

CONSERVACION DE LA CARNE FRESCA DE CERDO POR FERMENTACION LACTICA: EFECTO SOBRE EL COLOR, LA TEXTURA Y LA FORMACION DE LOS ACIDOS GRASOS LIBRES

H. Minor-Pérez¹, E. Ponce-Alquicira¹, S. Macias-Bravo² e I. Guerrero-Legarreta¹

¹Área de Bioquímica de Macromoléculas, Departamento de Biotecnología, UAM-Iztapalapa. San Rafael Atlixco 186, Col. Vicentina. CP09340, México, D.F. ²Universidad Iberoamericana, Departamento de Ciencias.

Resumen

En este estudio se evaluó la aplicación de las bacterias lácticas *Staphylococcus carnosus* y *Lactobacillus alimentarius* en la conservación de la carne fresca de cerdo vía fermentación láctica. La carne se almacenó a 4°C y 20 °C durante 96 horas. Se redujo significativamente ($P < 0.003$) la población de enterobacterias como microorganismos indicadores de descomposición en la carne fermentada y almacenada a 20 °C. A esta temperatura se presentó un cambio significativo en el color ($P < 0.0001$) y la textura ($P < 0.0035$). A 4°C estas propiedades funcionales no se modificaron significativamente ($P > 0.730$ y $P > 0.738$ respectivamente). La concentración de los ácidos grasos libres presentó un incremento mayor en la carne fermentada, generando principalmente acumulación de los ácidos linolénico, oleico, palmítico y linoleico.

Palabras clave: fermentación láctica, conservación, ácidos grasos libres, textura, carne.

Abstract

Use of two lactic acid bacteria (LAB) *Staphylococcus carnosus* y *Lactobacillus alimentarius*, was studied as a means to preserve pork by a controlled fermentation. Pork samples were vacuum packaged and stored at 4°C and 20°C for 96 hours. *Enterobacteriaceae* population, used as spoilage indicator, was significantly ($P > 0.003$) reduced in fermented samples stored at 20°C. However, at this temperature significant changes in color ($P < 0.0001$) and texture ($P < 0.0035$) were observed. At 4°C functional properties were not significantly modified ($P > 0.730$ and $P > 0.738$ respectively). Free fatty acids concentration increased in fermented meat, causing the accumulation of linoleic, oleic, palmitic and linolenic acids.

Keywords: lactic acid fermentation, meat preservation, free fatty acids, color, texture.

1. Introducción

La carne de cerdo es un alimento altamente perecedero por su composición química y características biológicas (Guerrero, 1993). Para incrementar su vida útil, en los últimos años han surgido diversas alternativas a los métodos tradicionales de conservación. A este respecto Guerrero y Taylor (1994) refieren el empleo de las bacterias lácticas para conservar carne, por su capacidad de producir compuestos antimicrobianos como los ácidos orgánicos (láctico y acético) y las bacteriocinas.

Los estudios sobre producción *in situ* de ácido láctico vía fermentativa en carne, se enfocan en dos aspectos: inhibir el crecimiento de la flora patógena y de descomposición como *Escherichia coli*, *Enterobacteriaceae*, *Serratia sp.*, *Brochotrix thermosphacta* y *Pseudomona putida* (Guerrero y col., 1995; Montel y Talon, 1993) y en evitar efectos negativos sobre las propiedades funcionales como el color, la textura y el sabor (Woolthius y col., 1984; Smulders y col., 1986; Ogden y col., 1995; Guerrero y col., 1995).

Autor para la correspondencia. E-mail: meat@xanum.uam.mx
Tel: (5) 58044726 Fax: (5) 58044712

Estos cambios pueden reducir la calidad de la carne fresca y provocar que no

sea aceptada por los consumidores. Un aspecto poco estudiado en la aplicación de esta tecnología de conservación para carne fresca, es la formación de los ácidos grasos libres.

La formación de estos ácidos en el alimento en fresco puede hacerlo más susceptible a las reacciones de oxidación de lípidos (Montilva y col., 1993). En este trabajo se describe la conservación de la carne fresca de cerdo mediante fermentación láctica. Se evalúan los cambios en propiedades funcionales como el color y la textura, la inhibición de la flora de descomposición y la formación de los ácidos grasos libres.

2. Materiales y métodos

2.1. Fermentación láctica en carne de cerdo

Se utilizó músculo largo dorsal (*Longissimus dorsi*) de cerdo cortado en secciones de 2x2x2 cm. Las cepas puras liofilizadas (Chr. Hansen, Dinamarca) de *Staphylococcus carnosus* MC-1 02055 y *Lactobacillus alimentarius* BJ-33 5001855 fueron propagadas por separado sembrando una asada de un cultivo Stock en 10 mL de caldo MRS (deMan, Rogosa y Sharpe, Laboratorios Difco, Detroit, EUA, 0881-17) a pH 7.0. El medio se incubó a 37°C durante 24 h. Posteriormente se vaciaron 5 mL de esta suspensión en 45 mL de caldo MRS a pH 7.0, incubándose nuevamente a las mismas condiciones. Para estandarizar la concentración de biomasa, se hicieron diluciones hasta alcanzar una DO = 1 leída a 640 nm (Ramírez y col., 1994) en un espectrofotómetro Beckman DU modelo 650 (California, EUA). En la suspensión celular (10^5 ufc/mL) se adicionó glucosa al 4% p/v y la carne de cerdo se sumergió en la misma durante 10 minutos. El exceso de suspensión se eliminó por decantación. Este procedimiento se realizó por separado para cada cepa bacteriana. El testigo consistió en

carne de cerdo sumergida en medio de cultivo adicionado de glucosa. Para favorecer el crecimiento de las bacterias lácticas, se empacaron al vacío muestras de 10 g de carne (McMullen y Stiles, 1996) con bolsas Cryovac LB-50 en una empacadora de vacío Multivac D-8941 (Koch, Kansas City, EUA) a una presión de vacío de -700 mbars. Posteriormente la carne se almacenó durante 96 horas a 4°C y 20°C.

2.2. Evaluación de pH y cuantificación de ácido láctico

Cada 24 horas se midió el pH (Raveendran y col., 1993). La técnica empleada para la metilación del ácido láctico fue la reportada por Drummond y Shama (1982). El análisis se realizó a las 0, 48 y 96 h. La carne de cerdo (5 g) se mezcló con 2 mL de metanol y 0.75 mL de una solución de ácido sulfúrico al 50% y se incubó durante 30 minutos a 50°C. Finalizado el calentamiento se adicionó 1 mL de agua desionizada y 0.5 mL de cloroformo. La solución se centrifugó a 1350 rpm durante 5 minutos en una centrífuga Beckman J2-MI (Beckman, Palo Alto, Cal. EUA). Posteriormente se inyectaron 5 μ L de muestra de la fase orgánica en un cromatógrafo de gases Perkin-Elmer Sigma 3000, Dual FID Chromatograph (Norwalk, Conn. EUA) con un detector de ionización de flama. La columna fue de acero inoxidable de 3 m x 1/8" de diámetro empacada con succionato glicol al 15% (Chromosorb WHP-100-120). La temperatura inicial fue de 70°C durante 5 minutos y se incrementó hasta 130°C a 6°C/minuto. La temperatura del detector y del inyector fue de 250°C. El gas acarreador fue nitrógeno a un flujo de 43 mL/minuto (61 psia). Las áreas de los picos se calcularon en un integrador automático Perkin-Elmer LC1-100 (Laboratory Computing Integrator, Norwalk, CT, EUA). La identificación del ácido láctico se realizó empleando una curva

patrón con diferentes concentraciones de este ácido orgánico.

2.3. Evaluación microbiológica

Las poblaciones de bacterias lácticas y enterobacterias se cuantificaron por cuenta en placa en agar MRS (deMan, Rogosa y Sharpe, Laboratorios Difco, Detroit, EUA, 0881-17) (Woolthuis y col., 1984) y en agar RVB (Agar de bilis y rojo violeta, Bioxon) (Grau, 1983) respectivamente. En una licuadora convencional se hicieron diluciones de las muestras de carne en agua peptonada tamponada a pH 6.0 (Scharlau Microbiology) y se vació 0.1 mL en las cajas de petri con medio de cultivo. Las placas se incubaron durante 24 h a 35°C.

2.4. Evaluación del color y la textura

El color se evaluó cada 24 horas con el sistema L, a, b (Ferreira y col., 1994) en un colorímetro Minolta (Chroma Meter CR-200, Japan 80025393, Tokio, Japón). El blanco fue una tarjeta con los siguientes valores de referencia L= 97.38, a=0.17 y b=1.94. La evaluación del color se realizó en cortes de 10 cm de diámetro, con la pistola a una distancia de 2 cm de la carne. El color se reporta como la diferencia total de color:

$$\Delta E = \sqrt{L^2 + a^2 + b^2}$$

La textura se evaluó cada 24 horas con una prueba de compresión, en un Texturómetro Instron Modelo 4502 (Canton, MA, EUA). Se tomaron cortes de carne de 2x2x2 cm sobre los que se aplicó una fuerza de 10 N a una velocidad de 10 mm/min en forma perpendicular a la dirección de las fibras.

2.5. Cuantificación de los ácidos grasos libres

Los ácidos grasos se analizaron con un método oficial de la AOAC (1980). Cada medición se realizó a las 0, 48 y 96 h de almacenamiento. La carne de cerdo (0.5 g) se agregó en un sistema de reflujo y se adicionó en este 6 mL de una solución 0.5 N de NaOH-metanol. La muestra se calentó a ebullición durante 10 minutos. Finalizado el calentamiento se agregaron 7 mL de BF₃-metanol al 14% (J.T. Baker, México). Posteriormente se adicionó 1.5 mL de hexano y nuevamente se calentó a ebullición durante 1 min. Para separar la fase orgánica se agregaron 10 mL de una solución saturada de NaCl. De esta fase se inyectaron 5 µL en el cromatógrafo de gases previamente descrito. El análisis se realizó isotérmicamente a 195°C. Para identificar y cuantificar los ácidos grasos se empleó una curva patrón de concentraciones conocidas de estándares SIGMA AOCS No. 6, 0-7631 (Sigma, St. Louis, MO, EUA) de los ácidos mirístico, palmítico, esteárico, linolénico, oleico y linoleico.

2.6. Análisis estadístico

Los resultados se sometieron a un análisis estadístico con pruebas de ANOVA y Duncan en el paquete estadístico SAS con una $\alpha = 0.05$ (SAS Institute, 1999).

3. Resultados y discusión

Hood y Maed (1993) mencionan que las enterobacterias como *Salmonella sp.*, *Escherichia coli*, *Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus* y *Staphylococcus aureus* son las principales bacterias de descomposición de la carne envasada al vacío y almacenada a temperaturas superiores a los 5°C. La reducción en la proliferación de esta flora bacteriana puede realizarse mediante la sustitución de la flora nativa de la carne, por una flora de bacterias lácticas (Guerrero y Taylor, 1994). En este estudio el crecimiento de las poblaciones de enterobacterias para las

temperaturas de almacenamiento de 4°C y 20°C se muestra en la Tabla 1. A la temperatura de refrigeración se presentó reducción en las poblaciones de las enterobacterias (0.2-0.4 ciclos logarítmicos) en la carne fermentada, hasta las 72 h de almacenamiento. Varios son los mecanismos de inhibición de la flora patógena y de descomposición en la carne conservada por fermentación láctica. Guerrero y Taylor (1994) mencionan que uno de los principales es la reducción de pH por la producción de ácido láctico que al disociarse en la superficie cárnica genera iones H⁺. En la Tabla 2 se muestran los valores de pH en la carne fermentada. La mayor reducción se obtuvo entre las 72 y 96 h de almacenamiento. La producción de ácido

láctico presentó un incremento constante hasta las 48 h de almacenamiento. Durante el período posterior se observa una reducción en la concentración de este ácido orgánico. Van Wyk y col. (1985) refieren que algunas levaduras y bacterias pueden utilizar el ácido láctico como fuente de carbono cuando no hay carbohidratos fermentables. Bacus (1984) por otra explica la mayor reducción de pH al final del almacenamiento (entre las 72 y las 96 h) por la capacidad amortiguadora de la carne de cerdo que mantiene el pH inicial de la carne durante los primeros días de almacenamiento. Como se muestra en las Tablas 1 y 2 la producción de ácido láctico estuvo acompañada por el incremento de las poblaciones de bacterias lácticas.

Tabla 1. Poblaciones de *Enterobacteriaceae* y bacterias lácticas*.

Fuente de variación	Almacenamiento a 4°C			Almacenamiento a 20°C		
	Carne fermentada		Testigo	Carne fermentada		Testigo
	<i>S. carnosus</i> Lb.	<i>Alimentarius</i>		<i>S. carnosus</i> Lb.	<i>Alimentarius</i>	
<i>Enterobacteriaceae</i> (Log ufc/g)						
0 h	2.500 ± 0.081	2.455 ± 0.030	2.698 ± 0.101	3.298 ± 0.061	3.200 ± 0.050	3.300 ± 0.090
24 h	2.676 ± 0.032	2.696 ± 0.061	2.738 ± 0.055	4.073 ± 0.018	4.331 ± 0.037	5.039 ± 0.093
48 h	3.190 ± 0.019	3.088 ± 0.024	3.108 ± 0.095	4.198 ± 0.144	4.298 ± 0.061	5.360 ± 0.053
72 h	3.073 ± 0.025	3.034 ± 0.012	3.254 ± 0.034	4.341 ± 0.027	4.278 ± 0.281	5.535 ± 0.030
96 h	2.931 ± 0.032	2.972 ± 0.039	3.360 ± 0.060	4.622 ± 0.066	4.516 ± 0.035	5.676 ± 0.032
Bacterias lácticas (Log ufc/g)						
0 h	4.400 ± 0.090	4.395 ± 0.070	4.420 ± 0.090	4.450 ± 0.010	4.395 ± 0.099	4.410 ± 0.040
24 h	5.365 ± 0.046	5.353 ± 0.051	4.265 ± 0.049	7.360 ± 0.053	7.319 ± 0.032	5.674 ± 0.058
48 h	5.295 ± 0.017	5.229 ± 0.036	4.331 ± 0.042	8.560 ± 0.017	8.620 ± 0.202	5.940 ± 0.084
72 h	4.952 ± 0.052	5.077 ± 0.051	4.351 ± 0.078	8.500 ± 0.044	8.615 ± 0.066	6.340 ± 0.055
96 h	4.826 ± 0.068	4.940 ± 0.052	4.381 ± 0.014	7.300 ± 0.030	7.403 ± 0.144	7.072 ± 0.034

* Promedio de tres mediciones

A la temperatura de almacenamiento de 20°C se encontró una reducción en las poblaciones de *Enterobacteriaceae* en las muestras de carne fermentada de 0.95-1.0 ciclos logarítmicos.

La inhibición de la flora de enterobacterias se obtuvo a partir de las 24 h de almacenamiento (Tabla 1). También durante este período de tiempo se presentó la mayor reducción de pH en la carne fermentada (Tabla 2). De manera similar a la temperatura de almacenamiento de 4°C la producción de ácido láctico se incrementó durante los primeros días. Al final del almacenamiento la concentración del ácido orgánico disminuyó (Tabla 2). En la Tabla 1

se muestra un incremento constante de las poblaciones de bacterias lácticas en la carne fermentada hasta las 72 h de almacenamiento y posteriormente se presenta una reducción. Ray (1996) refiere que la muerte bacteriana puede deberse a la baja concentración de carbohidratos fermentables. Mencionan además, que bajo estas condiciones pueden predominar algunos géneros de *Lactobacillus* sp., productores de sulfuro de hidrógeno (H₂S). En estas bacterias se activa un mecanismo proteolítico, a partir del cual se aprovechan las proteínas de la carne (Ahn y Stiles, 1990).

Tabla 2. Variación de pH y concentración de ácido láctico*.

Fuente de variación	Almacenamiento a 4°C			Almacenamiento a 20°C		
	Carne fermentada		Testigo	Carne fermentada		Testigo
	<i>S. carnosus</i> Lb.	<i>. Alimentarius</i>		<i>S. carnosus</i> Lb.	<i>Alimentarius</i>	
pH						
0 h	6.283 ± 0.075	6.315 ± 0.080	6.46 ± 0.080	5.880 ± 0.063	6.257 ± 0.185	6.180 ± 0.040
24 h	6.250 ± 0.097	6.346 ± 0.060	6.33 ± 0.070	5.270 ± 0.081	5.240 ± 0.125	6.160 ± 0.052
48 h	5.855 ± 0.015	6.170 ± 0.061	6.40 ± 0.065	5.030 ± 0.050	5.267 ± 0.027	6.290 ± 0.110
72 h	5.830 ± 0.091	6.066 ± 0.083	6.34 ± 0.080	4.920 ± 0.065	4.953 ± 0.067	5.920 ± 0.216
96 h	5.460 ± 0.138	5.623 ± 0.115	6.30 ± 0.100	4.660 ± 0.174	4.930 ± 0.030	5.980 ± 0.219
Ácido láctico (mg/g de carne)						
0 h	2.406 ± 0.090	2.390 ± 0.190	2.400 ± 0.085	2.385 ± 0.200	2.300 ± 0.185	2.290 ± 0.295
48 h	4.251 ± 0.125	4.119 ± 0.204	2.860 ± 0.150	6.253 ± 0.180	5.936 ± 0.095	3.455 ± 0.120
96 h	2.888 ± 0.090	2.789 ± 0.240	1.985 ± 0.125	4.858 ± 0.200	5.217 ± 0.125	3.101 ± 0.200

*Promedio de dos mediciones

Dos de las propiedades más importantes en la calidad de la carne fresca de cerdo son el color y la textura. La reducción de pH en la carne conservada por fermentación láctica, puede tener un efecto negativo sobre estas propiedades funcionales (Guerrero y col., 1995). En la carne fermentada y almacenada a 4°C no hubo un cambio significativo en el color ($P > 0.730$), como se muestra en la Fig. 1 y la Tabla 3. Para el almacenamiento a 20°C hubo un cambio significativo ($P < 0.0001$) en el color en la carne fermentada. En la Fig. 2 y la Tabla 3, se muestra que este cambio en la carne fermentada fue significativo a partir del primer día de almacenamiento. Waites (1988) menciona que en la carne empacada al vacío y conservada por fermentación láctica se produce un ambiente reductor por la baja concentración de oxígeno y la disminución de pH. En estas condiciones se favorece la formación de la metamioglobina (color marrón) a partir de la mioglobina (Lawrie, 1985). Backus y col., (1998) establecen además que la carne puede adquirir una apariencia pálida debido a que la reducción de pH puede provocar la condición de PSE (pálido, suave y exudativo).

La blandura de la carne se evaluó con una prueba de compresión al 50%. Como se muestra en la Fig. 3 y la Tabla 3 para la carne almacenada a 4°C no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.7388$) entre las muestras de carne fermentada y la carne sin inóculo. A 20°C se encontraron diferencias significativas ($P < 0.010$) entre la carne fermentada y la carne sin inóculo (Fig.

4 y la Tabla 3). Guerrero y Arteaga (1990) refieren que la reducción de pH en la carne fresca de cerdo, puede provocar la pérdida de la capacidad de retención de agua (CRA). Este fenómeno produce una carne seca y dura. Otro aspecto que afecta la calidad de la carne fresca de cerdo conservada por fermentación láctica son los ácidos grasos libres. Montilva y col. (1993) mencionan que las reacciones de oxidación de lípidos se favorecen con los ácidos grasos libres. Aún cuando estas reacciones contribuyen a producir el sabor característico de productos cárnicos fermentados, en la conservación de la carne fresca no son deseables. En la Tabla 4, se presenta el análisis de los ácidos grasos libres. Como se muestra hubo mayor formación de estos ácidos en las muestras fermentadas. Este efecto fue mayor a la temperatura de almacenamiento de 20°C. Al comparar los tratamientos con las cepas de *Staphylococcus carnosus* y *Lactobacillus alimentarius*, con la primera cepa se presentó menor formación de los ácidos grasos libres. Los ácidos que se formaron en mayores concentraciones fueron: linolénico, oleico, palmítico y linoleico. Refiere Toldra (1998) que gran porcentaje de estos ácidos son el resultado de la hidrólisis de los fosfolípidos, mientras que la mayoría de los triglicéridos permanecen intactos.

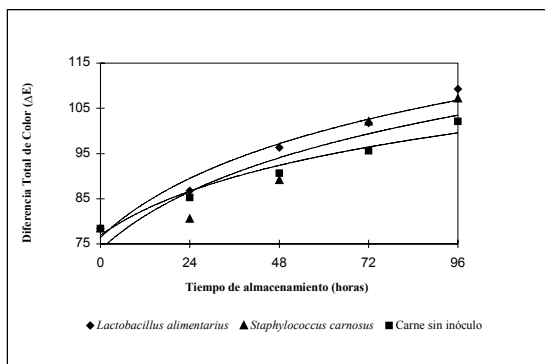


Fig. 1. Cambios en el color de la carne fresca de cerdo almacenada a 4°C.

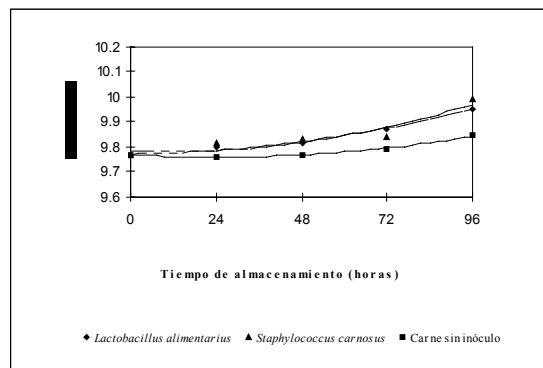


Fig. 3. Prueba de compresión en la carne fresca de cerdo almacenada a 4°C.

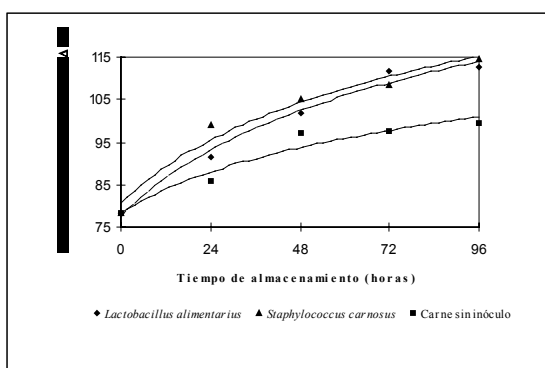


Fig. 2. Cambios en el color de la carne fresca de cerdo almacenada a 20°C.

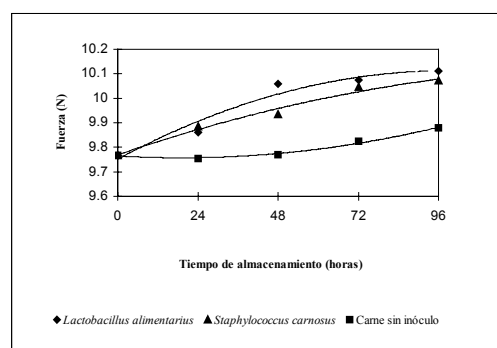


Fig. 4. Prueba de compresión en la carne fresca de cerdo almacenada a 20°C.

Con el empleo de la fermentación láctica en carne fresca de cerdo se logró la reducción en el crecimiento de las bacterias indicadoras de descomposición (*Enterobacteriaceae*). Sin embargo a 4°C esta reducción no fue significativa. El color y la textura presentaron cambio significativo a 20°C ($P < 0.0001$ y $P < 0.0035$ respectivamente) y se mantuvieron sin modificación significativa ($P > 0.730$ y $P > 0.738$) a 4°C. En la carne fermentada en ambas temperaturas se presentó un incremento en la formación de los ácidos grasos libres.

La generación de éstos ácidos grasos fue mayor en la carne fermentada con *Lactobacillus alimentarius*.

Es necesario realizar estudios con bacterias lácticas que presenten mayor crecimiento a la temperatura de refrigeración, para obtener una producción significativa de ácido láctico. La carne almacenada a 20°C que sufre cambios notables en propiedades funcionales (color y textura) puede ser empleada en la elaboración de embutidos, donde la calidad microbiológica de la carne fresca de cerdo tiene mayor relevancia que el color y la textura.

Tabla 3. Análisis de varianza y pruebas de Duncan para el pH, las poblaciones de *Enterobacteriaceae* y bacterias lácticas, el color y la textura de la carne fresca de cerdo.

Fuente de variación	pH	<i>Enterobacteriaceae</i>		Bacterias lácticas		Color		Textura		
		4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C
20°C										
Tiempo		*0.0001	0.0001	0.0734	0.003	0.734	0.0035	0.0001	0.0001	0.108
0.0035										
B	0 h	**A	A	A	C	A	C	E	D	A
B	24 h	A	B	A	B	A	B	D	C	A
BA	48 h	B	BC	A	BA	A	A	C	B	A
A	72 h	B	BC	A	BA	A	A	B	A	A
A	96 h	C	C	A	A	A	BA	A	A	A
Inóculo		*0.0001	0.0001	0.1295	0.010	0.0007	0.010	0.7301	0.0001	0.7388
0.010										
<i>Lb. alimentarius</i>		**B	B	A	B	A	A	A	A	A
A										
<i>S. carnosus</i>		B	B	A	B	A	A	A	A	A
A										
Sin inóculo		A	A	A	A	B	B	A	B	A
B										

*Análisis de ANOVA (P); **Prueba de Duncan. Letras iguales no son significativamente diferentes con una $\alpha = 0.5$

Tabla 4. Concentración de ácidos grasos (mg/100 g de carne) en carne de cerdo almacenada a temperatura de 4 y 20°C*.

Tratamiento	Tiempo (hr)	Mirístico 14:0		Palmitico 16:0		Estearico 18:0		Oleico 18:1	Linoleico 18:2	Linolénico 18:3		
		4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	4°C	20°C	
Carne fermentada <i>Lb. alimentarius</i>	0	20°C										
	48	25.3 ± 2.35	25.3 ± 1.55	37.4 ± 2.02	37.4 ± 3.50	29.2 ± 2.50	29.2 ± 1.08	76.4 ± 1.55	76.4 ± 1.10	57.8 ± 0.90	57.8 ± 2.00	40.8 ± 1.55
	96	40.8 ± 1.1										
Carne fermentada <i>S. carnosus</i>	0	62.4 ± 7.00	157.8 ± 5.70	45.6 ± 3.45	126.8 ± 4.80	77.2 ± 6.00	112.6 ± 1.10	52.6 ± 3.60	151.5 ± 5.5	95.3 ± 2.00	175.8 ± 1.7	33.1 ± 3.5
	48	754.0 ± 5.50										
	96	185.4 ± 5.01	3 45.2 ± 10.0	104.6 ± 6.00	591.2 ± 9.60	171.2 ± 8.70	170.4 ± 5.50	92.6 ± 5.55	751.0 ± 9.5	160.4 ± 6.4	397.0 ± 11.0	75.4 ± 3.7
Carne sin inóculo	0	25.3 ± 1.80	25.3 ± 3.10	37.4 ± 1.567	37.4 ± 1.80	29.2 ± 1.70	29.2 ± 1.00	76.4 ± 2.00	76.4 ± 1.30	57.8 ± 3.50	57.8 ± 3.50	40.8 ± 1.10
	48	40.8 ± 1.10										
	96	31.8 ± 2.9	97.4 ± 5.55	99.0 ± 6.70	117.7 ± 5.40	85.0 ± 3.30	84.6 ± 4.60	39.8 ± 3.10	170.4 ± 6.7	85.0 ± 4.50	197.4 ± 7.0	29.4 ± 1.20
		397.0 ± 3.30										
		158.2 ± 4.0	205.5 ± 12.10	71.6 ± 9.50	312.6 ± 8.90	157.0 ± 7.20	159.0 ± 9.80	65.8 ± 5.60	370.4 ± 9.1	102.5 ± 4.0	305.0 ± 9.0	63.1 ± 4.00
		508.6 ± 6.5										
		25.3 ± 1.09	25.3 ± 2.10	37.4 ± 1.80	37.4 ± 2.85	29.2 ± 2.85	29.2 ± 2.00	76.4 ± 1.10	76.4 ± 3.01	57.8 ± 1.90	57.8 ± 0.95	57.8 ± 1.40
		40.8 ± 1.00										
		40.2 ± 3.45	78.88 ± 5.50	47.4 ± 5.40	71.2 ± 5.70	70.8 ± 4.50	112.6 ± 4.50	23.2 ± 1.85	91.2 ± 6.0	80.6 ± 3.50	137.0 ± 7.0	50.2 ± 4.40
		225.1 ± 4.90										
	120.2 ± 5.78	197.0 ± 8.00	80.8 ± 6.20	197.0 ± 10.8	97.8 ± 5.40	170.4 ± 10.00	78.8 ± 5.80	130.2 ± 6.5	79.5 ± 6.00	192.2 ± 5.5	70.9 ± 3.30	
	288.4 ± 7.80											

*Promedio de dos mediciones

Referencias

Ahn, C. y Stiles, M.E. (1990). Antibacterial activity of lactic acid bacteria isolated from vacuum-packaged. *Journal of Applied Bacteriology* 69, 302-310.

AOAC. (1980). *Official Methods of Analysis*. 13a. Edición. Association of Official Analytical Chemists, Washington, EUA.

Backus, G.B.C., Van Wagenberg, C.P.A. y Verdoes, N. (1998). Environmental impact on pig production. *Meat Science* 49, S65-S72.

Bacus, J. (1984). *Utilization of microorganism in meat processing*. Research Studies Press, Elsevier Science Publishers Ltd., Londres.

Drummond, I.W. y Shama, G. (1982). A rapid gas chromatographic method for the analysis of acidic fermentation products. *Chromatographia* 15, 180-183.

Ferreira, V.L., Fernandes, S.V. y Yotsuyanagi, K. (1994). The colour of chicken and pork meat loaf with added cured bovine blood as evaluated by the Rab, Hunter

- Lab, and CIE L*a*b* and XYZ. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos* 34, 311-322.
- Grau, F.H. (1983). Microbial growth on fat and lean surfaces of vacuum-packaged chilled beef. *Journal of Food Science* 48, 326-328.
- Guerrero, L.I.(1993). Productos cárnicos. En: *Biología Alimentaria*, pp. 225-262.
- García, G.M., Quintero, R.R. y López, M.A. (Eds.), Editorial Limusa, México, D.F.
- Guerrero, L.I. y Arteaga, M.R. (1990). *Tecnología de Carnes. Elaboración y Preservación de Productos Cárnicos*. Editorial Limusa, México, D.F.
- Guerrero, I. y Taylor, A.J. (1994). Meat surface decontamination using lactic acid from chemical and microbial sources. *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 27, 201-209.
- Guerrero, I., Mendiola, R., Ponce, E. y Prado, A. (1995). Inoculation of lactic acid bacteria on meat substrates as a means of decontamination. *Meat Science* 40, 397-411.
- Hood, D.E. y Mead, G.C. (1993). Modified atmospheres storage of fresh meat and poultry. En: *Principles and Applications of Modified Atmospheres Packaging of Food*, pp. 269-298. Parry, R.T. (Ed.), Blackie Academic & Professional, Glasgow, Escocia
- McMullen, L.M. y Stiles, M.E. (1996). Potential for use of bacteriocin-producing lactic acid bacteria in the preservation of meats. *Journal of Food Protection* 59, 64-71.
- Montel, M.C. y Talon, R. (1993). Factors affecting growth and lipase production by meat *Lactobacilli* strains and *Brochotrix thermosphacta*. *Journal of Applied Bacteriology* 64, 229-240.
- Montilva, M.J., Toldrá, F., Nieto, P. y Flores, J. (1993). Muscle lipolysis phenomena in the processing of dry-cured ham. *Food Chemistry* 48, 121-125.
- Ogden, S.K., Taylor, A.J., Guerrero, I., Escalona, H. y Gallardo, F. (1995). Changes in odour, colour and texture during the storage of acid preserved meat *Lebensmittel Wissenschaft und Technologie* 28, 521-527.
- Ramírez, J., Guerrero, I., Ponce, E. y Prado, A. (1994). Changes in flavor attributes during ripening of fermented sausages. *Journal of Muscle Foods* 6, 257-269.
- Ray, B. (1996). *Fundamental Food Microbiology*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Raveendran, J.V., Ingham, S.C., McCurdy, A.R. y Jones, G.A. (1993). Anaerobic microbiology of fresh beef packaged under modified atmosphere or vacuum. *Journal of Food Science* 58, 935-938.
- Smulders, F.J.M., Barendsen, P., Van Logtestun, J.G., Mossel, D.A.A. y Van Der Marel, G.M. (1986). Lactic acid: considerations in favor of its acceptance as a meat decontaminant. *Journal of Food Technology* 21, 419-436.
- Toldrá, F. (1998). Proteolysis and lipolysis in flavour development of dry-cured meat products, pp. s101-s110. *44th International Congress of Meat Science and Technology*, Barcelona, España.
- Van Wyk, H.J. y Heydenrych, C.M.S. (1985). The production of naturally fermented fish silage using various *lactobacilli* and different carbohydrate sources. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 36, 1093-1103.
- Waite, W.M. (1988). Meat microbiology a reassessment. En: *Developments in Meat Science*, Vol. 4, pp. 317-333. Lawrie, R. (Ed.). Elsevier Applied Science, Londres, Inglaterra.
- Woolthuis, H.J., Mossel, D.A., Van Logtestijn, J.D. y Smulders, F.M. (1984). Microbial decontamination of porcine liver with lactic acid and hot water. *Journal of Food Protection* 47, 221-226.