

Efecto del período de espera, previo a la refrigeración de la canal de res, sobre sus características *postmortem*

Andrea Fernanda Iñiguez Carrión

Honduras
Diciembre, 2006

**ZAMORANO
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**Efecto del período de espera, previo a la
refrigeración de la canal de res, sobre sus
características *postmortem***

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

Presentado por:

Andrea Fernanda Iñiguez Carrión

Honduras
Diciembre, 2006

La autora concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

Andrea Fernanda Iñiguez Carrión

Zamorano, Honduras
Diciembre, 2006

**Efecto del período de espera, previo a la refrigeración
de la canal de res, sobre sus características
*postmortem***

Presentado por:

Andrea Fernanda Iñiguez Carrión

Aprobado:

Adela Acosta Marchetti, D.C.T.A.
Asesora Principal

Raúl Espinal, Ph.D.
Director
Carrera de Agroindustria

Wilfredo Domínguez, M. Sc.
Asesor

George Pilz, Ph.D.
Decano Académico

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.
Rector

DEDICATORIA

A Dios todopoderoso por brindarme la vida, por cuidarme y guiarme siempre durante estos años lejos de casa y por toda la fuerza que me ha dado durante este difícil camino.

A mi abuelita Amelia Ripalda y a mi tía María Teresa Moya por su amor entregado durante sus años de vida, gracias por cuidarme desde el cielo.

A mi padre Ulises Iñiguez, por su apoyo incondicional y buenos consejos durante todos los años de mi vida, por su gran amor y la formación de mi carácter. Por su esfuerzo e interés para darme una excelente educación.

A mi madre Lydia Carrión, por el amor y paciencia con el que me educó y que me da cada día; aunque esté lejos siento que siempre está a mi lado. Gracias por sus buenos consejos y por ser tan especial.

A mi hermana Carla Iñiguez, por todo su apoyo, consejos y amor sobre todo durante mis primeros tres años de carrera y también durante mi vida.

A mi hermana Alejandra Iñiguez, por el cariño que me ha dado a lo largo de todos estos años y por estar siempre pendiente de mí.

A mi primera sobrina Lydia Alejandra, aunque aún no la conozco ya la amo muchísimo y es una de las razones que me mueven a terminar esta dura carrera.

A mi tía María Clementina Saá y a mi amiga María Belén González quienes me cuidan desde el cielo y fueron grandes personas que marcaron mi vida.

A mis verdaderos amigos en Zamorano quienes con su amistad y cariño hicieron que me sienta como en casa con mi familia.

A mis amigos que dejé en casa gracias por su apoyo y amistad durante todos estos años.

A todos los lectores de este trabajo por tomar un poco de su tiempo para leerlo.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme fuerza y fe cuando más lo necesitaba y por una familia maravillosa.

A mi familia por su amor, apoyo incondicional y buenos consejos durante toda mi vida.

A mis profesores, en especial a Adela Acosta, D.C.T.A. y a Wilfredo Domínguez, M. Sc. gracias por su asesoría y apoyo durante este trabajo.

Al personal de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas por su ayuda en la realización de este estudio.

A mis amigos Byron Jara y Sarahí Oliva quienes con sus sabios consejos me impulsaron a seguir en esta difícil carrera. Igualmente a Brenda Inestroza y Alejandra Romero por su ayuda y buenos consejos.

En especial a Roberto Chacón por apoyarme durante este último año y en la elaboración de mi tesis. Le agradezco por su gran amor, dedicación y comprensión.

A mis colegas Keyla, Margory, Sandra, Lesbia, Paúl y Andrés quienes me ayudaron con la realización de este proyecto. Asimismo a Raúl Roca de la clase 2007 por su ayuda en el proyecto.

A mis compañeras de cuarto Gabriela le agradezco por su amistad y apoyo a lo largo de este último año. A Lizeth por sus consejos, cuidados, apoyo y amistad brindados en estos años de carrera.

A mis amigos Diana, Margory, Sandra, Paola, Santa, Annalisa, Luis, Pablo y José por su amistad, apoyo, buenos consejos, comprensión, por brindarme un hombro para llorar cuando lo necesitaba, y los buenos momentos llenos de alegría durante mi estadía en Zamorano.

A mis amigos en México Yolanda, Tania, Érika, Martha, Itza, Lupita, Ángel, Alí, Ismael y Pablo por su amistad y apoyo en un lugar desconocido.

A mis amigos que dejé Karina, Michelle, Estefanía, Betsy, Mariela, Pamela, Ingrid, Rido, Rubén y Diego gracias por su apoyo a la distancia, por sus buenos deseos de éxitos para culminar mi carrera, por su cariño y por su amistad sincera desde que los conocí.

A mis compañeros de trabajo de primer y segundo año, y al grupo de la Empresa Universitaria de Industrias Cárnicas gracias por su amistad, apoyo, momentos de alegría y por enseñarme que trabajando juntos nada es imposible.

AGRADECIMIENTOS A PATROCINADORES

Agradezco a mi padre Ulises Iñiguez, por su esfuerzo y apoyo financiero para darme una buena educación y permitir que mi deseo se cumpliera.

Agradezco al fondo de becas de la Escuela Agrícola Panamericana Zamorano por darme ayuda financiera durante mis estudios.

RESUMEN

Iñiguez, A. 2006. Efecto del período de espera, previo a la refrigeración de la canal de res, sobre sus características *postmortem*. Proyecto de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria, Escuela Agrícola Panamericana Zamorano, Honduras. 23 p.

La terneza es uno de los atributos de la carne más deseados por el consumidor. Uno de los factores que afectan la terneza de la carne es el manejo *postmortem* de la canal. La transformación de músculo a carne está relacionada con la temperatura, pH y carga microbiana que la canal puede alcanzar durante las horas *postmortem*. El objetivo del estudio fue analizar el efecto del tiempo de espera, para el enfriamiento de la canal de res, sobre sus características *postmortem*. Los objetivos específicos fueron analizar el descenso de temperatura, el pH, la terneza, los atributos sensoriales de la carne y el análisis microbiológico de la superficie de las canales de cada tratamiento. Los tratamientos fueron los períodos de espera previo a la refrigeración (de una a cuatro horas) y los análisis se realizaron a las 24 horas *postmortem*. Se realizó un diseño experimental de bloques completos al azar (BCA) y se analizó estadísticamente utilizando el programa estadístico SAS® V.9.1; efectuando un análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias Tukey para los tratamientos y una separación de medias Duncan para los bloques. En ambos casos fijando un nivel de significancia de $P < 0.05$. El tratamiento de cuatro horas de espera antes de refrigeración presentó una fuerza de corte significativamente menor en relación a los tratamientos de una y dos horas de espera, pero igual al de tres horas. Las canales de todos los tratamientos alcanzaron la temperatura de 4°C a las 13 horas *postmortem*. No hubo efecto de los distintos tratamientos en el pH de la carne y no se observaron diferencias significativas en los atributos sensoriales de los tratamientos. Todos los tratamientos se encontraron dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras.

Palabras Clave: Enfriamiento, terneza, toretes

Adela Acosta, D.C.T.A
Asesora Principal

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimiento a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Contenido.....	viii
	Índice de Cuadros.....	x
	Índice de Figuras.....	xi
	Índice de Anexos.....	xii
1	REVISIÓN DE LITERATURA.....	1
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	CONVERSIÓN DE MÚSCULO EN CARNE.....	2
1.3	RIGIDEZ CADAVÉRICA.....	2
1.4	EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL METABOLISMO DEL MÚSCULO.....	3
1.5	MICROORGANISMOS QUE AFECTAN LA CARNE.....	3
1.5.1	Mesófilos aerobios.....	4
1.5.2	Coliformes.....	4
2.	INTRODUCCIÓN.....	5
3.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	6
3.1	UBICACIÓN.....	6
3.2	MATERIALES Y EQUIPO.....	6
3.2.1	Materia prima.....	6
3.3	METODOLOGÍA.....	6
3.3.1	Diseño experimental.....	6
3.3.2	Análisis estadístico.....	6
3.3.3	Registro de temperatura del <i>longissimus dorsi</i>	7
3.3.4	Evaluación del pH del <i>longissimus dorsi</i>	7
3.3.5	Medición de textura del <i>longissimus dorsi</i>	7
3.3.6	Estudio microbiológico de la canal de res.....	7
3.3.6.1	Elaboración de muestras.....	7
3.3.6.2	Técnica de hisopado.....	7
3.3.6.3	Preparación de platos de muestra y siembra de muestras.....	8
3.3.6.4	Conteo de coliformes totales y mesófilos aerobios.....	8
3.3.7	Análisis sensorial de la carne de res a las 24 horas.....	8
3.3.7.1	Preparación de muestras.....	8

3.3.7.2	Evaluación del panel sensorial.....	9
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	10
4.1	REGISTRO DE TEMPERATURA DEL <i>longissimus dorsi</i>	10
4.2	EVALUACIÓN DEL pH DEL <i>longissimus dorsi</i>	12
4.3	MEDICIÓN DE LA TEXTURA DEL <i>longissimus dorsi</i>	12
4.4	ESTUDIO MICROBIOLÓGICO DE LA CANAL DE RES	13
4.5	ANÁLISIS SENSORIAL DE LA CARNE DE RES A LAS 24 HORAS	14
5.	CONCLUSIONES	16
6.	RECOMENDACIONES	17
7.	BIBLIOGRAFÍA	18
8.	ANEXOS	20

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Diseño de bloques completos al azar.....	7
2.	pH del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	12
3.	Fuerza de corte (Newtons) del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	13
4.	Conteos de mesófilos aerobios (Log_{10} UFC/cm ²) en la superficie de la canal a las 24 horas <i>postmortem</i>	13
5.	Conteos de coliformes totales (Log_{10} UFC/cm ²) en la superficie de la canal a las 24 horas <i>postmortem</i>	14
6.	Evaluación sensorial de la intensidad de sabor del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i> Análisis estadístico	14
7.	Evaluación sensorial del sabor de grasa en carne del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	14
8.	Evaluación sensorial de la terneza de la fibra muscular en el <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	15
9.	Evaluación sensorial de la cantidad de tejido conectivo en el <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	15
10.	Evaluación sensorial de la terneza general del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	15
11.	Evaluación sensorial de la jugosidad del <i>longissimus dorsi</i> a las 24 horas <i>postmortem</i>	15

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura

1.	Preparación de diluciones de las muestras de hisopado	8
2.	Registro de temperatura del tratamiento de 4 horas durante 5 semanas	10
3.	Registro de temperatura del tratamiento de 3 horas durante 5 semanas	11
4.	Registro de temperatura del tratamiento de 2 horas durante 5 semanas	11
5.	Registro de temperatura del tratamiento de 1 hora durante 5 semanas	12

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo

1. Marco usado para la toma de muestras microbiológicas de la canal..... 21
2. Zonas de muestreo en las canales de res para análisis microbiológico 22
3. Hoja de evaluación sensorial proporcionada a los panelistas 23

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES

De acuerdo a Miguel (2005) la calidad de la carne es un atributo que depende de la jugosidad, terneza, color y sabor. Según Koohmaraie (2005) para los consumidores la terneza es la principal propiedad organoléptica de la carne. Se puede definir a la terneza como la capacidad que tiene la carne de ser mordida y masticada.

La sensación de terneza se debe a tres elementos como la facilidad al masticar con la que se insertan los dientes en la carne, a la menor o mayor dificultad de desgarrar la carne en trozos y a los residuos presentes luego de masticar (American Meat Institute Foundation 1960; Lawrie 1991; Aberle y otros 2001; citado por Santrich 2006). De acuerdo a American Meat Institute Foundation (1960; citado por Santrich 2006) la dificultad de las fibras a romperse está expresada por la producción de fracciones, y la cantidad de residuos resulta del tejido conectivo que se encuentra en la carne.

Al ser la terneza el mayor atributo de calidad de la carne establecido por los consumidores no solo determina el precio de la carne, sino que también la clasificación en categorías comerciales de la carne resultante del despiece. Por lo anterior hay una relación positiva entre el precio de un corte de carne y su terneza. Por esta razón la industria cárnica debe buscar la uniformidad en este atributo apreciado por los consumidores.

Peluffó y Monteiro (2002) señalan que la terneza se ve influenciada por factores como ambientales, de manejo y genéticos. Tomando en cuenta dentro de los factores ambientales a la edad, sexo y alimentación del animal. Mientras que en los factores de manejo se pueden dividir en *antemortem* (principalmente el estrés causado al animal) y *postmortem*, en este último los componentes que influyen son la temperatura de almacenamiento, acortamiento por frío, tipo de almacenamiento y preparación de la carne. Los factores genéticos donde las herramientas de mejora genética son la selección dentro de razas y los cruzamientos.

Tal como establecen Morgan y otros (1991; citado por Acevedo 2004) la variabilidad de la terneza es debida al sistema de producción y de manejo *postmortem* de las canales bovinas. También se debe a los cambios físicos y químicos que ocurren durante la transformación del músculo en carne. Cuando el animal muere sus músculos son flácidos y extensibles; mientras que luego de pocas horas *postmortem* se torna rígido e inextensible, esto ocurre por el *rigor mortis* o rigidez cadavérica.

1.2 CONVERSIÓN DE MÚSCULO EN CARNE

Luego de la muerte del animal en el músculo se dan transformaciones y reacciones bioquímicas que dan como resultado la carne. Este proceso empieza con la exsanguinación del animal (muerte del animal), en el cual no existe oxígeno presente en el músculo por la falta de circulación de la sangre y se bloquea la síntesis de ATP. Debido a esta falta de energía, el músculo obtiene ésta por el metabolismo anaeróbico, consumiendo la reserva de glucógeno y provocando el aumento de ácido láctico (Monin 1998; citado por Asenjo 1999); además se libera calcio desde el retículo sarcoplásmico al espacio miofibrilar. Lo anterior conlleva a un descenso del pH, las proteínas musculares (actina y miosina) se unen irreversiblemente y por ello hay un acortamiento muscular.

Las características organolépticas y tecnológicas de la carne se ven afectadas por el pH a las 24 horas *postmortem* (pH final), esta velocidad es influenciada por las reservas de glucógeno presentes en el animal al momento del sacrificio (Warriss 2003). Entonces empieza una acidificación gradual, el pH del animal desciende de 7.2 hasta aproximadamente 5.5. Dransfield (1994; citado por Warriss 2003) establece que el proceso de acidificación en vacunos dura entre 15 y 36 horas.

Warriss (2003) afirma que si el glucógeno se ha consumido debido al estrés crónico por el que pasa el animal antes del sacrificio, el pH baja lentamente, si éste luego de 12 a 48 horas *postmortem* es igual o superior a 6 se determina que es una carne DCB (dark cutting beef, por sus siglas en inglés) obteniéndose cortes oscuros vacunos. En cambio, si el animal sufre de estrés previo al sacrificio su temperatura aumenta, agotándose rápidamente sus reservas de glucógeno. Debido a esto el pH desciende rápidamente, obteniendo a los 45 minutos *postmortem* un pH inferior a 6, entonces se dice que es una carne PSE (pálida, suave y exudativa).

1.3 RIGIDEZ CADAVÉRICA

Pearson y Young (1989; citado por Acevedo 2004) enfatizan que durante el proceso de conversión de músculo a carne hay cambios físicos y químicos como la formación de puentes cruzados entre filamentos de actina y miosina (actomiosina), los cuales son irreversibles en ausencia de energía (ATP). De acuerdo con Acevedo (2004) cuando el animal muere el músculo es flácido y extensible, pero con el paso de las horas se torna inextensible y rígido, dando comienzo al *rigor mortis*.

Warriss (2003) señala que el comienzo del *rigor mortis* es determinado por la disponibilidad de ATP y no por el pH. Además la velocidad en que éste se desenvuelve es menor si se enfría a la canal rápidamente. Etherington y otros (1987; citado por Warriss 2003) sostiene que el *rigor mortis* permanece más de 24 horas en músculos de vacunos. Luego de este período los músculos se ablandan. El ritmo de ablandamiento varía conforme a la temperatura y la especie. Se emblandece a temperaturas más altas, con ello si se aumenta en 10°C la terneza conseguida será más del doble.

El ablandamiento es resultado de la actividad de las enzimas proteolíticas que se encuentran en el músculo, las principales son las calpaínas y las catepsinas. Siendo las calpaínas las más importantes en carne de res la actividad de dicha enzima es inducida

por niveles elevados de calcio, pH y temperaturas altas, pero es inhibida por la calpastatina. Habiéndose liberado iones de calcio, el aumento de esta concentración activa las calpaínas dando inicio a la proteólisis. La acción de las calpaínas es inhibida al unirse con las calpastatinas, pero el calcio impide la inhibición (Warriss 2003).

El aumento de la proteólisis es estimulada por las calpaínas de los vacunos *Bos indicus* (cebuino) y *Bos taurus* (europeo) que se correlaciona con la textura. Hay mayor proteólisis en el *B. taurus* y por eso su carne es más tierna, mientras que los *B. indicus* tienen mayor actividad de calpastatina (Shackelford y otros 1991; citado por Warriss 2003).

1.4 EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE EL METABOLISMO DEL MÚSCULO

De acuerdo a lo establecido por Warriss (2003) el ritmo de enfriamiento de la carne tiene efecto sobre la microbiología, pérdida de peso y capacidad de retención de agua. La actividad enzimática es dependiente de la temperatura y el enfriamiento puede afectar el descenso de pH. El ritmo de descenso de pH depende de la temperatura del músculo. El ritmo mínimo (6.1) se da alrededor de los 10°C. Si la temperatura se aproxima a los 0°C aumenta el ritmo de descenso de pH. Si la temperatura aumenta a 37°C entonces se eleva el ritmo, obteniendo una relación curvilínea entre el descenso de pH y la temperatura.

Warriss (2003) establece que las calpaínas (enzimas proteolíticas) a temperatura de 0 a 40°C aumentan su velocidad de acción casi a más del doble cada 10°C de elevación de temperatura. Es decir, que si se mantienen temperaturas elevadas *post rigor* se puede lograr un ablandamiento rápido. Si la canal es enfriada por debajo de 10°C antes de la instauración del *rigor mortis* entonces se obtiene carne dura. Este es denominado como acortamiento por frío (Locker y Haygard 1963; citado por Warriss 2003). Según Forsythe y Hayes (2002) existe un acortamiento por frío si la velocidad de enfriamiento previo al *rigor* es rápida. Sin embargo, al someter a la carne a 15°C durante pocas horas se puede ablandar la carne.

La mayor actividad enzimática es conseguida a temperaturas de almacenamiento entre 10 y 25°C. Es decir que con altas temperaturas de almacenamiento aumentan las posibilidades de conseguir carne más tierna. Esto conlleva al uso de alternativas para cambiar la terneza durante la refrigeración de la canal (Peluffo y Rodríguez 2002; citado por Santrich 2006). No obstante las temperaturas elevadas aumentan el peligro de contaminación y crecimiento microbiano (Aberle y otros 2001; citado por Santrich 2006).

1.5 MICROORGANISMOS QUE AFECTAN A LA CARNE

Las canales deben ser enfriadas para conservarlas por más tiempo, debido a que la carne es un medio rico para el crecimiento de microorganismos. Por lo que la industria cárnica debe procurar mantener inocuidad e higiene en los productos. El descenso de pH ayuda a disminuir el desarrollo de microorganismos presentes en la superficie de la canal. Se dice que el interior de la carne es prácticamente estéril, pero la superficie de la canal es

afectada por el crecimiento microbiano debido a la manipulación de las canales durante el sacrificio y en los procesos posteriores. Dentro de los principales microorganismos que afectan a la carne están los mesófilos aerobios y los coliformes.

1.5.1 Mesófilos aerobios

Son bacterias que determinan el grado de exposición del agua a la contaminación por microorganismos, su temperatura óptima de crecimiento se encuentra entre los 20 y 37°C y se desarrollan en presencia de oxígeno (Libby 1986; citado por Ruiz 2005). La Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) de Honduras (2000) establece en el reglamento de inspecciones de carnes y productos cárnicos, acuerdo No. 078-00, los criterios microbiológicos para carne fresca y canales de res y cerdo, donde se define que el límite de colonias aerobias totales no debe ser mayor de 500,000 UFC/cm² (unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado).

1.5.2 Coliformes

Son bacterias anaerobias facultativas que tienen características bioquímicas en común y son importantes como indicadores de contaminación de agua y alimentos. Los más importantes de esta especie son los coliformes fecales (Mead y otros 1999; Bryan 1998; citado por Ruiz 2005).

La Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) de Honduras (2000) establece en el reglamento de inspecciones de carnes y productos cárnicos, acuerdo No. 078-00, los criterios microbiológicos para carne fresca y canales de res y cerdo, los cuales no pueden sobrepasar el límite de 500 UFC/ml (unidades formadoras de colonias por mililitro) y 100 UFC/cm² (unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado).

2. INTRODUCCIÓN

La terneza de la carne es el atributo principal de aceptación del consumidor, motivo por el cual la industria cárnica se esfuerza constantemente por conseguir uniformidad y calidad en ésta propiedad. Según Morgan y otros (1991; citado por Acevedo 2004) establecen que el manejo *postmortem* de las canales de res alteran la terneza.

La carne de res tiene mayor variabilidad en terneza, en comparación con la carne de cerdo, debido a que los animales se sacrifican a mayor edad, el colágeno es más maduro y menos soluble, y además el tejido muscular tiene más calpastatina (inhibidor de la calpaína, enzima proteolítica).

De acuerdo a Garniz (1994) el organismo empieza a deteriorarse con la muerte del animal, pero gracias a la práctica de normas higiénico-sanitarias y a emplear los métodos de conservación se evita la pudrición. Es una evolución natural o maduración que induce a la terneza, optimiza la jugosidad y el sabor de la carne.

El *rigor mortis* es un proceso natural que aparece de 3 a 4 horas después de la muerte del animal; esta rigidez es causada por un cambio químico en los músculos y tiene un efecto completo después de 12 horas. La transformación de músculo a carne posee una relación compleja entre la temperatura, pH y carga microbiana que la canal puede alcanzar durante las horas *postmortem*.

De acuerdo a Warriss (2003) el ritmo de enfriamiento de la canal se relaciona con la actividad enzimática, ya que esta última depende de la temperatura; asimismo la caída de pH es afectada por el grado de enfriamiento. Igualmente el ritmo de caída de pH está ligado a la temperatura en los músculos. Por lo que si se demora el tiempo de exposición de la canal a bajas temperaturas se podría obtener mayor terneza. Esto porque la contracción y ablandamiento dependen de la temperatura. Es decir, que si se controlan la temperatura de exposición de la canal a refrigeración, las condiciones higiénico-sanitarias, de temperatura y de pH se logrará obtener una carne de res más suave.

El objetivo general del estudio fue analizar el efecto del tiempo de espera, para el enfriamiento de la canal de res, sobre sus características *postmortem*. Los objetivos específicos fueron analizar el descenso de temperatura, el pH, la terneza, los atributos sensoriales de la carne y el análisis microbiológico de la superficie de las canales de cada tratamiento.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN

Este estudio se realizó en la Planta de Industrias Cárnicas de Zamorano. El análisis de textura fue elaborado en el Centro de Evaluación de Alimentos (CEA), mientras que la evaluación sensorial se ejecutó en la Planta Agroindustrial de Investigación y Desarrollo (PAID). Para efectuar el análisis microbiológico se usaron las instalaciones del Laboratorio de Microbiología. Todos los centros anteriormente mencionados pertenecen a la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano.

3.2 MATERIALES Y EQUIPO

3.2.1 Materia prima

Se utilizó un lote homogéneo de toretes menores de 30 meses. Para la toma de muestras del estudio se utilizó el músculo *longissimus dorsi* en el ojo del lomo entre la doceava y treceava costilla y el análisis microbiológico se realizó en la superficie de las medias canales de todos los tratamientos.

3.3 METODOLOGÍA

3.3.1 Diseño experimental

Se usó un diseño de bloques completos al azar (BCA), utilizando como tratamientos el tiempo de espera de la res una vez sacrificada (canal) para la entrada de la canal al cuarto frío y los bloques fueron las repeticiones por semanas. Se evaluaron cuatro tratamientos de 1, 2, 3 y 4 horas de espera antes de que la canal entrara al cuarto frío y los bloques son las 5 semanas durante las cuales se repitió el experimento. En total se obtuvieron 20 unidades experimentales (Cuadro 1). Las variables evaluadas fueron la textura a las 24 horas, pH a las 24 horas, atributos sensoriales a las 24 horas (jugosidad, cantidad de tejido conectivo, terneza de fibra muscular, terneza general, intensidad de sabor en general y sabor de grasa en carne) y la carga microbiana a las 24 horas.

3.3.2 Análisis estadístico

En todas las variables se efectuó un análisis de varianza (ANDEVA) con separación de medias Tukey para las horas y separación de medias Duncan para las semanas. Empleando el modelo lineal general (GLM) del Sistema de Análisis Estadístico (SAS®), versión 9.1, determinando un nivel de significancia de $P < 0.05$.

Cuadro 1. Diseño de bloques completos al azar.

Tratamiento	Semanas				
	1	2	3	4	5
4 horas (a)	1a	2a	3a	4a	5a
3 horas (b)	1b	2b	3b	4b	5b
2 horas (c)	1c	2c	3c	4c	5c
1 hora (d)	1d	2d	3d	4d	5d

3.3.3 Registro de temperatura del *longissimus dorsi*

El registro se realizó tomando como tiempo cero la hora en que se degolló a la res (muerte del animal) y se midió la temperatura en el *longissimus dorsi* entre la doceava y treceava costilla con el termómetro infrarrojo COMARK C914, luego de una hora *postmortem* y cada hora hasta cumplir las 8 horas. Después del período inicial de las 8 horas se registró la temperatura cada 2 horas hasta que la canal llegó a 4°C. A las 24 horas *postmortem* se tomó la temperatura final de la canal.

3.3.4 Evaluación del pH del *longissimus dorsi*

A las 24 horas *postmortem* se realizó un corte en el músculo *longissimus dorsi* entre la doceava y treceava costilla. Para medir el pH se tomaron 10 g muestra, luego se añadieron 100 ml de agua destilada y se molió en la licuadora durante 10 min. Se filtró la mezcla de carne para eliminar tejido conectivo y finalmente se midió el pH con el potenciómetro Waterproof pHTestr 2 Oakton®; entre cada muestra se enjuagó el potenciómetro con agua destilada (Guerrero y Arteaga 1998).

3.3.5 Medición de la textura del *longissimus dorsi*

Para determinar la textura del *longissimus dorsi* en el ojo del lomo entre la doceava y treceava costilla se utilizó el INSTRON 4444® con Acople Warner Bratzler. Se utilizó un cubo de 2x2x2 cm, realizando las mediciones por duplicado y usando el promedio de ambas muestras. El valor fue registrado en unidades de Newtons.

3.3.6 Estudio microbiológico de la canal de res

3.3.6.1 Elaboración de muestras: Para el estudio microbiológico de la superficie de la canal de res se utilizó un hisopado de superficie en el pecho (*pectoralis profundus*, *pectoralis superficiales* y *serratus ventralis*) y la pierna (músculos *semitendinosus*, *semimembranosus* y *biceps femoris*). Este muestreo se realizó por medio de la técnica de hisopado, siguiendo el método 991.14 establecido por la AOAC (1995) para muestreo de canales de res y cerdo (USDA 1996).

3.3.6.2 Técnica de hisopado: Se colocó cuidadosamente el marco estéril, de 100 cm² de área interna (Anexo 1), sobre las zonas a muestrear en las canales de res (Anexo 2). El hisopo estéril fue sumergido en un tubo de ensayo con 10 ml de agua peptonada

(catálogo #DF 1807-17-6, Fisher Scientific) y luego fue frotado 10 veces en el área interna del marco estéril en dirección vertical y horizontal. Después fue colocado en un tubo estéril (catálogo #05-529-1C, Fisher Scientific) donde se agregaron 10 ml de agua peptonada. Posteriormente las muestras recolectadas fueron almacenadas a 4°C hasta ser analizadas antes de 24 horas. Se realizaron diluciones en tubos de ensayo de 9 ml con agua peptonada, tomando 1 ml del tubo con la muestra y colocándolo en un tubo de 9 ml; siendo ésta la dilución 10^{-1} . Se agitó el tubo de la dilución 10^{-1} y se extrajo 1 ml añadiéndolo a un tubo de 9 ml con agua peptonada, obteniendo la dilución 10^{-2} , etc. Este procedimiento se realizó hasta obtener 3 diluciones (Figura 1).

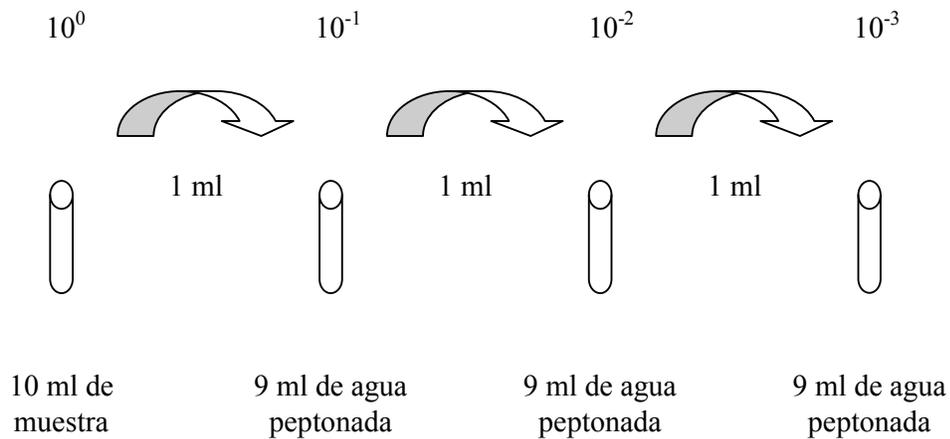


Figura 1. Preparación de diluciones de las muestras de hisopado.

3.3.6.3 Preparación de platos de muestra y siembra de muestras: A continuación de las diluciones se realizó la siembra en duplicado de cada muestra. La siembra se efectuó por medio de la técnica de plato vertido (Pour Plate), que consiste en colocar 1 ml de la dilución en agar violeta rojo bilis “VRBA” (catálogo #DF 0012-17, Fisher Scientific) para reconocer coliformes totales y agar para conteos en placa “PCA” (catálogo #DF 21778-26, Fisher Scientific) para la identificación de mesófilos aerobios. Luego de colocar la muestra en los platos petri se homogenizaron con movimientos circulares y se esperó hasta que gelifique el medio. Después de preparar los platos se incubaron durante 24 horas a 35°C.

3.3.6.4 Conteo de coliformes totales y mesófilos aerobios: Después de 24 horas de incubación se prosiguió al conteo de las colonias encontradas en los platos y se recolectaron los datos obtenidos. Dichos datos se reportaron en UFC/cm².

3.3.7 Análisis sensorial de la carne de res a las 24 horas

3.3.7.1 Preparación de muestras: Un bistec del *longissimus dorsi* extraído de la espina dorsal entre las vértebras de la doceava y treceava costilla se cocinó en un sartén hasta alcanzar 72°C. La temperatura de cocción se midió en el centro geotérmico del producto utilizando el termómetro de incursión BIG RED™. Luego se

cortaron las muestras de los lomos en cubos iguales de 2x2x2 cm y se añadió 1 g de sal para su posterior evaluación.

3.3.7.2 Evaluación del panel sensorial: Las muestras de los diferentes tratamientos se colocaron en platos con códigos numéricos al azar para identificarlas. En cada cabina los panelistas tenían un vaso con agua y galletas soda para limpiar el paladar entre cada muestra, un plato con las cuatro diferentes muestras y la hoja para evaluar las características de las muestras (Anexo 3). Los atributos evaluados por los panelistas fueron jugosidad, cantidad de tejido conectivo, terneza de fibra muscular, terneza general, intensidad de sabor en general y sabor de grasa en carne y se evaluaron con una escala numérica de 1 a 8 para cada atributo.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 REGISTRO DE TEMPERATURA DEL *longissimus dorsi*

Al observar las Figuras 2, 3, 4 y 5 se puede notar que en todos los tratamientos la temperatura de conservación (4°C) fue alcanzada a las 24 horas como exigen los parámetros de inocuidad (USDA, 1996).

Aunque la tendencia es muy clara de descenso de temperatura exponencialmente, debido a la temperatura de 1°C en el ambiente del cuarto frío, existe cierta fluctuación en el descenso dentro de un mismo tratamiento en relación a distintas semanas. Al observar todas las gráficas se denota el comportamiento distinto de la semana cuatro para cada uno de los cuatro tratamientos. Esto se debió a que en esta semana el cuarto frío donde se colocaron las canales estaba vacío, por ello la disipación de calor fue más rápida ya que las canales tenían más espacio en contacto con el aire frío.

Según Warriss (2003) los factores que influyen en el descenso de temperatura de la canal son el tamaño de la canal, la cobertura de tejido adiposo subcutáneo y la circulación del aire frío en la superficie. Por ello el manejo de la carga del cuarto frío debe ser constante para que no haya problemas con el enfriamiento de las canales en el tiempo necesario para su conservación.

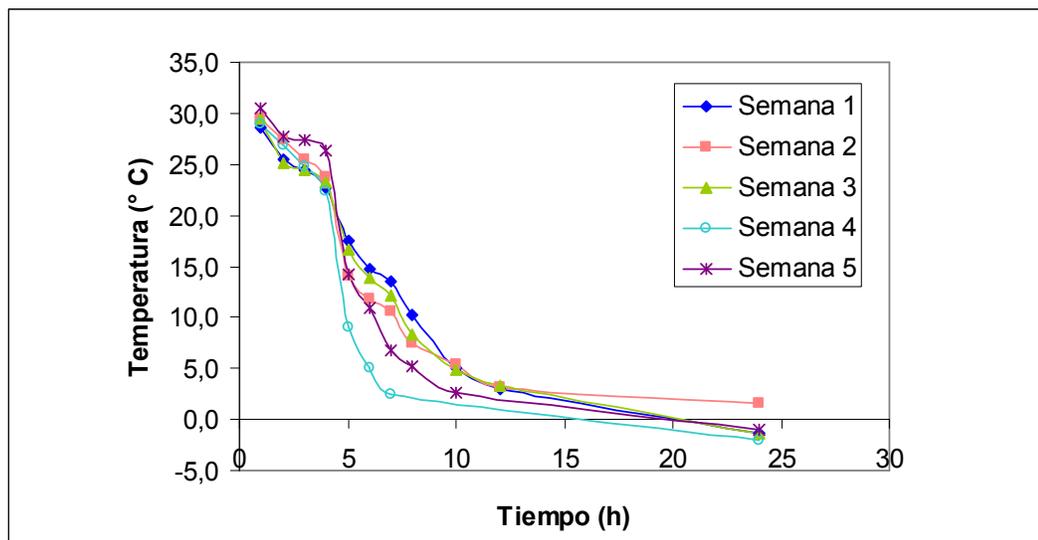


Figura 2. Registro de temperatura del tratamiento de 4 horas durante 5 semanas.

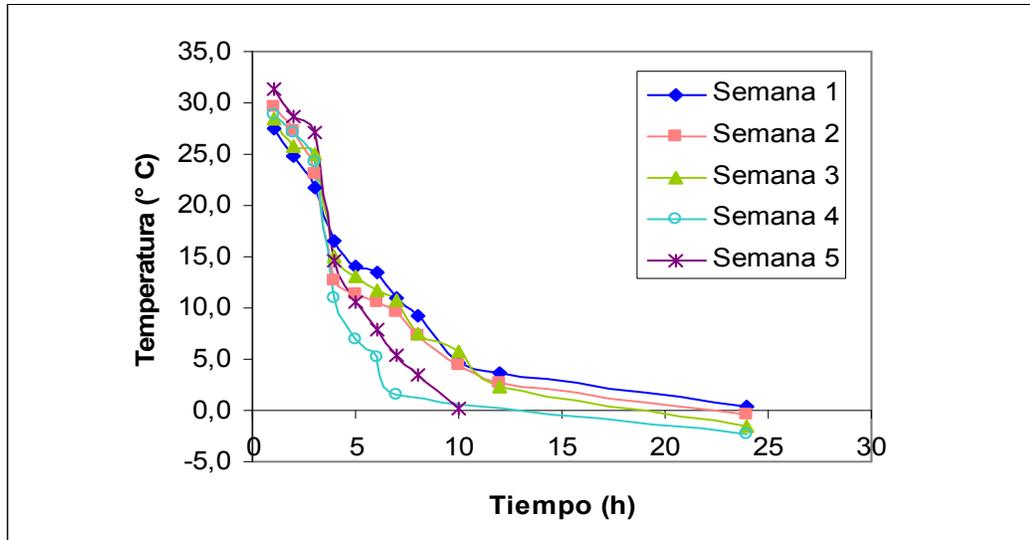


Figura 3. Registro de temperatura del tratamiento de 3 horas durante 5 semanas.

Al observar los registros de temperatura se puede concluir que luego de 13 horas *postmortem* todas las canales de los tratamientos habían alcanzado una temperatura alrededor de 4°C y luego de 24 horas se encontraban por debajo de ella. Con ello se puede inferir que la Planta de Industrias Cárnicas de Zamorano debe tratar descender la temperatura a 4°C luego de 10 horas, esto se puede lograr con un mejor manejo de los cuartos fríos (dejar cerradas las puertas del cuarto frío, mantener una carga similar dentro de él y control del buen funcionamiento de los equipos de enfriamiento).

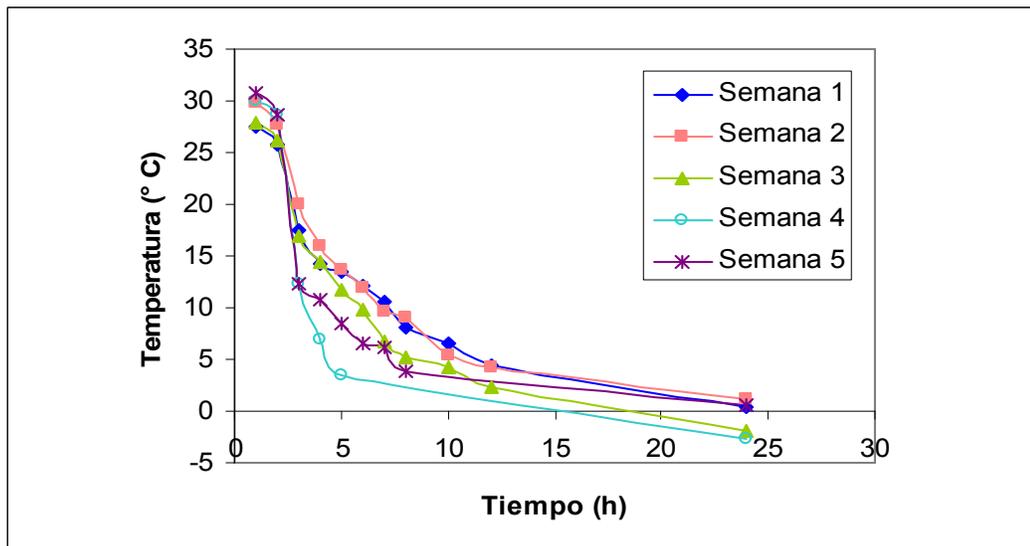


Figura 4. Registro de temperatura del tratamiento de 2 horas durante 5 semanas.

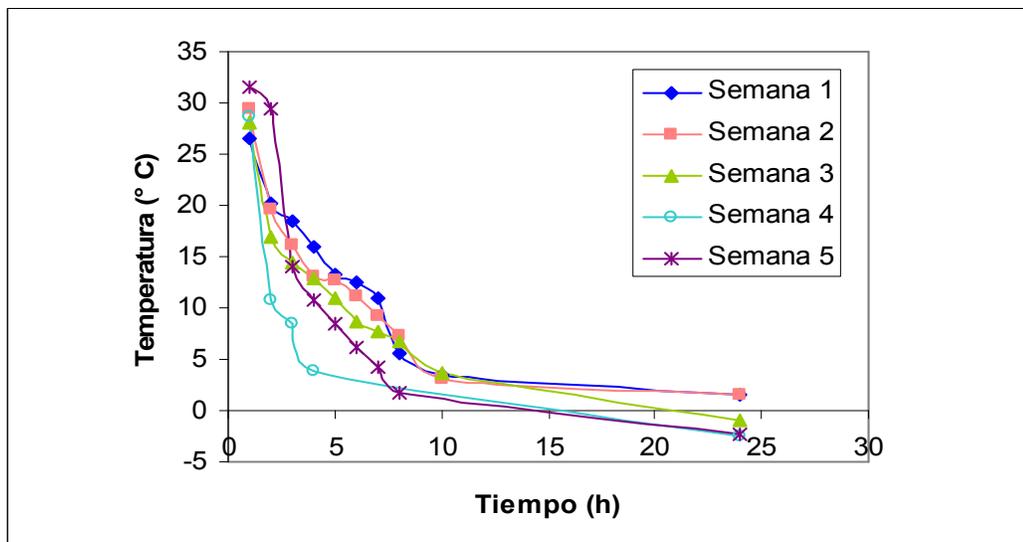


Figura 5. Registro de temperatura del tratamiento de 1 hora durante 5 semanas.

4.2 EVALUACIÓN DEL pH DEL *longissimus dorsi*

En el Cuadro 2 se presentan los resultados del análisis estadístico de la evaluación de pH, se denotó que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los tratamientos, es decir que la disminución de pH se encontró similar en todos los tratamientos. Además todos los tratamientos se encontraron dentro de los parámetros normales de pH, sin obtenerse alteraciones en las características de la carne como la carne PSE o DFD.

El animal vivo tiene un pH de aproximadamente 7 y luego de 18 a 24 horas *postmortem* presenta un pH alrededor de 5.4 a 5.7. Si después de una hora *postmortem* se tiene un pH de 5.8 entonces la carne será PSE (pálida, suave y exudativa). Mientras que se obtendrá una carne DCB (carne vacuna oscura al corte o dark cutting beef, pos sus siglas en inglés) si el pH desciende hasta valores de aproximadamente 6.2 a 6.5 (Eutech Instruments, 1997).

Cuadro 2. pH del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	pH (Media \pm DE)	Separación de medias*
1 hora	5.94 \pm 0.43	A
2 horas	5.88 \pm 0.50	A
3 horas	5.88 \pm 0.53	A
4 horas	5.82 \pm 0.28	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

4.3 MEDICIÓN DE LA TEXTURA DEL *longissimus dorsi*

El Cuadro 3 muestra que el tratamiento de 4 horas tiene una textura que necesita significativamente ($P < 0.05$) menor fuerza al corte, es decir es más suave, en comparación de los tratamientos de 1 y 2 horas; pero se observa que es igual al

tratamiento de tres horas. De acuerdo a lo que establece Warris (2003) el acondicionar a las canales a 15°C durante pocas horas neutraliza el acortamiento por frío y luego se puede almacenar a las canales a temperatura de refrigeración.

Cuadro 3. Fuerza de corte (Newtons) del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Newtons (Media ± DE)	Separación de medias*
1 hora	159.28 ± 22.22	A
2 horas	144.54 ± 16.86	AB
3 horas	115.18 ± 31.69	BC
4 horas	105.70 ± 31.36	C

*Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes (P<0.05)

4.4 ESTUDIO MICROBIOLÓGICO DE LA CANAL DE RES

En los Cuadros 4 y 5 se expresan los resultados obtenidos por el análisis estadístico. Este estudio reveló que la carga de mesófilos aerobios y coliformes totales de todos los tratamientos no tienen diferencia significativa (P<0.05). Además, los valores se encuentran dentro de los límites permitidos por la Secretaría de Agricultura y Ganadería, la cantidad de coliformes totales no debe exceder de 100 UFC/cm² (unidades formadoras de colonias por centímetro cuadrado); y que el límite total de mesófilos aerobios presentes en la canal es de 500,000 UFC/cm² (SAG 2000).

Cuadro 4. Conteos de mesófilos aerobios (Log₁₀ UFC/cm²) en la superficie de la canal a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Log ₁₀ UFC/cm ² (Media ± DE)	Separación de medias*
1 hora	2.15 ± 0.65	A
2 horas	1.97 ± 0.79	A
3 horas	2.27 ± 0.40	A
4 horas	1.98 ± 0.26	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales (P>0.05)

500,000 UFC/cm² (SAG, 2000) ≈ 5.7 Log₁₀ UFC/cm²

Cuadro 5. Conteos de coliformes totales (Log₁₀ UFC/cm²) en la superficie de la canal a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Log ₁₀ UFC/cm ² (Media ± DE)	Separación de medias*
1 hora	0.23 ± 0.36	A
2 horas	0.42 ± 0.49	A
3 horas	0.23 ± 0.36	A
4 horas	0.38 ± 0.60	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales (P>0.05)

100 UFC/cm² (SAG, 2000) ≈ 2 Log₁₀ UFC/cm²

4.5 ANÁLISIS SENSORIAL DE LA CARNE DE RES A LAS 24 HORAS

Los panelistas no percibieron diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las muestras de los diferentes tratamientos en lo que corresponde a los atributos de intensidad de sabor en general, terneza de fibra muscular, terneza general y jugosidad (Cuadros 6 a 11). Sin embargo se observó diferencia significativa ($P < 0.05$) distinguida por los panelistas en cuanto a cantidad de tejido conectivo en el tratamiento de 4 horas en comparación a los de 1 y 2 horas, siendo el de 4 horas el considerado con menos tejido conectivo.

Con estos resultados se puede argumentar que la terneza de la carne al ser evaluada sensorialmente, es afectada por factores como la jugosidad y el contenido de grasa que ayudan a percibir mayor terneza (Lyon y Lyon 1998; citado por Ramos 2005).

Cuadro 6. Evaluación sensorial de la intensidad de sabor del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	4.90 \pm 1.13	A
2 horas	4.66 \pm 0.83	A
3 horas	4.36 \pm 0.72	A
4 horas	4.30 \pm 0.71	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Extremadamente suave 8= Extremadamente intenso

Cuadro 7. Evaluación sensorial del sabor de grasa en carne del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	4.24 \pm 0.53	A
2 horas	3.70 \pm 0.41	AB
3 horas	3.38 \pm 0.25	B
4 horas	3.38 \pm 0.51	B

*Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Extremadamente suave 8= Extremadamente intenso

Cuadro 8. Evaluación sensorial de la terneza de la fibra muscular en el *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	4.48 \pm 0.22	A
2 horas	4.42 \pm 0.88	A
3 horas	4.10 \pm 1.05	A
4 horas	4.06 \pm 0.81	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Extremadamente duro 8= Extremadamente suave

Cuadro 9. Evaluación sensorial de la cantidad de tejido conectivo en el *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	5.76 \pm 0.74	A
2 horas	5.72 \pm 0.32	A
3 horas	5.50 \pm 0.40	AB
4 horas	4.84 \pm 0.42	B

*Promedios con letras diferentes son estadísticamente diferentes ($P < 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Abundante 8= Nada

Cuadro 10. Evaluación sensorial de la terneza general del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	4.42 \pm 0.23	A
2 horas	4.34 \pm 0.78	A
3 horas	4.30 \pm 0.83	A
4 horas	4.24 \pm 0.66	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Extremadamente duro 8= Extremadamente suave

Cuadro 11. Evaluación sensorial de la jugosidad del *longissimus dorsi* a las 24 horas *postmortem*.

Tratamientos	Media \pm DE	Separación de medias*
1 hora	4.94 \pm 0.89	A
2 horas	4.82 \pm 1.22	A
3 horas	4.78 \pm 1.03	A
4 horas	4.46 \pm 0.72	A

*Promedios con letras iguales son estadísticamente iguales ($P > 0.05$)

Escala \rightarrow 1= Extremadamente seco 8= Extremadamente jugoso

5. CONCLUSIONES

El tratamiento de cuatro horas de espera antes de refrigeración presentó una fuerza de corte significativamente menor en relación a los tratamientos de una y dos horas de espera, pero igual al de tres horas.

Todos los tratamientos alcanzaron una temperatura de 4°C a las 13 horas *postmortem*.

Todos los tratamientos se encontraron dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras para canales de res.

El tratamiento de espera de enfriamiento no afectó el pH de la canal a las 24 horas *postmortem*.

Sensorialmente no se percibieron diferencias significativas entre tratamientos.

6. RECOMENDACIONES

Mantener una cantidad de carga estable en el cuarto frío, para que esto no sea un factor que altere el análisis y se tengan condiciones constantes de temperatura.

Se recomienda el uso del tratamiento de tres horas de espera antes de enfriar a la canal porque obtuvo la misma terneza que el tratamiento de cuatro horas y además se encuentra dentro de los parámetros microbiológicos establecidos por la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras.

7. BIBLIOGRAFÍA

Acevedo, M. 2004. Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor (en línea). Consultado 19 nov. 2005. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/acevedosalinas.pdf>

Asenjo, 1999. Efecto de la raza y de la alimentación en los parámetros productivos y de calidad de canal y de carne en añajos de razas charolés y serrana Soriana (en línea). Consultado 15 sep. 2006. Disponible en: <http://descargas.cervantesvirtual.com/servlet/SirveObras/02460397100026617400080/008096.pdf>

Eutech Instruments Pte Ltd. 1997. Measuring the pH value of meat (en línea). Consultado 28 sep. 2006. Disponible en: <http://www.eutechinst.com/techtips/techtips35.htm>

Forsythe, S y Hayes, P. 2002. Higiene de los alimentos, microbiología y HACCP. Trad. B Sanz. 2 ed. Zaragoza, ES, Acriba. 489 p.

Garniz, A. 1994. Colgado de la res y terneza de la carne (en línea). Consultado 5 nov. 2005. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/16-colgado_de_la_res_y_terneza_de_la_carne.htm

Guerrero, I y Ateaga, M. 1998. Tecnología de carnes: elaboración y preservación de productos cárnicos. México D. F., MX, Trillas. 94 p.

Koohmaraie, M. 2005. Bases biológicas para determinar terneza (en línea). Consultado 25 oct. 2006. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/59-bases_biologicas_terneza.htm

Miguel, C. 2005. Terneza una cualidad preciada (en línea). Consultado 25 oct. 2006. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/57-la_terneza.htm

Peluffo, M y Monteiro, M. 2002. Terneza: una característica a tener en cuenta (en línea). Consultado 15 jun. 2006. Disponible en: http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/02-terneza.htm

Ramos, A. 2005. Efecto del método de congelamiento sobre las características fisicoquímicas y organolépticas de la carne de pechuga de pollo (en línea). Consultado 5 nov. 2005. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/ramoshernandez.pdf>

Ruiz, A. 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 Ing. Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. 43 p.

SAG (Secretaría de Agricultura y Ganadería, HN). 2000. Reglamento de inspecciones de carnes y productos cárnicos, Acuerdo No. 078-00. La Gaceta, Tegucigalpa, HN, feb. 15:49.

Santrich, D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico (en línea). Consultado 18 oct. 2006. Disponible en: <http://grad.uprm.edu/tesis/santrichvacca.pdf>

USDA (Department of Agriculture, US) 1996. Cooling and Chilling Requirements for Raw Meat and Poultry (en línea). Consultado 31 oct. 2006. Disponible en: <http://www.fsis.usda.gov/OA/fr/rule2.pdf>

USDA (Department of Agriculture, US) 1996. Guidelines for Sample Collectors/Microbiologists (en línea). Consultado 6 nov. 2005. Disponible en: <http://www.fsis.usda.gov/OA/fr/rule3.pdf>

Warriss, P. 2003. Ciencia de la carne. Trad. JR Carrascal y R Cava. Zaragoza, ES, Acribia. 309 p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Marco usado para la toma de muestras microbiológicas de la canal.

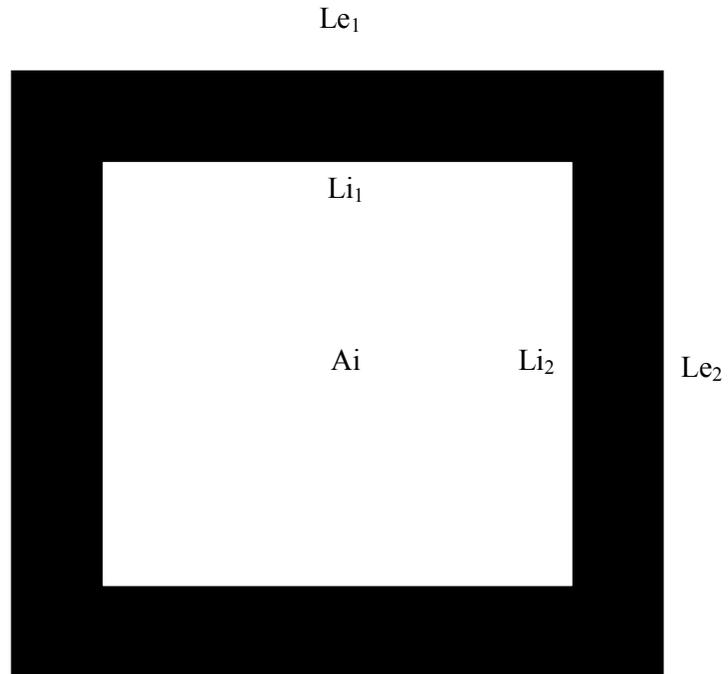
Le₁: Lado externo que mide 12 cm

Le₂: Lado externo que mide 12 cm

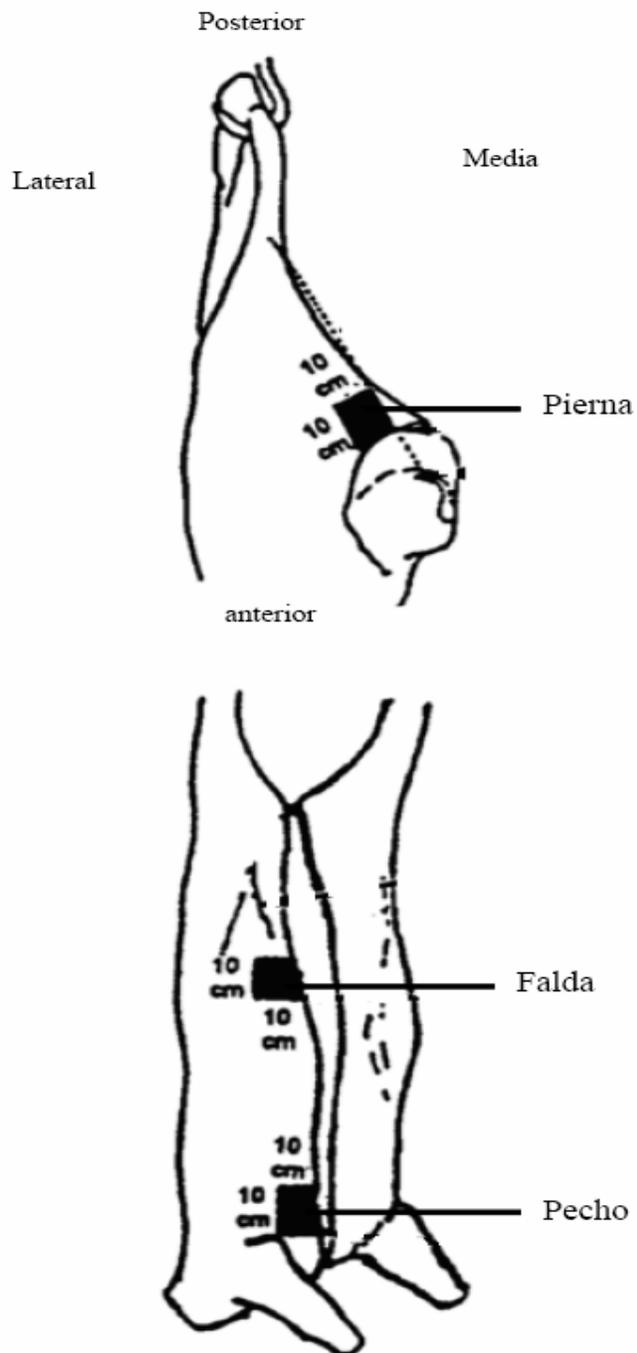
Li₁: Lado interno que mide 10 cm

Li₂: Lado interno que mide 10 cm

Ai: Área interna que mide 100 cm²



Anexo 2. Zonas de muestreo en las canales de res para análisis microbiológico.



Fuente: Federal Register, Vol. 61, No. 144, Rules and Regulations. AOAC (1995) method 991.14 (USDA 1996).

Anexo 3. Hoja de evaluación sensorial proporcionada a los panelistas.

Muestra	Jugosidad	Terneza de fibra muscular	Terneza general	Cantidad de tejido conectivo	Intensidad de sabor en general	Sabor de grasa en carne

JUGOSIDAD

8. Extremadamente jugoso
7. Muy jugoso
6. Moderadamente jugoso
5. Poco jugoso
4. Poco seco
3. Moderadamente seco
2. Muy seco
1. Extremadamente seco

INTENSIDAD DE SABOR

8. Extremadamente intenso
7. Muy intenso
6. Moderadamente intenso
5. Poco intenso
4. Poco suave
3. Moderadamente suave
2. Muy suave
1. Extremadamente suave

FIBRA/TERNEZA GENERAL

8. Extremadamente suave
7. Muy suave
6. Moderadamente suave
5. Poco suave
4. Poco duro
3. Moderadamente duro
2. Muy duro
1. Extremadamente duro

TEJIDO CONECTIVO

8. Nada
7. Prácticamente nada
6. Trazas
5. Poco
4. Moderado
3. Poco abundante
2. Moderadamente abundante
1. Abundante