.80 + 1.79X_1 + 3.81X_1^2 - 6.73X_2 + 1.41X_2^2 - 0.81X_1X_2 \quad [12]$$

Se realizó la prueba F con significancia de P <0.05 y se obtuvo 493.87 de valor F calculado resultando mayor que 8.85 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 12 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 2) donde se muestra un cambio en la solubilidad en agua de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

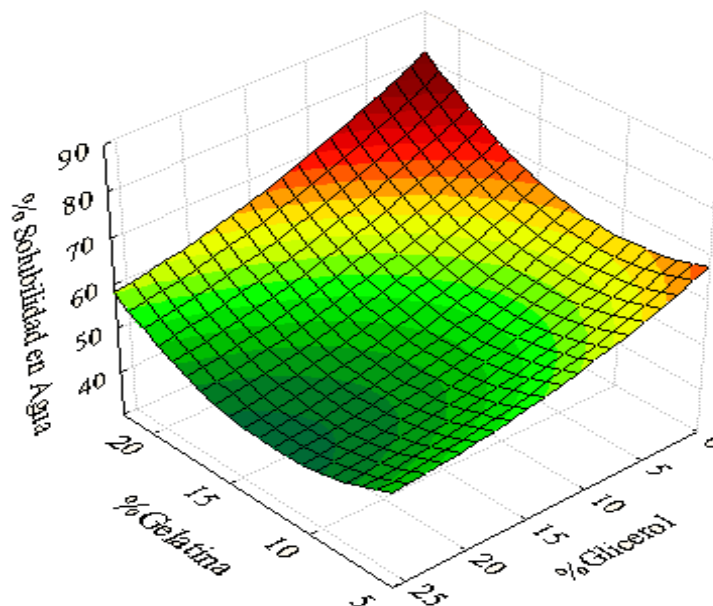


Figura 2. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la solubilidad en agua de la película comestible.

El modelo (ecuación 12) indica un incremento positivo de 1.79% de solubilidad en agua en el nivel lineal de X_1 (gelatina), aumento positivo de 3.81% de solubilidad en agua en el nivel cuadrático de X_1^2 (gelatina) y aumento positivo de 1.141% de solubilidad en agua en el nivel cuadrático de X_2^2 (glicerol) todo esto resultando en aumento en la solubilidad en agua la película. Por otra parte, hay una disminución de 6.73% de solubilidad en agua en el nivel lineal de X_2 (glicerol) y disminución de 0.81% de solubilidad en agua en la interacción entre X_1 y X_2 (gelatina y glicerol). La gelatina es altamente hidrofílica y se puede disolver parcialmente en un medio acuoso y perder su estructura fibrosa (Kavoosi *et al.* 2014). El glicerol es un plastificante hidrofílico que puede disminuir la solubilidad en agua de las películas comestibles al incrementar la materia seca insoluble (Cuq 2002).

Hanani *et al.* (2013) elaboraron películas a base de gelatina y diferentes concentraciones de glicerol por extrusión. No encontraron diferencias para la solubilidad en agua en las diferentes concentraciones de glicerol, sin embargo si hubo mayor solubilidad en el tratamiento que tenía mayor porcentaje de glicerol (1.1%), que difiere a lo encontrado en este estudio donde a mayor concentración de gelatina y glicerol hubo menos solubilidad en agua que se puede deber a altas concentraciones de gelatina utilizada. Kavoosi *et al.* (2014) elaboraron películas a base de diferentes concentraciones de gelatina, glicerol y un aceite esencial por el método de casting. Los resultados mostraron incremento significativo en la solubilidad en agua de las películas a medida se incrementaba el porcentaje de gelatina.

Propiedades mecánicas

Elongación. La deformación por elongación o alargamiento es la distancia máxima a la que se estira una película antes de romperse, dando como resultado la extensibilidad de la película (McHugh *et al.* 1994).

En el Cuadro 9 se presentan los resultados de la deformación por elongación de los tratamientos. El rango de elongación va desde 4.05 hasta 265.26% obteniendo el menor valor en un punto factorial del experimento y el mayor valor en un punto axial del experimento que es el que tiene el menor porcentaje de gelatina.

Cuadro 9. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la deformación por elongación (%) de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Deformación por elongación (%± DE)
1	7.20	3.66	4.05 ± 0.54
2	7.20	21.34	114.85 ± 44.15
3	17.81	3.66	5.53 ± 1.05
4	17.81	21.34	193.94 ± 33.04
5	5.00	12.50	128.33 ± 42.46
6	20.00	12.50	141.43 ± 22.55
7	12.50	0.00	4.53 ± 0.66
8	12.50	25.00	265.26 ± 19.68
9	12.50	12.50	165.47 ± 29.21
10	12.50	12.50	184.78 ± 18.45
11	12.50	12.50	122.08 ± 38.32
12	12.50	12.50	176.26 ± 29.29

En el Cuadro 10, la variable lineal X_2 (glicerol) fue significativa estadísticamente a una $P < 0.05$ sobre el porcentaje de deformación por elongación de la película. La variable presenta un incremento positivo sobre el porcentaje de deformación por elongación de las películas por cada incremento que se le da a la variable. El R^2 fue 0.87 para el porcentaje de deformación por elongación de la película comestible que indica que el 87% de los datos de deformación por elongación se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 13% no se adapta al modelo atribuido al error experimental. La falta de ajuste fue no significativa a una $P < 0.05$ por lo que el modelo se considera predictivo.

Cuadro 10. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la deformación por elongación (%) de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	1.62E+02	1.36E-03*
X₁	1.24E+01	2.97E-01 ^{n.s}
X₁²	-2.75E+01	8.82E-02 ^{n.s}
X₂	8.35E+01	3.45E-03*
X₂²	-2.75E+01	8.82E-02 ^{n.s}
X₁*X₂	1.94E+01	2.58E-01 ^{n.s}
Falta de ajuste		1.89E-01 ^{n.s}
R²		0.87
F. Calculado		25.45
F. Tabular		4.96

X₁: % Gelatina, X₂: %Glicerol/ 100 g de Gelatina

n.s= No Significantes y *= Significantes a p<0.05

La expresión matemática para deformación por elongación de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 13.

$$\text{Deformación por elongación (\%)} = 162.15 + 83.49X_2 \quad [13]$$

Se realizó la prueba F con significancia de P < 0.05 y se obtuvo 25.45 de valor F calculado resultando mayor que 4.96 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 13 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 3) donde se muestra un cambio en el porcentaje de deformación por elongación de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

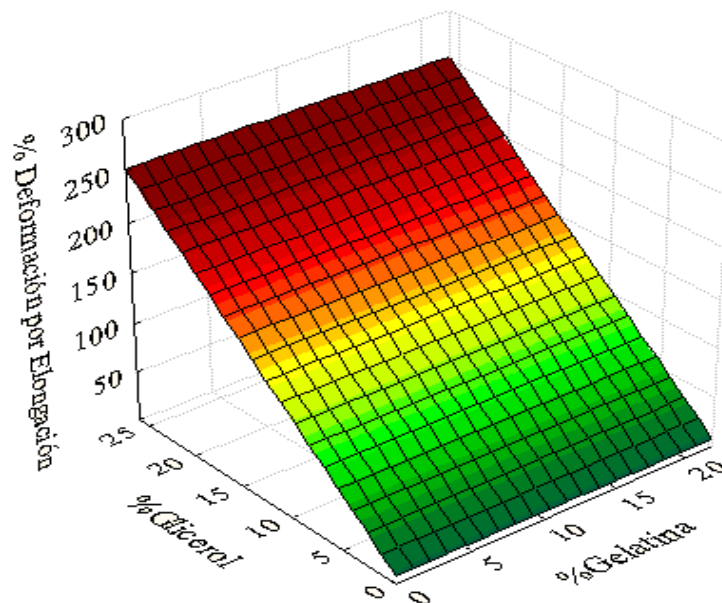


Figura 3. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el porcentaje de deformación por elongación de la película comestible.

El modelo (ecuación 13) indica un aumento de 83.49% de deformación por elongación en el nivel lineal de X_2 (glicerol). Se adicionan plastificantes a matrices filmogénicas para modificar la flexibilidad de las películas y facilitar su manejo. Los plastificantes disminuyen los enlaces de hidrógeno entre cadenas de polímeros adyacentes, aumentando el volumen libre de la matriz (Skurtys *et al.* 2010), así proveen flexibilidad pero disminuyen las propiedades de barrera de las películas (McHugh *et al.* 1994).

Thomazine *et al.* (2005), elaboraron películas con 2% gelatina bovina y evaluaron el efecto de mezclas de sorbitol y glicerol en diferentes concentraciones en las propiedades físicas. Los resultados obtenidos para esta variable mostraron un incremento significativo cuando la concentración de plastificante aumentaba, similar a los resultados obtenidos en este estudio. Bergo y Sobral (2007) elaboraron películas con gelatina porcina y evaluaron el efecto del incremento de glicerol en la solución. Los resultados también mostraron incremento significativo en la variable de deformación por perforación a medida que aumentaba la concentración de glicerol.

Tensión. La fuerza de tensión es la carga máxima que tolera una película antes del quiebre por unidad de área de la sección transversal original de este (McHugh *et al.* 1994) (Perez-Gago *et al.* 1999).

En el Cuadro 11 se presentan los resultados de la fuerza de tensión (Mpa) de los tratamientos. El rango de tensión va desde 4.12 hasta 93.20 Mpa obteniendo el menor valor en un punto axial del experimento con el porcentaje más alto de glicerol, y el mayor valor es un punto factorial del experimento que tiene un porcentaje medio de gelatina y bajo de glicerol.

Cuadro 11. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la tensión (Mpa) de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Tensión (Mpa $\pm$ DE)
1	7.20	3.66	93.20 $\pm$ 6.70
2	7.20	21.34	5.11 $\pm$ 0.50
3	17.81	3.66	88.77 $\pm$ 7.59
4	17.81	21.34	4.38 $\pm$ 0.27
5	5.00	12.50	7.74 $\pm$ 0.50
6	20.00	12.50	4.74 $\pm$ 0.36
7	12.50	0.00	53.26 $\pm$ 6.13
8	12.50	25.00	4.12 $\pm$ 0.10
9	12.50	12.50	7.89 $\pm$ 0.99
10	12.50	12.50	6.34 $\pm$ 0.42
11	12.50	12.50	7.44 $\pm$ 0.82
12	12.50	12.50	7.31 $\pm$ 0.99

En el Cuadro 12 las variables lineales y las variables cuadráticas X_1 y X_2 (gelatina y glicerol) fueron significativas estadísticamente a una $P < 0.05$ sobre la tensión de la película comestible. Por otro lado, existe interacción significativa entre las variables X_1 y X_2 . El R^2 fue 0.75 para la tensión de la película comestible que indica que el 75% de los datos de tensión se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 25% no se adapta al modelo atribuido al error experimental. La falta de ajuste fue significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es tendencioso.

Cuadro 12. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la tensión de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	7.25E+00	2.00E-04*
X_1	-1.18E+00	1.46E-02*
X_1^2	7.10E+00	1.05E-04*
X_2	-3.02E+01	9.78E-07*
X_2^2	1.83E+01	6.14E-06*
$X_1 * X_2$	9.23E -01	6.63E-02*
Falta de ajuste		1.37E-05*
R^2	0.75	
F. Calculado	1583.69	
F. Tabular	6.09	

X_1 : % Gelatina, X_2 : %Glicerol/ 100 g de Gelatina
n.s= No significantes y *= Significantes a $p < 0.05$

La expresión matemática para la tensión es un modelo cuadrático de segundo orden, entre la tensión de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 14:

$$\text{Tensión (Mpa)} = 7.25 - 1.18X_1 + 7.10X_1^2 - 30.24X_2 + 18.32X_2^2 + 0.92X_1X_2 \quad [14]$$

Se realizó la prueba F con significancia de $P < 0.05$ y se obtuvo 1583.69 de valor F calculado resultando mayor que 6.09 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 14 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 4) donde se muestra un cambio en la tensión de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

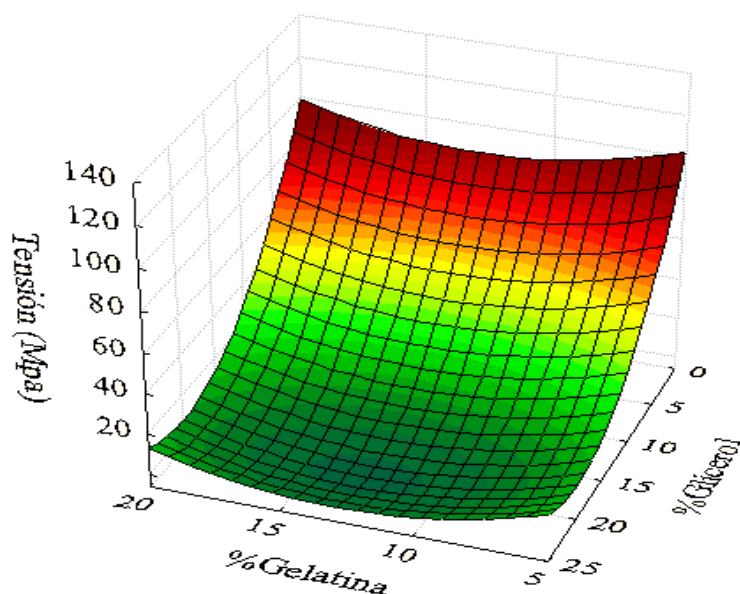


Figura 4. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la tensión de la película comestible.

El modelo (ecuación 14) indica una disminución de 1.18% de tensión en el nivel lineal de X_1 (gelatina) y una disminución de 30.24% de tensión en el nivel lineal de X_2 (glicerol). Por otro lado, presenta un aumento de 7.10% de tensión en el nivel cuadrático de X_1^2 y un aumento de 18.32% de tensión en el nivel cuadrático de X_2^2 (glicerol). Además hay un aumento de 0.92% de tensión en la interacción entre variables.

Arvanitoyannis *et al.* (1998) elaboraron películas de mezclas de gelatina y quitosano, plastificadas con glicerol o sorbitol y secados a temperaturas altas o bajas (60 y 22 °C). En los resultados se demostró que la temperatura alta disminuye la tensión de las películas en comparación a la temperatura baja cuando las concentraciones de plastificantes son mayores a 25%. Rivero *et al.* (2010) elaboraron películas de gelatina y glicerol para evaluar la correlación entre estas variables y las propiedades de las películas. Los resultados demostraron que las películas con menor porcentaje de glicerol mostraban

características quebradizas con mayor tensión y al incrementar el porcentaje de glicerol disminuía la tensión. Estos resultados son similares a los obtenidos en este estudio, donde a menor concentración de plastificante la tensión aumenta.

Módulo de elasticidad. El módulo de elasticidad denota la rigidez de la película (McHugh *et al.* 1994). Establece que la tensión es directamente proporcional a la deformación por elongación (Vicentini 2003).

En el Cuadro 13 se presentan los resultados del módulo de elasticidad (Mpa) de los tratamientos. El rango del módulo de elasticidad va desde 0.03 hasta 13.75 Mpa obteniendo el menor valor en un punto factorial del experimento con un porcentaje alto de glicerol y porcentaje medio de gelatina, y el mayor valor es un punto axial que no contiene glicerol. El módulo de elasticidad está directamente relacionado con la fuerza de tensión y por lo tanto, los resultados obtenidos presentan tendencia similar.

Cuadro 13. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en el módulo de elasticidad de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Módulo de Elasticidad (Mpa $\pm$ DE)
1	7.20	3.66	1.85 $\pm$ 0.45
2	7.20	21.34	0.03 $\pm$ 0.01
3	17.81	3.66	1.61 $\pm$ 0.33
4	17.81	21.34	0.04 $\pm$ 0.06
5	5.00	12.50	0.28 $\pm$ 0.13
6	20.00	12.50	0.21 $\pm$ 0.04
7	12.50	0.00	13.75 $\pm$ 3.64
8	12.50	25.00	0.10 $\pm$ 0.02
9	12.50	12.50	0.28 $\pm$ 0.02
10	12.50	12.50	0.25 $\pm$ 0.02
11	12.50	12.50	0.34 $\pm$ 0.11
12	12.50	12.50	0.26 $\pm$ 0.03

En el Cuadro 14 las variables lineal para X_2 (glicerol) y todas las variables cuadráticas X_1^2 y X_2^2 (gelatina y glicerol) fueron significativas estadísticamente a una $P < 0.05$ sobre el módulo de elasticidad de la película comestible. La variable cuadrática X_1 y la variable lineal X_2 presentan un efecto negativo que indica que el incremento de estas variables disminuye el módulo de elasticidad de la película comestible. El R^2 fue 0.72 para el módulo de elasticidad de la película comestible que indica que el 72% de los datos de módulo de elasticidad se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 28% no se adapta al modelo atribuido al error experimental. La falta de ajuste fue significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es tendencioso.

Cuadro 14. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado al módulo de elasticidad de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	2.83E-01	7.87E-04*
X₁	-4.08E-02	6.46E-02 ^{n.s}
X₁²	-6.95E-01	2.65E-05*
X₂	-2.84E+00	2.80E-07*
X₂²	2.65E+00	4.82E-07*
X₁*X₂	6.18E-02	5.48E-02 ^{n.s}
Falta de ajuste		1.83E-06*
R²	0.72	
F. Calculado	3951.40	
F. Tabular	4.95	

X₁: % Gelatina, X₂: %Glicerol/ 100 g de Gelatina

n.s= No significantes y *= Significantes a p <0.05

La expresión matemática para el módulo de elasticidad es un modelo cuadrático de segundo orden, entre el módulo de elasticidad de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 15.

$$\text{Módulo de elasticidad (Mpa)} = 0.28 - 0.69X_1^2 - 2.84X_2 + 2.65X_2^2 \quad [15]$$

Se realizó la prueba F con significancia de P<0.05 y se obtuvo 3951.40 de valor F calculado resultando mayor que 4.95 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 15 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 5) donde se muestra un cambio en el módulo de elasticidad de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

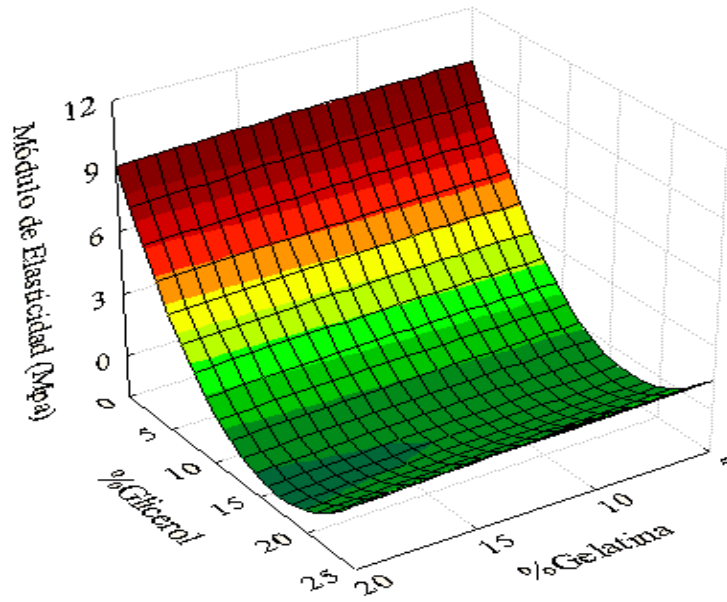


Figura 5. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el módulo de elasticidad de la película comestible.

El modelo (ecuación 15) indica una disminución de 0.69% de módulo de elasticidad en el nivel cuadrático de X_1^2 (gelatina) y una disminución de 2.84% de módulo de elasticidad en el nivel lineal de X_2 (glicerol). Por otro lado, existe un incremento positivo de 2.65% en el módulo de elasticidad en el nivel cuadrático de X_2^2 (glicerol).

Rivero *et al.* (2010) obtuvieron disminución en el módulo de elasticidad con el incremento de glicerol, al igual que Thomazine *et al.* (2005). El efecto de la adición de glicerol u otro plastificante en las propiedades mecánicas de las películas comestibles a base de gelatina ha sido ampliamente estudiado, en contraste con los resultados obtenidos en este estudio (Arvanitoyannis *et al.* 1998; Bergo y Sobral 2007; Cao *et al.* 2009; Kavosi *et al.* 2014).

Perforación.

Fuerza de perforación. La fuerza necesaria para perforar la película en función al desplazamiento, que resulta desde el punto de inicio hasta el punto pico donde la película se rompe (Vicentini 2003).

En el Cuadro 15 se presentan los resultados de la fuerza de perforación (N) de los tratamientos. El rango de la fuerza de perforación va desde 3.53 hasta 37.43 N y ambos valores son puntos factoriales del experimento.

Cuadro 15. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la fuerza de perforación de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Fuerza de perforación (N ± DE)
1	7.20	3.66	9.29 ± 5.41
2	7.20	21.34	3.53 ± 0.85
3	17.81	3.66	37.43 ± 6.92
4	17.81	21.34	7.25 ± 0.78
5	5.00	12.50	7.55 ± 1.86
6	20.00	12.50	23.94 ± 1.92
7	12.50	0.00	28.04 ± 3.69
8	12.50	25.00	8.11 ± 1.17
9	12.50	12.50	14.58 ± 2.98
10	12.50	12.50	13.42 ± 5.23
11	12.50	12.50	11.58 ± 2.64
12	12.50	12.50	10.16 ± 1.81

En el Cuadro 16 las variables lineales para X_1 y X_2 (gelatina y glicerol) fueron significativas estadísticamente y además presentaron interacción entre ellas a una $P < 0.05$ sobre la fuerza de perforación de la película comestible. La variable lineal X_2 y la interacción entre variables X_1 y X_2 presentan un efecto negativo indicando que incrementar estas variables disminuye la fuerza de perforación de la película. El R^2 fue 0.98 para la fuerza de perforación que indica que el 98% de los datos se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 22% no se adapta. La falta de ajuste fue no significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es de carácter predictivo.

Cuadro 16. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado a la fuerza de perforación de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	1.24E+01	1.05E-03*
X_1	6.88E+00	2.16E-03*
X_1^2	1.02E+00	2.79E-01 ^{n.s}
X_2	-8.02E+00	1.38E-03*
X_2^2	2.19E+00	6.64E-02 ^{n.s}
$X_1 * X_2$	-6.10E+00	8.31E-03*
Falta de ajuste		2.27E-01 ^{n.s}
R^2		0.98
F. Calculado		25.90
F. Tabular		4.07

X_1 : % Gelatina, X_2 : %Glicerol/ 100 g de Gelatina

n.s= No significantes y *= Significantes a $p < 0.05$

La expresión matemática para la fuerza de perforación es un modelo cuadrático de segundo orden, entre la fuerza de perforación de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 16.

$$\text{Fuerza de perforación (N)} = 12.44 + 6.88X_1 - 8.02X_2 - 6.10X_1X_2 \quad [16]$$

Se realizó la prueba F con significancia de $P < 0.05$ y se obtuvo 25.90 de valor F calculado resultando mayor que 4.07 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 16 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 6) donde se muestra un cambio en la fuerza de perforación de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

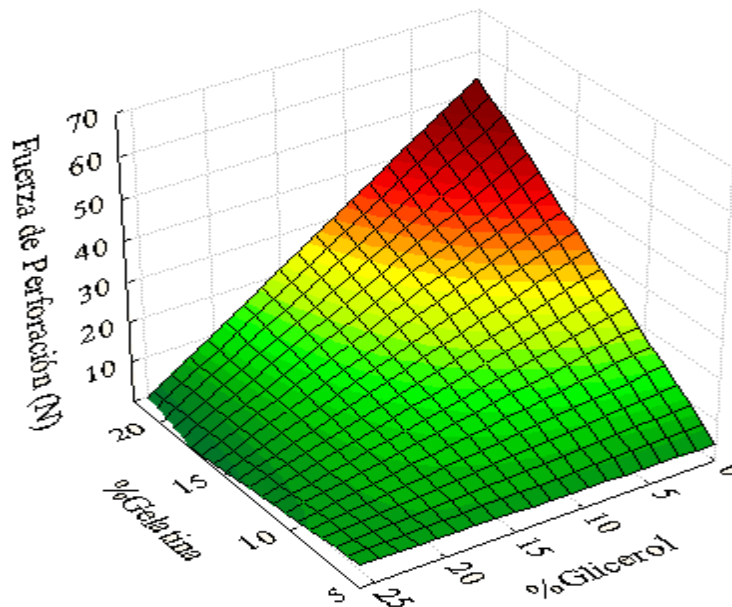


Figura 6. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en la fuerza de perforación de la película comestible.

El modelo (ecuación 16) indica un incremento de 6.88% en la fuerza de perforación en el nivel lineal de X_1 (gelatina). Por otro lado, existe una disminución de 8.02% en la fuerza de perforación en el nivel lineal de X_2 (glicerol) y una disminución de 6.10% en la interacción entre variables X_1 y X_2 (gelatina y glicerol).

Sobral *et al.* (2001) elaboraron películas a base de gelatina bovina y gelatina porcina con porcentajes de plastificante desde 15 hasta 65%/ 100 g de gelatina utilizada. Los resultados obtenidos mostraron que a medida incrementaban la cantidad de plastificante, la fuerza de perforación disminuía y el tipo de gelatina no afectó a esta variable. La disminución en la fuerza de perforación por el incremento de un plastificante es un resultado predictivo en estudios de este tipo (Thomazine *et al.* 2005; Vanin *et al.* 2005;

Hanani *et al.* 2013), sin embargo, no hay estudios que investiguen el comportamiento que tendría el incremento de gelatina en las propiedades mecánicas de películas comestibles.

Deformación por perforación. La deformación por perforación relaciona la fuerza con la elasticidad para calcular cuánto cede la película hasta romperse (Alves 2013).

En el Cuadro 17 se presentan los resultados de la deformación por perforación de los tratamientos. El rango de la deformación por perforación va desde 103.84 hasta 122.07% de deformación donde el mayor valor es un punto axial del experimento.

Cuadro 17. Efecto de la combinación de gelatina y glicerol en la deformación por perforación de los tratamientos.

Tratamientos	% Gelatina	% Glicerol/ 100 g de Gelatina	Deformación por perforación (% $\pm$ DE)
1	7.20	3.66	103.84 $\pm$ 1.08
2	7.20	21.34	119.56 $\pm$ 1.48
3	17.81	3.66	106.52 $\pm$ 0.79
4	17.81	21.34	115.98 $\pm$ 0.88
5	5.00	12.50	112.04 $\pm$ 1.15
6	20.00	12.50	113.79 $\pm$ 0.16
7	12.50	0.00	122.07 $\pm$ 3.15
8	12.50	25.00	118.88 $\pm$ 0.73
9	12.50	12.50	114.10 $\pm$ 0.66
10	12.50	12.50	113.53 $\pm$ 0.63
11	12.50	12.50	114.00 $\pm$ 0.45
12	12.50	12.50	114.04 $\pm$ 1.14

En el Cuadro 18 las variables lineal para X_2 (glicerol) y las variables cuadráticas X_1^2 y X_2^2 (gelatina y glicerol) fueron significativas estadísticamente y además presentaron interacción entre ellas a una $P < 0.05$ sobre el porcentaje de deformación por perforación de la película comestible. La variable cuadrática X_1^2 (gelatina) y la interacción entre variables X_1 y X_2) presentan un efecto negativo que indica que el incremento de estas variables disminuye el porcentaje de deformación por perforación de la película. El R^2 fue 0.42 para la deformación por perforación de la película comestible que indica que el 42% de los datos de deformación por perforación se adaptan al modelo de superficie respuesta y el otro 58% no se adapta al modelo atribuido al error experimental. La falta de ajuste fue significativa a una $P < 0.05$ lo que indica que el modelo es tendencioso.

Cuadro 18. Coeficientes de regresión y probabilidades de un modelo de regresión cuadrático aplicado la deformación por perforación de la película comestible.

Factor	Coeficiente de regresión	P
Intercepto	1.14E+02	3.32E-09*
X₁	1.81E -01	1.45E-01
X₁²	-1.82E+00	3.95E-04*
X₂	2.58E+00	1.00E-04*
X₂²	1.98E+00	3.09E-04*
X₁*X₂	-1.56E+00	1.25E-03*
Falta de ajuste		7.34E-05*
R²	0.42	
F. Calculado	337.19	
F. Tabular	6.09	

X₁: % Gelatina, X₂: %Glicerol/ 100 g de Gelatina

n.s= No significantes y *= Significantes a p<0.05

La expresión matemática para la deformación por perforación es un modelo cuadrático de segundo orden, entre la deformación por perforación de la película y las variables independientes, se expresa en la ecuación 17:

$$\text{Deformación por perforación (\%)} = 113.92 - 1.82X_1^2 + 2.58X_2 + 1.98X_2^2 - 1.56X_1X_2 \quad [17]$$

Se realizó la prueba F con significancia de P <0.05 y se obtuvo 337.19 de valor F calculado resultando mayor que 6.09 que es el valor F de la tabla, esto valida el modelo para graficar la respuesta. En base a la ecuación 17 se crearon los gráficos de superficie respuesta (Figura 7) donde se muestra un cambio en la deformación por perforación de la película sobre el aumento o la disminución de las variables independientes.

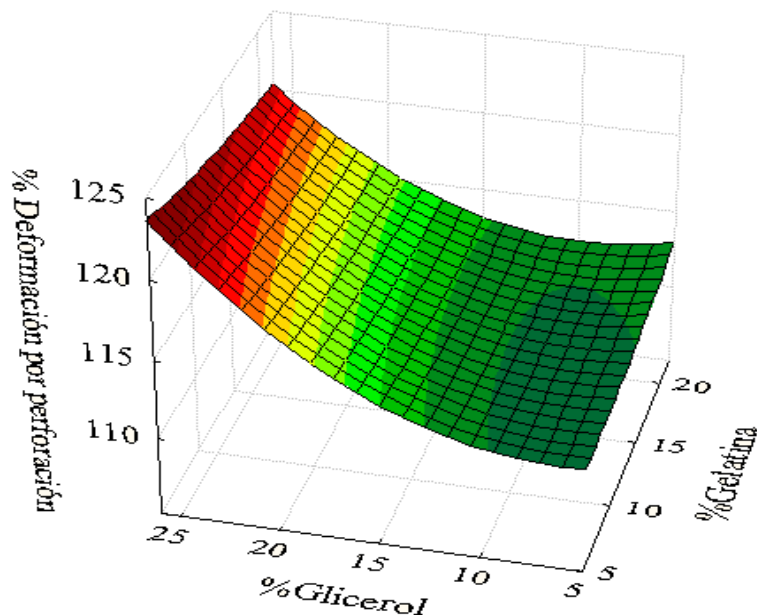


Figura 7. Efecto del porcentaje de gelatina y el porcentaje de glicerol/ 100 g de gelatina en el porcentaje de deformación por perforación de la película comestible.

El modelo (ecuación 17) indica una disminución de 1.82% en la deformación por perforación en el nivel cuadrático de X_1^2 (gelatina) y una disminución de 1.56% en la interacción entre variables X_1 y X_2 (gelatina y glicerol). Por otro lado, existen aumentos de 2.58 y 1.98% en la deformación por perforación en el nivel lineal y cuadrático de X_2 (glicerol) respectivamente.

Sobral *et al.* (2001) obtuvieron que el incremento de plastificante conlleva un incremento en la deformación por perforación de las películas comestibles. Estos resultados son similares a los obtenidos por Thomazine *et al.* y Vanin *et al.* (2005).

Función de utilidad. Los resultados para las variables grosor, solubilidad en agua, tensión, módulo de elasticidad, y deformación por perforación presentaron un comportamiento tendencioso. La deformación por elongación y la fuerza de perforación resultaron en modelos predictivos.

Se deseaba maximizar la deformación por perforación, la tensión, la deformación por elongación, el módulo de elasticidad y la fuerza de perforación. Se minimizó la solubilidad en agua.

La función de utilidad (Figura 8) establece los valores óptimos de las variables independientes a utilizar para obtener la película comestible. En este caso se debe utilizar 12.5% de gelatina y 6.25% de glicerol/100 g de gelatina para crear la solución filmogénica para recubrir la carne.

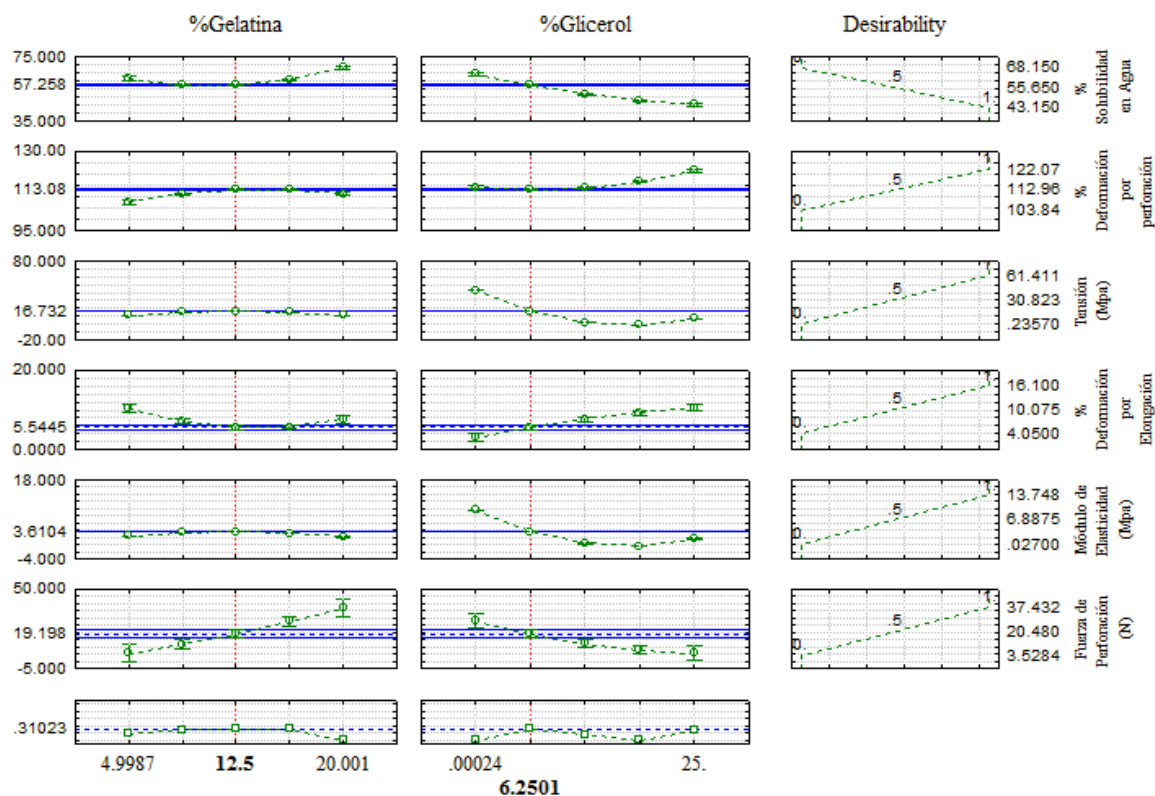


Figura 8. Valores óptimos de gelatina y glicerol sobre las propiedades físicas de la película comestible.

Evaluación del período de almacenamiento en refrigeración del músculo *semitendinosus* de res.

Análisis químicos.

pH. El pH inicial que tenga la carne influye directamente en las propiedades físicas y químicas de esta. Tiene una relación directa con el color, la humedad y la capacidad de retención de agua. Además, se relaciona con el crecimiento microbiológico y por lo tanto es un factor inicial de control para mantener la vida de anaquel de la carne.

En la figura 9 se muestra el comportamiento que tuvo el pH a través del tiempo. Los valores de pH para los tratamientos recubiertos con gelatina y el tratamiento empacado al vacío presentaron una tendencia similar de aumento, mientras que el pH del control se mantuvo estable a través del tiempo.

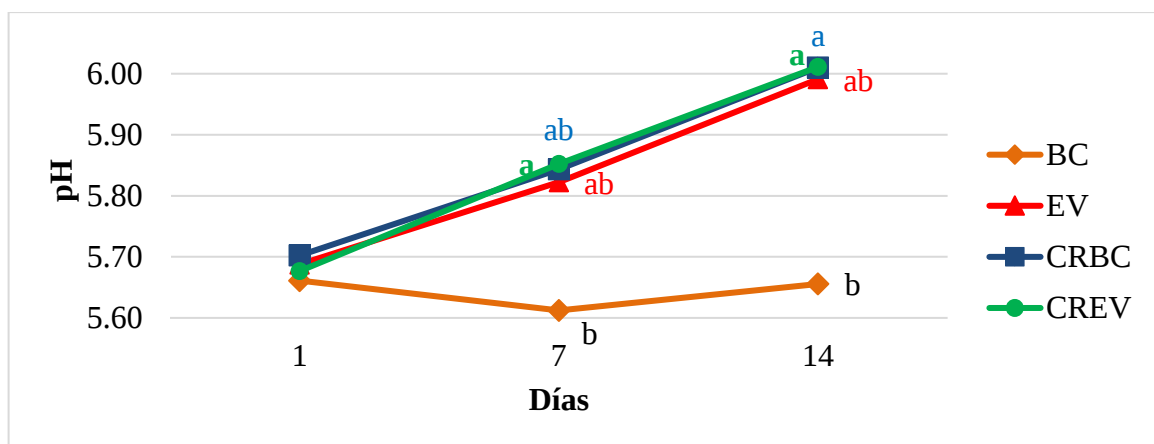


Figura 9. Efecto del tiempo en el pH de los tratamientos en los diferentes empaques.

BC: carne en bandeja comercial/control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

a-b: Medias con diferente letra entre tratamientos son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Existió interacción significativa entre el pH final que tuvo la carne, la presencia del recubrimiento, el tipo de empaque utilizado y la interacción entre recubrimiento y empaque utilizado. Esto indica que el pH de la carne puede variar dependiendo del medio en el que se encuentre. Sin embargo, el tiempo también tuvo un rol significativo en el pH de la carne.

Humedad. La pérdida de agua durante el almacenamiento hace que la carne tenga una mala apariencia (Gennadios *et al.* 1997). Una variable importante para determinar la vida de anaquel de la carne es el pH que influye en la capacidad de retención de agua que ésta tenga pues afecta directamente la textura y la suavidad de la carne (Insuasti *et al.* 2000).

La pérdida de agua se origina del cambio de volumen de las miofibrillas durante el rigor mortis donde el músculo se contrae y el agua que se encontraba dentro se sale por la disminución de espacio. Cuando el pH alcanza el punto isoeléctrico de las miofibrillas, las proteínas se juntan y expulsan más agua (Berg 2001). La pérdida de agua es uno de los mayores problemas de los procesadores porque afecta el peso de la carne (Antoniewski y Barringer 2010). Varios estudios han demostrado que el uso de un recubrimiento a base de gelatina reduce la pérdida de agua porque actúa como barrera por su tensión superficial moderada o sea que repele moderadamente al agua y que inhibe la acumulación de purga en la bandeja (Finch y Jobling 1977).

El Cuadro 19 muestra el cambio en los valores de humedad obtenidos al recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque a través del tiempo. Los tratamientos control sin recubrimiento en ambos empaques presentaron diferencia significativa a través del tiempo. Los tratamientos que tenían recubrimiento no presentaron diferencia significativa a través del tiempo, por lo tanto mantuvieron la humedad y esto se puede atribuir a la presencia del recubrimiento. Este comportamiento también se puede observar en la purga

que tuvieron los tratamientos, que fue estadísticamente menor en la carne recubierta con respecto a la carne que no estaba recubierta a través del tiempo.

Cuadro 19. Análisis de humedad en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Humedad (% $\pm$ DE)		
	Día 1 ^{n.s}	Día 7	Día 14
BC	77.26 $\pm$ 0.34 Y	74.10 $\pm$ 0.39 b Z	73.09 $\pm$ 0.35 b Z
EV	77.84 $\pm$ 1.07 X	75.30 $\pm$ 0.96 ab Y	74.55 $\pm$ 1.01 ab Z
CRBC	77.54 $\pm$ 0.21 Z	76.99 $\pm$ 0.19 ab Z	76.56 $\pm$ 0.19 a Z
CREV	77.43 $\pm$ 1.94 Z	77.12 $\pm$ 1.83 a Z	76.63 $\pm$ 2.04 a Z
CV (%)	1.57	3.03	2.76

BC: carne en bandeja comercial/control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

n.s. No significativo entre tratamientos el mismo día $P > 0.05$

a-b: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Existió interacción significativa entre la humedad final de la carne y la presencia del recubrimiento. A través del tiempo el recubrimiento logró mantener la humedad de la carne, por lo que el recubrimiento se podría utilizar para mantener el peso de la carne y no tener pérdidas monetarias en distribución. No tuvo influencia significativa el tipo de empaque utilizado en el mantenimiento de la humedad de la carne.

Antoniewski *et al.* (2007) encontraron que un recubrimiento de 20% de gelatina si reduce la purga en res, cerdo y pollo por 14 días en refrigeración y con atmósfera modificada. Marggrander y Hofmann (1997) obtuvieron resultados de 1% de reducción de purga en panza de cerdo recubierta con 10% de gelatina en congelación hasta por 18 meses.

Análisis físicos

Color. El color en la carne es el principal atributo de guía por parte de los consumidores para determinar si la carne está fresca o no, y por esto se vuelve uno de las principales preocupaciones para el procesador que busca métodos para mantenerlo.

El color del músculo en la canal es rojo-violeta porque el hierro en la deoximioglobina está en estado ferroso. Al exponerlo al oxígeno el hierro lo liga y se forma la oximioglobina que da el color rojo brillante. La exposición prolongada al oxígeno oxida el hierro y éste cambia a estado férrico y se convierte en metmioglobina que presenta color café pardo. (Gill 1996). Este color por lo general cambia en la superficie de la carne y causa rechazo por parte del consumidor.

En el espectro de color CIELAB los bajos valores L indican oscuridad y los valores altos son de luminosidad. Para el valor a*, valores bajos indican tonos verdes y valores altos indican tonos rojos. Para el valor b*, valores bajos indican tonos azules y valores altos indican tonos amarillos. En el músculo *semitendinosus* se reportan valores L entre 37.13 en el día 1 y 43.34 en el día 14. Los valores a* reportados están entre 15.31 en el día 1 y 16.79 en el día 14. Los valores b* reportados están entre 1.79 en el día 1 y 16.58 en el día 14 (Hoffman *et al.* 2012; Sazili *et al.* 2013), sin embargo, los valores pueden cambiar dependiendo de la raza, edad y género del animal.

Como ha sido discutido antes, debido a los enlaces de hidrógeno formados por la gelatina, las películas elaboradas con este material tienen buenas propiedades barrera ante el oxígeno (Krochta y De Mulder-Johnson 1997). Por esta razón la aplicación del recubrimiento debería reducir la oxidación de la oximioglobina en la carne (Cardoso *et al.* 2016).

Valor de Luminosidad L. El Cuadro 20 muestra el cambio en los valores de luminosidad obtenidos al recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque a través del tiempo. El tratamiento con recubrimiento empacado al vacío presentó aumento en su luminosidad a través de tiempo. El comportamiento de este último es similar al encontrado por Antoniewski *et al.* (2007).

Antoniewski *et al.* (2007) evaluaron la efectividad de un recubrimiento con gelatina en filete de res (*psaos major*) empacado al vacío. Los resultados obtenidos demostraron que a medida que incrementaba el tiempo el valor de luminosidad (L) aumentaba, lo que significa que la carne presentó un color más claro. Cardoso *et al.* (2016) evaluaron diferentes concentraciones de gelatina y quitosano en carne hasta el día 5, y determinaron que a medida que sube la concentración de gelatina el grosor del recubrimiento aumenta y reduce el valor de luminosidad haciendo que la superficie de la carne sea menos traslúcida.

Cuadro 20. Análisis color del valor L (luminosidad) en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Valor L (Media $\pm$ DE)		
	Día 1	Día 7	Día 14
BC	39.34 $\pm$ 0.59 b X	43.26 $\pm$ 1.59 a Z	40.21 $\pm$ 0.03 c Y
EV	45.32 $\pm$ 8.21 a Z	39.45 $\pm$ 0.98 b Y	42.40 $\pm$ 3.15 a YZ
CRBC	39.07 $\pm$ 2.28 b Z	35.74 $\pm$ 3.68 c X	38.52 $\pm$ 0.92 d Y
CREV	35.81 $\pm$ 4.34 c Y	39.51 $\pm$ 0.99 b YZ	41.70 $\pm$ 3.06 b Z
CV (%)	1.31	1.12	0.92

BC: carne en bandeja comercial/ control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

a-c: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P <0.05)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P <0.05)

Existió interacción significativa entre el recubrimiento en la carne y la luminosidad (valor L) que ésta presentó, que indica que la presencia del recubrimiento influye en el valor L final que tenga la carne. Para este atributo, el tipo de empaque utilizado no influyó en la luminosidad de la carne.

Valor a*. El Cuadro 21 muestra el cambio en los valores a* obtenidos al recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque a través del tiempo. Los tratamientos empacados al vacío no mostraron diferencia significativa al día 1 y al día 14, mientras que los tratamientos empacados en bandeja comercial si presentaron diferencias significativas con el aumento en el valor a*, lo que quiere decir que la carne presentó un color más rojo al día 14 que al día 1.

Villegas *et al.* (1999) evaluaron la efectividad de un recubrimiento con gelatina en tocino y jamón cocidos en dos tipos de empaque a lo largo de 7 meses. Los resultados obtenidos demostraron que a medida incrementaba el tiempo el valor a* disminuía lo que indica que la carne iba alejándose de tonos rojos, sin embargo, sí existió diferencia significativa en la reducción del deterioro del color. Antoniewski *et al.* (2007) obtuvieron aumentos en los valores de a* a medida incrementaba el tiempo, resultados similares a los obtenidos en este estudio.

Cuadro 21. Análisis color del valor a* en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Valor a* (Media $\pm$ DE)		
	Día 1	Día 7	Día 14
BC	12.10 $\pm$ 0.60 b Y	4.24 $\pm$ 2.54 d X	13.27 $\pm$ 0.09 b Z
EV	10.17 $\pm$ 2.18 c Z	8.95 $\pm$ 0.33 c Y	9.82 $\pm$ 2.21 d Z
CRBC	12.86 $\pm$ 0.79 a Y	12.80 $\pm$ 1.28 a Y	13.66 $\pm$ 0.12 a Z
CREV	12.11 $\pm$ 1.12 b Z	9.86 $\pm$ 0.50 b Y	11.74 $\pm$ 1.35 c Z
CV (%)	2.61	4.69	2.16

BC: carne en bandeja comercial/ control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

a-d: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P <0.05)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P <0.05)

Existió interacción significativa entre la presencia del recubrimiento, el tiempo y el valor a* que presentó la carne. Por lo tanto, el recubrimiento influye en el mantenimiento de los tonos rojos de la carne a través del tiempo. Sin embargo, el empaque utilizado no influyó en los tonos rojos que presentó la carne de ninguna manera.

Valor b*. El Cuadro 22 muestra el cambio en los valores b* obtenidos al recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque a través del tiempo. Todos los

tratamientos presentaron diferencias significativas en esta variable en el día 14 con respecto al día 1. Ambos tratamientos con carne recubierta y el control presentaron aumento en el valor b^* por lo tanto tuvieron tonalidades más amarillas y el tratamiento empacado al vacío presentó una disminución en el valor b^* .

Cardoso *et al.* (2016) encontraron que los tratamientos recubiertos presentaron disminución en el valor de b^* con respecto al control pero sin correlación significativa con el aumento del porcentaje de gelatina. Además, estableció que el valor b^* es usualmente despreciado en las evaluaciones del color en carne fresca.

Cuadro 22. Análisis color del valor b^* en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Valor b^* (Media $\pm$ DE)		
	Día 1	Día 7	Día 14
BC	14.61 $\pm$ 0.24 c Y	14.39 $\pm$ 0.32 b X	16.98 $\pm$ 0.33 a Z
EV	15.42 $\pm$ 1.05 a Z	14.31 $\pm$ 0.13 bc X	15.22 $\pm$ 0.80 d Y
CRBC	14.93 $\pm$ 0.22 b X	15.33 $\pm$ 0.57 a Y	16.60 $\pm$ 0.43 b Z
CREV	13.20 $\pm$ 1.64 d X	14.18 $\pm$ 0.10 c Y	16.08 $\pm$ 0.20 c Z
CV (%)	1.20	0.75	0.58

BC: carne en bandeja comercial/ control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

a-d: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Existió interacción significativa entre el empaque utilizado, el tiempo y el valor b^* en la carne. Por lo tanto, dependiendo el tipo de empaque utilizado en la carne así será el cambio en el valor b^* que esta presentará. La presencia del recubrimiento no influyó en los cambios del valor b^* .

Análisis microbiológicos. El crecimiento microbiológico es el factor más importante a tomar en cuenta para mantener la calidad de la carne fresca. La mayor parte de las bacterias que causan la putrefacción son aerobias y anaerobias facultativas y su influencia en la vida de anaquel de la carne depende en gran parte de los conteos iniciales que tenga después de ser despostada (Lambert *et al.* 1991).

El empaque al vacío es el método de extensión y mantenimiento de vida de anaquel más utilizado en la industria cárnica. La permeabilidad al oxígeno del empaque influye directamente en el crecimiento de microorganismos (Newton y Rigg 1979) pero el uso correcto de un empaque al vacío de baja permeabilidad puede incrementar la vida de anaquel hasta 35 días (Seideman *et al.* 1976).

Bacterias mesófilas aerobias. El límite máximo de bacterias mesófilas aerobias establecido por SENASA (1995) para carne fresca es de 7 a 8 Log 10 UFC/g.

El Cuadro 23 muestra el crecimiento microbiológico de bacterias mesófilas aerobias a través del tiempo obtenido de recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque. Todos los tratamientos menos el tratamiento de carne recubierta empacada en bandeja comercial presentan diferencias significativas en el día 14 con respecto al día 1. Sin embargo al día 14 si hay diferencia significativa entre tratamientos donde el crecimiento microbiológico en el control es estadísticamente mayor a los demás tratamientos. Todos los tratamientos se encuentran dentro del límite permisible de bacterias mesófilas aerobias establecido por SENASA (1995).

Mediante estudios se ha demostrado que el uso del recubrimiento a base gelatina no es suficiente para detener el crecimiento microbiológico. Sin embargo, Hong *et al* (2009) utilizaron extracto de semilla de uva y extracto de té verde en una matriz de gelatina y tuvieron resultados positivos en la disminución de *E. coli* O157:H7 y de *Listeria monocytogenes*. Baranenko *et al.* (2013) utilizaron un recubrimiento a base de gelatina, ácidos orgánicos y quitosano y obtuvieron efectos bacteriostáticos positivos en carne fresca. Esto demuestra que las películas a base de gelatina sirven como medio de transporte eficaz de antimicrobianos.

Cuadro 23. Análisis microbiológico de bacterias mesófilas aerobias en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Bacterias mesófilas aerobias (Log 10 UFC $\pm$ DE)		
	Día 1 ^{n.s}	Día 7	Día 14
BC	3.95 $\pm$ 0.38 Y	5.36 $\pm$ 0.02 a Z	5.13 $\pm$ 0.03 a Z
EV	4.05 $\pm$ 0.21 Y	5.02 $\pm$ 0.05 b Z	4.93 $\pm$ 0.05 b Z
CRBC	4.66 $\pm$ 0.82 Z	4.92 $\pm$ 0.08 b Z	4.89 $\pm$ 0.07 b Z
CREV	3.74 $\pm$ 0.41 Y	4.91 $\pm$ 0.06 b Z	4.90 $\pm$ 0.04 b Z
CV (%)	14.14	1.06	0.96

BC: carne en bandeja comercial/ control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

n.s: No significativo entre tratamientos el mismo día $P > 0.05$

a-b: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Y-Z: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes ($P < 0.05$)

Existió interacción significativa entre el tipo de empaque utilizado y el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias en la carne a través del tiempo. Sin embargo, la presencia del recubrimiento no tuvo interacción con el crecimiento, por lo tanto, no tiene efecto antimicrobiano pero tampoco es fuente de contaminación para el producto.

Coliformes totales. El límite máximo de coliformes totales establecido por SENASA (1995) para carne fresca es hasta 5 Log 10 UFC/g.

El Cuadro 24 muestra el crecimiento microbiológico de coliformes totales a través del tiempo obtenido al recubrir la carne con gelatina y utilizar dos tipos de empaque. Todos los tratamientos presentan diferencias significativas en el día 14 con respecto al día 1. Esto quiere decir que las bacterias siguieron su curva de crecimiento normal sin que la presencia del recubrimiento y el tipo de empaque afectara. Sin embargo, al día 14 sí hay diferencia significativa entre tratamientos donde el crecimiento microbiológico en el control es estadísticamente mayor a los demás tratamientos. Todos los tratamientos cumplen con el límite máximo establecido por SENASA (1995), con excepción del tratamiento empacado en bandeja comercial en el día 14.

Cuadro 24. Análisis microbiológico de coliformes totales en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Coliformes totales (Log 10 UFC $\pm$ DE)		
	Día 1	Día 7	Día 14
BC	1.82 $\pm$ 0.31 a X	4.35 $\pm$ 0.03 a Y	5.25 $\pm$ 0.02 a Z
EV	2.36 $\pm$ 0.58 a X	3.43 $\pm$ 0.04 b Y	4.72 $\pm$ 0.03 b Z
CRBC	2.56 $\pm$ 0.67 a Y	3.37 $\pm$ 0.04 b Y	4.63 $\pm$ 0.06 b Z
CREV	2.44 $\pm$ 0.30 a X	3.38 $\pm$ 0.07 b Y	4.61 $\pm$ 0.06 b Z
CV (%)	23.71	1.43	0.87

BC: carne en bandeja comercial/ control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

a-c: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P <0.05)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P <0.05)

No existió interacción significativa entre factores (recubrimiento y tipo de empaque) y el crecimiento de coliformes totales, por lo que no hubo diferencia significativa entre el crecimiento microbiológico en ninguno de los tratamientos. Sin embargo, sí hubo interacción entre el tiempo y el crecimiento microbiológico como ocurre usualmente en alimentos, que a medida aumenta el tiempo, los conteos microbiológicos aumentan.

El coeficiente de variación para el día 1 en análisis microbiológicos de bacterias mesófilas aerobias y coliformes totales es alto lo cual indica que hubo alta variación entre tratamientos. Esto se puede atribuir a errores del analista en el momento de ejecutar los procedimientos de siembra de las muestras o a los conteos iniciales que tuvieron los cortes de carne.

Análisis de costos. Mediante la comparación de costos variables (Cuadro 25) se determinó que la adición del recubrimiento sube el precio final de la carne en 3%. Con el uso de ambos empaques estudiados sube el precio aproximadamente hasta 6%.

Cuadro 25. Comparación de costos variables en carne recubierta y no recubierta y con dos tipos de empaque.

Insumo	Precio unitario (\$/kg)	Presentación					
		Carne	Carne+ Recubrimiento	BC	EV	CRBC	CREV
<i>M. semitendinosus</i>	6.215	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22	6.22
Bandeja de PE	0.070	-	-	0.07	-	0.07	-
Papel resinite	0.010	-	-	0.01	-	0.01	-
Bolsas celoflex	0.140	-	-	-	0.14	-	0.14
Agua	0.050	-	0.01	-	-	0.01	0.01
Gelatina	0.011	-	0.20	-	-	0.20	0.20
Glicerol	0.005	-	0.01	-	-	0.01	0.01
Total		6.22	6.43	6.30	6.36	6.51	6.57
Aumento			3.39%	1.29%	2.25%	4.67%	5.64%

4. CONCLUSIONES

- La fuerza de perforación de las películas aumenta y la deformación por elongación disminuye a medida se disminuye el glicerol añadido a la mezcla acuosa.
- Los niveles de 12.5% de gelatina y 6.25% de glicerol en el recubrimiento disminuye la purga y mantiene la luminosidad del músculo *semitendinosus* a través del tiempo.
- El recubrimiento demora el crecimiento de bacterias mesófilas aerobias y coliformes en los dos tipos de empaques utilizados.
- La combinación de empaque al vacío y la película comestible brindaron el mejor desempeño en almacenamiento de refrigeración durante 14 días conservando la humedad y el color del músculo *semitendinosus*.

5. RECOMENDACIONES

- Ampliar el rango de gelatina y plastificante utilizado en la formación de películas comestibles con el fin de obtener modelos predictivos en las variables dependientes evaluadas.
- Medir la actividad de las enzimas proteolíticas que tiene la carne en la degradación de proteínas de la película comestible.
- Adicionar antimicrobianos y antioxidantes en películas a base de gelatina y evaluar su eficiencia en matrices cárnicas.
- Analizar el uso del recubrimiento en carne fresca y productos cárnicos en un rango de tiempo mayor.
- Evaluar la aceptación y preferencia que tienen los consumidores cuando se usan recubrimientos en carne fresca y productos cárnicos.

6. LITERATURA CITADA

Alves, T. 2013. Caracterização físico-química de bioplásticos elaborados por extrusão e termoprensagem reforçados com casca de maracujá (*Passiflora edulis* Sp.). dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em ciência de alimentos. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro Instituto De Tecnologia. Rio De Janeiro, Brazil.

Antoniewski MN, Barringer SA, Knipe L, Zerby H. 2007. The effect of a gelatin coating on the shelf-life of fresh meat. *J Food Sci.* 72(6):E382–E387. eng. doi: 10.1111/j.1750-3841.2007.00430.x

Antoniewski MN, Barringer SA. 2010. Meat Shelf-life and Extension using Collagen/Gelatin Coatings: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 50(7): 644-653. eng. doi: 10.1080/10408390802606691

Arvanitoyannis IS, Nakayama A, Aiba S. 1998. Chitosan and gelatin based edible films: state diagrams, mechanical and permeation properties. *J Carbohydrate Polymers.* 37: 371-382. eng. doi: 10.1016/S0144-8617(98)00083-6

Baranenko DA, Kolodyaznaya VS, Zabelina NA. 2010. Effect of composition and propierties of chitosan-based edible coatings on microflora of meat and meat products. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* [acesado 2016 may 17] 12(2): 149-157. eng. <http://www.food.actapol.net/volume12/issue2/abstract-2.html>

Berg EP. 2001. Influence of stress on composition and quality of meat, poultry, and meat products. [acesado 2016 oct 19] <http://www.fass.org/fass01/pdfs/Berg.pdf>.

Bergo P, Sobral PJA. 2007. Effects of plasticizer on physical properties of pigskin gelatin films. *Food Hydrocoll.* 21: 1285-1289. Eng. doi: 10.1016/j.foodhyd.2006.09.014

Bertuzzi, M.A., M, Armanda., J.C. Gottifredi., A.R. Aparicio y P. Jimenez. 2002. Estudio de la permeabilidad al vapor de agua de films comestibles para recubrir alimentos. [Tesis M.Sc.] Buenos Aires, Argentina, Universidad Nacional de Catamarca. 10 p.

Bourtoon T. 2008. Review Article. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research J* [acesado 2016 oct 14]. 15(3): 237-248. eng. [http://ifrj.upm.edu.my/15%20\(3\)%202008/01.%20Bourtoom,%20T.pd](http://ifrj.upm.edu.my/15%20(3)%202008/01.%20Bourtoom,%20T.pd)

Box GE, Draper NR. 1959. A basis for the Selection of a Response Surface Design Journal of the American Statistical Association. eng. 54: 622-654.

Cao N, Yang X, Fu Y. 2009. Effects of various plasticizers on mechanical and water vapor barrier properties of gelatin films. Food Hydrocoll. 23: 729-735. eng. doi: 10.1016/j.foodhyd.2008.07.017

Cardoso GP, Dutra MP, Fontes PR, Souza AL, Gomide LAM, Mendes E. 2016. Selection of a chitosan gelatin-based edible coating for color preservation of beef in retail display. J. Meat Sci. 114: 85-94. eng. doi: dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.12.012

Chariguamán JA. 2015. Caracterización de bioplástico de almidón elaborado por el método de casting reforzado con albedo de maracuyá (*Passiflora edulis* spp.) [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano- Honduras. 60 p.

Cuq B. 2002. Formation and proprieties of fish myofibrillar protein films coatings. In: Gennadios A. (Ed), Protein-Based films and coatings. CRC Press. Boca Raton, Florida. p 213-232.

Djagny VB, Wang Z, Xu S. 2001. Gelatin: a valuable protein for food and pharmaceutical industries: review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 41(6):481-92. eng. doi: 10.1080/20014091091904

Finch CA., Jobling A. 1977. The physical properties of gelatin. In: The Science and Technology of Gelatin. Academic Press, London. p. 249–294

Gennadios A, Hanna MA, Kurth LB. 1997. Application of Edible Coatings on Meats, Poultry and Seafoods: A Review. LWT - Food Sci and Technol. 30(4): 337–350. eng. doi: 10.1006/fstl.1996.0202

Gill CO. 1996. Extending the storage life of raw chilled meats. Meat Sci. 43: S99-S109. eng. doi: 10.1016/0309-1740(96)00058-7

Gómez-Guillen MC, Gimenez B, López-Caballero ME, Montero MP. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review. Food Hydrocolloids. 25 (8): 1813–1827. eng. doi:10.1016/j.foodhyd.2011.02

Gontard, N. 1991. Films et enrobages comestibles: étude amelioration des proprietes filmogènes du gluten, Tese (Doctorat Biochime Biologie, Cellulaire Etmoleculaire/Sciecens Dês Aliments), Université Des Sciecens Et Techniques Du Languedoc, Montpellier. 174p.

Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1993. Water and glycerol as plasticizers effect mechanical and water vapor barrier properties of an edible wheat gluten film. J Food Sci. 58(1):206–211. eng. doi: 10.1111/j.1365-2621.1993.tb03246.x

Guilbert S, Gontard N, Cuq B. 1995. Technology and Applications of edible protective films. *Packaging Tech and Sci.* 8: 339-346. eng. doi: 10.1002/pts.2770080607

Hanani ZA, McNamara J, Roos YH, Kery JP. 2013. Effect of plasticizer content on the functional properties of extruded gelatin-based composite films. *Food Hydrocoll.* 31: 264-269. eng. doi: 10.1016/j.foodhyd.2012.10.009

Harvard C, Harmony MX, inventors. 1869. Improved process of preserving meat, fowls, fish, etc. United States Patent 90,944.

Herring JL, Jonnalongadda SC, Narayanan VC, Coleman SM. 2010. Oxidative stability of gelatin coated pork at refrigerated storage. *J Meat Sci.* 85: 651-656. eng. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.03.019

Hoffman LC, Vermaak A, Muller N. 2012. Physical and chemical properties of selected beef muscles infused with a phosphate and lactate blend. [consultado 2016 oct 24] http://www.scielo.org.za/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0375-15892012000400001

Hong YH, Lim GO, Song KB. 2009. Physical properties of Gelidium corneum–Gelatin blend films containing grapefruit seed extract or green tea extract and its application in the packaging of pork loins. *J Food Sci.* 74(1):C6-C10. eng. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00987.x

Insausti K, Beriain MJ, Purroy A, Alberti P, Gorraiz C, Alzueta MJ. 2000. Shelf life of beef from local Spanish cattle breeds stored under modified atmosphere. *Meat Sci.* 57: 273–281. eng. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00102-9

Kavoosi G, Rahmatollahi A, Dadfar SMM, Purfard AM. 2014. Effects of essential oil on the water binding capacity, physicochemical properties, antioxidant and antibacterial activity of gelatin films. *LWT - Food Science and Technology.* 57: 556-561. eng. doi: 10.1016/j.lwt.2014.02.008

Klose AA, Mecchi EP, Hanson HL. 1952. Use of antioxidants in the frozen storage of turkeys. *Food Technol.* 6: 308–311. eng.

Krochta JM, De-Mulder Johnson C. 1997. Edible and biodegradable polymer films: challenges and opportunities. *Food Technol*; [accesado 2015 dic 2] 51(2): 61-74. eng. <http://ucanr.edu/datastoreFiles/608-247.pdf>

Lambert AD, Smith JP, Dodds KL. 1991. Shelf life extension and microbiological safety of fresh meat- a review. *Food Microb.* 8: 267-297. eng. doi: 10.1016/S0740-0020(05)80002-4

Lieberman ER, Guilbert SG. 1973. Gas permeation of collagen films as affected by cross-linkage, moisture, and plasticizer content. *J. Polymer Sci.* 41: 33-43. eng. doi: 10.1002/polc.5070410106

Marggrander K, Hofmann K. 1997. Reduction of freezer burn and loss on drying during long term storage of pork with gelatin spray solution. *Fleischwirtschaft* 77: 19–20.

McHugh TH, Krochta JM. 1994. Sorbitol vs glycerol-plasticized whey protein edible films: integrated oxygen permeability and tensile property evaluation. *J Agricultural and Food Chem.* 42: 841-845. eng. doi: 10.1021/jf00040a001

Merino NI. 2015. Elaboración de queso Zamorella con almendras revestidas a base de almidones, proteína de suero de leche y glicerina [Tesis]. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano-Honduras. 62 p.

Morris A, Parker JA, inventors. 1896. Preservative coatings for foods. United States Patent 556,471.

Newton KG, Rigg WJ. 1979. The effect of film permeability on the storage life and microbiology of vacuum-packed meat. *J Appl Bacteriol.* 44: 433-441. eng. doi: 10.1111/j.1365-2672.1979.tb01204.x

Perez-Gago, M.B., P. Nadaud y J.M. Krochta. 1999. Water vapor permeability, solubility, and tensile properties of heat-denatured versus native whey protein films. *Journal of Food Scienc* 64 (6): 1034-1037. eng. doi: 10.1111/j.1365-2621.1999.tb12276.x

Rivero S, García MA, Pinotti A. 2010. Correlations between structural, barrier, thermal and mechanical properties of plasticized gelatin films. *Innovative Food Science and Emerging Technologies.* 11: 369-375. eng. doi: 10.1016/j.ifset.2009.07.005

Rocha, G. 2009. Obtenção e caracterização de filmes biodegradáveis a partir de misturas de amido de mandioca e extrato protéico de soja. Grau de mestre em ciências no programa de pós-graduação em ciência e tecnologia de alimentos, área de concentração em tecnologia de alimentos. Seropédica, rj. Universidade Federal Rural Do Rio De Janeiro. 2-57 p.

Rodrigues MI, Iemma AF. 2015. Experimental design and process optimization. 3ra ed. Boca Raton FL (USA). CRC Press. 324 p.

Sánchez –Ortega I, García-Almendárez BE, Santos-López EM, Amaro-Reyes A, Barboza-Corona JE, Regalado C. 2014. Antimicrobial edible films and coatings for meat and meat products preservation. *The Scientific World Journal.* 2014:248935. eng. doi: 10.1155/2014/248935.

Sazili AQ, Norbaiyah B, Zulkifli I, Goh YM, Lotfi M, Small AH. 2013. Quality Assessment of Longissimus and Semitendinosus Muscles from Beef Cattle Subjected to Non-penetrative and Penetrative Percussive Stunning Methods. *Asian-Australas J Anim Sci.* 26(5): 723–731.eng. doi: 10.5713/ajas.2012.12563

Seideman SC, Vanderzant C, Smith GC, Hanna MO, Carpenter ZL. 1976. Effect of degree of vacuum and length of storage on microflora of vacuum-packaged beef

wholesale cuts. J Food Sci. 41: 738-742. eng. doi: 10.1111/j.1365-2621.1976.tb00715_41_4.x

Skurtys O, Acevedo C, Pedreschi F, Enrione J, Osorio F, Aguilera JM. 2010. Food Hydrocolloid Edible Films and Coatings. Santiago, Chile. [consultado 2016 oct 10]. http://intrawww.ing.puc.cl/siding/datos/public_files/profes/fpedreschi_GTSNWOEDCWJ OGD A/Food%20Hydrocolloid%20Edible%20Films%20and%20Coatings.pdf

Sobral PJA, Menegalli FC, Hubinger MD, Roques MA. 2001. Mechanical, water vapor barrier and thermal proprieties of gelatin based edible films. Food Hydrocoll. 15: 423-432. eng. doi: 10.1016/S0268-005X(01)00061-3

Thomazine M, Carvalho RA, Sobral PJA. 2005. Physical properties of gelatin films plasticized by blends of glycerol and sorbitol. J Food Sci. 70 (3): E172-E176. eng. doi: 10.1111/j.1365-2621.2005.tb07132.x

Ustonol Z. 2009. Edible Films and Coatings for Meat and Poultry. In: Edible Films and Coatings for Food Applications. 245-268. eng. doi: 10.1007/978-0-387-92824-1_8

Vanin FM, Sobral PJA, Menegalli FC, Carvalho RA, Habitante AMQB. 2005. Effect of plasticizers and their concentrations on termal and functional proprieties of gelatin-based films. Food Hydrocoll. 19: 899-907. eng. doi: 10.1016/j.foodhyd.2004.12.003

Vicentini, N. 2003. Elaboração e caracterização de filmes comestíveis a base de fécula de mandioca para uso em pós-colheita [Tese De Doutorado] Faculdade De Ciências Agrônômicas – Unesp, Botucatu – Sp.

Villegas R, O'Connor TP, Kerry JP, Buckley DJ. 1999. Effect of gelatin dip on the oxidative and colour stability of cooked ham and bacon pieces during frozen storage. International J of Food Sci and Technol. 34: 385–389. eng. doi: 10.1046/j.1365-2621.1999.0028

7. ANEXOS

Anexo 1. Cuadro de Distribución F con $P < 0.05$.

Percentage Points of the <i>F</i> -Distribution, 5%																				
ν_2	ν_1																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	15	20	24	30	40	60	120	∞	
1	161.40	199.50	215.70	224.60	230.20	234.00	236.80	238.90	240.50	241.90	243.90	245.90	248.00	249.10	250.10	251.10	252.20	253.30	254.30	
2	18.51	19.00	19.16	19.25	19.30	19.33	19.35	19.37	19.38	19.40	19.41	19.43	19.45	19.45	19.46	19.47	19.48	19.49	19.50	
3	10.13	9.55	9.28	9.12	9.01	8.94	8.89	8.85	8.81	8.79	8.74	8.70	8.66	8.64	8.62	8.59	8.57	8.55	8.53	
4	7.71	6.94	6.59	6.39	6.26	6.16	6.09	6.04	6.00	5.96	5.91	5.86	5.80	5.77	5.75	5.72	5.69	5.66	5.63	
5	6.61	5.79	5.41	5.19	5.05	4.95	4.88	4.82	4.77	4.74	4.68	4.62	4.56	4.53	4.50	4.46	4.43	4.40	4.36	
6	5.99	5.14	4.76	4.53	4.39	4.28	4.21	4.15	4.10	4.06	4.00	3.94	3.87	3.84	3.81	3.77	3.74	3.70	3.67	
7	5.59	4.74	4.35	4.12	3.97	3.87	3.79	3.73	3.68	3.64	3.57	3.51	3.44	3.41	3.38	3.34	3.30	3.27	3.23	
8	5.32	4.46	4.07	3.84	3.69	3.58	3.50	3.44	3.39	3.35	3.28	3.22	3.15	3.12	3.08	3.04	3.01	2.97	2.93	
9	5.12	4.26	3.86	3.63	3.48	3.37	3.29	3.23	3.18	3.14	3.07	3.01	2.94	2.90	2.86	2.83	2.79	2.75	2.71	
10	4.96	4.10	3.71	3.48	3.33	3.22	3.14	3.07	3.02	2.98	2.91	2.85	2.77	2.74	2.70	2.66	2.62	2.58	2.54	
11	4.84	3.98	3.59	3.36	3.20	3.09	3.01	2.95	2.90	2.85	2.79	2.72	2.65	2.61	2.57	2.53	2.49	2.45	2.40	
12	4.75	3.89	3.49	3.26	3.11	3.00	2.91	2.85	2.80	2.75	2.69	2.62	2.54	2.51	2.47	2.43	2.38	2.34	2.30	
13	4.67	3.81	3.41	3.18	3.03	2.92	2.83	2.77	2.71	2.67	2.60	2.53	2.46	2.42	2.38	2.34	2.30	2.25	2.21	
14	4.60	3.74	3.34	3.11	2.96	2.85	2.76	2.70	2.65	2.60	2.53	2.46	2.39	2.35	2.31	2.27	2.22	2.18	2.13	
15	4.54	3.68	3.29	3.06	2.90	2.79	2.71	2.64	2.59	2.54	2.48	2.40	2.33	2.29	2.25	2.20	2.16	2.11	2.07	
16	4.49	3.63	3.24	3.01	2.85	2.74	2.66	2.59	2.54	2.49	2.42	2.35	2.28	2.24	2.19	2.15	2.11	2.06	2.01	

Fuente: Rodrigues y Iemma, 2014.

Anexo 2. Valores F calculado para $P < 0.05$ para grosor, solubilidad en agua, deformación por elongación, tensión, módulo de elasticidad, fuerza de perforación y deformación por perforación.

Fuente de variación	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Grosor					
Regresión	0.042	8	0.005	1582.69	8.85
Residuos	0.00001	3	0.0000033		

Fuente de variación	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Solubilidad en agua					
Regresión	519.55	8	64.943	493.88	8.85
Residuos	0.39	3	0.13		

Fuente de variación					
Deformación por elongación	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Regresión	55766.75	1	55766.75	25.45	4.96
Residuos	21909.43	10	2190.94		

Fuente de variación					
Tensión	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Regresión	12974.1	7	1853.44	1583.69	6.09
Residuos	4.68	4	1.17		

Fuente de variación					
Módulo de elasticidad	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Regresión	158.53	6	26.42	3951.40	4.95
Residuos	0.03	5	0.01		

Fuente de variación					
Fuerza de perforación	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Regresión	1041.78	3	347.26	25.90	4.07
Residuos	67.03	5	13.41		

Fuente de variación					
Deformación por perforación	SQ	DF	QM	F Cal	F Tab
Regresión	275.12	7	39.30	337.19	6.09
Residuos	0.47	4	0.12		

Anexo 3. Análisis de purga en carne recubierta y no recubierta con dos tipos de empaque.

Tratamiento	Purga (% $\pm$ DE)		
	Día 1	Día 7	Día 14
BC	2.32 $\pm$ 0.16 a X	4.02 $\pm$ 0.11 a Y	5.61 $\pm$ 0.33 a Z
EV	2.03 $\pm$ 0.05 b X	3.37 $\pm$ 0.06 b Y	4.33 $\pm$ 0.12 b Z
CRBC	0.39 $\pm$ 0.04 c Y	0.91 $\pm$ 0.03 c Z	1.12 $\pm$ 0.22 c Z
CREV	0.23 $\pm$ 0.05 d Y	0.40 $\pm$ 0.19 d Y	0.97 $\pm$ 0.24 d Z
CV (%)	7.47		

BC: carne en bandeja comercial/control; EV: carne empacada al vacío; CRBC: carne recubierta en bandeja comercial; CREV: carne recubierta empacada al vacío.

DE: Desviación estándar; CV: Coeficiente de variación.

a-d: Medias con diferente letra en la misma columna son significativamente diferentes (P <0.05)

X-Y: Medias con diferente letra en la misma fila son significativamente diferentes (P <0.05)

Anexo 4. Interacción entre factores y sus probabilidades para pH

Source. pH	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	0.07746944	0.07746944	89.39	<.0001*
Recubrimiento	1	0.11222500	0.11222500	129.49	<.0001*
Día	2	0.33581667	0.16790833	193.74	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	0.08506944	0.08506944	98.16	<.0001*
Empaque*Día	2	0.04383889	0.02191944	25.29	<.0001*
Recubrimiento*Día	2	0.04571667	0.02285833	26.38	<.0001*
Empaque*Recubrim*Día	2	0.02873889	0.01436944	16.58	<.0001*

*=Interacción significativa

Anexo 5. Interacción entre factores y sus probabilidades para Humedad.

Source. Humedad	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	2.79446944	2.79446944	2.26	0.1459
Recubrimiento	1	25.55302500	25.55302500	20.65	0.0001*
Día	2	33.86561667	16.93280833	13.69	0.0001*
Empaque*Recubrimient	1	2.49113611	2.49113611	2.01	0.1688
Empaque*Día	2	0.47593889	0.23796944	0.19	0.8263
Recubrimient*Día	2	14.12261667	7.06130833	5.71	0.0094*
Empaque*Recubrim*Día	2	0.18573889	0.09286944	0.08	0.9279

*=Interacción significativa

Anexo 6. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor L.

Source. Valor L	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	16.2409000	16.2409000	1.50	0.2326
Recubrimiento	1	96.4324000	96.4324000	8.90	0.0064*
Día	2	9.2480389	4.6240194	0.43	0.6574
Empaque*Recubrimiento	1	0.1133444	0.1133444	0.01	0.9194
Empaque*Día	2	11.0036167	5.5018083	0.51	0.6081
Recubrimiento*Día	2	21.4248500	10.7124250	0.99	0.3866
Empaque*Recubrim*Día	2	107.8264056	53.9132028	4.98	0.0155*

*=Interacción significativa

Anexo 7. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor a*.

Source. Valor a*	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	9.90151111	9.90151111	4.23	0.0508
Recubrimiento	1	52.36934444	52.36934444	22.36	<.0001*
Día	2	72.78295556	36.39147778	15.54	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	6.11737778	6.11737778	2.61	0.1191
Empaque*Día	2	19.52535556	9.76267778	4.17	0.0279*
Recubrimiento*Día	2	24.29815556	12.14907778	5.19	0.0134*
Empaque*Recubrim*Día	2	40.60168889	20.30084444	8.67	0.0015*

*=Interacción significativa

Anexo 8. Interacción entre factores y sus probabilidades para el valor b*.

Source. Valor b*	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	4.95804444	4.95804444	8.63	0.0072*
Recubrimiento	1	0.09201111	0.09201111	0.16	0.6925
Día	2	22.39013889	11.19506944	19.49	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	1.39240000	1.39240000	2.42	0.1326
Empaque*Día	2	0.75560556	0.37780278	0.66	0.5272
Recubrimiento*Día	2	3.28610556	1.64305278	2.86	0.0769
Empaque*Recubrim*Día	2	5.41595000	2.70797500	4.71	0.0188*

*=Interacción significativa

Anexo 9. Interacción entre factores y sus probabilidades para Bacterias mesófilas aerobias.

Source. BMA	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	0.46466944	0.46466944	5.26	0.0308
Recubrimiento	1	0.04766944	0.04766944	0.54	0.4696
Día	2	6.66493889	3.33246944	37.74	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	0.05522500	0.05522500	0.63	0.4368
Empaque*Día	2	0.16350556	0.08175278	0.93	0.4099
Recubrimiento*Día	2	0.36560556	0.18280278	2.07	0.1481
Empaque*Recubrim*Día	2	0.84781667	0.42390833	4.80	0.0176*

*=Interacción significativa

Anexo 10. Interacción entre factores y sus probabilidades para Coliformes totales.

Source. CT	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	0.33446944	0.33446944	4.07	0.0549
Recubrimiento	1	0.18062500	0.18062500	2.20	0.1512
Día	2	36.99028889	18.49514444	225.10	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	0.12133611	0.12133611	1.48	0.2361
Empaque*Día	2	0.60335556	0.30167778	3.67	0.0406
Recubrimiento*Día	2	1.63886667	0.81943333	9.97	0.0007*
Empaque*Recubrim*Día	2	1.15362222	0.57681111	7.02	0.0040*

*=Interacción significativa

Anexo 11. Interacción entre factores y sus probabilidades para purga.

Source. Purga	DF	Type I SS	Mean Square	F Value	Pr > F
Empaque	1	2.28513611	2.28513611	89.44	<.0001*
Recubrimiento	1	77.93946944	77.93946944	3050.47	<.0001*
Día	2	18.74733889	9.37366944	366.88	<.0001*
Empaque*Recubrimient	1	0.49702500	0.49702500	19.45	0.0002*
Empaque*Día	2	0.39000556	0.19500278	7.63	0.0027*
Recubrimiento*Día	2	6.38590556	3.19295278	124.97	<.0001*
Empaque*Recubrim*Día	2	0.50501667	0.25250833	9.88	0.0007*

*=Interacción significativa