

Evaluación de las propiedades antimicrobianas de lactato de sodio y quitosano en carne de cerdo, molida y en trozos

**Fernando José Cantarero Rivera
Juan Carlos Campos González**

**Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano
Honduras**

Noviembre, 2017

ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA ALIMENTARIA

Evaluación de las propiedades antimicrobianas de lactato de sodio y quitosano en carne de cerdo, molida y en trozos

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

Presentado por

Fernando José Cantarero Rivera
Juan Carlos Campos González

Zamorano, Honduras
Noviembre, 2017

Evaluación de las propiedades antimicrobianas de lactato de sodio y quitosano en carne de cerdo molida y en trozos

Fernando José Cantarero Rivera
Juan Carlos Campos González

Resumen. La carne de cerdo es susceptible al deterioro microbiano por su alto contenido de nutrientes, alta actividad de agua (A_w), pH ligeramente ácido y más cuando es molida por aumento del área superficial. El objetivo del estudio fue comparar el efecto de β -quitosano y lactato de sodio sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de carne de cerdo, molida y en trozos almacenadas durante cuatro días a 4 °C. Se usó un diseño experimental de Bloques Completos al Azar (BCA) con arreglo factorial 2×3 donde los factores son el tipo de carne (trozos y molida) y los antimicrobianos aplicados (lactato, quitosano y control) con medidas repetidas en el tiempo al día 0, 2 y 4. Se usó una prueba sensorial discriminatoria ABX donde se determinó que los tratamientos antimicrobianos fueron iguales al control. La carne en trozos con quitosano mostró un recuento de coliformes menor a la carne molida con quitosano ($P < 0.05$). La carne en trozo con quitosano obtuvo menor conteo de mesófilos aerobios que el trozo control ($P < 0.05$). El único cambio en color (ΔE^*) perceptible fue en carne en trozos tratada con lactato de sodio al día cuatro. Existió una pérdida de peso mayor en carnes tratadas con quitosano y lactato de sodio. La aplicación de β -quitosano y lactato de sodio afectó el pH, la purga, el color y los conteos de microorganismos en carne de cerdo. Se recomienda realizar estudios sobre microorganismos específicos como *Pseudomonas* y *Salmonella*.

Palabras clave: ABX, mejoramiento, purga.

Abstract. Pork meat is highly susceptible to microbial spoilage due to its nutritional content, high water activity (A_w), slight acidity, and increased at grinding since it exposes more surface area. The study's goal was to compare the effect of β -chitosan and sodium lactate on ground and chopped pork meat's physicochemical and microbiological properties when stored for four days at 4 °C. The experimental design was a Randomized Complete Block with factorial arrangement 2×3, where the factors were the type of meat (ground and chopped) and antimicrobial agents (sodium lactate, chitosan, and control) with repeated measures in time at days 0, 2, and 4. A sensory discriminatory test ABX was used where no differences were found among treatments. Chopped pork meat with chitosan had a lower coliform count than ground meat treated with chitosan ($P < 0.05$). Chopped pork meat with chitosan had a lower mesophilic aerobic bacteria count than untreated chopped pork meat ($P < 0.05$). Only chopped meat treated with sodium lactate presented a perceptible color difference (ΔE^*) at day four. Meat treated with sodium lactate or chitosan presented higher drip loss than untreated samples. Application of chitosan and sodium lactate affected pH, drip loss, color, and coliform counts but had no effect over mesophilic aerobic bacteria. A longer period for evaluation and effect on specific microorganisms such as *Pseudomonas* and *Salmonella* should be considered.

Key words: ABX, improvement, drip loss.

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.....	6
4. CONCLUSIONES	14
5. RECOMENDACIONES	15
6. LITERATURA CITADA.....	16
7. ANEXOS	20

ÍNDICE DE CUADROS, FIGURAS Y ANEXOS

Cuadros	Página
1. Descripción de los tratamientos.....	4
2. Valor medio de conteos de Coliformes (Log UFC/g) en los tratamientos de carne de cerdo.....	6
3. Valor medio de conteos de Bacterias Mesófilas Aerobias (Log UFC/g) en los tratamientos de carne de cerdo.....	8
4. Valores promedios de pH en los tratamientos de carne de cerdo.....	9
5. Valores promedios de L* en los tratamientos de carne de cerdo	10
6. Valores promedios de a* en los tratamientos de carne de cerdo.....	10
7. Valores promedios de b* en los tratamientos de carne de cerdo.....	11
8. Valores promedios de la diferencia de color (ΔE^*) entre los antimicrobianos y el control en carne de cerdo.....	12
9. Resultados de ángulo de tono (Hue Angle) en los tratamientos de carne de cerdo	12
10. Valores promedio de purga en los tratamientos de carne de cerdo a los 4 días después de empacado.	13
11. Prueba Chi-Cuadrado para análisis sensorial de carne de cerdo.	13
Figuras	Página
1. Valor medio de recuento de coliformes totales al día cuatro, en los tratamientos de carne de cerdo.	7
2. Valor medio de recuento de bacterias mesófilas aerobias al día cuatro, en los tratamientos de carne de cerdo.....	8
Anexos	Página
1. Resumen de análisis estadístico para microorganismos evaluados.....	20
2. Resumen de análisis estadístico para parámetros fisicoquímicos	21

1. INTRODUCCIÓN

Los productos cárnicos son susceptibles al deterioro microbiano debido a su alto contenido de nutrientes, alta actividad de agua y pH ligeramente ácido. Consecuentemente, los productos cárnicos procesados y listos para consumir se someten a tratamientos térmicos, fermentaciones ácidas y son empacados al vacío para contrarrestar la presencia de los microorganismos deterioradores (Gutiérrez y Dueñas 2012). En la carne fresca, los tejidos internos no presentan contaminación microbiana. Toda la contaminación se atribuye al contacto con las partes externas del mismo animal, el medio ambiente de la cosecha, el lugar de desposte y la manipulación en el proceso de empaque (Ruiz 2005).

La carne de cerdo es la más consumida en el mundo, y es una fuente importante de enfermedades transmitidas por alimentos (ETA). Es por esto que existen medidas de control a lo largo de la cadena porcina, la carne fresca de cerdo es uno de los principales vehículos para este tipo de microorganismos, y la importancia de carne de cerdo como ingrediente de otros productos cárnicos (Carrascal 2014).

Las bacterias mesófilas aerobias son importantes en carne ya que son indicadoras de la higiene del proceso post cosecha de la canal. En concentraciones de 10^6 UFC/g ya son considerados deterioradores de calidad (Camacho *et al.* 2009). La temperatura óptima de crecimiento es de 37 °C y su población en el alimento no tiene una relación directa con presencia de patógenos, pero sí para determinar la higiene y calidad (Hayes 1993).

Los coliformes totales son otro grupo de bacterias de gran interés en la industria cárnica por ser un grupo que indica deficiencias en las prácticas sanitarias durante el proceso. Son un grupo heterogéneo con hábitat intestinal, primordialmente. Bacterias dentro de este grupo son Gram negativas, aerobios o anaerobios facultativos, no esporulados, con temperaturas óptimas de crecimiento de 35 °C (Camacho *et al.* 2009).

El lactato de sodio ($\text{NaC}_3\text{H}_5\text{O}_3$) o 2-hidroxipropionato de sodio, es un antimicrobiano usado comúnmente en la industria de carnes en especial en productos listos para consumir para mantener una carga microbiana baja y así alargar la vida útil de este tipo de productos (Pérez *et al.* 2015). El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos USDA y la Administración de Alimentos y Medicamentos FDA (por sus siglas en inglés) regulan el uso de este en un rango de 1 – 4% de la formulación final del producto dependiendo el tipo de producto elaborado (Houtsma 1996). Su principal aplicación en la planta de cárnicos de Zamorano es para el control de *Listeria monocytogenes*. El mecanismo de acción del lactato de sodio es que su forma asociada atraviesa la membrana de la bacteria y luego se disocia al entrar en un ambiente con un mayor pH. Esta disociación disminuye el pH afectando proteínas esenciales para la célula la cual gasta energía aumentando niveles de Na^+ y K^+ lo

que aumenta la presión interna haciendo que la célula eventualmente estalle (Ruiz 2005). Otro mecanismo de acción que fue propuesto anteriormente, la reducción de actividad de agua (A_w), es menos considerada debido a estudios donde se demuestra que, aunque el lactato sí reduce la actividad de agua, no ocasiona un efecto significativo sobre la población bacteriana existente (Papadopoulos *et al.* 1991, Shelef 1994).

El quitosano es un derivado de la quitina. La quitina se encuentra en su mayoría en los exoesqueletos de los artrópodos, en especial los crustáceos, y en la pared celular de algunos hongos (Arias y Valenzuela 2012). El quitosano es una cadena lineal de D-glucosamina y N-acetil-D-glucosamina unidos por enlaces β -(1,4) (Wu *et al.* 2016). Puede formar películas por sí solo por lo que su uso en empaques se ha estudiado en gran manera. También se ha estudiado por sus propiedades antimicrobianas y su capacidad de unirse con otros antimicrobianos como ácidos orgánicos, sales, aceites esenciales, lisozima y nisina (Bodbodak y Rafiee 2016). Las propiedades antimicrobianas del quitosano dependen de la fuente de la que se obtienen y de su método de extracción ya que tienen un efecto directo sobre características claves como el grado de desacetilación y peso molecular (Arias y Valenzuela 2012). Para que el quitosano tenga una mayor actividad antimicrobiana debe tener un menor peso molecular, el mayor grado de desacetilación posible ya que esto indica la cantidad de grupos amino que tendrá las cuales facilitan su actividad antimicrobiana y un menor pH (Soler 2016).

Al quitosano se le atribuyen tres mecanismos de acción que siguen siendo estudiados. Uno de los mecanismos se debe a los cationes de NH_2^+ que posee los cuales interactúan con los esfingolípidos cargados negativamente que se encuentra en la pared celular desestabilizándola y provocando lisis (Arias y Valenzuela 2012, Soler 2016). El segundo mecanismo descrito actúa como un quelante de metales traza. De esta forma evita que los microorganismos tengan esos nutrientes disponibles inhibiendo su actividad (Arias y Valenzuela 2012, Soler 2016). El último mecanismo de acción es en el que las moléculas de quitosano de bajo peso molecular infiltran el microorganismo interfiriendo con la transformación de ADN en ARNm por lo tanto evitando la síntesis de proteínas y enzimas (Arias y Valenzuela 2012, Soler 2016).

El lactato de sodio se ha usado hace años en la industria cárnica, sin embargo, su aplicación se limita únicamente a carne lista para consumir. El uso de quitosano como un agente antimicrobiano ha incrementado y cada vez se está estudiando a mayor profundidad para poder determinar la amplitud de sus usos y aplicaciones las cuales podrían beneficiar la industria cárnica. Por lo tanto, el estudio tiene como objetivos:

- Comparar el efecto bacteriostático de lactato de sodio y quitosano contra coliformes totales y aerobios mesófilos en carne de cerdo molida y en trozos.
- Determinar el efecto de lactato de sodio y quitosano sobre el color, pH y purga en carne de cerdo molida y en trozos.
- Determinar el efecto de lactato de sodio y quitosano sobre la percepción del consumidor sobre carne de cerdo molida y en trozos.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Ubicación del estudio.

Se llevó a cabo en las instalaciones del Laboratorio de Microbiología de Alimentos Zamorano (LMAZ), el Laboratorio de Análisis de Alimentos Zamorano (LAAZ) y en la Planta de Cárnicos de la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) Zamorano ubicada en el Valle de Yeguaré, km 30 al este de Tegucigalpa, carretera a Danlí, departamento de Francisco Morazán, Honduras.

Preparación de soluciones antimicrobianas.

El lactato de sodio utilizado en la planta de cárnicos de Zamorano está a una concentración inicial de 60% la cual se redujo a 1.5% al diluir 5 ml de lactato en 195 ml de agua filtrada. La solución de quitosano se preparó diluyendo 3 g de quitosano en polvo con un 87% de desacetilación en 197 ml de agua filtrada.

Preparación de muestras de carne.

Se pesaron seis libras equivalentes a 2.72 kg de carne de cerdo para asar, tomadas de las paletas de los cerdos despostados ese día. Éstas se molieron en un molino mezclador Hobart dos veces para asegurar un buen molido. Se prepararon nueve bolsas con media libra (227 g) de carne molida cada una y nueve bolsas con media libra (227 g) de carne en trozos cada una, a las que se les aplicaron los tratamientos. Las soluciones de quitosano y ácido láctico se aplicaron en dosis de 30 ml y la carne tratada fue masajeada manualmente por tres minutos para asegurar una aplicación homogénea. Toda la carne se empacó en bandejas de poliestireno con una almohadilla absorbente y envueltas en film de cloruro de polivinilo. Se almacenaron las bandejas en el cuarto frío de materia prima a 4 °C. A los días 0, 2 y 4 se retiraron las bandejas para los análisis microbiológicos y fisicoquímicos.

Análisis microbiológico.

Las bandejas con carne fueron transportadas de la planta de cárnicos al LMAZ en una nevera con hielo, donde se analizó el contenido de bacterias mesófilas aerobias (BMA) y coliformes totales en cada muestra. Se pesaron 10 g representativos de cada muestra de carne y se les agregó 90 ml de buffer fosfato y se homogenizó la muestra usando un stomacher Masticator 9000. La muestra homogenizada se sembró por método de vaciado en placa en dos platos; a un plato se le agregó agar cuenta estándar (ACE) y al otro agar bilis rojo violeta (ABRV). Se prepararon diluciones hasta 10^{-3} para las muestras del día cero. Para el día 2 y 4 se diluyó hasta 10^{-4} y 10^{-5} , respectivamente, para BMA únicamente

y se sembraron de la misma forma. Una vez solidificado el agar, se incubaron los platos a 35 °C por 24 y 48 horas para el conteo de coliformes y BMA, respectivamente.

Análisis fisicoquímicos.

Las bandejas con carne se llevaron en una nevera con hielo al LAAZ para evaluar pH y color. La medición de color se hizo por triplicado para cada unidad experimental, utilizando el colorímetro Color Flex Hunter L*a*b*, según el método AN 1018.00 (Hunter lab 2008). Los valores fueron reportados como L*, a*, b* donde: L* = 0 es negro y 100 es blanco, a* = negativo es verde y positivo rojo, b* = negativo es azul y positivo amarillo (Chuchuca *et al.* 2012). También se evaluó la diferencia en color (ΔE) de la carne tratada con el control usando la siguiente ecuación (Hunter Associates Laboratory 2016; Mendoza 2014; Velasco *et al.* 2017).

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}} \quad [1]$$

La medición de pH. Se realizó por triplicado para cada unidad experimental usando el método oficial de la AOAC 981.12 utilizando el potenciómetro Thermo Scientific Orion Star.

Diseño experimental.

Para este estudio se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (BCA) con un arreglo factorial 2×3, carne de cerdo molida y en trozos tratada con lactato de sodio, quitosano o sin tratar, y medidas repetidas en el tiempo en los días 0, 2 y 4 (Cuadro 1) usando de base el hecho que la carne molida y en trozos en refrigeración tienen una vida de 1 a 2 y de 3 a 5 días, respectivamente (USDA 2010).

Cuadro 1. Descripción de los tratamientos

Factor 1: Tipo de carne	Factor 2: Antimicrobiano
Trozo	Control
Trozo	Lactato de sodio
Trozo	Quitosano
Molida	Control
Molida	Lactato de Sodio
Molida	Quitosano

Análisis estadísticos.

Se realizó un análisis estadístico de los datos por medio de un análisis de varianza (ANDEVA), para determinar si hubo diferencia significativa; posteriormente se realizó una separación de medias utilizando las medias ajustadas del cuadrado menor con una probabilidad de 5%, para determinar cuál de los tratamientos fue el mejor. Para el análisis sensorial se hizo una prueba de medias LSD. Todos los análisis se realizaron en el programa estadístico “Statistical Analytical System” (SAS®).

Análisis sensorial.

Se cocinó la carne de cerdo en trozo en una plancha, sin agregar ningún ingrediente. Se hizo un análisis discriminatorio de tipo ABX. El análisis sensorial se realizó con estudiantes de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano de forma aleatoria para determinar si lograban identificar diferencias entre los tratamientos basándose únicamente en el sabor de las muestras.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de coliformes totales.

Los resultados microbiológicos de coliformes totales no presentaron cambios significativos entre tratamientos dentro del día 0 y el día 2, pero sí se encontraron cambios significativos en el día 4. El tratamiento de carne en trozo con quitosano presentó una carga de coliformes estadísticamente menor que los tratamientos con carne molida y la carne en trozo control (Cuadro 2). Los conteos microbiológicos están dentro del límite permitido por el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria de Honduras (SENASA). Según el reglamento de inspección de carnes y productos cárnicos lo permitido para coliformes totales es de 5 Log UFC/g (SENASA 2000). El tratamiento de carne de cerdo en trozos tratada con quitosano mostró un conteo microbiológico de coliformes significativamente menor (Figura 1) Existen diferencias en la carne en trozos y no en la molida debido a que en la carne en trozos hay menor área superficial sobre la cual el quitosano actúa. El quitosano es eficaz en la inhibición del crecimiento de bacterias debido a que causa un cambio en la permeabilidad celular gracias a las interacciones entre las moléculas de quitosano con carga positiva y las membranas de las células microbianas con carga negativa. (No *et al.* 2007).

Cuadro 2. Valor medio de conteos de Coliformes (Log UFC/g) en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día ^g		
		Media ± DE		
		0	2	4
Trozo	Control	2.60 ± 0.50 ^a	2.85 ± 0.46 ^a	3.10 ± 0.72 ^a
Trozo	Lactato	2.31 ± 0.17 ^a	2.76 ± 0.71 ^a	2.51 ± 0.59 ^{ab}
Trozo	Quitosano	2.35 ± 0.36 ^a	2.16 ± 1.02 ^a	1.82 ± 1.16 ^b
Molida	Control	2.58 ± 0.19 ^a	2.84 ± 0.40 ^a	3.48 ± 0.64 ^a
Molida	Lactato	2.57 ± 0.08 ^a	2.46 ± 0.37 ^a	3.45 ± 0.60 ^a
Molida	Quitosano	2.36 ± 0.14 ^a	2.16 ± 0.42 ^a	3.17 ± 0.53 ^a
CV (%)		11.28	26.10	25.33

^g No existieron diferencias estadísticas en el tiempo.

^{a-b} Las medias con diferentes letras, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Se obtuvieron diferencias significativas en los tratamientos de carne en trozo, debido al efecto del antimicrobiano en menor área superficial, comparado con la carne molida. Al detectar presencia de coliformes totales en todos los tratamientos, se determinó que existe contaminación en la carne de cerdo al cosechar y al despostar el animal, lo que causa la carga inicial en la carne, mayor a 2.31 Log UFC/g.

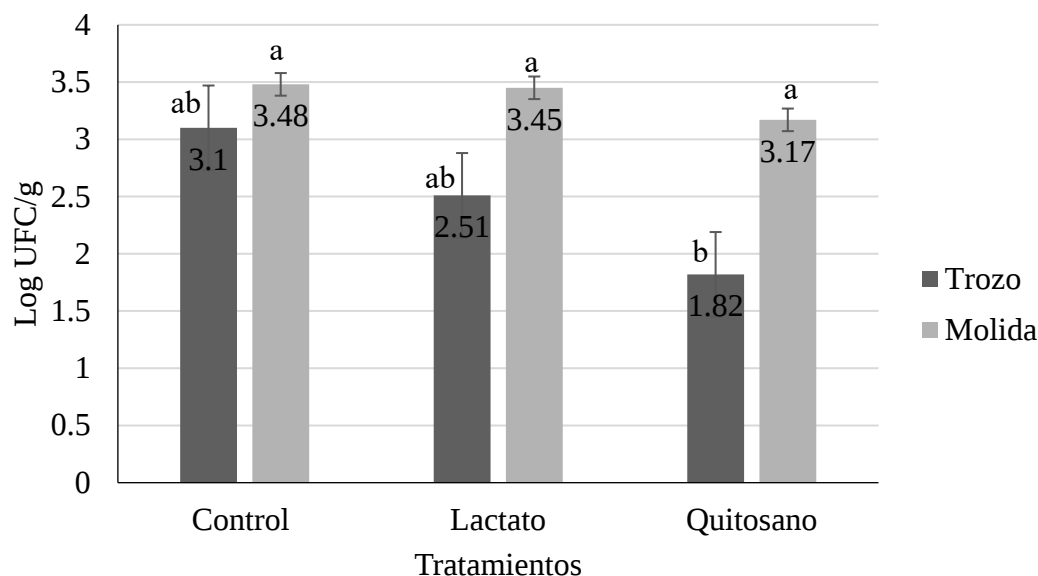


Figura 1. Valor medio de recuento de coliformes totales al día cuatro, en los tratamientos de carne de cerdo.

Análisis de mesófilos aerobios.

El reglamento de inspección de carnes y productos cárnicos indica que el rango permitido para bacterias mesófilas aerobias en carne esta entre 6-7 log UFC/g para ser aptos para el consumo humano (SENASA 2000). En el Cuadro 3 se observa que los conteos al día 0 fueron altos, mayores a 4.42 Log UFC/g. No se encontró diferencia estadística entre tratamientos en los conteos del día 0 y 2. Sin embargo, hubo diferencias significativas en el día 4, el tratamiento de trozo quitosano mostró diferencia estadística con la carne trozo control (Figura 2), además el día 4 tuvo conteos mayores comparado con el día 0 y 2. Lo que muestra un crecimiento de bacterias mesófilas en este rango de tiempo. Esto indica que el tiempo afectó directamente el crecimiento y conteo de microorganismos (Faría *et al.* 2001). Todos los tratamientos están dentro de los límites establecidos. El quitosano se aplicó en una solución neutra (pH 7), y según Devlieghere *et al.* (2005), el crecimiento microbiano se inhibe completamente al utilizarlo en una solución ácida (pH 4).

Los tratamientos con lactato de sodio presentaron datos estadísticamente iguales a los controles. El lactato de sodio es una sal que actúa como ácido no disociado, que pasa a través de la membrana microbiana para acidificar el interior celular, y como resultado el pH intracelular y el metabolismo celular pueden declinar rápidamente por organelos

desnaturalizadas, y puede ocurrir muerte celular (Bradley *et al.* 2011, Carpenter y Broadbent 2009).

Cuadro 3 Valor medio de conteos de Bacterias Mesófilas Aerobias (Log UFC/g) en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	4.65 $\pm$ 0.19 ^{B a}	4.95 $\pm$ 0.10 ^{B a}	5.85 $\pm$ 0.12 ^{A a}
Trozo	Lactato	4.65 $\pm$ 0.07 ^{B a}	4.85 $\pm$ 0.24 ^{B a}	5.74 $\pm$ 0.64 ^{A ab}
Trozo	Quitosano	4.42 $\pm$ 0.23 ^{B a}	4.53 $\pm$ 0.54 ^{B a}	5.37 $\pm$ 0.20 ^{A b}
Molida	Control	4.83 $\pm$ 0.07 ^{B a}	4.95 $\pm$ 0.21 ^{B a}	5.76 $\pm$ 0.44 ^{A ab}
Molida	Lactato	4.66 $\pm$ 0.29 ^{B a}	4.88 $\pm$ 0.24 ^{B a}	5.55 $\pm$ 0.43 ^{A ab}
Molida	Quitosano	4.69 $\pm$ 0.12 ^{B a}	4.70 $\pm$ 0.29 ^{B a}	5.56 $\pm$ 0.27 ^{A ab}
CV (%)		3.87	6.26	6.92

^{A-B} Las medias con diferente letra mayúscula, en la misma fila, indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

^{a-b} Las medias con diferentes letras minúsculas, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

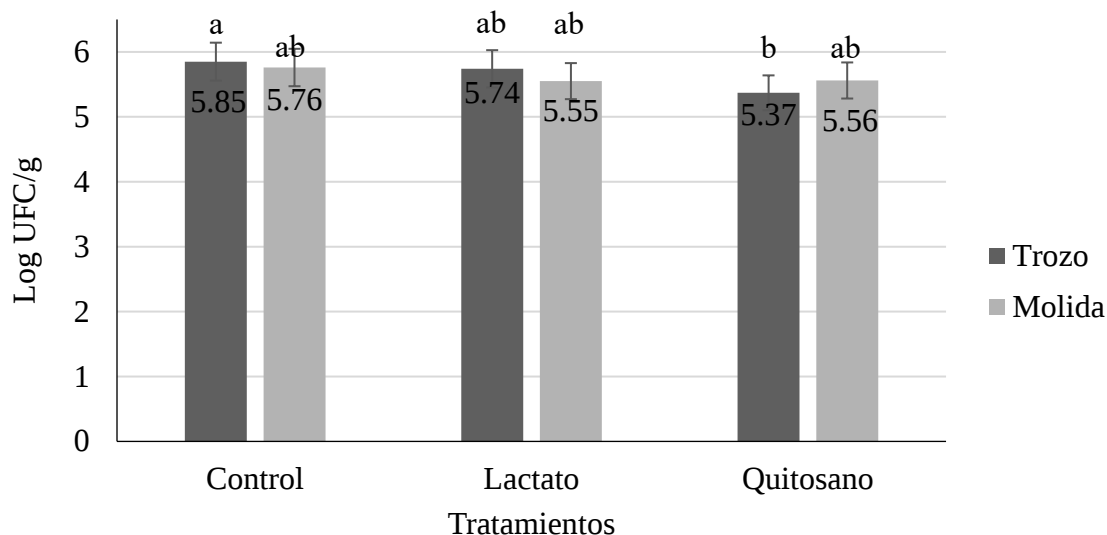


Figura 2. Valor medio de recuento de bacterias mesófilas aerobias al día cuatro, en los tratamientos de carne de cerdo.

Análisis de pH.

La carne de cerdo antes de la cosecha tiene un pH de 7.0 (Aberle 2012), Después de la cosecha empieza un proceso químico en el que el glucógeno presente en los músculos se

transforma en ácido láctico y provoca una disminución del pH de la carne. La carne de cerdo alcanza valores de 5.4 a 5.8 entre las 8 a 10 horas después del sacrificio, que son los valores más ácidos que se alcanzan. Mientras más alejada este en pH del punto isoeléctrico (4.6 pH), la carne es mejor debido a que tiene mayor capacidad de retención de agua (CRA). En el Cuadro 4 se muestra que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos ($p < 0.05$) en los días 0 y 4, y en el día 2 el tratamiento de carne en trozo control mostro el pH más bajo debido a que no hubo ningún antimicrobiano afectando el pH inicial. En el caso de los tratamientos control y con quitosano, no mostraron diferencias estadísticas en pH al pasar los días ($p < 0.05$), pero el lactato de sodio sí mostró un incremento de pH al día 4, tanto en carne en trozo como en carne molida. Esto era esperado ya que el lactato de sodio fue masajeado y causó una neutralización del ácido láctico provocando un aumento en pH reflejado con el paso del tiempo (Reddy *et al.* 2007).

Cuadro 4. Valores promedios de pH en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	6.22 $\pm$ 0.07 ^{A a}	6.22 $\pm$ 0.10 ^{A b}	6.45 $\pm$ 0.31 ^{A a}
Trozo	Lactato	6.28 $\pm$ 0.17 ^{B a}	6.26 $\pm$ 0.20 ^{B ab}	6.56 $\pm$ 0.25 ^{A a}
Trozo	Quitosano	6.42 $\pm$ 0.25 ^{A a}	6.48 $\pm$ 0.23 ^{A a}	6.58 $\pm$ 0.19 ^{A a}
Molida	Control	6.36 $\pm$ 0.07 ^{A a}	6.35 $\pm$ 0.05 ^{A ab}	6.60 $\pm$ 0.13 ^{A a}
Molida	Lactato	6.35 $\pm$ 0.05 ^{B a}	6.41 $\pm$ 0.05 ^{AB ab}	6.63 $\pm$ 0.25 ^{A a}
Molida	Quitosano	6.40 $\pm$ 0.04 ^{A a}	6.52 $\pm$ 0.11 ^{A a}	6.65 $\pm$ 0.07 ^{A a}
CV (%)		2.08	2.18	3.25

^{A-B} Las medias con diferente letra mayúscula, en la misma fila, indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

^{a-b} Las medias con diferentes letras minúsculas, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

Análisis de Color.

La escala L* determina la luminosidad, es decir, que tan claro u oscuro es el color (AMSA 2012, Hunter Associates Laboratory 2016). No se notó una diferencia estadísticamente significativa en el tiempo para ninguno de los tratamientos. Sin embargo, la carne molida tiene valores significativamente mayores a los de la carne en trozos lo que indica un color más luminoso (Cuadro 5). Esto se debe a que, al moler la carne, se logra homogenizar el color combinando el color blanco de la grasa y los tejidos conectivos con el resto de la carne. Aparte, al ser molida, hay más área superficial expuesta al contacto con el oxígeno lo que permite que la mioglobina se oxide y genere un color rojo más intenso lo cual aumenta la luminosidad o intensidad (AMSA 2012). Un menor tamaño de partícula en carne de cerdo aumenta los valores L* (Gloor y Burgos 2013).

Cuadro 5. Valores promedios de L* en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día ^g		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	42.13 $\pm$ 5.70 ^b	40.39 $\pm$ 2.45 ^b	41.97 $\pm$ 1.74 ^b
Trozo	Lactato	42.65 $\pm$ 0.74 ^b	40.73 $\pm$ 2.86 ^b	46.75 $\pm$ 4.66 ^{ab}
Trozo	Quitosano	42.49 $\pm$ 2.61 ^b	40.75 $\pm$ 3.62 ^b	42.77 $\pm$ 3.88 ^b
Molida	Control	49.11 $\pm$ 0.23 ^a	49.56 $\pm$ 2.22 ^a	48.00 $\pm$ 1.48 ^a
Molida	Lactato	49.03 $\pm$ 1.77 ^a	49.09 $\pm$ 1.92 ^a	49.83 $\pm$ 1.30 ^a
Molida	Quitosano	50.67 $\pm$ 1.10 ^a	48.24 $\pm$ 3.77 ^a	49.06 $\pm$ 0.83 ^a
CV		5.89	6.45	5.86

^g No existieron diferencias estadísticas en el tiempo.

^{a-b} Las medias con diferentes letras, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

La escala a* establece que tan verde o rojo es el color dependiendo si los valores son negativos o positivos, respectivamente (AMSA 2012, Hunter Associates Laboratory 2016). Éste sería el factor de mayor importancia para la carne ya que la mioglobina al oxidarse y convertirse en oximioglobina otorga un color rojo intenso (Faustman *et al.* 2010). No existe una diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en los días 0 y 2, no obstante, en el día 4 se observó que las carnes con quitosano y lactato tienen valores significativamente menores a los del control (Cuadro 6), debido a que los antimicrobianos ocasionan una mayor purga en esta carne y al tener una mayor purga los valores a* disminuyen (Gloor y Burgos 2013).

Cuadro 6. Valores promedios de a* en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	8.62 $\pm$ 3.09 ^{B a}	11.87 $\pm$ 2.40 ^{AB a}	12.82 $\pm$ 0.12 ^{A a}
Trozo	Lactato	9.33 $\pm$ 1.76 ^{A a}	9.26 $\pm$ 2.20 ^{A a}	9.96 $\pm$ 2.41 ^{A c}
Trozo	Quitosano	10.75 $\pm$ 3.17 ^{A a}	9.60 $\pm$ 0.68 ^{A a}	9.48 $\pm$ 1.25 ^{A c}
Molida	Control	8.35 $\pm$ 5.75 ^{B a}	11.15 $\pm$ 2.08 ^{AB a}	12.32 $\pm$ 0.38 ^{A ab}
Molida	Lactato	10.69 $\pm$ 1.72 ^{A a}	10.45 $\pm$ 1.10 ^{A a}	10.65 $\pm$ 0.63 ^{A bc}
Molida	Quitosano	9.43 $\pm$ 1.64 ^{A a}	10.68 $\pm$ 0.05 ^{A a}	9.91 $\pm$ 0.63 ^{A c}
CV (%)		33.57	15.83	7.03

^{A-B} Las medias con diferente letra mayúscula, en la misma fila, indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$).

^{a-b} Las medias con diferentes letras minúsculas, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

La escala b* define que tan azul o amarillo es el color dependiendo si los valores son negativos o positivos, respectivamente (AMSA 2012, Hunter Associates Laboratory 2016). Existen diferencias significativas entre tipo de carne para control y lactato al día 0 y para lactato y quitosano para los días 2 y 4 (Cuadro 7). Esto es debido a que un menor tamaño de partícula aumenta el valor b* obtenido (Gloor y Burgos 2013). También se encuentran diferencias significativas en el tiempo para la carne en trozos tratada con lactato y el control. Esto se debe a que los valores b* aumentan en el tiempo (Gloor y Burgos 2013). Sin embargo, los valores obtenidos no son los más deseables debido a que los valores b* que la industria busca radican entre 7.55 y 8.50 (Poto *et al.* 2005)

Cuadro 7. Valores promedios de b* en los tratamientos de carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	11.98 $\pm$ 1.78 ^{B c}	13.94 $\pm$ 1.70 ^{AB ab}	15.89 $\pm$ 0.50 ^{A ab}
Trozo	Lactato	12.07 $\pm$ 0.99 ^{B c}	11.53 $\pm$ 2.68 ^{B b}	14.67 $\pm$ 1.04 ^{A b}
Trozo	Quitosano	13.38 $\pm$ 1.81 ^{A bc}	11.37 $\pm$ 2.67 ^{A b}	12.62 $\pm$ 2.19 ^{A c}
Molida	Control	16.23 $\pm$ 0.63 ^{A a}	16.59 $\pm$ 1.27 ^{A a}	17.00 $\pm$ 0.68 ^{A a}
Molida	Lactato	15.53 $\pm$ 1.76 ^{A ab}	16.34 $\pm$ 1.06 ^{A a}	16.69 $\pm$ 0.56 ^{A a}
Molida	Quitosano	15.47 $\pm$ 0.57 ^{A ab}	14.45 $\pm$ 1.76 ^{A a}	15.71 $\pm$ 0.43 ^{A ab}
CV (%)		9.68	13.62	7.03

^{A-B} Las medias con diferente letra mayúscula, en la misma fila, indican diferencias significativas en el tiempo (P<0.05).

^{a-b} Las medias con diferentes letras minúsculas, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos (P<0.05).

DE: Desviación estándar.

CV: Coeficiente de variación.

La diferencia en color (ΔE^*) se utiliza como una prueba de un único valor para determinar si se produjo un cambio perceptible o no en el tiempo (AMSA 2012). Se considera que un cambio perceptible para los consumidores es de un valor entre 5 y 6 (Velasco *et al.* 2017). El único tratamiento con un cambio en color perceptible es la carne en trozos tratada con lactato de sodio al día cuatro. Los tratamientos de carne molida no presentan cambios perceptibles probablemente debido a la homogenización que existe al moler (Cuadro 8). Muy probablemente los antimicrobianos estén realizando un efecto capa que no permite la oxidación de la mioglobina con la misma facilidad que las muestras control.

Cuadro 8. Valores promedios de la diferencia de color (ΔE^*) entre los antimicrobianos y el control en carne de cerdo.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media		
		0	2	4
Trozo	Control	0.00	0.00	0.00
Trozo	Lactato	0.88	3.57	5.70
Trozo	Quitosano	2.57	3.45	4.74
Molida	Control	0.00	0.00	0.00
Molida	Lactato	2.44	0.88	2.50
Molida	Quitosano	2.04	2.56	2.93

El ángulo del tono ayuda a representar cambios en coloración en el tiempo. Valores mayores indican la presencia de metmioglobina que tiene una coloración café (AMSA 2012). Se observó que los valores para las muestras control aumentaban indicando un aumento en metmioglobina (Cuadro 9). Por otro lado, las muestras tratadas con los antimicrobianos obtuvieron valores más bajos en el transcurso del tiempo. En un estudio de la aplicación de ácido láctico sobre canales de cerdo no se encontraron diferencias significativas entre la carne tratada y el control a diferencia del estudio realizado donde se encontró que el lactato de sodio tenía valores menores que el control (Grajales *et al.* 2012). La diferencia en la carne molida control contra las tratadas con los antimicrobianos se debe a que estos estabilizan el grupo hemo de la mioglobina al donar electrones y de esta forma evitan la formación de metmioglobina (Nam y Ahn 2003). Esto explica porque los valores para las carnes tratadas son menores a los controles.

Cuadro 9. Resultados de ángulo de tono (Hue Angle) en los tratamientos de carne de cerdo

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Día		
		Media $\pm$ DE		
		0	2	4
Trozo	Control	$0.61 \pm 0.18^{B\ ab}$	$0.70 \pm 0.03^{B\ a}$	$0.95 \pm 0.38^{A\ a}$
Trozo	Lactato	$0.65 \pm 0.04^{A\ ab}$	$0.67 \pm 0.03^{A\ a}$	$0.59 \pm 0.08^{A\ ab}$
Trozo	Quitosano	$0.67 \pm 0.06^{A\ ab}$	$0.71 \pm 0.09^{A\ a}$	$0.64 \pm 0.07^{A\ ab}$
Molida	Control	$0.45 \pm 0.24^{A\ b}$	$0.58 \pm 0.06^{A\ a}$	$0.90 \pm 0.41^{A\ a}$
Molida	Lactato	$0.88 \pm 0.41^{A\ ab}$	$0.56 \pm 0.04^{A\ a}$	$0.56 \pm 0.02^{A\ b}$
Molida	Quitosano	$0.54 \pm 0.05^{A\ ab}$	$0.57 \pm 0.04^{A\ a}$	$0.56 \pm 0.01^{A\ b}$
CV (%)		25.66	7.62	22.85

^{A-B} Las medias con diferente letra mayúscula, en la misma fila, indican diferencias significativas en el tiempo ($P < 0.05$). DE: Desviación estándar.

^{a-b} Las medias con diferentes letras minúsculas, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$). CV: Coeficiente de variación.

En los valores de purga existió diferencia estadística ($p < 0.05$) donde los tratamientos sin antimicrobiano presentaron un porcentaje (%) de purga menor al de los tratamientos de lactato y quitosano. La purga aumenta con el tiempo de almacenamiento de la carne debido a la acción proteolítica de catepsinas y calpaínas que liberan el agua del interior de las células cuando rompen su estructura (Roseiro *et al.* 1994). Los datos de purga de los tratamientos control a los 4 días (Cuadro 10), 2.08 y 2.20%, coinciden con las observaciones de Christensen (2003), y Algarañaz (2007) quienes afirman que al aplicar los antimicrobianos en soluciones de masajeo, se aumenta en 4% la purga de la carne en trozo y en 3% la purga de la carne molida.

Cuadro 10. Valores promedio de purga en los tratamientos de carne de cerdo a los 4 días después de empacado.

Tipo de Carne	Antimicrobiano	Purga $\pm$ DE (g)
Trozo	Control	4.73 ± 3.63^b
Trozo	Lactato	15.60 ± 5.96^a
Trozo	Quitosano	14.53 ± 0.70^a
Molida	Control	5.00 ± 2.01^b
Molida	Lactato	12.00 ± 0.61^a
Molida	Quitosano	12.80 ± 1.85^a
CV (%)		28.35

^{a-b} Las medias con diferentes letras, en la misma columna, indican diferencias significativas entre tratamientos ($P < 0.05$).

CV: Coeficiente de variación.

DE: Desviación estándar.

El análisis sensorial discriminatorio determinó ($P < 0.05$) que las personas encontraron la carne con lactato y quitosano igual al control y no encontraron diferencias significativas entre estos dos tratamientos antimicrobianos (Cuadro 11). Lo que demuestra que, panelistas no entrenados, encontraron que el lactato de sodio (38.89%) y el quitosano (40.00%) son iguales al control y no diferentes al control (21.11%).

Cuadro 11 Prueba Chi-Cuadrado para análisis sensorial de carne de cerdo.

Prueba Chi-cuadrado para proporciones iguales (33.33%)	
Chi-Cuadrado	6.06
Grados de libertad	2.00
Probabilidad	0.0482

4. CONCLUSIONES

- El uso de una solución de quitosano generó un efecto bacteriostático sobre coliformes totales y mesófilos aerobios en carne de cerdo en trozos.
- El uso de soluciones de lactato de sodio y quitosano, en carne de cerdo molida y en trozos afecta el pH, mantiene estable el color a través del tiempo y aumenta la purga.
- No hay diferencia en sabor perceptible por el consumidor entre los trozos de carne de cerdo tratados con lactato de sodio o quitosano y el control.

5. RECOMENDACIONES

- Alargar el periodo de evaluación del estudio hasta al menos una semana (7 días) para determinar la vida útil establecida para la carne de cerdo.
- Analizar el efecto de concentraciones más altas de los antimicrobianos.
- Evaluar el efecto del quitosano sobre microorganismos específicos como el *Pseudomonas* spp. que es el principal deteriorador de la carne, o sobre *Salmonella* que es el principal patógeno.

6. LITERATURA CITADA

Aberle ED. 2012. Principles of Meat Science. 5. ed. Dubuque: Kendall Hunt Publishing. XX, 395 p. ISBN: 9780757599958.

Algarañaz Schnorr LA. 2007. Predicción de la purga de carne de cerdo (*Sus scrofa domestica*) en bandeja basada en las características de la canal [Tesis]. Honduras: Zamorano. 33 p. [consultado 2017 may 20] <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/559/1/AGI-2007-T002.pdf>.

AMSA (American Meat Science Association). 2012. Meat color measurement guidelines. Champaign, Illinois: American Meat Science Association. [consultado 2017 sep 2]. <http://www.meatscience.org/docs/default-source/publications-resources/HotTopics/download-the-ebook-format-pdf-of-the-meat-color-measurement-guidelines.pdf?sfvrsn=0>.

AN Application Note 1018.00. Hunter lab. 2008. Using hitch standardization on a series of color measuring instruments. USA.

AOAC Official Methods of Analysis of AOAC International. 1995. 16th ed. Arlington, VA: AOAC International

Arias JI, Valenzuela C. 2012. Potenciales aplicaciones del quitosano en alimentos de origen animal. *Avances en Ciencias Veterinarias*. 27(1):33–47.

Bodbodak S, Rafiee Z. 2016. Recent trends in active packaging in fruits and vegetables. In: Siddiqui MW, editor. *Eco-friendly technology for postharvest produce quality*. Amsterdam: Academic Press. p. 77–125. [consultado 2017 may 28]. https://www.researchgate.net/profile/Samad_Bodbodak/publication/301345164_Recent_trends_in_active_packaging_in_fruits_and_vegetables/links/585edac108ae329d61f9b789/Recent-trends-in-active-packaging-in-fruits-and-vegetables.pdf.

Bradley EM, Williams JB, Schilling MW, Coggins PC, Crist C, Yoder S, Campano SG. 2011. Effects of sodium lactate and acetic acid derivatives on the quality and sensory characteristics of hot-boned pork sausage patties. *Meat Sci*. 88(1):145–150. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.12.015.

Camacho A, Giles M, Ortegón A, Palao M, Serrano B, Velásquez O. 2009. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. 2nd ed. México: UNAM. 9 p. [consultado 2017 jun 15] http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/TecnicBasic-Diluciones_6526.pdf.

Carpenter CE, Broadbent JR. 2009. External concentration of organic acid anions and pH: key independent variables for studying how organic acids inhibit growth of bacteria in mildly acidic foods. *Journal of Food Science*. 74(1):12-15. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2008.00994.x.

Carrascal Camacho AK. 2014. Patógenos alimentarios asociados al consumo de cerdo: Revisión del tema. Bogotá, Colombia: Pontificia Universidad Javeriana. [consultado 2017 jul 10] <https://asociados.porkcolombia.co/porcicultores/images/porcicultores/revistas/Porcicultores%20185/files/assets/downloads/page0030.pdf>.

Christensen LB. 2003. Drip loss sampling in porcine *m. longissimus dorsi*. *Meat Sci*. 63(4):469–477. doi: 10.1016/S0309-1740(02)00106-7.

Chuchuca Morán GW, Dick Zambrano AK, Peñafiel Ube JF. 2012. Implementación y validación de una metodología económica para la medición de color aplicada en alimentos [Tesis de Grado]. Guayaquil, Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. <https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/90012/D-79702.pdf>.

Devlieghere F, Vermeulen A, Debevere J. 2004. Chitosan: Antimicrobial activity, interactions with food components and applicability as a coating on fruit and vegetables. *Food Microbiology*. 21(6):703–714. doi:10.1016/j.fm.2004.02.008.

Faría Reyes JF, Valero Leal K, García Urdaneta AC, García Urdaneta A, Allara Cagnasso M. 2001. Efecto de temperatura y tiempo de almacenamiento sobre la calidad microbiológica de una bebida pasteurizada formulada a base de un concentrado de proteínas de lactosuero y harina de arroz. *Revista Científica FCV-LUZ*. 11(4):342–347. [consultado 2017 ago 22]. <http://www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/27530/2/articulo9.pdf>.

Faustman C, Sun Q, Mancini R, Suman SP. 2010. Myoglobin and lipid oxidation interactions: mechanistic bases and control. *Meat Sci*. 86(1):86–94. eng. doi:10.1016/j.meatsci.2010.04.025.

Gloor Silva GA, Burgos Hernandez MA. 2013. Efectos de parámetros de procesamiento y formulación en las características físico químicas, microbiológicas y sensoriales de carne de cerdo reestructurada con transglutaminasa [Tesis]. Honduras: Zamorano. 35 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1818/1/AGI-2013-042.pdf>.

Grajales Lagunes A, Rivera Bautista C, Ruiz Cabrera M, González García R, Ramírez Télles J, Abud Archila M. 2012. Effect of lactic acid on the meat quality properties and the taste of pork *Serratus ventralis* muscle. *Agricultural and Food Science*. 21:171–181.

Gutiérrez Saucedo P, Dueñas Paz OL. 2012. Evaluación de propiedades antimicrobianas de cuatro productos desinfectantes para superficies de contactos con productos cárnicos listos para consumir [Tesis]. Honduras: Zamorano. 77 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/1017/1/AGI-2012-T024.pdf>.

Hayes PR. 1993. Microbiología e higiene de los alimentos. Zaragoza: Acribia. 387 p. ISBN: 9788420007403.

Houtsma PC. 1996. The antimicrobial activity of sodium lactate [Ph. D. Thesis]. Wageningen: Selbstverl. X, 125. ISBN: 9090097686. [consultado 2017 jul 28] https://www.researchgate.net/publication/40183686_The_antimicrobial_activity_of_sodium_lactate.

Hunter Associates Laboratory. 2016. Color Theory – Hunterlab. [consultado 2017 ago 15] <https://support.hunterlab.com/hc/en-us/categories/201319586-Color-Theory>.

Mendoza JM. 2014. Efecto del recubrimiento beta quitosano, antioxidantes y antimicrobiano en la calidad y vida anaquel de cubos de camote (*Ipomoea batatas*) cocido [Tesis]. Honduras: Zamorano. 33 p.

Nam KC, Ahn DU. 2003. Effects of ascorbic acid and antioxidants on the color of irradiated ground beef. J Food Science. 68(5):1686–1690. Doi:10.1111/j.1365-2621.2003.tb12314.x.

No HK, Meyers SP, Prinyawiwatukul W, Xu Z. 2007. Applications of chitosan for improvement of quality and shelf life of foods: a review. Journal of Food Science. 72(5):87-100. eng. doi:10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x.

Papadopoulos LS, Miller RK, Acuff GR, Vanderzant C, Cross HR. 1991. Effect of sodium lactate on microbial and chemical composition of cooked beef during storage. Journal of Food Science. 56(2):341–347. doi:10.1111/j.1365-2621.1991.tb05276.x.

Perez Cantillo W, Acevedo Correa D, Tirado Armesto DF, Gallo García LA, Montero Castillo PM. 2015. Evaluación del lactato de sodio como sustituto de los nitritos convencionales en las salchichas del pez sable. TecnoL. 18(35):117. [consultado 2017 sep 20] <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v18n35/v18n35a11.pdf>.doi:10.22430/22565337.93.

Poto, A., López, G., Medina, P., González, J., Lobera, J.B., Martínez, M. y Peinado, B. 2005. The best way to recover the pig breed chato murciano is improving the meat quality of other breeds. Murcia:España. Centro de investigación y desarrollo agroalimentario. [consultado 2017 ago 27]. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20013009130>

Reddy Velugoti P, Rajagopal L, Juneja V, Thippareddi H. 2007. Use of calcium, potassium, and sodium lactates to control germination and outgrowth of *Clostridium perfringens* spores during chilling of injected pork. Food Microbiology. 24(7-8):687–694. eng. doi:10.1016/j.fm.2007.04.004.

Roseiro LC, Santos C, Melo RS. 1994. Muscle pH60, colour (L, a, b) and water-holding capacity and the influence of post-mortem meat temperature. Meat Sci. 38(2):353–359. doi:10.1016/0309-1740(94)90124-4.

Ruiz AY. 2005. Evaluación de las propiedades antimicrobianas de PronTech® (alquil dimetil bencil amonio clorado) y ácido láctico en canales y carne fresca de res y cerdo [Tesis]. Honduras: Zamorano. 57 p. <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/5367/1/AGI-2005-T031.pdf>.

SENASA. 2000. Reglamento de inspección de carnes y productos cárnicos. Tegucigalpa, FM, Honduras: SENASA. 49 p. [consultado 2017 jul 30] <https://honduraseregulations.org/media/Acuerdo%20078-00.pdf>.

Shelef LA. 1994. Antimicrobial effects of lactates: a review. *Journal of Food Protection*. 57(5):445–450. doi:10.4315/0362-028X-57.5.445.

Soler J. 2016. Films activos de quitosano para la conservación de carne. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia [Tesis]. 37 p. [consultado 2017 ago 29] <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/70361/SOLER%20%20Films%20activos%20de%20quitosano%20para%20la%20conservaci%C3%B3n%20de%20carne.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

USDA. 2010. La refrigeración y la inocuidad de los alimentos. USA. 6 p. [consultado 2017 ago 18] https://www.fsis.usda.gov/wps/wcm/connect/2b1dccf9-df27-4290-b6b8-01133b8c2d28/Refrigeration___Food_Safety_SP.pdf?MOD=AJPERES.

Velasco V, Bravo P, Williams P, Campos J, Astudillo R, Melín P. 2017. Estabilidad durante el almacenamiento de carne de pollos alimentados con orégano seco (*Origanum vulgare* L.) en la dieta. *Chil. J. Agric. Anim. Sci.* 33(1):28–38. doi:10.4067/S0719-38902017005000104.

Wu C, Fu S, Xiang Y, Yuan C, Hu Y, Chen S, Liu D, Ye X. 2016. Effect of chitosan gallate coating on the quality maintenance of refrigerated (4 °C) silver pomfret (*Pampus argentus*). *Food Bioprocess Technology*. (9):1835–1843. doi:10.1007/s11947-016-1771-5.

7. ANEXOS

Anexo 1. Resumen de análisis estadístico para microorganismos evaluados

Parámetro Evaluado	Probabilidad Modelo	Fracción	Valor F	Probabilidad	R ²	CV (%)
Coliformes Totales	0.1308	Antimicrobianos	3.57	0.0391	0.46	22.527
		Repetición	1.09	0.346	0.46	22.527
		Tipo de Carne	3.88	0.057	0.46	22.527
		Tiempo	2.84	0.072	0.46	22.527
		Tipo de carne*Antimicrobianos	0.56	0.575	0.46	22.527
		Antimicrobianos*Tiempo	0.57	0.5792	0.46	22.527
		*Tipo de Carne				
BMAs	<0.0001	Antimicrobianos	5.72	0.0072	0.8436	5.14
		Repetición	7.96	0.0018	0.8436	5.14
		Tipo de Carne	0.78	0.3837	0.8436	5.14
		Tiempo	35.43	<0.0001	0.8436	5.14
		Tipo de carne*Antimicrobianos	1.21	0.311	0.8436	5.14
		Antimicrobianos*Tiempo	0.42	0.9458	0.8436	5.14
		*Tipo de Carne				

Anexo 2. Resumen de análisis estadístico para parámetros fisicoquímicos

Parámetro Evaluado	Probabilidad Modelo	Fracción	Valor F	Probabilidad	R ²	CV (%)
pH	0.0466	Antimicrobianos	3.35	0.0469	0.518	2.59
		Repetición	0.83	0.44	0.518	2.59
		Tipo de Carne	3.52	0.069	0.518	2.59
		Tiempo	10.89	0.0002	0.518	2.59
		Tipo de carne*Antimicrobianos	0.50	0.611	0.518	2.59
		Antimicrobianos*Tiempo	0.25	0.9937	0.518	2.59
		*Tipo de Carne				
L*	<0.0001	Antimicrobianos	0.94	0.4024	0.7826	5.597
		Repetición	4.17	0.024	0.7826	5.597
		Tipo de Carne	98.68	<0.0001	0.7826	5.597
		Tiempo	1.83	0.1751	0.7826	5.597
		Tipo de carne*Antimicrobiano	0.49	0.615	0.782	5.597
		Antimicrobianos*Tiempo	0.82	0.6251	0.7826	5.597
		*Tipo de Carne				
a*	0.1245	Antimicrobianos	1.1	0.346	0.46	19.15
		Repetición	5.2	0.0107	0.46	19.15
		Tipo de Carne	0.16	0.689	0.46	19.15
		Tiempo	2.19	0.1279	0.46	19.15
		Tipo de carne*Antimicrobiano	0.74	0.4863	0.46	19.15
		Antimicrobianos*Tiempo	1.05	0.4282	0.46	19.15
		*Tipo de Carne				
b*	5.1308	Antimicrobianos	2.48	0.0983	0.7142	10.52
		Repetición	0.38	0.689	0.7142	10.52
		Tipo de Carne	57.31	<0.0001	0.7142	10.52
		Tiempo	3.69	0.0353	0.7142	10.52
		Tipo de carne*Antimicrobiano	0.36	0.7006	0.7142	10.52
		Antimicrobianos*Tiempo	1.21	0.3131	0.7142	10.52
		*Tipo de Carne				
Purga	0.0046	Tratamientos	7.25	0.0031	0.7731	28.35
		Repetición	1.22	0.2926	0.7731	28.35