

CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

INVESTIGACIÓN

Uso de extracto de romero y ácido ascórbico en la conservación refrigerada de carne de cerdo

*Perlo, Flavia Maria**; *Fabre, Romina**; *Bonato, Patricia**; *Jenko, Carolina**; *Tisocco, Osvaldo** y *Teira, Gustavo**

Resumen

El objetivo de este estudio fue determinar el efecto del extracto de romero, del ácido ascórbico y de una combinación de ambos (todos ellos adicionados por aspersión) durante la comercialización de carne de cerdo conservada a 4 °C y envasada en bandejas plásticas cubiertas con film de PVC (cloruro de polivinilo) o bajo vacío. Durante el almacenamiento se evaluó el pH, color, índice de rojez, oxidación de lípidos, recuento total de aerobios mesófilos, mermas por goteo, aroma a carne en mal estado y aromas no característicos. Los resultados sugieren que, independientemente del sistema de envasado (bandejas con film de PVC o vacío), la aplicación por aspersión sobre la superficie de extracto de romero dio como resultado una disminución de la oxidación lipídica, sin afectar otras características de calidad. El ácido ascórbico no mostró un efecto antioxidante.

Palabras clave: carne de cerdo; antioxidantes naturales; oxidación; calidad

Este artículo presenta los resultados del PID-UNER 8086: Uso de antioxidantes naturales en la conservación refrigerada de cortes de carne de cerdo. Enviado el 19/03/2019 y aceptado el 27/09/2019.

DOI: <https://doi.org/10.33255/3160/738>

Autoría: Universidad Nacional de Entre Ríos (Argentina).

Contacto: perlof@fcal.uner.edu.ar



Effect of rosemary extract and ascorbic acid in pork meat during refrigerated storage

Abstract

The aim of this study was to determine the effect of rosemary extract, ascorbic acid and a combination of both, sprayed on the surface of pork meat. Meat samples were storage at 4 °C and packaged in plastic trays covered with PVC film (polyvinyl chloride) or under vacuum. During storage, pH, color, redness, lipid oxidation, total aerobic count, drip loss, off flavors and non-characteristic flavors were evaluated. Results suggested that, regardless of the packaging system (plastic trays covered with PVC film or vacuum), the use of rosemary extract (sprayed on the surface) resulted in a decrease in lipid oxidation without affecting other quality characteristics. Ascorbic acid did not show an antioxidant effect.

Key words: pork meat; natural antioxidants; oxidation; quality

Uso de extrato de alecrim e ácido ascórbico na conservação refrigerada de carne suína

Resumo

O objetivo deste estudo foi determinar o efeito do extrato de alecrim, de ácido ascórbico e de uma combinação de ambos (todos adicionados por pulverização) durante a venda de carne de porco conservada a 4 °C e embalada em bandejas plásticas cobertas com filme de PVC (cloreto de polivinila) ou sob vácuo. Durante o armazenamento foram avaliados o pH, cor, índice de vermelhidão, oxidação lipídica, contagem total de aeróbios mesófilos, perdas por gotejamento, aroma a carne em mau estado e aromas não característicos. Os resultados sugerem que, independentemente do sistema de embalagem (bandejas com filme de PVC ou vácuo), a aplicação por aspersion sobre a superfície de extrato de alecrim resultou numa diminuição da oxidação lipídica, sem afetar outras características de qualidade. O ácido ascórbico não mostrou nenhum efeito antioxidante.

Avranches: carne de porco; antioxidantes naturais; oxidação; qualidade

Introducción

Durante la conservación de la carne, los cambios asociados a la oxidación de lípidos y pigmentos provocan la aparición de olores y sabores desagradables así como la alteración del color y, como consecuencia, una reducción de la calidad organoléptica del producto (Bou et al., 2009). Debido a esto, la industria frigorífica busca mantener la calidad primaria de la carne y retrasar el mayor tiempo posible su deterioro durante la comercialización. El almacenamiento refrigerado puede retardar estos cambios indeseables pero, en algunos casos, el incremento de la vida útil aportado por la refrigeración resulta insuficiente. En este sentido, la adición de antioxidantes y antimicrobianos en carnes podría resultar eficaz para prolongar su vida de anaquel.

Una práctica frecuente en los supermercados es colocar la carne fresca en bandejas de poliestireno expandido y luego cubrirlas con una lámina de policloruro de vinilo (PVC), resultando una forma de embalaje bastante económico. Además, la permeabilidad de las láminas de PVC al oxígeno mantiene el pigmento de la carne en su forma oxigenada (rojo brillante), un color considerado por los consumidores como indicativo de frescura. Por otra parte, el envasado bajo vacío es el método más sencillo para modificar la atmósfera en el interior de un envase, ya que supone únicamente la eliminación del aire y el sellado. La baja concentración de oxígeno que se logra mediante este método inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios y las reacciones de oxidación (García Iglesias et al., 2006). Cayuela et al. (2004) han informado que el envasado bajo vacío es una alternativa interesante en la conservación de carne de cerdo debido a que aumenta la estabilidad oxidativa y por lo tanto, la vida útil.

Por otro lado, la industria busca activamente soluciones naturales para minimizar los procesos oxidativos y aumentar la vida útil de los productos en respuesta a la creciente demanda de alimentos libres de aditivos artificiales (Naveena et al., 2008). En este sentido, investigaciones recientes se han enfocado hacia la identificación de nuevos antioxidantes a partir de fuentes naturales. La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos presentes en especias y otros vegetales se debe principalmente a las propiedades redox y a la estructura química que presentan ya que pueden actuar como agentes reductores, eliminando radicales libres o como agentes quelantes de metales (Pizzale et al., 2002). Así mismo algunos autores sugieren que los antioxidantes de naturaleza polifenólica poseen actividad antimicrobiana, aumentando la resistencia frente al crecimiento bacteriano (Naveena et al., 2008). El romero (*Rosmarinus officinalis*), una especia muy utilizada en carnes, tiene

un alto contenido de polifenoles que incluyen el rosmanol, rosmariquinona, rosmaridifenol y carnasol, los que poseen demostrada actividad antioxidante. Además, se reportaron ciertos compuestos presentes en el extracto de romero responsables de actividad antimicrobiana (Fernandez López, 2005). Se han publicado diversos estudios sobre el efecto de la adición de romero en carnes y productos cárnicos. Nissen *et al.* (2004) en hamburguesas de cerdo cocidas observaron una disminución en los valores TBARS (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico) y hexanal con la adición de extracto de romero en la formulación, comparados con un control. Similares resultados fueron obtenidos por Sánchez Escalante *et al.* (2001) usando romero en polvo en hamburguesas de carne vacuna. Rojas y Brewer (2008) estudiando el efecto de oleorresinas de romero en hamburguesas de cerdo, también reportaron menores valores de TBARS respecto de las muestras control. La determinación de TBARS es un método ampliamente usado para medir el grado de deterioro de los lípidos en la carne, mediante la reacción del malondialdehído con el ácido tiobarbitúrico (Pikul *et al.*, 1989).

El ácido ascórbico (vitamina C) es un potente antioxidante natural. Decker y Xu (1998) encontraron que el ácido ascórbico inhibe las reacciones de oxidación de lípidos en los productos cárnicos dependiendo de su concentración. Mitsumoto *et al.* (1991) evaluando el efecto de la vitamina C (500mg/kg de carne) sobre la conservación de carne vacuna picada obtuvieron una mayor estabilidad del pigmento y menor oxidación lipídica con la adición de este compuesto. Además, se ha visto que la vitamina C puede actuar como agente sinérgico cuando se utiliza en combinación con otros antioxidantes (Elliott, 1999). Sánchez Escalante *et al.* (2003), en hamburguesas de carne vacuna, encontraron que la vitamina C mejora el efecto antioxidante del extracto de romero, inhibiendo de manera muy eficaz la oxidación de lípidos durante 16 días de almacenamiento en refrigeración. En otro estudio, estos mismos autores (Sánchez Escalante *et al.*, 2001) observaron un efecto positivo del tratamiento combinado de romero y vitamina C sobre la componente roja del color, luego de 20 días de almacenamiento también en hamburguesas de carne vacuna.

De acuerdo con la bibliografía consultada, el empleo de antioxidantes naturales en la conservación de carne resulta promisorio. Sin embargo, existe poca información sobre su efectividad en cortes de carne de cerdo fresca y menos aún sobre su utilización mediante aspersion. Este último método permitiría la aplicación de antioxidantes naturales sobre la superficie de los cortes de carne fresca, de forma sencilla y con bajo costo, resultando accesible aún para pequeños expendedores. Estudios previos realizados en carne de cerdo por este laboratorio (sobre la calidad fisicoquímica y microbiológica) mostraron

tiempos máximos de almacenamientos de alrededor de 7 días para carne envasada en bandejas cubiertas con film de PVC y de 20 días para carne envasada bajo vacío (Perlo et al., 2018). El objetivo del presente trabajo fue determinar el efecto del extracto de romero, del ácido ascórbico y de una combinación de ambos (todos ellos adicionados por aspersion sobre la superficie), durante la comercialización de carne de cerdo conservada a 4 °C, envasada en bandejas plásticas cubiertas con film de PVC (cloruro de polivinilo) y bajo vacío.

Materiales y métodos

Se trabajó con el músculo *Longissimus dorsi* obtenido de cerdos faenados en un frigorífico local (48 h *postmortem*). De cada músculo se obtuvieron bifes de 2 cm de espesor (150 ± 20 g) que fueron asignados aleatoriamente a cada uno de los siguientes tratamientos: **a**) aspersion con 1 ml de extracto alcohólico de romero (ER) (Herboristería Alsina) con 4000 ppm de fenoles totales, previamente determinados mediante reactivo de Folin-Ciocalteu; **b**) aspersion con 1 ml ácido L-ascórbico (AA) a una concentración de 500 ppm (Sigma Chemical Co); **c**) aspersion con 1 ml de una solución compuesta por ER+AA (en proporción 1:1, a las mismas concentraciones de **a** y **b**) y **d**) un control sin adición de antioxidantes. En todos los casos la aspersion se realizó en ambos lados de cada bife, usando un rociador manual de gatillo. A continuación, los bifes se colocaron individualmente en bandejas plásticas que fueron cubiertas con film de PVC (Resinite®) o se envasaron en bolsas bajo vacío (transmisión de oxígeno $< 25 \text{cc/m}^2/24\text{h}$ a 4 °C; Multivac, Sepp Hagenmüller GmbH & Co). En ambos casos las muestras se conservaron en la oscuridad a temperatura de refrigeración (4 ± 1 °C). La carne envasada en bandejas con film de PVC se conservó durante 7 días (realizando determinaciones a los 0, 5, 6 y 7 d) y la carne envasada bajo vacío se conservó durante 20 días (realizando determinaciones a los 0, 10, 15 y 20 d). Todo el ensayo se repitió 3 veces.

Determinaciones analíticas

En todos los tratamientos se determinó el pH, mediante pHmetro con electrodo de punción (modelo 35805-18, Oakton, Singapore). El color (L^* , a^* , b^*) e Índice de Rojez (R630/R580), este último sólo en carne envasada con film de PVC, se midió con espectrofotómetro Minolta CM-700d (Minolta Camera Co, Osaka, Japan), iluminante A y observador estándar de 10° usando el espacio de color CIELAB (CIE, 1976) y siguiendo las directivas propuestas por AMSA (2012). Las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) se analizaron mediante el método de extracción acuosa propuesto por Pikul et al. (1989), los resultados

se expresaron en mg malondialdehído (MDA)/kg carne. Las mermas por goteo se calcularon por diferencia de peso antes del envasado y después del período de conservación analizado (expresado como porcentaje del peso inicial). El análisis sensorial se efectuó determinando la presencia de aromas no característicos (debido a los antioxidantes aspersados) y aroma en mal estado (debido a la presencia de metabolitos, resultado del crecimiento microbiológico). En ambos casos se seleccionaron previamente 10 jueces que luego fueron entrenados para evaluar estas dos características sensoriales, mediante Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA). La evaluación se realizó con una escala no estructurada de 10 cm, donde el valor 0 correspondió a no perceptible y el valor 10 a extremadamente intenso. El recuento total de aerobios mesófilos se llevó a cabo utilizando Compact Dry® TC test (R-Biopharm AG, Germany). Luego de las correspondientes diluciones con agua peptonada estéril y siembra, las placas fueron incubadas a 35 °C durante 48 h y los resultados se expresaron como \log_{10} ufc/g. En el caso de la carne conservada en bandejas cubiertas con film de PVC también se realizó el recuento de *Pseudomonas* mediante Cetrimida Agar Base enriquecido con Tripteína Soya Caldo. Las placas fueron incubadas a 25 °C durante 48 h, los resultados se expresaron como \log_{10} ufc/g.

Análisis estadístico

El experimento se planteó como un diseño en bloques completos aleatorizados, donde la unidad experimental fue un bife y el bloque los músculos *L. dorsi* (con 3 repeticiones para cada uno de los sistemas de envasado). En la carne conservada en bandejas cubiertas con film de PVC los factores estudiados fueron: antioxidante (ER, AA, ER+AA, control) y tiempo de conservación (0, 5, 6, 7 días). En la carne envasada bajo vacío: antioxidante (ER, AA, ER+AA, control) y tiempo de conservación (0, 10, 15, 20 días). En ambos casos, los datos obtenidos se analizaron con el paquete estadístico Statgraphics Centurion XV (StatPoint Tech, Inc., Warrenton, VA, USA) mediante ANOVA (Análisis de la Varianza) y test LSD (si fuera necesario), usando un nivel de significancia de 0,05.

Resultados y discusión

En ninguno de los parámetros estudiados se observaron interacciones significativas entre los factores (antioxidante y tiempo de conservación), tanto en las muestras envasadas en bandejas cubiertas con film de PVC como en las envasadas bajo vacío. Por este motivo, en todos los casos se procedió a analizar directamente los efectos principales.

- Envasado en bandejas plásticas cubiertas con film de PVC

El pH de la carne de cerdo envasada en bandejas con film de PVC no se vio afectado por la aspersión de antioxidantes naturales sobre la superficie ni por el transcurso del tiempo, durante los 7 d de conservación estudiados (Tabla 1). Similares resultados obtuvieron Lee *et al.* (2003) en lomos de cerdo conservados en refrigeración (a 0 ± 1 °C), donde el pH no se modificó durante 14 d de almacenamiento en envases cubiertos con film de polipropileno microperforado, polipropileno sin perforar o un control. Estos autores proponen que la degradación proteolítica de las muestras no se desarrolló lo suficiente como para incrementar el pH durante este período. Viana *et al.* (2005) tampoco observaron diferencias en el pH de medallones de lomo de cerdo conservados a 4°C bajo distintas atmosferas (vacío, 100 % CO₂, 99 % CO₂/1 % CO, 100 % O₂) durante 20 d de almacenamiento. El promedio general de pH obtenido en el presente trabajo fue de 5,52, el mismo está dentro del rango de valores que Pereira Cazedey *et al.* (2016) consideran aceptables en carne de cerdo. Maganhini *et al.* (2007) proponen como deseables valores de pH del orden de 5,6.

Tabla 1. Efecto de la adición de antioxidantes naturales y del tiempo de conservación sobre el pH, coordenadas L*, a*, b* de color e índice de rojez, en carne de cerdo envasada en bandejas cubiertas con film de PVC (conservada a 4 °C)

Antioxidante	pH	L*	a*	b*	Índice de rojez
ER	5,51 a*	52,54 a	11,35 a	12,66 b	1,91 a
AA	5,55 a	51,49 a	10,99 a	11,50 a	1,90 a
ER + AA	5,54 a	51,34 a	11,00 a	12,06 ab	1,86 a
Co	5,48 a	51,58 a	11,47 a	11,98 ab	1,95 a
Tiempo (d)					
0	5,51 a	49,86 a	11,37 b	10,11 a	2,14 c
5	5,50 a	53,98 c	11,56 b	12,51 b	1,89 b
6	5,50 a	51,29 ab	11,76 b	12,85 b	1,93 b
7	5,58 a	51,82 b	10,13 a	12,72 b	1,65 a
SEM	0,03	0,58	0,42	0,35	0,05

*Medias con distintas letras difieren significativamente ($p < 0,05$) por factor.

ER: extracto de romero, AA: ácido ascórbico, ER+AA: mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico, Co: control. SEM: error estándar de la media.

Fuente: elaboración propia.

En la evaluación del color superficial, los valores de luminosidad (L^*) no se modificaron por efecto de los antioxidantes, solo mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) para el factor tiempo de conservación (Tabla 1), observándose un incremento a los 5 d y luego una disminución. Este descenso de L^* en el sexto y séptimo día de conservación podría estar relacionado con las mayores mermas observadas al final del período de almacenamiento (Tabla 2), ya que el contenido de agua de la carne está relacionado con la luminosidad (Lawrie, 1998). Similares resultados fueron informados por Estevez et al. (2003) en *L. dorsi* de distintas líneas genéticas de cerdo ibérico conservado en film de PVC a 4°C y expuesto a la luz fluorescente durante 10 d. Lee et al. (2003) también observaron un descenso de los valores de L^* en lomo de cerdo sin envasar luego de 14 d almacenados a 0°C. La coordenada a^* tampoco se vio afectada por la presencia de antioxidantes (Tabla 1), sólo mostró un descenso de sus valores el día 7 de conservación. En la coordenada b^* se observó un efecto significativo ($p < 0,05$) del antioxidante, diferenciándose las muestras con ER con un valor de b^* levemente superior de las que se trataron con AA. La coordenada b^* se modificó también por efecto del tiempo de conservación, mostrando un aumento de sus valores a partir del día 5 (Tabla 1). Lee et al. (2003) en lomos de cerdo conservados en refrigeración observaron un incremento de b^* , que se manifestó como significativo a partir del día 7 de conservación. El índice de rojez (Tabla 1) no se modificó por la presencia de antioxidantes sobre la superficie de la carne, pero disminuyó con el incremento del tiempo de conservación. Este índice («redness indicator») es utilizado para seguir los cambios de color durante la comercialización, mayores ratios indican mayor coloración roja debido tanto a la presencia de oximioglobina como a la desoximioglobina. Una disminución en los valores del mismo sugieren una mayor proporción relativa de metamioglobina sobre la superficie ya que un valor del índice de 1 corresponde a 100% de metamioglobina (AMSA, 2012). Sorheim et al. (1999) informaron una pobre estabilidad del color en carne de cerdo almacenada en atmósferas con alta concentración de oxígeno y reportaron una significativa decoloración luego de 3 d de almacenamiento a 8°C. Similares resultados informaron Ordonez y Ledward (1977) en *L. dorsi* y *Bíceps femoris* de cerdo expuestos al aire durante 20 d a 1°C.

Las TBARS de la carne adicionada con ER o una combinación de ER+AA mostraron menores valores ($p < 0,05$) que las tratadas con AA o el control (Tabla 2). Mc Carthy et al. (2001) observaron que la incorporación de extracto de romero a hamburguesas de carne de cerdo conservadas a 4°C redujo la oxidación lipídica durante el almacenamiento. Del mismo modo, Georgantelis et al. (2007) mencionan una disminución significativa de los valores de TBARS al adicionar

extracto de romero a embutidos de carne de cerdo. Por otro lado, Djenane *et al.* (2002) llevaron a cabo estudios en carne bovina con distintos antioxidantes incorporados por aspersión (vitamina C, taurina, romero y vitamina E) y observaron que la combinación de extracto de romero con vitamina C sobre la superficie fue el tratamiento más efectivo para retrasar la oxidación de los lípidos durante el almacenamiento (a 1 °C) en atmósferas modificadas (70%O₂/20%CO₂/10%N₂) en la oscuridad. Similar comportamiento obtuvieron trabajando en las mismas condiciones pero con exposición a la luz UV (Djenane *et al.*, 2003). Con respecto al tiempo de conservación, se observó un incremento de las TBARS durante el período estudiado. Lee *et al.* (2003) informan un progresivo incremento en los valores de TBARS en carne de cerdo conservada durante 14 d a 0 °C. Juncher *et al.* (2001) reportaron similares resultados en carne picada de cerdo cubierta con film de polietileno y conservada a 4 °C (expuesta a la luz fluorescente durante 6 d).

Tabla 2. Efecto de la adición de antioxidantes naturales y del tiempo de conservación sobre la estabilidad oxidativa (TBARS), mermas por goteo y evaluación sensorial, en carne de cerdo envasada en bandejas cubiertas con film de PVC (conservada a 4 °C)

Antioxidante	TBARS (mg MDA/kg carne)	Mermas (%)	Aroma no característico	Aroma en mal estado
ER	1,10 a*	3,3 a	2,1 b	1,7 a
AA	1,20 b	3,6 a	0,7 a	2,0 a
ER + AA	1,12 a	3,6 a	1,8 ab	1,4 a
Co	1,21 b	3,9 a	1,5 ab	2,5 a
Tiempo (d)				
0	1,06 a	--	1,3 a	1,3 a
5	1,13 b	3,3 a	1,9 a	1,6 a
6	1,21 c	3,2 a	1,3 a	2,0 a
7	1,24 c	4,3 b	1,6 a	2,6 a
SEM	0,02	0,27	0,33	0,40

*Medias con distintas letras difieren significativamente ($p < 0,05$) por factor.

ER: extracto de romero, AA: ácido ascórbico, ER+AA: mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico, Co: control. Aroma no característico y aroma en mal estado: escala 0: no perceptible; 10: extremadamente intenso. SEM: error estándar de la media.

Fuente: elaboración propia.

Las mermas por goteo (Tabla 2) no se modificaron por la presencia de antioxidantes sobre la superficie aunque se observó un incremento de las mismas al cabo de 7d de conservación (llegando hasta 4,3%). Rosa et al. (2013) no encontraron diferencias en las mermas por goteo en lomos de cerdo luego de 22 d de almacenamiento en refrigeración (envasado en atmosferas con distintas proporciones de O₂ y CO₂) obteniendo valores promedio de 4,7% que fluctuaron entre 2,4% y 9,9%. Lee et al. (2003) informaron mermas de 5,4% en lomo de cerdo cubierto con film de prolipropileno orientado sin perforar y de 9,4% con el mismo film micro perforado, al cabo de 14 d de conservación. Cayuela et al. (2004) en lomo de cerdo cubierto con film de PVC permeable al oxígeno (a 4°C y expuesto a la luz fluorescente) observó mermas por goteo de 4,9% al cabo de 4 d y de 6,9% luego de 6 d de conservación en refrigeración. De acuerdo a estos resultados, las mermas obtenidas en el presente estudio estarían dentro de las informadas por otros autores y en valores aceptables.

En el análisis sensorial, se encontraron diferencias ($p < 0,05$) en la evaluación de aromas no característicos entre las muestras con ER y las adicionadas con AA (Tabla 2). Aunque de acuerdo a la escala utilizada, en todos los casos los valores se podrían considerar como muy poco o mínimamente perceptibles. Por otra parte, no fueron detectados aromas en mal estado en la carne de cerdo durante el período de conservación estudiado, ni por efecto de los antioxidantes.

En la Figura 1 se representa la evolución de los recuentos totales de mesófilos aerobios en la carne adicionada con antioxidantes durante los 7 d de conservación. No se encontraron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre antioxidantes ni entre éstos con el control aunque, como era de esperar, se observó un crecimiento progresivo de los recuentos con el tiempo. Dichos recuentos comenzaron por debajo de 4 log ufc/g y llegaron hasta alrededor de 8 log ufc/g en las muestras adicionadas con antioxidantes y en el control. Según Lee et al. (2003) el envasado con película de plástico de baja permeabilidad al vapor de agua no sería ventajoso para retardar el crecimiento microbiano de la carne fresca, especialmente en almacenamientos prolongados. Zhang et al. (2009) evaluaron extractos de diversas especias aplicados sobre carne de cerdo picada y encontraron que el extracto ER resultó particularmente prometedor porque disminuyó el crecimiento de *L. monocytogenes* y *Pseudomonas spp.*

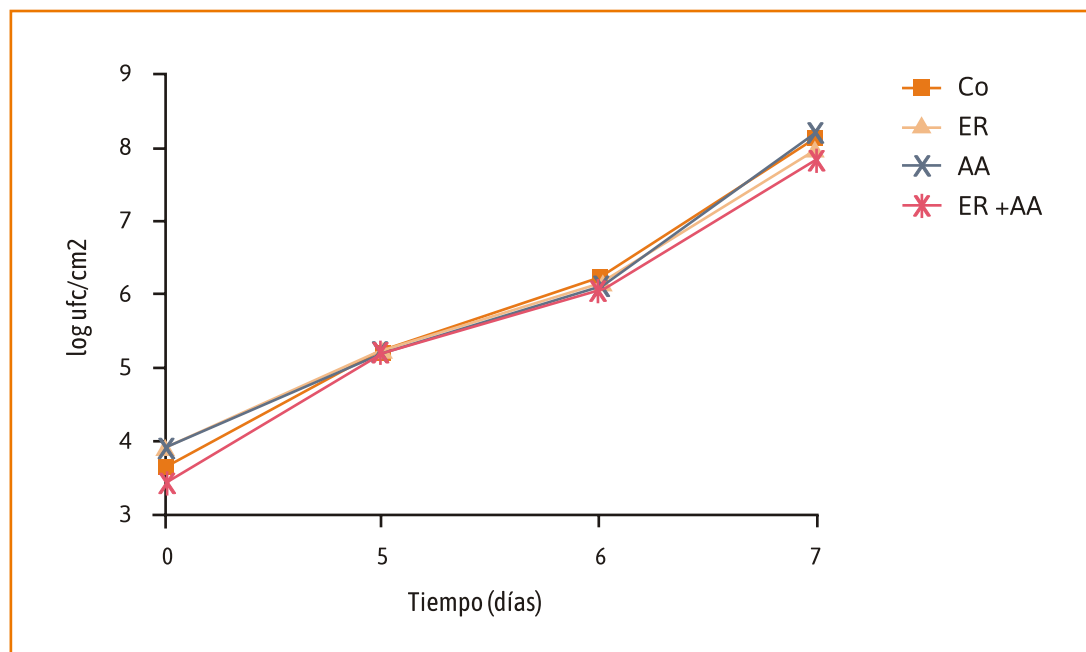


Figura 1. Recuento total de aerobios mesófilos durante la conservación de carne de cerdo envasada en bandejas cubiertas con film de PVC (conservada a 4°C) con el agregado de extracto de romero (ER), ácido ascórbico (AA), mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico (ER+AA), y control (Co) sin antioxidantes

Fuente: elaboración propia.

En la Figura 2 se muestra el crecimiento de *Pseudomonas* durante el período estudiado. Las *Pseudomonas* han sido caracterizadas como los principales organismos responsables del deterioro de la carne fresca de cerdo almacenada en condiciones aeróbicas (Koutsoumanis et al., 2006). Estos autores compararon modelos de predicción de crecimiento de *Pseudomonas* con estimación de vida útil mediante análisis sensorial, observando que el modelo de crecimiento predijo satisfactoriamente la vida útil. Según Borch et al. (1996), las *Pseudomonas* dominan en la carne almacenada aeróbicamente, y debido a una alta tasa de crecimiento de las mismas, la vida útil es de unos pocos días. En nuestro estudio, el recuento comenzó en un valor de 2 log ufc/g y se extendió hasta alrededor de 6 log ufc/g a los 7 días de conservación a 4°C, sin diferencias significativas ($p > 0,05$) entre antioxidantes o entre éstos y el control. Skandamis y Nychas (2002) en carne bovina con el agregado de aceite esencial de orégano (conservada al aire y en atmosfera modificada, a 5°C y 15°C) observaron que la flora dominante estaba compuesta por *Pseudomona* y que el aceite esencial de orégano fue efectivo en la reducción del recuento en las muestras envasadas en atmosfera modificada (40%CO₂/30%N₂/30%O₂),

pero en las muestras expuestas al aire no se diferenciaron con respecto al control, al igual que lo observado en el presente estudio.

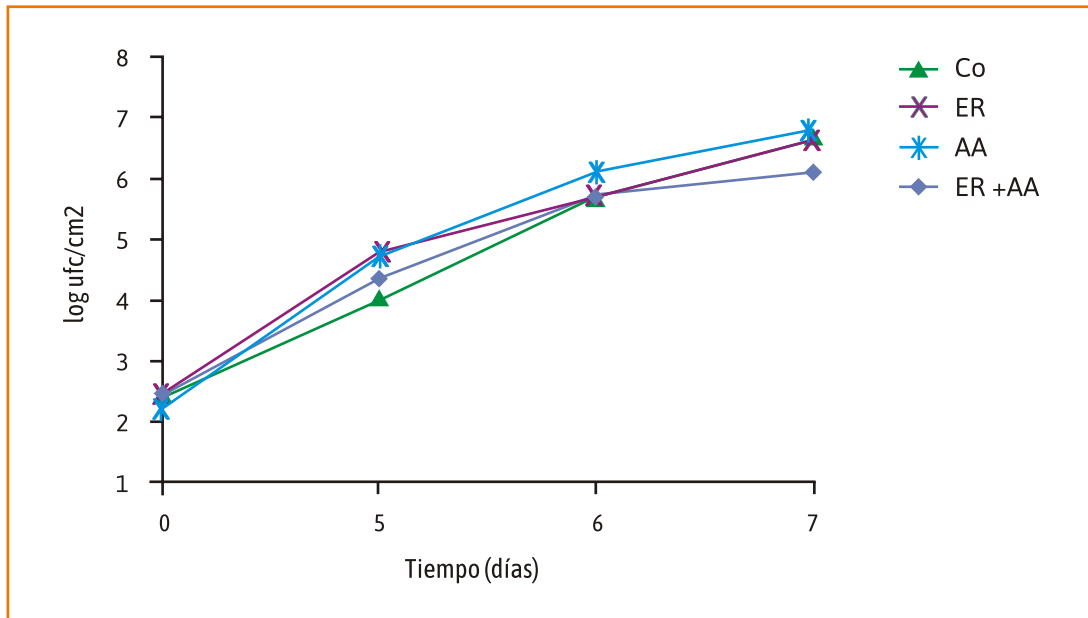


Figura 2. Recuento de *Pseudomonas* durante la conservación de carne de cerdo envasada en bandejas cubiertas con film de PVC (conservada a 4°C) con el agregado de extracto de romero (ER), ácido ascórbico (AA), mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico (ER+AA), y control (Co) sin antioxidantes

Fuente: elaboración propia.

- Envasado bajo vacío

En la carne envasada bajo vacío, la presencia de antioxidantes no modificó significativamente el pH, sin embargo con el transcurso del tiempo de conservación se observó una disminución de los valores y un leve incremento del mismo al final del período (Tabla 3).

Tabla 3. Efecto de la adición de antioxidantes naturales y del tiempo de conservación sobre el pH y coordenadas L*, a* y b*, en carne de cerdo envasada bajo vacío (conservada a 4 °C)

Antioxidante	pH	L*	a*	b*
ER	5,39 a*	59,07 a	10,89 a	13,69 b
AA	5,38 a	59,83 a	10,90 a	12,44 a
ER + AA	5,37 a	59,74 a	10,90 a	12,70 a
Co	5,37 a	59,56 a	11,01 a	12,24 a
Tiempo (d)				
0	5,42 c	61,71 b	10,40 a	11,45 a
10	5,36 a	58,66 a	10,69 a	12,72 b
15	5,34 a	59,67 ab	10,81 a	12,69 b
20	5,39 b	58,16 a	11,80 b	14,21 c
SEM	0,01	0,73	0,20	0,24

*Medias con distintas letras difieren significativamente ($p < 0,05$) por factor.

ER: extracto de romero, AA: ácido ascórbico, ER+AA: mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico, Co: control. SEM: error estándar de la media.

Fuente: elaboración propia.

La disminución del pH durante el almacenamiento bajo vacío se atribuye en parte a la acumulación de metabolitos producidos por bacterias ácido lácticas (Demeyer et al., 1979), ya que ésta es la flora predominante en la carne envasada bajo vacío (Borch et al., 1996). El pH de las carnes conservadas bajo vacío también se ve afectado por la concentración de dióxido de carbono presente, que es un subproducto del metabolismo microbiano. El ácido carbónico se forma cuando se produce dióxido de carbono por la respiración celular, éste se disuelve en el tejido de la carne acidificando el medio (Adams et al., 2015).

Con respecto a las coordenadas de color, L* y a* no se modificaron por la presencia de los antioxidantes, aunque con el transcurso del tiempo se observó un leve pero significativo descenso de la luminosidad e incremento de a* (Tabla 3). Estos resultados coinciden con los informados por Frederick et al. (2004) quienes encontraron menores valores de L* y mayores de a* en músculo *L. dorsi* de cerdo luego de 25 d o 50 d de almacenamiento bajo vacío comparado con el mismo músculo a la 24 h *postmortem*. Sobre la coordenada b* se observó un efecto significativo del antioxidante ($p < 0,05$) resultando las muestras con ER con un valor levemente superior al resto (Tabla 3). Este incremento en la componente amarilla del color podría estar relacionado con el

color caramelo que posee el ER. El tiempo de conservación también produjo un incremento de b^* durante los 20 d estudiados.

Tabla 4. Efecto de la adición de antioxidantes naturales y del tiempo de conservación sobre la estabilidad oxidativa (TBARS), mermas por goteo y evaluación sensorial, en carne de cerdo envasada bajo vacío (conservada a 4 °C)

Antioxidante	TBARS (mg MDA/kg carne)	Mermas (%)	Aroma no característico	Aroma en mal estado
ER	1,00 a*	4,5 a	2,6 b	1,5 a
AA	1,14 b	3,9 a	1,2 a	2,9 ab
ER + AA	1,06 ab	3,5 a	2,2 ab	1,9 a
Co	1,12 b	3,3 a	1,4 ab	3,6 b
Tiempo (d)				
0	1,01 a	--	1,3 a	1,3 a
10	1,10 a	3,9 a	2,4 a	2,7 ab
15	1,10 a	3,6 a	1,6 a	2,6 ab
20	1,14 a	4,0 a	2,0 a	3,4 b
SEM	0,03	0,34	0,35	0,38

*Medias con distintas letras difieren significativamente ($p < 0,05$) por factor.

ER: extracto de romero, AA: ácido ascórbico, ER+AA: mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico, Co: control. Aroma no característico y aroma en mal estado: escala 0: no perceptible; 10: extremadamente intenso. SEM: error estándar de la media.

Fuente: elaboración propia.

En la Tabla 4 se informan los valores de TBARS obtenidos en la carne de cerdo almacenada bajo vacío durante 20 d. No se observaron cambios en las TBARS por efecto del tiempo de conservación, aunque se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los antioxidantes. La carne adicionada con ER presentó los menores valores de TBARS, sin diferencias con el tratamiento ER+AA, mientras que las muestras con AA mostraron valores similares al control, pareciendo no tener influencia en la protección del producto sobre este parámetro. Rojas y Brewer (2008) estudiando el efecto de oleorresinas de romero al 0,02% en hamburguesas de cerdo envasadas bajo vacío y congeladas, reportaron menores valores de TBARS respecto de las muestras control sin oleorresinas.

Con respecto a las mermas por goteo (Tabla 4), no se observaron diferencias significativas ($p > 0,05$) entre antioxidantes, ni por efecto del tiempo de conservación. El promedio general de las mermas en el presente trabajo fue de 3,8%. Por el contrario, Cayuela et al. (2004) en carne de cerdo envasada bajo vacío (a 4°C y expuesta a la luz fluorescente) observaron una pérdida de peso del orden de 5,1% en el segundo día de almacenamiento, llegando hasta 8,8% luego de 20 d.

En el análisis sensorial, la evaluación de aromas no característicos (Tabla 4) mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras con ER y las adicionadas con AA. Estos resultados coinciden con los observados en el ensayo anterior correspondiente a la carne envasada en bandejas plásticas cubiertas con film de PVC. Aunque como en el caso anterior, de acuerdo a la escala utilizada, los valores se podrían considerar como muy poco o mínimamente perceptibles. El factor tiempo de conservación no afectó los valores de este atributo. La evaluación de aroma en mal estado presentó valores superiores en las muestras control respecto de los tratamientos ER y ER+AA. También se observó un incremento del mismo con el tiempo de conservación, resultando con diferencias significativas ($p < 0,05$) en la carne almacenada durante 20 d. Blixt y Borch (2002) en lomo de cerdo envasado bajo vacío sin antioxidantes, comenzaron a detectar off-odour a partir de la cuarta semana de almacenamiento a 4°C. La presencia de aromas desagradables en carne envasada bajo vacío se asocia con bacterias ácido lácticas y la consecuente producción de ácido láctico y ácido acético (Borch et al., 1996). Los compuestos de azufre también pueden contribuir al mal olor (Blixt y Borch, 2002). Además, durante el almacenamiento prolongado de la carne en atmósferas anaeróbicas, cambios metabólicos debido al agotamiento de la glucosa conducen a la formación de productos finales tales como ácido acético y sulfuro de hidrógeno que pueden generar aromas desagradables (Borch et al., 1996).

El recuento total de mesófilos aerobios en todos los casos se incrementó durante el tiempo de conservación estudiado (Figura 3), llegando a valores de alrededor de 6 log ufc/g al cabo de 20 d. En la carne envasada bajo vacío la composición del medio gaseoso cambia durante el almacenamiento, la concentración de oxígeno disminuye mientras que la de dióxido de carbono aumenta. La flora bacteriana se selecciona gradualmente hacia una tolerante al dióxido de carbono. En estos casos la flora está dominada por bacterias ácido lácticas, principalmente *Carnobacterium*, *Lactobacillus* y *Leuconostoc* (Borch et al. 1996). En el presente trabajo, la aspersion de antioxidantes naturales sobre la superficie de la carne de cerdo envasada bajo vacío no fue suficiente para retrasar el desarrollo bacteriano respecto del control. Sin em-

bargo, algunos autores reportaron la presencia de compuestos con actividad antimicrobiana en el ER tales como diterpenos fenólicos, generalmente efectivos frente a las bacterias gram positivas como las ácido lácticas (Fernández López et al., 2005).

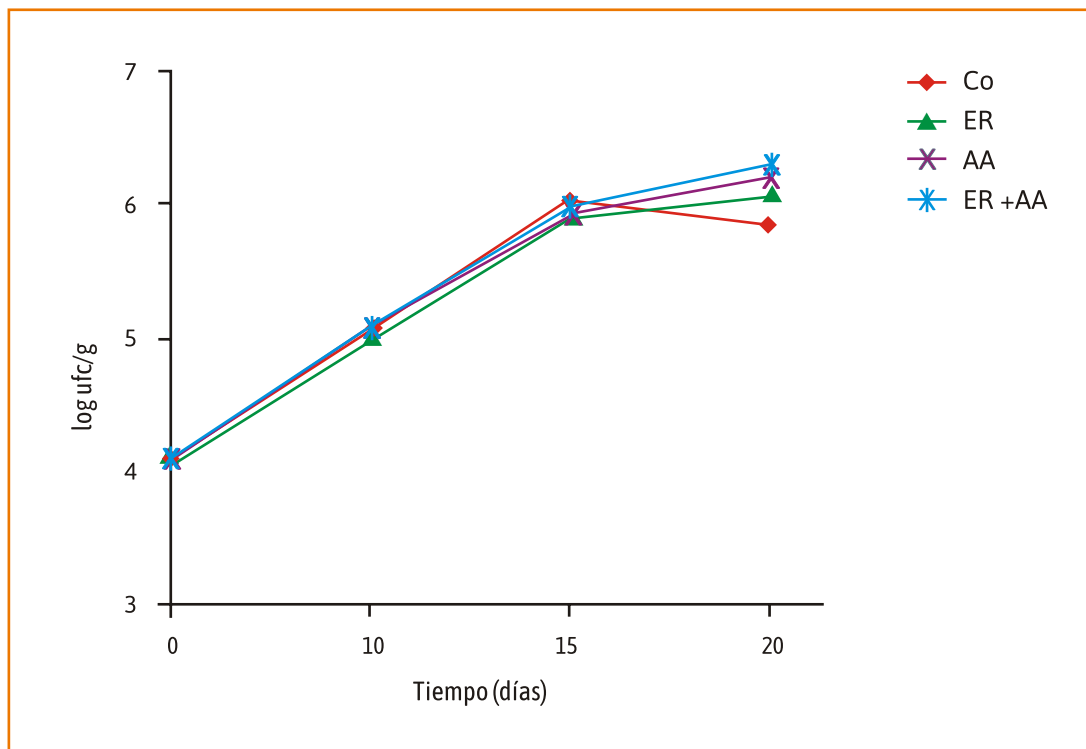


Figura 3. Recuento total de aerobios mesófilos durante la conservación de carne de cerdo envasada bajo vacío (conservada a 4°C) con el agregado de extracto de romero (ER), ácido ascórbico (AA), mezcla 1:1 de extracto de romero y ácido ascórbico (ER+AA), y control (Co) sin antioxidantes

Fuente: elaboración propia.

Conclusiones

Independientemente del tipo de envase usado (bandejas plásticas cubiertas con film de PVC o vacío), la aspersión con extracto de romero o una mezcla de extracto de romero y ácido ascórbico sobre la superficie de la carne de cerdo disminuyó los valores de TBARS respecto del control, mientras que la aspersión con ácido ascórbico no mostró efectividad frente a la oxidación. Los valores de pH, coordenadas L* y a*, mermas por goteo y recuento total de aerobios mesófilos no se modificaron por efecto de los antioxidantes naturales.

En la carne de cerdo envasada en bandejas plásticas cubiertas con film de PVC, el transcurso del tiempo de conservación (7 d, a 4°C) produjo un incremento de los valores de TBARS, de las mermas por goteo, coordenadas L^* y b^* , recuento total de aerobios mesófilos y de *Pseudomonas* y una disminución del índice de rojez y coordenada a^* . El pH, aroma a carne en mal estado y aromas no característicos no se modificaron.

En la carne envasada bajo vacío, el transcurso del tiempo de conservación (20 d, a 4°C) produjo una disminución del pH y de la coordenada L^* , mientras que se incrementaron los valores de a^* y b^* , el aroma a carne en mal estado y el recuento total de aerobios mesófilos. Los valores de TBARS y las mermas por goteo no se modificaron a lo largo del período de conservación estudiado.

Finalmente, el extracto de romero se podría emplear como antioxidante natural por aspersion sobre la carne de cerdo sin afectar otras características de calidad aunque su efectividad frente a la oxidación resultó débil y, en el caso del ácido ascórbico, nula.

Referencias bibliográficas

- ADAMS, K.r.; Niebuhr, S.e.; Dickson, J.s. (2015). Dissolved carbon dioxide and oxygen concentrations in purge of vacuum-packaged pork chops and the relationship to shelf life and models for estimating microbial populations. *Meat science*, 110:1-8.
- AMSA (2012). American Meat Science Association. *Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. National Live Stock and Meat Board, Chicago, IL.
- BORCH, E.; Kant-Muermans, M.L.; Blixt, Y. (1996). Bacterial spoilage of meat and cured meat products. *International Journal of Food Microbiology*, 33(1):103-120.
- BLIXT, Y., Borch, E. (2002). Comparison of shelf life of vacuum-packed pork and beef. *Meat Science*, 60(4):371-378.
- BOU, R.; Codony, R.; Tres, A.; Decker, E.a. (2009). Dietary strategies to improve nutritional value, oxidative stability and sensory properties of poultry products. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 8:800-822.
- CAYUELA, J.m.; Gil Sancho Bañón, M.d.; Garrido, M.d. (2004). Effect of vacuum and modified atmosphere packaging on the quality of pork loin. *European Food Research Technology*, 219:316–320.
- CIE (1976). *International commission on illumination, recommendations on uniform colour spaces, colour difference equations, psychometric colour terms*. Supplement No. 15 to CIE publication (E-1.3.1) 1971/ (TO-1.3). Bureau Central de la CIE, Paris, France.
- DECKER, E.a.; XU, Z. (1998). Minimizing rancidity in muscle foods. *Food Technology*, 52:54-59.
- DEMEYER, D.I.; Vandekerckhove, P.; Moermans, R. (1979). Compounds determining pH in dry sausage. *Meat science*, 3(3):161-167.

- DJENANE, D.; Sánchez Escalante, A.; Beltrán, J.A.; Roncalés, P. (2002). Ability of alpha-tocopherol, taurine and rosemary, in combination with vitamin C, to increase the oxidative stability of beef steaks packaged in modified atmosphere. *Food Chemistry*, 76:407-415.
- DJENANE, D., Sánchez-Escalante, A., Beltrán, J.A., Roncalés, P. (2003). Extension of the shelf life of beef steaks packaged in a modified atmosphere by treatment with rosemary and displayed under UV-free lighting. *Meat Science*, 64:417-426.
- ELLIOTT, J.G. (1999). Application of antioxidant vitamins in foods and beverages. *Food Technology*, 53:46-48.
- ESTEVEZ, M., Morcuende, D., Cava, R. (2003). Oxidative and colour changes in meat from three lines of free-range reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and from industrial pig during refrigerated storage. *Meat Science*, 65:1139-1146.
- FERNÁNDEZ LÓPEZ, J.; Zhi, N.; Aleson Carbonell L.; Pérez Alvarez J.A.; Kuri, V. (2005). Antioxidant and antibacterial activities of natural extracts: application in beef meatball. *Meat Science*, 69:371-380.
- FREDERICK, B.R.; Van Heugten, E.; See, M.T. (2004). Timing of magnesium supplementation administered through drinking water to improve fresh and stored pork quality. *Journal of Animal Science*, 82:1454-1460.
- GARCÍA IGLESIAS, E.; Gago Cabezas, L.; Fernández Nuevo, J.L. (2006). *Informe de vigilancia tecnológica. Tecnología de envasado en atmósfera protectora*. Madrid, Elecé Industria Gráfica. Dep legal M-42.918-2006.
- GEORGANTELIS, D.; Ambrosiadis, I.; Katikou, P.; Blekas, G.; Georgakis, S.A. (2007). Effect of rosemary extract, chitosan and α -tocopherol on microbiological parameters and lipid oxidation of fresh pork sausages stored at 4 C. *Meat science*, 76(1):172-181.
- JUNCHER, D.; Ronn, B.; Mortensen, E.T.; Henckel, P.; Karlson, A.; Skibsted, L.H.; et al. (2001). Effect of pre-slaughter physiological conditions on the oxidative stability of colour and lipid during chill storage of pork. *Meat Science*, 58:347-357.
- KOUTSOUMANIS, K.; Stamatiou, A.; Skandamis, P.; Nychas, G.J.E. (2006). Development of a microbial model for the combined effect of temperature and pH on spoilage of ground meat, and validation of the model under dynamic temperature conditions. *Applied and Environmental Microbiology*, 72(1):124-134.
- LAWRIE, R.A. (1998). *Lawrie's meat science* (6ta ed.), Woodhead, Ltd, Cambridge, England. pp. 216
- LEE, K.T.; Choi, W.S.; Yoon C.S. (2003). Effects of micro-perforated film on the quality and shelf life improvements of pork loins during chilled storage. *Meat Science*, 66:77-82.
- MAGANHINI, M.B.; Mariano, B.; Laurencio, A.; Guarnieri, P.; Shimokomaki, M.; Ida, E. (2007). Meats PSE (Pale, Soft, Exudative) and DFD (Dark, Firm, Dry) of an industrial slaughterline for swine loin. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27:69-72.
- MC CARTHY, T.L.; Kerry, J.F.; Lynch, P.B.; Buckley, D.J. (2001). Assessment of the antioxidant potential of natural food and plant extracts in fresh and previously frozen pork patties. *Meat Science*, 57(2):177-184.
- MITSUMOTO, M.; Faustman, C.; Cassens, R.G.; Arnold, R.N.; Schaefer, D.M.; Scheller, K.K. (1991). Vitamins E and C Improve Pigment

- and Lipid Stability in Ground Beef. *Journal of Food Science*, 56:194-197.
- NAVEENA, B.M.; Sen, A.R.; Vaithiyathan, S.; Babji, Y.; Kondaiah, N. (2008). Comparative efficacy of pomegranate juice, pomegranate rind powder extract and BHT as antioxidants in cooked chicken patties. *Meat Science*, 80:1304-1308.
- NISSEN, L.R.; Byrne D.V.; Bertelsen, G.; Skibsted, L.H. (2004). The antioxidative activity of plant extracts in cooked pork patties as evaluated by descriptive sensory profiling and chemical analysis. *Meat Science*, 68:485-495.
- ORDONEZ, J.A.; Ledward, D.A. (1977). Lipid and myoglobin oxidation in pork stored in oxygen-and carbon dioxide-enriched atmospheres. *Meat Science*, 1(1):41-48.
- PEREIRA CAZEDEY, H.; Almeida-Torres R.; Fontes, P.; Alcinéia De Lemos-Souza, A.; Mendes-Ramos, E. (2016). Comparison of different criteria used to categorize technological quality of pork. *Ciência Rural*, 46(12):2241-2248.
- PERLO, F.; Fabre, R.; Bonato, P.; Jenko, C.; Tisocco, O.; Teira, G. (2018). Refrigerated storage of pork meat sprayed with rosemary extract and ascorbic acid. *Ciência Rural*, 48(4):1-7.
- PIKUL, J.; Leszczynski, D.E.; Kummerow, F.A. (1989). Evaluation of three modified TBA methods for measuring lipid oxidation in chicken meat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 37(5):1309-1313.
- PIZZALE, L.; Bortolomeazzi, R.; Vichi, S.; Überegger, E.; Conte, L.S. (2002). Antioxidant activity of sage (*Salvia officinalis* and *S. fruticosa*) and oregano (*Origanum onites* and *O. onites*) extracts related to their phenolic compound content. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 82(14):1645-1651.
- ROJAS, M.C.; Brewer, M.S. (2008). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of frozen, vacuum-packaged beef and pork. *Journal of Food Quality*, 31:173-188.
- ROSA, A.F., Poleti, M., Balieiro, J.C., Cesar, M., Sobral, P.J. (2013). Effects of modified atmosphere, associated with masterpack transport packaging, and refrigerated storage time on the quality characteristics of pork loin cuts. *International Journal of Food Studies*, 2(2):167-179.
- SÁNCHEZ ESCALANTE, A.; Djenane, D.; Torrescano, G.; Beltrán, J.A.; Roncalés, P. (2001). The effects of ascorbic acid, taurine, carnosine and rosemary powder on colour and lipid stability of beef patties packaged in modified atmosphere. *Meat Science*, 58:421-429.
- SÁNCHEZ ESCALANTE, A.; Djenane, D.; Torrescano, G.; Beltrán, J.A.; Roncales, P. (2003). Antioxidant action of borage, rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. *Journal of Food Science*, 68:339-344.
- SKANDAMIS, P.N.; Nychas, G.J.E. (2002). Preservation of fresh meat with active and modified atmosphere packaging conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 79(1-2):35-45.
- SORHEIM, O.; Nissen, H.; Nesbakken, T. (1999). The storage life of beef and pork packaged in atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide. *Meat Science*, 52:157-164.
- VIANA, E.S.; Gomide, L.A.M.; Vanetti, M.C.D. (2005). Effect of modified atmospheres on microbiological, color and sensory prop-

- erties of refrigerated pork. *Meat Science*, 71(4):696-705.
- ZHANG, H.; Kong, B.; Xiong, Y.L.; Sun, X. (2009). Antimicrobial activities of spice extracts against pathogenic and spoilage bacteria in modified atmosphere packaged fresh pork and vacuum packaged ham slices stored at 4°C. *Meat science*, 81(4):686-692.