

**EVALUACIÓN DE LOS ATRIBUTOS PRINCIPALES DE CALIDAD DE LA
CARNE DE RES DE ORIGEN LOCAL E IMPORTADA, SEGÚN SE OFRECE
AL CONSUMIDOR**

Por

Maribel Acevedo Salinas

Tesis sometida en cumplimiento parcial
de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS

en

Ciencia y Tecnología de Alimentos

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ
2004**

Aprobado por:

Raúl E. Macchiavelli, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Edna Negrón, Ph.D.
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Danilo Cianzio, Ph.D.
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Aixa Rivera, M.S.
Representante de Estudios Graduados

Fecha

Edna Negrón, Ph.D.
Coordinadora Programa Ciencia y Tecnología de Alimentos

Fecha

ABSTRACT

Beef consumed in Puerto Rico comes principally from the United States and Central America and it is believed that the quality is better than the local product. In this investigation three beef muscles (*longissimus dorsi*, *semitendinosus* and *semimembranosus*) from three origins (United States, Costa Rica and Puerto Rico) obtained at three supermarket chains of the Mayagüez City were analyzed for their quality attributes (tenderness, color, juiciness and fat content). Based on the results, it was concluded the following:

1. The country of origin had significant effect on the tenderness of the cooked meat ($P < 0.05$) measured with the Warner Bratzler (WB) and sensory panel. The means showed that the meat from United States of America (USA) and Costa Rica (CR) were tenderer than that from Puerto Rico (PR).
2. A significant difference ($P < 0.05$) was found in the amount of fat in the muscle by country. Meat from the USA had the highest level of intramuscular fat content.
3. Warner Bratzler and sensorial panel measurements showed the *longissimus dorsi* (*loin eye*) muscle as the most tender ($P < 0.05$).
4. The sensory panel indicated that the *semimembranosus* (*top round*) was the least tender muscle ($P < 0.05$).

RESUMEN

La carne que se consume en Puerto Rico proviene principalmente de Estados Unidos y América Central y se estima que es de mejor calidad que el producto local. En esta investigación se analizaron los atributos de calidad (terneza, color, jugosidad y contenido de grasa) de tres músculos (*longissimus dorsi*, *semitendinosus* y *semimembranosus*) de los principales supermercados de la ciudad de Mayagüez, Puerto Rico. Basándose en los resultados obtenidos se concluyó lo siguiente:

1. El país de origen tuvo un efecto significativo sobre la terneza de la carne cocida ($P < 0.05$) medido por el WB y panel de probadores. Los promedios indicaron que los cortes de carne procedentes de Estados Unidos (EU) y Costa Rica (CR) eran más tiernos que los de Puerto Rico (PR).
2. Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el contenido de grasa de los músculos según el país de origen, siendo los cortes de EU los de mayor contenido de grasa.
3. Las medidas, tanto del panel sensorial como las del Warner Braztler coinciden en que el *longissimus dorsi* (lomillo) fue significativamente ($P < 0.05$) el más tierno.
4. El panel sensorial indicó que el músculo *semimembranosus* (masa redonda) fue el menos tierno ($P < 0.05$).

DEDICATORIA

A mis hijos; Diego y Edgardo Andrés, mis más preciados regalos de vida e inspiración.

AGRADECIMIENTOS

Gracias, a ti mi Dios por la fortaleza que me haz dado a través de todo el camino que he recorrido.

A mi gran amiga Onilda. Gracias por dedicarme tu tiempo y tu asesoramiento, por tus palabras de aliento y tu apoyo incondicional.

A Hilda Irizarry y María de Lourdes, gracias por asesorarme en la metodología de esta investigación.

A mi esposo, Edgardo por estar siempre a mi lado y regalarme a mis hijos.

A mis padres y hermanos por estar junto a mí y siempre creer en mí.

Al Dr. Danilo Cianzio, Dr. Raúl Macchiavelli y Dra. Edna Negrón por su cooperación y asesoramiento para el desarrollo, preparación y redacción de esta investigación. Gracias por brindarme de su tiempo y compartir su sabiduría.

Al Programa de Ciencias y Tecnología de Alimentos y al Departamento de Industrias Pecuarias por la ayuda económica y por permitirme el uso de sus facilidades.

A Carmen Withers y Miguel Rivera por proveerme los recursos económicos necesarios.

Al Sr. Carlos Garay y al Sr. José Mulero, de la oficina de Estadísticas Agrícolas, por proveerme la información necesaria de una manera rápida y excelente.

Al personal del Departamento de Carnes de las cadenas de supermercados Pueblo, Grande y Mr. Special por su compromiso para brindarme siempre lo mejor.

A los panelistas (Amariliz, Ana, Ángel, Célida, Edna, Eric, Guillermo, Haymeé, John, Lynette, María de L., Miguel, Mónica y Shyara) gracias por su compromiso para que esta investigación culminara. Ustedes fueron parte integral e importante en esta investigación, mil gracias.

A mis amigas Onilda, María de Lourdes, Lynette y Lina gracias por su apoyo y hermosa amistad.

A todos los que me acompañaron a lo largo del camino y contribuyeron para que este sueño fuera realidad.

TABLA DE CONTENIDO

	PÁGINA
Lista de Cuadros	ix
Lista de Apéndices	x
Introducción	1
Objetivos	7
Revisión de Literatura	8
Materiales y Métodos	17
Obtención de muestras	17
Determinación de pH	18
Determinación de color	18
Determinación de terneza	19
Warner Bratzler	19
Análisis sensorial	20
Análisis proximal	21
Determinación de humedad	21
Determinación de grasa cruda (Extracción por el método de Soxhlet)	22
Análisis estadístico	24
Modelo # 1 - Carne procedente de Puerto Rico, Estados Unidos y Costa Rica	24
Modelo # 2 - Carne procedente de Puerto Rico solamente	25

Modelo # 3 - Carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos	26
Resultados y Discusión	28
Modelo # 1 - Carne procedente de Puerto Rico, Estados Unidos y Costa Rica	28
Modelo # 2 - Carne procedente de Puerto Rico solamente	40
Modelo # 3 - Carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos	49
Conclusiones	57
Recomendaciones	59
Bibliografía	60
Apéndices	67

LISTA DE CUADROS

CUADRO	PÁGINA
1. Análisis de varianza para la carne de tres países de procedencia	25
2. Análisis de varianza para carne procedente de Puerto Rico	26
3. Análisis de varianza para carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos.	27
4. Medias de terniza de carne bovina (WB y panel), según el músculo y país de origen, jugosidad mediante panel sensorial, porcentaje de jugos liberados en la cocción y coeficiente de variación en carne cruda y cocida por WB, según el Modelo 1	32
5. Medias de pH, grasa y color (L, a y b) según el país de origen y músculo	33
6. Medias de terniza, jugosidad, porcentaje de jugos liberados, pH y grasa según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico según el Modelo 2	44
7. Medias de color (L, a y b) según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico	45
8. Medias de terniza, jugosidad, porcentaje de jugos liberados, pH y grasa según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos según el Modelo 3.	54
9. Medias de pH y color (L, a y b) según la fuente de variación en base al Modelo 3	55

LISTA DE APÉNDICES

APÉNDICES	PÁGINA
A. Prueba de Triángulo o “Triangle test”	68
BI. Cuestionario de terneza	69
BII. Cuestionario de jugosidad	70
C. Niveles de significación de las interacciones para los tres músculos evaluados según el país de origen y supermercado	71

INTRODUCCIÓN

A través de la historia, el consumo de carnes como alimento ha mantenido una posición prestigiosa, tanto social como económica. En la medida en que las naciones se industrializan, mejoran sus economías y el consumo de carnes aumenta. Además, mientras las personas prosperan social y económicamente, tienden a demandar una mejor calidad y cantidad de productos cárnicos (Hedrick et al., 1994)

La carne es uno de los alimentos más nutritivos para consumo humano debido a su aporte en proteínas de alto valor biológico, grasas, vitaminas y minerales. Provee calorías procedentes fundamentalmente de su contenido de lípidos, pero su contribución vital a la dieta son las proteínas, vitaminas del complejo B, ciertos minerales como hierro, zinc y fósforo y ácidos grasos esenciales (Hedrick et al., 1994; Pearson y Dutson, 1994; Pearson y Tauber, 1984). También aporta colesterol que se ha asociado con problemas cardiovasculares en el humano.

Los atributos organolépticos son de gran importancia para el consumidor al momento de elegir un producto alimenticio. Cuando se habla de la calidad de carnes frescas, algunos de los atributos que el consumidor frecuentemente busca son la ternura, jugosidad y color. Estas propiedades están influenciadas por varios factores como la raza del animal, el manejo *antemortem* del mismo, los procesos de matanza, el manejo de las canales durante el almacenamiento *postmortem*, las

características intrínsecas del músculo y tejido conectivo, intensidad de proteólisis *postmortem* en las células musculares y temperatura de cocción de la carne (Pearson, 1966; Pearson y Dutson, 1994). En el caso de la jugosidad, la cantidad de grasa intramuscular es un factor significativo en la medida en que ambas variables se asocian positivamente (Huffman et al., 1996; Kauffman, 1993; León, 1995).

En una encuesta que se llevó a cabo a proveedores, restaurantes y vendedores al detal, se encontró que la carne bovina poseía poca uniformidad y consistencia, inadecuada terneza, baja gustosidad, excesiva grasa externa y con un precio alto por la calidad recibida (Auditoría Nacional de la Calidad de la Carne de Res en Estados Unidos, 1995).

Hoy día la tendencia del consumidor es a comer más saludablemente. La industria cárnica ha ido cambiando según las nuevas exigencias del consumidor que desea carnes de buena calidad con la mínima cantidad de grasa a un precio razonable (Pearson, 1966; Pearson y Dutson, 1994).

La industria de carne de res, particularmente la de Estados Unidos, atenta a esta evolución en las costumbres del consumidor, ha comenzado a implantar estrategias para disminuir el contenido de grasa en el ganado y de esta forma estimular el consumo. Dentro de las estrategias desarrolladas se pueden mencionar el uso de promotores de crecimiento que estimulan la síntesis de proteínas musculares, manejo en la genética y

en la nutrición de los animales, manejo y transporte del ganado a los macelos (Wilson et al., 1981).

La estimulación eléctrica de las canales ha sido utilizada exitosamente para mejorar la terneza y calidad de la carne. Según Hedrick y colaboradores (1994) la estimulación eléctrica contribuye a mejorar la terneza de la carne debido a tres factores: (a) previniendo el acortamiento por frío al acortar la fase lenta del *rigor mortis* y por ende, acelerar su manifestación en el músculo; (b) liberación de calcio, la cual estimula la proteólisis de las proteínas miofibrilares por las enzimas del sistema calpaína y (c) fracturas en las miofibrillas debido a las extremas contracciones musculares provocadas por la corriente eléctrica. La aplicación de este método reduce el tiempo de envejecimiento *postmortem* de las canales, realza la calidad de la carne y mejora la terneza de la misma.

Según datos reportados por la Auditoría Nacional de la Calidad de la Carne de Res en Estados Unidos (1995), las medidas adoptadas por la industria como respuesta a las exigencias del consumidor han determinado que de 1974 a 1995 el peso de la canal aumentara 69.2 lb. (31.4 kg), el espesor de la grasa subcutánea disminuyera 0.15 pulgadas (3.8 mm) y 0.9% el porcentaje de grasa de riñonada y por ende, que aumentara el rendimiento de canal y de carne limpia.

Radovanovic y colaboradores (1991) estudiaron familias en Yugoslavia y reportaron que los consumidores a la hora de elegir cortes de carne tienden a comprar productos que se vean frescos y atractivos. En general el color y la calidad general de la carne fueron los motivadores principales para la satisfacción del consumidor. Otros investigadores (Diamant et al., 1976; Rhodes, 1979) indicaron que los consumidores generalmente evalúan las propiedades sensoriales a través del color y textura del músculo. La cantidad de grasa estimada visualmente puede ser la característica más importante a la hora de elegir un corte de carne.

La industria de producción de carne bovina es una de las seis más importantes de acuerdo a su contribución anual al ingreso bruto agrícola de Puerto Rico. Al igual que otros sectores empresariales, esta industria se ha visto afectada por las importaciones; se estima que el 75% de la carne de res que se consume en el país es importada (Departamento de Agricultura, 1998; Departamento de Agricultura, 2003). Además hay competencia con otros sectores, como son las carnes de ave y de cerdo. Información de Estados Unidos indica que en el periodo de 1965 a 1990 el consumo de pollo y pavo se incrementó en un 113 y 146 %, respectivamente (Bunch, 1987, citado de Pearson y Dutson, 1994) mientras que se reflejó una disminución de un 10% en el consumo de carnes rojas (USDA, 1991, citado de Pearson y Dutson, 1994). Otro factor de gran importancia es la mala imagen que se ha venido

presentando de la carne de res y su influencia en la salud del puertorriqueño por su contenido de colesterol y grasas saturadas.

Según las estadísticas del Departamento de Agricultura de Puerto Rico, la producción de carne de res durante el año fiscal 1995-96, fue de 26.2 millones de libras (12,000 ton), reflejando una reducción de 4.8 millones de libras (2,180 ton) en relación con el año anterior. El informe anual de la Oficina para la Reglamentación de la Industria de la Carne de Res (ORICR) atribuye la disminución en la producción a la competencia que las carnes de los Estados Unidos y Centroamérica han desarrollado durante los últimos años (Díaz, 1997).

El consumo anual *per cápita* de carne limpia (desgrasada y deshuesada) fue 22 libras (10 kg) lo que equivale aproximadamente a 28 libras (13 kg) en base al peso de canal.

La carne que se consume en Puerto Rico proviene principalmente de Estados Unidos y Centroamérica y se estima que es de mejor calidad que el producto local. Hasta la fecha no se ha probado cuán cierto es esto. Es por eso que en esta investigación se propone evaluar los atributos principales de la calidad de la carne de res de origen local e importada según se ofrece al consumidor, además de analizar la hipótesis de que la carne de res de Puerto Rico presenta características organolépticas y químicas similares o superiores a las de la carne importada. Los resultados de ser favorables, permitirían establecer estrategias de

mercadeo que estimulen la demanda del producto local. Esto contribuiría a tonificar la economía de la industria de la carne de res de Puerto Rico en sus diversos sectores, sobretodo en la fase de producción a nivel de ganadero.

OBJETIVOS

1. Analizar los atributos de calidad y contenido de grasa de la carne de res que se ofrece a la venta en los principales supermercados del área de influencia de la ciudad de Mayagüez, oeste de Puerto Rico.
2. Comparar la calidad de la carne de res importada según su país de origen con la producida localmente.

REVISIÓN DE LITERATURA

La carne es el tejido animal más apropiado para ser usado como alimento. Se subdivide en varias categorías generales: carnes rojas y blancas basándose en la concentración del pigmento mioglobina; también en carne de animales de la finca (res, cerdo, aves, etc.), mariscos y animales no domesticados. Dentro de la categoría de carnes rojas se identifican la de vacuno, cerdo, cordero y ternera (Hedrick et al., 1994; Aberle et al., 2001).

La calidad de la carne es la combinación adecuada de los atributos de terneza, jugosidad, sabor y color (Pearson, 1966; Pearson y Dutson, 1994). Actualmente la industria de alimentos está pagando más por cortes de carne de alta calidad para de esta forma asegurar la satisfacción del consumidor (Savell y Shackelford, 1992).

Terneza

Terneza es el atributo de aceptación de la carne más importante y un determinante primario de la calidad de la misma (Koohmaraie, 1988; Dikeman, 1987, citado de Miller et al., 1995). Este hecho es fácilmente confirmado por la relación positiva que hay entre el precio de un corte de carne y su terneza. La inconsistencia en la terneza de la carne ha sido identificada como uno de los principales problemas que enfrenta la industria de carne actualmente (Morgan et al., 1991; Savell y Shackelford, 1992; Smith et al., 1995). La falta de uniformidad, el exceso de grasa y la

inadecuada terneza son componentes de la calidad de la carne que preocupan a la industria (Smith et al., 1995). Según Morgan y colaboradores (1991), gran parte de la variación en terneza ocurre bajo el actual sistema de producción y de manejo *postmortem* de las carcasas bovinas.

Cambios físicos y químicos ocurren durante el proceso de conversión del músculo en carne. Al momento de la muerte, el músculo es flácido y altamente extensible. Luego de pocas horas *postmortem* se vuelve inextensible y rígido, originando el fenómeno que se conoce como *rigor mortis*. La rigidez observada durante el *rigor mortis* es debido a la formación de puentes cruzados entre filamentos de actina y miosina los cuales, en ausencia de energía (ATP), son irreversibles (Pearson y Young, 1989). El acortamiento muscular que ocurre durante el desarrollo del *rigor mortis* resulta en una disminución en terneza. Este aumento en dureza debido al *rigor* puede ser eliminado almacenando la carne durante 7 a 14 días a 2°C (Wheeler y Koohmaraie, 1994) antes de congelarla, proceso que se conoce como envejecimiento o *aging* (Morgan et al., 1991).

Olson y Parrish (1977) encontraron que la terneza mejora con el envejecimiento debido a proteólisis *postmortem* de las proteínas miofibrilares que conduce a una fragmentación de la fibra muscular. Músculos menos tiernos presentan menor degradación miofibrilar durante

el almacenamiento *postmortem*. El primero y más notable cambio que ocurre en las proteínas miofibrilares durante el almacenamiento *postmortem* es el rompimiento de los discos Z (Koohmaraie, 1988; Olson et al., 1976; Pearson y Young, 1989). Wheeler y Koohmaraie (1994) reportaron que un aumento en el tiempo de envejecimiento de 24 horas a 14 días mejora significativamente la terneza de la carne.

Existe evidencia de que las calpaínas constituyen un sistema de enzimas dependientes del calcio responsable de los cambios proteolíticos *postmortem* más importantes en los músculos bovinos (Hedrick et al., 1994, citado de Irizarri, 1998; Koohmaraie, 1988). El sistema proteolítico de las calpaínas consiste de al menos tres componentes: la calpaína-I, que se activa con concentraciones micromolares de calcio, la calpaína-II, que se activa con concentraciones milimolares de calcio y calpastatín, que inhibe la actividad de ambas calpaínas (Koohmaraie, 1992).

Raza, sexo y edad del animal son factores que afectan la terneza de la carne. Varios investigadores reportaron que los animales de la raza Brahman y sus cruces presentan carne menos tierna que los de la raza Holstein (Ramsey et al., 1963; Carlo et al., 1970; Lockett et al., 1975, citados de Irizarri, 1998), lo que según Moran (1970), puede deberse a las diferencias en la genética de los animales. Pagán (1997) trabajó con toretes de las razas Holstein, Charbray y Brahman criados a pastoreo y encontró que pueden producir carne de calidad similar y con un contenido

de grasa intramuscular de 1% o menos. Whipple y colaboradores (1990) encontraron que diferencias en terneza entre *Bos indicus* y *Bos taurus* son mayores para ciertos músculos.

El sexo de los animales es otra variable que puede afectar la terneza de la carne, aún cuando la literatura presenta inconsistencias acerca de su importancia. Así para Prost y colaboradores (1975), el efecto del sexo sobre la terneza no fue significativo. Otros sin embargo, reportaron diferencias significativas entre animales enteros y castrados (Seideman et al., 1982, citado de Irizarri, 1998). Por otro lado, Huff y colaboradores (1993) encontraron que la edad del animal y el envejecimiento *postmortem* tienen más influencia en la terneza de la carne que el sexo del animal.

El tejido conectivo se compone principalmente de dos tipos de fibras proteicas: colágeno y elastina. El colágeno, principal constituyente del tejido conjuntivo blanco, presenta la propiedad de que se hidroliza y gelatiniza durante la cocción en ambiente húmedo. Por el contrario, la cocción tiene poco o ningún efecto sobre las fibras de elastina (Hoagland, 1975). Whipple y colaboradores (1990) no encontraron diferencias en el contenido de colágeno total y soluble para los cruces de raza entre el día 1 y los 14 días *postmortem*. Los autores llegaron a la conclusión de que ni la solubilidad ni la cantidad de colágeno contribuyeron a las diferencias en terneza entre los bovinos de varios genotipos del estudio.

Los cambios en terneza que ocurren en la carne durante el proceso de cocción se han asociado con las alteraciones que el calor produce sobre el colágeno y las proteínas miofibrilares en la estructura primaria del tejido muscular (Bertola et al., 1994). Ho y Ritchey (1967) observaron que hay una relación inversa entre la edad del animal y la terneza pero que ésta puede ser afectada por la temperatura de cocción.

En Estados Unidos, la variación en terneza de la carne de res es de mayor preocupación que en las de cerdo y cordero. El ganado bovino se sacrifica a mayor edad por lo que el colágeno está más maduro y con menor solubilidad, a lo que se agrega el hecho de que el músculo de res posee un nivel mayor de calpastatin en comparación con los de cerdo y cordero (Koochmaraie, 1992, citado de Dikeman, 1996).

Color

El color se considera una de las características sensoriales más importante en la apariencia de un alimento. Se determina por el largo de onda entre 380 y 770 nm y se puede definir como la energía radiante que el ojo humano detecta a través de sensaciones visuales recibidas por la estimulación de la retina (Kramer, 1976).

El color de la carne es el resultado de la presencia de dos pigmentos: mioglobina y hemoglobina. El contenido de mioglobina se utiliza como un indicador de color (Pearson, 1966). Un sistema de colorimetría utilizado en la determinación de color en alimentos es el

sistema Hunter. Este sistema también conocido como color uniforme está basado en la teoría de los colores oponentes a la visión de color. En esta teoría se asume que hay un estado de conexión-señal intermedia entre los receptores de luz en la retina y el nervio óptico que transmite las señales de color al cerebro. En este mecanismo de conexión, las respuestas al rojo son comparadas con verde y resulta en una dimensión de color de rojo a verde. Las respuestas al verde son comparadas con azul para dar una dimensión de color de amarillo a azul. Esas dos dimensiones son representadas por los símbolos de **a** y **b**. La tercera dimensión de color es la luminosidad o blancura expresada como **L** (deMan, 1999). La escala de Hunter Lab es una de las más usadas ya que es fácil de interpretar. Utiliza tres parámetros, **L**, **a** y **b**, donde **L** mide las tonalidades de blanco (100) hasta negro (0), **a** mide las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y **b** las de amarillo (+) hasta azul (-).

La calidad de la carne varía entre músculos dentro de la misma canal y entre réplicas debido a factores *antemortem* y *postmortem*, los cuales son complejos y difíciles de controlar (Rhodes, 1979). Varios factores pueden afectar el color de la carne cruda. Si al momento de la matanza del vacuno, el contenido de glicógeno en el tejido muscular es anormalmente bajo, la carne tiende a ser oscura al presentar una estructura compacta y absorber más luz. Ello es debido a que anaeróbicamente se produce poco ácido láctico y consecuentemente, el pH

de la carne *postmortem* se mantiene más alto de lo normal (mayor o igual a 6) y como resultado, se acorta el tiempo de vida útil de la misma. Sin embargo, esta carne tiende a ser jugosa, tierna y con una excelente capacidad de retención de agua (“water holding capacity”) (Kauffman, 1993). Este fenómeno que ocurre en la carne se conoce como “Dark, Firm and Dry” y está asociado al estrés que sufre el animal al momento de la matanza, a factores hereditarios y estacionales (Pearson y Dutson, 1994). Hedrick y colaboradores (1959) encontraron que cortes de carne oscuros se deben a que el animal fue sometido a algún tipo de estrés antes de la matanza. Sin embargo, otros resultados (Munns y Burrell, 1966) reportaron que la incidencia de cortes oscuros aparenta ser estacional, indicando que durante el verano era menor que durante el invierno. Los resultados del trabajo de Robertson y colaboradores (1986) demostraron que los músculos de animales viejos son más oscuros que aquellos de animales jóvenes (valor de L fue menor).

Jugosidad

Un 8% de la variación en la terneza y un 16% de la variación en la jugosidad se deben al contenido de grasa intramuscular o marmoleo del músculo, los restantes porcentajes se deben a factores ambientales y genéticos. El marmoleo influencia la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor, especialmente por sus efectos positivos en la jugosidad y sabor. Modestas cantidades de grasa intramuscular uniformemente

distribuidas a través de la carne proveen buen sabor y jugosidad, en contraposición a la carne que no posee marmoleo que es generalmente seca y carente de sabor. Durante la cocción, la grasa retenida se relocaliza a lo largo de las bandas del tejido conectivo perimisial. Esta distribución uniforme de lípidos a través del músculo actúa como una barrera evitando la pérdida de humedad durante la cocción, y como consecuencia, la carne con marmoleo se encoge menos y se mantiene más jugosa (Hedrick et al., 1994). Sin embargo, el marmoleo excesivo no provee un aumento proporcional en la aceptabilidad de la carne por el consumidor (Kauffman, 1993; Hedrick et al., 1994).

La jugosidad de la carne juega un papel muy importante en la impresión gustativa del consumidor. Los jugos contienen componentes importantes que contribuyen a la fragmentación y suavidad de la carne mientras se mastica. Los lípidos intramusculares y el agua son las principales fuentes de jugosidad de la carne, constituyendo un substrato acuoso que es liberado cuando la carne es masticada. La ausencia de jugosidad limita severamente su aceptabilidad (Hedrick et al., 1994).

Al igual que los carbohidratos y proteínas, la grasa es una fuente importante de energía para el cuerpo. Las grasas suplen ácidos grasos esenciales tales como linoleico, linolénico y araquidónico. Además transportan vitaminas solubles en grasa (A, D, E y K) hacia el intestino para su absorción. Aunque no hay cantidades dietéticas recomendadas

(“Recommended Dietary Allowance”) para lípidos, la “National Cholesterol Education Panel” y organizaciones de la salud recomiendan que las calorías de las grasas deben limitarse a un 30% del total de calorías consumidas diariamente. El exceso de grasa en la dieta ha sido identificado como un problema. Park y colaboradores (1991) encontraron que la raza, dieta y tejidos del animal afectaban el porcentaje de grasa total en el cuerpo animal. También encontraron que órganos como el corazón y riñones poseían mayor contenido de grasa que los músculos *longissimus dorsi* en la región dorsal y *biceps femoris* en la pata trasera. Cambios en la dieta del consumidor de los Estados Unidos en lo que respecta a disminuir el consumo de grasas ha conducido a que la industria de carnes haya implementado estrategias para disminuir el contenido de grasa muscular aumentando el tejido magro o “lean meat” en el vacuno (Pearson et al., 1994).

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención de Muestras

La carne que se utilizó en esta investigación se obtuvo en los establecimientos de las cadenas de supermercados más importantes que operan en la ciudad de Mayagüez: supermercados Pueblo, Grande y Mr. Special. Se eligieron estos establecimientos porque ofrecían al consumidor carne vacuna de distintas procedencias tales como Puerto Rico, Costa Rica y Estados Unidos. Se utilizaron tres cortes principales de carne: lomillo (*longissimus dorsi*), lechón de mechar (*semitendinosus*) y masa redonda (*semimembranosus*). Para propósitos de esta investigación la carne se compraba dos veces a la semana de acuerdo al diseño experimental. Se visitaban los supermercados involucrados en el estudio y se adquirían los cortes de carne correspondientes en la sección carnicería, según lo realiza un consumidor común. Los cortes de carne se transportaron en neveras con hielo, para evitar abuso de temperatura que pudiera afectar los resultados de los análisis, hasta el laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos en el Recinto Universitario de Mayagüez. Al llegar al laboratorio se determinaron el pH y color de las muestras. A cada músculo se le removió el exceso de grasa subcutánea y se obtuvo un filete de aproximadamente 25 milímetros de ancho (1 pulgada). Los filetes se envolvieron individualmente en papel de aluminio, se colocaron en bandejas también de aluminio y se guardaron

refrigerados a una temperatura entre 2 a 5°C, para ser sometidos posteriormente a análisis sensorial. El resto de cada muestra se utilizó para realizar los análisis de terneza mecánica, determinación de grasa y humedad en la carne cruda.

Determinación de pH

Se midió pH utilizando un potenciómetro portátil marca “Oyster”, previamente calibrado con soluciones amortiguadoras de pH 4.00 y 7.00. Las lecturas de pH se tomaron en diferentes partes del músculo insertando el electrodo de medición de pH dentro del mismo. Cada lectura se realizó en duplicado. Las estimaciones se promediaron para la muestra en particular.

Determinación de color

Para determinar el color se utilizó un colorímetro de refracción (Hunter Lab Mini-Scan XE Color Analyst). Las muestras de carne se colocaron en platos Petri de aproximadamente 3 cm de diámetro. Los platos Petri se colocaron debajo del ojo del colorímetro y se realizó la lectura utilizando el sistema de color oponente de Hunter donde **L** mide las tonalidades de blanco (100) hasta negro (0), **a** las tonalidades de rojo (+) hasta verde (-) y **b** las de amarillo (+) hasta azul (-). De cada una de las muestras se realizaron dos lecturas de las que se obtuvo un promedio.

Determinación de ternera

La ternera se estimó mediante la técnica de resistencia al corte utilizando un Warner Bratzler (WB) 3000 y mediante un panel de probadores semi entrenado, con un mínimo de nueve integrantes.

De cada músculo se obtuvieron dos filetes de aproximadamente 25 mm (1 pulgada) de ancho y se les removi6 la grasa subcutánea. Uno de ellos se envolvi6 en papel de aluminio, se coloc6 en bandeja tambi6n de aluminio y se guard6 en una nevera Frigidaire entre 2 a 5°C para ser sometido al día siguiente a análisis sensorial. El otro filete se evalu6 por WB el mismo día que la carne se traj6 del supermercado, estimándose la ternera tanto en la carne cruda como cocida. Las muestras de carne para ambas evaluaciones, por WB y panel sensorial, se cocinaron en calor seco de horno eléctrico hasta una temperatura interna de 70°C estimada con un term6metro insertado en la muestra.

Warner Bratzler

Un total de 6 bandejas de aluminio previamente identificadas se colocaron en el horno convencional, Jean-air, a 350°F (177°C) y se cocinaron durante aproximadamente 1 hora hasta que alcanzaron una temperatura interna de 70°C. Luego de la cocci6n se midi6 la cantidad de jugos eliminados durante la misma con una probeta calibrada en mililitros.

Los trozos de carne para el Warner Bratzler, tanto crudos como

cocidos, fueron obtenidos con sacabocado paralelamente a la fibra muscular y de diferentes partes del músculo para obtener un estimado representativo de la terneza de la muestra. Los trozos cilíndricos de 1.27 cm de diámetro se colocaron perpendicularmente en la cuchilla triangular del equipo. Se calibró el dinamómetro a cero y se tomaron cuatro lecturas por muestra de la fuerza ejercida para cortarla, expresada en kilogramos. Se calculó el promedio para la muestra de las cuatro lecturas realizadas. Valores de resistencia al corte menores o iguales a 2.27 Kg de presión (5 libras) significa carne tierna. Valores entre 2.27-3.63 Kg de presión (5 a 8 libras) representa carne medianamente tierna y más de 5.44 Kg (12 libras) representa carne extremadamente dura (León, 1995).

Análisis sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica utilizada para medir, analizar e interpretar respuestas a las propiedades de los alimentos por medio de los sentidos (vista, olfato, sabor, tacto y oído) (Hollander, 1998). Según Muñoz y Chambers (1993), la información hedónica que se obtiene es una herramienta valiosa porque provee información más en concordancia con la de los consumidores, que son los únicos que pueden indicar con veracidad el grado de aceptación o rechazo de un producto.

Para escoger el panel de probadores se llevó a cabo una prueba de triángulo (“Triangle Test”), según establecido por Meilgaard y colaboradores (1991), (Apéndice A). Se evaluaron inicialmente unos 40

panelistas de los cuales fueron elegidos 9. El panelista debía probar tres muestras de carne, dos de ellas iguales y una diferente, e identificar esta última para ser elegido. El panel fue seleccionado y entrenado según Cross et al. (1978) y Meilgaard et al. (1991), para evaluar terneza y jugosidad en los diferentes cortes de carne. A cada panelista se le entregó un cuestionario (Apéndices B I y B II) con las instrucciones de uso correspondientes. Se utilizó una escala descriptiva de 8 puntos, donde el 1 representó carne extremadamente dura y menos jugosa y el 8 representó carne extremadamente tierna y más jugosa (Paterson y Parrish, 1986).

Análisis proximal

Los porcentajes de humedad y de grasa fueron determinados de acuerdo a los métodos descritos por la “Association of Official Analytical Chemists” (AOAC, 1990).

Las muestras de carne fresca utilizadas para la determinación de grasa y humedad se obtuvieron usando un sacabocado de 1.27 cm de diámetro. Las muestras se tomaron de diferentes partes del músculo para obtener una muestra representativa del mismo. En el análisis estadístico se utilizaron los promedios de las determinaciones de grasa y humedad realizadas.

Determinación de humedad

Se secaron en el horno (Imperial V) varios crisoles con tapas por 24 horas a una temperatura de 98 a 100°C. Se enfriaron en el desecador

durante 10 minutos, se pesaron en una balanza analítica (Sartorius, BP121S) y se colocaron nuevamente en el horno por una hora. Este proceso se realizó hasta obtener un peso constante entre pesadas sucesivas. Se colocaron aproximadamente 5 g de muestra en cada crisol y se obtuvo el peso del crisol con la muestra. Los crisoles se colocaron en el horno con las tapas ligeramente inclinadas a 100°C. Estos se pesaron diariamente hasta que alcanzaron un peso constante entre pesadas sucesivas, colocándose antes en el desecador para que se enfriaran. La fórmula utilizada para la determinación del porcentaje de humedad fue la siguiente:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{(\text{Peso muestra húmeda} - \text{Peso de muestra seca}) \times 100}{\text{Peso muestra húmeda}}$$

Determinación de grasa cruda (Extracción por el método de Soxhlet)

El contenido de lípidos totales de las muestras de carne se estimó mediante extracción con acetona como solvente orgánico. La precisión de estos métodos depende de la solubilidad de los lípidos en el solvente utilizado. Debido a que los lípidos no son solubles en agua pero sí en solventes orgánicos, la pérdida de material que se determina al hacer circular un solvente orgánico se denomina extracto etéreo y se considera una buena aproximación del contenido de lípidos en la muestra (Nielsen, 1994).

Los vasos de aluminio y dedales utilizados se secaron previamente en un horno (Sartorius, BP121S) durante 24 horas a 100°C. Luego se enfriaron en un desecador y se pesaron hasta que alcanzaron un peso constante. Cada vaso con su dedal se pesó y se le añadió aproximadamente 2 gramos de muestra a cada dedal que se secó en el horno a 100°C por 24 horas antes de proceder a extraer la grasa en la máquina de Soxhlet (Tecator Soxtec System, 1045) utilizando acetona como solvente.

Los vasos con los dedales conteniendo las muestras, se enfriaron en el desecador y luego se le colocaron anillas de metal a los dedales. Los dedales con las anillas se colocaron en la máquina Soxhlet uniéndolos al imán en ésta. A los vasos de aluminio, se le añadieron 50 mL de acetona y se colocaron en la plataforma caliente de la máquina. Los dedales se sumergieron en los vasos con acetona por 30 minutos. Después se removieron y se dejaron así por una hora. Luego las válvulas se colocaron en forma horizontal y se encendió el botón de aire por 15 minutos. Finalizada la extracción, los vasos se colocaron en el horno a 100°C por 10 minutos para remover residuos de acetona. Se enfriaron en el desecador por 10 minutos, se pesaron y se colocaron nuevamente en el horno por 1 hora, se volvieron a enfriar y pesar hasta que alcanzaron un peso constante (Park et al., 1994). Todas las lecturas se tomaron en

duplicado. La fórmula utilizada para la determinación de grasa fue la siguiente:

$$\% \text{ de grasa} = \frac{(\text{Peso de vaso} + \text{grasa} - \text{Peso de vaso}) \times 100}{\text{Peso de muestra}}$$

Análisis estadístico

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza (ANOVA) de acuerdo al procedimiento GLM (General Linear Models) del programa SAS (2002). Para propósitos de este estudio se utilizó un límite de confianza de 95%. Los promedios se compararon utilizando la prueba de Tukey para determinar diferencias significativas entre los efectos principales (variables independientes). Se incorporó al modelo estadístico las covariables de porcentaje de grasa, pH y jugos liberados para determinar si tenían efecto significativo sobre la terneza y jugosidad de la carne.

El análisis estadístico de los resultados se llevó a cabo basándose en tres modelos diferentes según los diseños experimentales. Los modelos fueron los siguientes:

Modelo # 1 - Carne procedente de Puerto Rico, Estados Unidos y Costa Rica

Uno solo de los supermercados (Grande) tenía carne procedente de los tres países mencionados. Para el análisis estadístico se utilizó un factorial 3x3x9, donde los tres países de origen, Costa Rica, Estados Unidos y Puerto Rico, constituyeron un factor; los tres músculos lomillo,

masa redonda y lechón de mechar el segundo factor y las 9 repeticiones por músculo el tercero. Los datos fueron analizados estadísticamente de acuerdo al modelo cuyas fuentes de variación se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Análisis de varianza para la carne de tres países de procedencia

Fuentes de variación	Grados de libertad
origen (procedencia)	2
músculo	2
repeticiones (semanas)	8
procedencia x músculo	4
procedencia x repeticiones	16
músculo x repeticiones	16
Error	32
Total	80

Modelo # 2 - Carne procedente de Puerto Rico solamente

En este modelo se considera solamente la carne procedente de Puerto Rico. Se utilizó un factorial 3x3x9, donde los tres supermercados, Grande, Mr. Special y Pueblo, constituyeron un factor; los tres músculos lomillo, masa redonda y lechón de mechar el segundo y las 9 repeticiones por músculo constituyeron el tercer factor. El modelo seguido se indica en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Análisis de varianza para carne procedente de Puerto Rico

Fuentes de variación	Grados de libertad
supermercado	2
músculo	2
repeticiones (semanas)	8
supermercado x músculo	4
supermercado x repeticiones	16
músculo x repeticiones	16
Error	32
Total	80

Modelo # 3 - Carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos

En este modelo se consideran solamente los supermercados Grande y Pueblo debido a que ambos venden cortes de carne procedente de Estados Unidos y Puerto Rico. Los datos se analizaron utilizando un factorial $2 \times 2 \times 3 \times 9$, donde los países de origen Estados Unidos y Puerto Rico, constituyeron un factor; los dos supermercados Grande y Pueblo el otro; los tres músculos lomillo, masa redonda y lechón de mechar el tercero y las 9 repeticiones por músculo constituyeron el cuarto factor. El modelo seguido se indica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Análisis de varianza para carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos

Fuentes de variación	Grados de libertad
origen (procedencia)	1
Supermercado	1
Músculo	2
repeticiones (semanas)	8
procedencia x supermercado	1
procedencia x músculo	2
procedencia x repeticiones	8
supermercado x músculo	2
supermercado x repeticiones	8
músculo x repeticiones	16
Error	58
Total	107

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Modelo # 1 - Carne procedente de Puerto Rico, Estados Unidos y Costa Rica

Efectos principales del experimento

Origen

El país de origen tuvo un efecto significativo sobre la ternura de la carne cocida ($P < 0.05$) medido por el WB (Cuadro 4). Estos resultados indicaron que los cortes de carne procedentes de Estados Unidos (EU) y Costa Rica (CR) eran más tiernos que los de Puerto Rico (PR). En cierta medida era de esperarse ya que, entre otros aspectos, la carne procedente de estos países debe experimentar una proteólisis *postmortem* más intensa, debido a que la misma debe transportarse a Puerto Rico, lo que significa mayor tiempo para alcanzar una maduración adecuada. Morgan y colaboradores (1991) sugirieron que el tiempo promedio de envejecimiento para todos los cortes es 17 días. En Puerto Rico se desconoce cuánto tiempo pasa desde que el animal es sacrificado hasta que su carne es consumida y si el tiempo de almacenamiento *postmortem* es suficiente para que ocurra proteólisis miofibrilar. Tampoco existe información de si dicha proteólisis sería costo efectiva ya que los mataderos incurren en gastos al dejar las canales mucho tiempo en las neveras y no existe a nivel local un diferencial de precio en el mercado de la carne que beneficie la calidad de la misma.

Otros factores que pueden ser causales de la menor terneza en la carne producida localmente tienen que ver con la fase de producción. En Puerto Rico, más del 90% de la carne de res proviene de animales adultos, toretes y vacas de descarte con 3 años mínimos de edad que además se crían y engordan a pastoreo (Pérez, 1998). En Estados Unidos los machos se castran, lo que acelera la deposición de tejido adiposo respecto al macho entero. Además utilizan sistemas de engorde a corral con alimento concentrado, que promueve el crecimiento y el sacrificio a temprana edad (18-20 meses). A todo ello se agrega que la estimulación eléctrica de las canales, que favorece la terneza, es una práctica extendida en los mataderos de EU. En Costa Rica, el sistema de producción, aunque predomina el pastoreo, tiene aspectos similares a los de EU. Las características de carne proveniente de animales jóvenes, de menos de tres años, castrados en su mayoría y con un mayor nivel de grasa, explican de alguna manera la mayor terneza de la carne importada (CR y EU) con respecto a la de PR.

El panel de probadores confirmó los resultados del WB en cuanto al país de origen de la carne. Sin embargo, en este caso, solo se detectó diferencia significativa ($P < 0.05$) entre las carnes de CR y PR con respecto a la de EU, que resultó más tierna (Cuadro 4). Olson y colaboradores indicaron en 1977, que las medidas de WB y panel coincidieron en

detectar mejoras en la terneza con la maduración *postmortem* de la carne. Los argumentos expresados anteriormente por lo tanto, mantienen vigencia en el intento de explicar posibles razones de la menor terneza de la carne bovina puertorriqueña.

Tradicionalmente el aumento en el nivel de grasa intramuscular se ha asociado positivamente con la terneza de la misma (Hedrick et al., 1994). En el presente estudio se encontró un efecto del país de origen sobre la variable mencionada. La carne de EU presentó un promedio de 4.01% de grasa intramuscular, mayor ($P < 0.05$) que el de la carne de PR y CR, que no se diferenciaron entre sí (Cuadro 5). Estos resultados eran de esperarse dado que la carne producida en PR proviene en un 46% de machos enteros bajo un sistema de crianza a pastoreo, todo lo cual contribuye a que la carne local sea un alimento bajo en grasa (Departamento de Agricultura, 1998). Hay investigaciones (McBee and Wiles, 1967, citado de Morgan, 1991; Kauffman, 1993), que indican que la terneza, jugosidad y sabor de la carne tienden a mejorar con el aumento en el contenido de grasa intramuscular. En cierta medida, ello está de acuerdo con los resultados expuestos, particularmente en lo que respecta a la carne de EU. Al utilizar el nivel de grasa como covariable, los valores de terneza por panel no se alteraron manteniéndose la diferencia significativa entre la carne de EU y la procedente de PR y CR (Cuadro 4). Esto nos sugiere que el marmoleo no es el único responsable de esa

variación en terneza sino que otros factores contribuyen a esa diferencia en terneza.

Por otro lado, en PR no existe un sistema de clasificación de carne vacuna que distinga por calidad la carne que se ofrece a la venta en los expendios. En el caso de la importada, la Reglamentación vigente solo establece que se indique al consumidor el país de procedencia de la carne, sin otros detalles, por lo que factores como la edad, sexo, raza y alimentación del ganado están confundidos con los resultados de calidad obtenidos en el presente estudio, tanto para la carne local como para la de CR y EU. Por tal razón, es imposible identificar las causas posibles de los valores de calidad de los músculos analizados, sin ir más allá de explicaciones razonables pero conjeturales de las mismas.

Cuadro 4. Medias de terneza de carne bovina (WB y panel), según el músculo y país de origen, jugosidad mediante panel sensorial, porcentaje de jugos liberados en la cocción y coeficiente de variación en carne cruda y cocida por WB, según el Modelo 1

Fuente de Variación	Terneza (WB) ³ (kg)		Terneza (Panel) ⁴	Jugosidad (Panel) ⁴	Jugos liberados (%)	Coeficiente de Variación de la terneza por WB (%)	
	Cruda	Cocida ⁵	Cocida ⁵	Cocida ⁵	Cocida	Cruda	Cocida
Origen¹							
PR	2.87 ± 1.84 _a	4.15 ± 0.24 _a	5.02 ± 0.11 _a	4.39 _a	19.98 _a	64	5.8
CR	2.91 ± 1.70 _a	3.11 ± 0.26 _b	5.28 ± 0.12 _a	4.13 _a	19.90 _a	58	8.4
EU	2.83 ± 1.63 _a	2.84 ± 0.30 _b	6.49 ± 0.14 _b	4.42 _a	17.97 _a	58	10.6
Músculo²							
Lomillo	1.41 ± 0.90 _a	3.17 ± 0.23 _a	5.84 ± 0.11 _a	4.12 _a	19.75 _{ab}	64	7.3
Masa redonda	2.54 ± 1.13 _b	3.55 ± 0.24 _a	5.18 ± 0.11 _b	4.35 _b	21.13 _a	44	6.8
Lechón de mechar	4.66 ± 1.08 _c	3.38 ± 0.23 _a	5.77 ± 0.11 _a	4.47 _b	16.97 _b	23	6.8

Promedios dentro de las misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes (P<0.05) según la prueba de *Tukey*

CV: Coeficiente de Variación = (Desviación estándar/promedio) X 100

¹ Origen: PR = Puerto Rico; CR = Costa Rica; EU = Estados Unidos

² Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda)

³ A mayor valor, carne más dura

⁴ Escala hedónica del 1 al 8, donde el 8 representó la carne extremadamente tierna y extremadamente jugosa

⁵ Promedios (± error estándar) ajustados por porcentaje de grasa como covariable

Cuadro 5. Medias de pH, grasa y color (L, a y b) según el país de origen y músculo

Fuente de Variación	pH	Grasa (%)	Color L ³	Color a ⁴	Color b ⁵
Origen¹					
PR	5.85 _a	1.84 _a	34.25 _a	16.92 _a	7.47 _a
CR	5.77 _{ab}	1.18 _a	38.86 _b	17.72 _a	8.71 _b
EU	5.67 _b	4.01 _b	38.28 _b	20.20 _b	9.54 _c
Músculo²					
Lomillo	5.77 _a	2.74 _a	34.64 _a	19.13 _a	8.57 _{ab}
Masa redonda	5.71 _a	1.86 _a	36.15 _a	17.89 _a	7.85 _a
Lechón de mechar	5.80 _a	2.44 _a	40.60 _b	17.81 _a	9.31 _b

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de *Tukey*

¹ Origen: PR = Puerto Rico; CR = Costa Rica; EU = Estados Unidos

² Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda)

³ L = Indica brillantez, del 0 al 100, donde 0 es negro y 100 es blanco

⁴ a = Intensidad del rojo, donde el rojo es expresado como + a y el verde como - a

⁵ b = amarillo a azul, donde el amarillo es expresado como + b y el azul como - b

Se encontró un efecto significativo (Cuadro 5) del país de origen sobre el valor de pH de la carne. Varios investigadores (Guignot et. al, 1994) han informado que el pH final de la carne puede afectar su terneza debido parcialmente al efecto en la actividad de las proteasas endógenas. La actividad de las calpaínas es mayor cerca del pH neutral, resultando en una mayor actividad proteolítica en pH altos. Guignot y colaboradores (1994) encontraron que el aumento en pH tiene un efecto positivo casi lineal en la terneza y jugosidad de la carne. A pH altos (igual o mayor a 6) la carne es más tierna, jugosa y posee una excelente capacidad de retención de agua (*Water Holding Capacity*) aunque un color más oscuro.

Los resultados del presente estudio difieren en parte con los de la literatura afín. La carne de EU resultó más tierna pero con un pH menor ($P < 0.05$) que la de PR. Aquí pudo haber incidido el posible mayor tiempo de almacenamiento y por ende, proteólisis más intensa, así como la edad, nutrición y raza de los bovinos en EU. La estimulación eléctrica de la carne propende a una glicólisis *postmortem* más intensa y rápida y por lo tanto, a un pH final más bajo y coloración roja brillante de la carne. Esta técnica es de común aplicación en EU (Hedrick et al., 1994). Ello explicaría también la coloración más atractiva al ojo del consumidor de la carne de EU respecto a la de PR que resultó con un rojo más oscuro (menores valores de L, a y b). La conjunción de un pH más alto y coloración oscura de la carne bovina local permite especular sobre la influencia que tienen en estos resultados la crianza y ceba a pastoreo, la mayor edad al sacrificio, la predominancia de toretes y el temperamento más nervioso de estos animales, todo lo cual contribuye a producir carne magra casi exenta de tejido adiposo y a una mayor tendencia al estrés *antemortem*, que disminuye las reservas de glucógeno limitando el descenso del pH *postmortem* (Cuadro 5).

Músculo

Se encontró efecto significativo del músculo sobre la terneza de la carne cruda ($P < 0.05$), medido por el Warner Bratzler (WB). Los promedios indicaron que el lomillo fue el músculo más tierno, seguido por

la masa redonda y el lechón de mechar. En la carne cocida no se observaron diferencias estadísticamente significativas para WB (Cuadro 4). En general, los músculos crudos fueron más tiernos que los cocidos, excepto el lechón de mechar. Por otro lado, importa mencionar que a pesar de que el lomillo fue el músculo más tierno, se encontró que el coeficiente de variación resultó ser alto al compararlo con el de los demás músculos (Cuadro 4). Esta variación de la terneza en la carne cruda (44% en promedio) es alta y puede representar un problema para la industria de carnes en la medida que indica que el mismo músculo puede resultar tierno en una ocasión y duro en otra. Sin embargo, la cocción en horno redujo sustancialmente aquella variación a un promedio de 7% (Cuadro 4) lo que disminuye posibles diferencias en terneza de un mismo músculo comprado en diferentes momentos y colocando al problema mencionado en otra perspectiva pero sin eliminarlo. Queda aún por analizar si otro método de cocción produce el mismo efecto sobre la variación de la terneza en la carne cruda, lo cual escapa a los objetivos del presente estudio. La diferencia en terneza entre los músculos, puede atribuirse a diferencias en el contenido de proteínas miofibrilares, al contenido y estructura del colágeno que posee el músculo o al efecto que tiene la temperatura de cocción sobre ambos componentes musculares. En la literatura científica se ha encontrado que el *longissimus dorsi* contiene menos colágeno que los músculos de la pata trasera (Ritchey et al., 1964).

Sin embargo, Paterson y Parrish (1986) fueron los primeros en indicar que músculos menos tiernos poseen mayor contenido de titina y nebulina, que son proteínas miofibrilares componentes del citoesqueleto de la célula muscular.

Por otro lado, en 1976 Olson y colaboradores observaron que el índice de fragmentación miofibrilar para los músculos *longissimus* y *semitendinosus* aumentaba considerablemente de 1 a 6 días *postmortem* mientras que lo hacía levemente en el *psaos major* (filete), considerado el músculo más tierno del bovino. También reportaron que los valores de la fuerza de corte en WB para el *longissimus dorsi*, *semitendinosus* y *psaos major* disminuyeron gradualmente de 1 a 6 días *postmortem*. Los hallazgos de estos autores demostraron las diferencias y similitudes entre los músculos debido a los cambios *postmortem*, además de elucidar el rol de proteínas miofibrilares en la terneza de la carne.

Los resultados del Cuadro 4 destacan el efecto de la cocción sobre la terneza de la carne, estimada mecánicamente (WB) y que en general fue detrimental en relación a la de la carne cruda, eliminando las diferencias significativas observadas en la última. El endurecimiento de la carne al cocinarse tiene explicaciones en los cambios estructurales que se producen en las proteínas, sobretodo en las sarcoplásmicas y colágeno, que se desnaturalizan y acortan (Morgan et al., 1991). Más difícil es explicar la similitud de los valores de terneza de la carne cocida donde se

esperaban mayores diferencias. Es muy posible que la heterogeneidad de las muestras de carne, donde se conjugan distintas procedencias (país de origen), edad, sexo y raza del animal, manejo *postmortem* de las canales (tipo y duración del almacenamiento e intensidad de la proteólisis), entre otros aspectos, haya contribuido a los resultados observados. La variación estimada de las medidas de terneza, expresadas en el coeficiente homónimo (CV), abona esta conjetura. Estudios realizados sobre el efecto del calor en el músculo revelan que se altera el tejido conectivo y las proteínas miofibrilares, lo cual puede tener efectos opuestos de endurecer o ablandar la carne que dependerán de la composición y estructura de los tejidos que la constituyen. Lan y colaboradores (1995) reportaron que existen diferencias entre raza y tipo de músculo en las propiedades de gelatinización de las miofibrillas. Esto puede influir significativamente en la terneza, jugosidad y sabor de la carne.

Un factor adicional que pudo afectar los valores de terneza asociados a la cocción de la carne es el tiempo que demoró en alcanzar la temperatura interna establecida. Aún cuando el método de cocción fue similar para todas las muestras, el diámetro y forma de las fibras musculares contribuyó a que el tiempo en el horno fuera diferente y ello pudo generar un efecto confundido sobre la terneza de la carne, muy difícil de evitar.

Huffman y colaboradores (1996) y Miller y colaboradores (1995) encontraron que los consumidores fueron capaces de detectar cambios en terneza similares a aquellos encontrados por medidas instrumentales. Las medidas de terneza utilizando el panel de probadores indicaron que la masa redonda fue el músculo más duro ($P < 0.05$) respecto al lomillo y lechón de mechar, que fueron similares entre sí (Cuadro 4). El lomillo a su vez resultó ser el menos jugoso ($P < 0.05$) para el panel. No se observó un efecto marcado de la cocción sobre la pérdida de jugo. El lechón de mechar retuvo más jugo ($P < 0.05$) respecto a la masa redonda, la cual perdió jugosidad en forma similar al lomillo. Al incorporar los valores de jugos liberados como covariable en el modelo estadístico, los resultados de jugosidad por panel no se alteraron.

Se observó que el lechón de mechar poseía un color rojo claro y con tonalidad amarillenta. Aunque este músculo poseía menor contenido de mioglobina y podría pensarse que ello sería causa del color rojo claro (mayor L y valor de b positivo, hacia tonalidades amarillas) estudios han reportado que el contenido de pigmento influye muy poco en los parámetros de color (Guignot et al., 1993). Por lo tanto, otros factores (textura, contenido de agua, etc.) que interactúan en la expresión de color y no analizados en el presente estudio son posiblemente responsables de la tonalidad rojo claro del lechón de mechar. No se encontró diferencias significativas ($P > 0.05$) en el pH de los tres músculos.

Interacción

Se detectó interacción significativa ($P < 0.05$) entre músculos y país de origen medido por el panel sensorial. En general la carne cocida de EU fue la más tierna seguido por CR y PR y entre músculos, el lomillo el más tierno. Sin embargo, la interacción indicó que el lechón de mechar procedente de PR resultó similar en terneza a los de CR y EU (Apéndice C).

Modelo # 2 - Carne procedente de Puerto Rico solamente

En este modelo se consideró solamente la carne procedente de Puerto Rico. Se utilizó un arreglo factorial 3x3 de los tratamientos, donde los tres músculos lomillo, masa redonda y lechón de mechar constituyeron un factor y los tres supermercados: Grande, Mr. Special y Pueblo, el segundo, con 9 repeticiones por músculo. Para propósitos de la discusión no se identificarán los nombres de los supermercados.

Efectos principales del experimento

Músculo

Se encontró un efecto significativo del músculo sobre la terneza de la carne cruda ($P < 0.05$), medida por el WB. Los valores promedios indicaron que el lomillo resultó ser el músculo más tierno seguido por la masa redonda y por último el lechón de mechar (Cuadro 6). Estos resultados coinciden con los del Modelo 1 y Modelo 3 donde se encontró que el lomillo fue el músculo más tierno respecto a los dos restantes. Crouse y colaboradores (1990) encontraron que el tamaño de la fibra muscular juega un papel importante en la terneza de la carne durante los primeros días del envejecimiento de la misma. De manera similar los estudios de Koohmaraie y colaboradores (1988) demostraron que hay una relación directa entre el diámetro de la fibra y la terneza. Ha sido ampliamente documentado que diferentes músculos dentro de la misma canal reaccionan diferentes a cambios *postmortem*.

Olson y colaboradores (1976) reportaron que bajo las mismas condiciones de almacenamiento *postmortem*, la terneza de los músculos *longissimus dorsi* (lomillo) y *semitendinosus* (lechón de mechar) aumenta a medida que avanza el tiempo de almacenamiento *postmortem* pero no así para el *psoas major* (filete). Koohmaraie y colaboradores (1988) también demostraron que a las 24 horas *postmortem* los músculos *longissimus dorsi* (lomillo), *biceps femoris* (masa larga) y *psoas major* (filete) mostraban diferencias significativas en los valores de fuerza de corte pero después de 14 días estas diferencias se reducían considerablemente debido al envejecimiento *postmortem*. Olson (1976) encontró una alta correlación entre la terneza del *longissimus dorsi* (lomillo) y el índice de fragmentación miofibrilar.

Basado en lo reportado en la literatura científica, el hecho de que el lomillo crudo resulte ser el músculo más tierno respecto a los tres evaluados, se puede atribuir a que éste reacciona diferente a los cambios *postmortem* o a que el tamaño de la fibra muscular sea menor.

Al comparar la carne cruda y la cocida se observó que el método de cocción tuvo un efecto de endurecimiento para todos los cortes de carne excepto para el lechón de mechar. Es interesante indicar que este músculo fue también el menos afectado por la cocción cuando se compararon carne procedente de tres países (Modelo 1, Cuadro 4). De hecho, la reacción diferente de los músculos a la cocción produjo que la

terneza de la carne cocida estimada por WB fuera similar ($P>0.05$) para los tres músculos.

En las medidas de terneza obtenidas mediante el panel sensorial se observó que los panelistas no detectaron diferencias significativas entre el lomillo y el lechón de mechar y de igual forma entre el lomillo y la masa redonda. Sin embargo, identificaron a la masa redonda como un músculo más duro que el lechón de mechar ($P<0.05$). Este resultado concuerda con el obtenido con muestras de carne de tres orígenes donde también la masa redonda resultó ser el corte más duro ($P<0.05$) para el panel de probadores (Cuadro 4). A pesar de las diferencias en los valores de pH de los músculos evaluados, llama la atención que todos los valores promedios son más altos que el esperado de 5.5, producto de una glicólisis *postmortem* normal. Ello sugiere la posible existencia de un manejo inadecuado de los animales antes del sacrificio, que haya producido estrés, reducción de los niveles de glicógeno muscular y por ende, pH final alto.

Se encontró diferencia significativa en el pH de las carnes según el músculo. El lechón de mechar presentó diferencia con la masa redonda pero no con el lomillo. El lechón de mechar presentó el pH mayor, sin embargo no se encontró que éste mejorara la terneza y jugosidad de la misma, medidas por el panel sensorial (Cuadro 6).

No se encontró diferencias significativas en ninguna de las fuentes de variación para el porcentaje de jugos liberados. Igualmente, al incorporar el porcentaje de jugos liberados al modelo estadístico como covariable, no se encontró efecto alguno sobre las variables analizadas. El panel tampoco detectó diferencias significativas en la jugosidad de los cortes evaluados. En este sentido Guignot y colaboradores (1994) encontraron una correlación negativa entre el pH final de la carne y la pérdida de jugos de la misma durante la cocción, que el presente estudio no pudo verificar.

Similar al Modelo 1, se observó que el lechón de mechar (Cuadro 7) poseía un color rojo claro y con tonalidad amarillenta (mayor **L** y valor de **b** más alto). Contrario a éste, el lomillo presentó la tonalidad más oscura y menos amarillenta (menores valores de **L** y **b**).

No se detectó una relación clara entre pH y color del músculo. Era de esperarse que a pH más alto (lomillo y lechón de mechar), el color fuera más oscuro. En los resultados expuestos (Cuadro 7) el lechón de mechar presenta carne más clara (valor de **L** más alto, $P < 0.05$) pero pH alto. El lomillo, sin embargo, cumple con las expectativas indicadas.

Los niveles de grasa intramuscular fueron similares ($P > 0.05$) para los tres músculos (Cuadro 6) y se ubican en porcentajes bajos (promedio = 1.26%), lo que confirma que la carne bovina que se produce en Puerto Rico es un alimento bajo en grasa.

Cuadro 6. Medias de terneza, jugosidad, porcentaje de jugos liberados, pH y grasa según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico según el Modelo 2

Fuente de Variación	Terneza (WB) ² (kg)		Terneza (Panel) ³	Jugosidad (Panel) ³	Jugos liberados (%)	pH	Grasa (%)
	Cruda	Cocida ⁴	Cocida ⁴	Cocida ⁴	Cocida		
Músculo¹							
Lomillo	1.59 ± 1.02 _a	5.33 ± 0.38 _a	4.54 ± 0.13 _{ab}	4.09 _a	21.00 _a	5.82 _{ab}	1.32 _a
Masa redonda	3.13 ± 1.23 _b	4.84 ± 0.36 _a	4.17 ± 0.12 _a	4.16 _a	21.43 _a	5.71 _a	1.26 _a
Lechón de mechar	5.20 ± 1.39 _c	4.56 ± 0.36 _a	4.71 ± 0.12 _b	4.39 _a	18.81 _a	5.85 _b	1.19 _a
Supermercado							
A	3.30 ± 1.92 _{ab}	3.66 ± 0.38 _a	5.08 ± 0.13 _a	4.09 _a	21.16 _a	5.74 _a	0.97 _a
B	2.87 ± 1.84 _a	4.45 ± 0.39 _a	4.80 ± 0.13 _a	4.35 _a	19.98 _a	5.85 _a	1.84 _b
C	3.71 ± 1.97 _b	6.62 ± 0.38 _b	3.55 ± 0.13 _b	4.19 _a	20.11 _a	5.79 _a	0.96 _a

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes (P<0.05) según la prueba de Tukey

¹ Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda)

² A mayor valor, carne más dura

³ Escala hedónica del 1 al 8, donde el 8 representó la carne extremadamente tierna y extremadamente jugosa

⁴ Promedios (± error estándar) ajustados por porcentaje de grasa como covariable

Cuadro 7. Medias de color (L, a y b) según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico

Fuente de Variación	Color L ²	Color a ³	Color b ⁴
Músculo¹			
Lomillo	31.52 _a	18.11 _a	7.62 _a
Masa redonda	33.77 _b	17.70 _a	7.66 _{ab}
Lechón de mechar	38.63 _c	16.69 _a	8.41 _b
Supermercado			
A	35.38 _a	19.63 _a	9.01 _a
B	34.25 _a	16.92 _b	7.47 _b
C	34.30 _a	15.94 _b	7.22 _b

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de *Tukey*

¹ Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda).

² L = Indica brillantez, del 0 al 100, donde 0 es negro y 100 es blanco

³ a = Intensidad del rojo, donde el rojo es expresado como + a y el verde como - a

⁴ b = amarillo a azul, donde el amarillo es expresado como + b y el azul como - b

Supermercado

Se encontró diferencia significativa según el supermercado de procedencia para terneza de la carne cocida utilizando el WB (Cuadro 6). La carne del supermercado C resultó más dura en promedio ($P < 0.05$) que la de los supermercados A y B. Dentro de las posibles razones para esta diferencia cabe mencionar que el supermercado C tiene un suplidor único para la carne de res local, mientras que los otros la reciben de diferentes intermediarios. Esta variación en las fuentes de carne podría diluir el efecto de terneza en el promedio general de los supermercados A y B respecto al C. La categoría de animal, macho o hembra, con relación a la edad puede ser otro factor en determinar la menor terneza de la carne que ofrece a la venta el supermercado C. Otro elemento a considerar sería el manejo *postmortem* de la carne en dicho expendio. Lamentablemente, se

carece de la debida información para analizar más prolijamente las causales de este resultado. En la literatura se ha reportado que la grasa intramuscular tiene un efecto positivo sobre la terneza (Pearsen, 1966). Los datos del presente estudio no se ajustan necesariamente a este aserto ya que niveles similares de grasa intramuscular (supermercados A y C) corresponden a valores diferentes de terneza (Cuadro 6). Cabe destacar, sin embargo, que a pesar de las diferencias significativas entre los niveles de grasa intramuscular, los mismos son muy bajos (promedio = 1.26%) como para influir en la terneza de la carne cocida. Además, siguiendo los procedimientos estandarizados, la grasa se estimó en las muestras crudas, mientras que la terneza en las cocidas. Cuando se observan los datos de terneza y grasa en las muestras crudas, el patrón de la relación es positivo según indicado en la literatura (Hedrick et al., 1994). Quizás habría que haber estimado también los niveles de grasa en la carne cocida para intentar una explicación a esta relación entre grasa intramuscular y terneza según los supermercados, lo que no se realizó en este estudio.

La incorporación al modelo estadístico del porcentaje de grasa como covariable no alteró las relaciones de terneza ni la jugosidad observadas previamente en el análisis de varianza.

Los valores promedios de terneza para la carne cocida medidos tanto por el panel sensorial como el WB coinciden en que la carne procedente del supermercado C fue significativamente más dura ($P < 0.05$) que las de los supermercados A y B (Cuadro 6).

Los resultados de color de la carne indicaron que la del supermercado A (Cuadro 7) poseía la tonalidad de rojo brillante más acentuada (mayor L, mayor a y mayor b) respecto a los otros dos ($P < 0.05$). Ello quizás pueda deberse a que la carne que vende el supermercado A provenga de animales más jóvenes o que haya tenido un mejor manejo *postmortem*. Los valores de pH y de grasa no contribuyen a explicar este resultado (Cuadro 6).

El análisis del Modelo 2 ilustra unos aspectos interesantes y reafirma otros. La carne de res que se produce en Puerto Rico es baja en grasa (promedio = 1.26 %) y moderadamente tierna (promedio = 4.92 kg por WB). El panel así también la caracteriza (promedio = 4.47 en la escala de 1 a 8). Hay ciertas diferencias en la terneza entre los músculos, lo que era de esperar, pero también se detectó efecto similar entre supermercados. Si esta diferencia en el atributo terneza entre los supermercados es circunstancial o no, escapa a los objetivos de este estudio. Pero deja la interrogante de que no en todos los expendios se vendería la misma calidad de carne aunque sea del mismo origen.

Interacción

Se detectó interacción significativa ($P < 0.05$) entre músculos y supermercados para la terneza de la carne cocida medido por el panel de probadores. En general los músculos procedentes del supermercado C eran menos tiernos que los de los supermercado A y B. Por otro lado, la

interacción indicó que la masa redonda del supermercado C resultó similar en terneza a la de los supermercados A y B (Apéndice C).

Modelo # 3 - Carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos

Efectos principales del experimento

Origen

El país de origen tuvo un efecto significativo ($P < 0.05$) sobre la ternura de la carne cocida por WB y panel sensorial así como en el porcentaje de grasa intramuscular (Cuadro 8). La carne cocida procedente de EU resultó más tierna que la de PR, tanto por WB como por panel y también con mayor contenido de grasa intramuscular. La incorporación del contenido de grasa como covariable en el modelo estadístico mantuvo las diferencias observadas en ternuras por WB y panel sensorial. El sistema de crianza del ganado, particularmente la ceba en confinamiento, razas distintas y nutrición son elementos que sirven para explicar las diferencias en ternura y contenido de grasa observadas. En general, la producción de carne en EU está orientada a producir animales que den el grado "Choice" como respuesta a las exigencias del consumidor. Este grado se caracteriza por carne de animales de menos de 30 meses de edad con un nivel aceptable de grasa intramuscular. Lamentablemente en Puerto Rico no existe un sistema de clasificación de carne por calidad. Estudios han reportado que la gustosidad de la carne con niveles modestos de grasa intramuscular es mayor que la de aquellas que poseen poco o bajo contenido de marmoleo (Dikeman, 1987; Kauffman, 1993). Por eso mismo es que se considera que producir ganado con menos de 3 a 3.5% de

grasa intramuscular sería detrimental para la industria de carne bovina en EU (Dikeman, 1987).

Se encontró diferencia ($P < 0.05$) en el pH de la carne según el país de origen, donde la carne de PR obtuvo el valor de pH más alto. Estos hallazgos no coinciden con lo reportado en la literatura ya que se ha encontrado que existe una relación lineal positiva entre el pH final de la carne y la ternera de la misma, sin embargo la carne de EU obtuvo un pH menor y fue más tierna. Se ha reportado que carne con valores de pH más alto de lo normal (> 6) es más tierna y jugosa (Guignot et al., 1993; Kauffman, 1993; Munns y Burrell, 1966).

La carne de EU presentó valores de L, a y b más altos lo que significa que tuvo un color rojo claro y con tonalidad amarillenta, contrario a la de PR que fue más oscura (Cuadro 9). El mayor contenido de grasa intramuscular, el sexo de los animales y la dieta con base en alimentos concentrados contribuye a la coloración más clara de la carne de EU.

Músculo

Se encontró efecto significativo del músculo sobre la ternera de la carne cruda ($P < 0.05$), medida por el WB. Los promedios indicaron que el lomillo fue el músculo más tierno seguido por la masa redonda y por último el lechón de mechar (Cuadro 8). Estos resultados coinciden con los modelos anteriores donde se encontró que el lomillo fue el músculo

más tierno pero con mayor coeficiente de variación. De igual forma al comparar la carne cruda y la cocida se observó que la cantidad de fuerza requerida para romper la fibra muscular aumentó para todos los cortes de carne excepto para el lechón de mechar una vez fueron sometidos al proceso de cocción.

Varios investigadores han informado que las proteínas musculares sufren alteraciones en su estructura y configuración cuando son expuestas al calor, siendo la coagulación de las proteínas miofibrilares el cambio de mayor importancia. La desintegración y eventual coagulación de los filamentos de actina y miosina y de los discos Z causan el endurecimiento de la fibra muscular lo que a su vez está asociado con reducciones en ternura de la carne. Este fenómeno conocido como endurecimiento proteico se ha encontrado que ocurre a temperaturas internas de cocción mayores de 63°C (Hedrick et al., citado por Pagán, 1997). Otros han reportado que temperaturas de cocción entre los 61 y 80°C aumentan la dureza y disminuyen la jugosidad de la misma (Ritchey y Hostetler, 1964). Olson y colaboradores (1977) informaron que los cambios que ocurren en las proteínas miofibrilares durante el almacenamiento *postmortem* no se alteran durante el proceso de cocción a una temperatura interna de 65°C. La temperatura interna de cocción utilizada en el estudio fue de 70°C, por lo que se supone que esta fue la causa más probable del endurecimiento de la carne para los músculos *longissimus dorsi* (lomillo)

y *semimembranosus* (masa redonda) debido al proceso de cocción. No obstante el efecto que tiene la temperatura de cocción en las proteínas miofibrilares requiere más exploración ya que todavía quedan muchas interrogantes que aclarar.

Los tres músculos evaluados tuvieron diferencias significativas ($P < 0.05$) en terneza de la carne cocida analizada por el WB y panel (Cuadro 8). Inicialmente, los valores promedios de terneza mecánica para la carne cocida obtenidos por el WB reflejaron que el músculo *longissimus dorsi* (lomillo) resultó ser significativamente el más tierno de todos, seguido por el *semitendinosus* (lechón de mechar) y por último el *semimembranosus* (masa redonda). Sin embargo al incorporar al modelo estadístico la grasa como covariable el efecto de músculo fue eliminado. No ocurrió lo mismo para el panel que detectó diferencias en terneza para los tres músculos ($P < 0.05$), siendo el lomillo el más tierno y la masa redonda la más dura. No se encontraron diferencias en la jugosidad de los músculos evaluados.

El porcentaje de grasa intramuscular fue diferente entre los músculos. El *longissimus dorsi* (lomillo) presentó el mayor contenido de grasa ($P < 0.05$) respecto al *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda) que no difirieron entre sí ($P > 0.05$).

Similar a los modelos 1 y 2, se observó que el lechón de mechar (Cuadro 9) presentó un color rojo claro y con tonalidad amarillenta (mayor L y b).

Cuadro 8. Medias de terneza, jugosidad, porcentaje de jugos liberados, pH y grasa según la fuente de variación para la carne procedente de Puerto Rico y Estados Unidos según el Modelo 3

Fuente de Variación	Terneza (WB) ² (Kg)		Terneza (Panel) ³	Jugosidad (Panel) ³	Jugos liberados (%)	pH	Grasa (%)
	Cruda	Cocida ⁴	Cocida ⁴	Cocida ⁴	Cocida		
Músculo¹							
Lomillo	1.39 ± 0.78 _a	2.86 ± 0.21 _a	6.22 ± 0.09 _a	4.34 _a	18.79 _a	5.72 _{ab}	3.46 _a
Masa redonda	3.00 ± 1.20 _b	3.50 ± 0.20 _a	5.45 ± 0.09 _b	4.32 _a	21.61 _b	5.69 _b	1.92 _b
Lechón de mechar	4.70 ± 1.30 _c	3.44 ± 0.19 _a	5.90 ± 0.09 _c	4.45 _a	18.20 _a	5.77 _a	2.35 _b
Origen							
EU	2.96 ± 1.63 _a	2.62 ± 0.19 _a	6.62 ± 0.08 _a	4.46 _a	18.50 _a	5.66 _a	3.74 _a
PR	3.10 ± 1.88 _a	3.91 ± 0.19 _b	5.10 ± 0.08 _b	4.28 _a	20.57 _b	5.79 _b	1.41 _b
Supermercado							
A	3.20 ± 1.78 _a	3.09 ± 0.16 _a	5.93 ± 0.07 _a	4.34 _a	20.12 _a	5.70 _a	2.23 _a
B	2.86 ± 1.72 _a	3.44 ± 0.16 _a	5.78 ± 0.07 _a	4.40 _a	18.95 _a	5.76 _b	2.93 _b

Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes (P<0.05) según la prueba de Tukey

¹ Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda)

² A mayor valor, carne más dura

³ Escala hedónica del 1 al 8, donde el 8 representó la carne extremadamente tierna y extremadamente jugosa

⁴ Promedios (± error estándar) ajustados por porcentaje de grasa como covariable

Cuadro 9. Medias de pH y color (L, a y b) según la fuente de variación en base al Modelo 3

Fuente de Variación	Color L ²	Color a ³	Color b ⁴
Músculo¹			
Lomillo	34.00 _a	20.54 _a	9.17 _a
Masa redonda	35.43 _a	18.99 _b	8.39 _b
Lechón de mechar	40.32 _b	18.59 _b	9.57 _a
Origen			
EU	38.36 _a	20.47 _a	9.85 _a
PR	34.81 _b	18.28 _b	8.24 _b
Supermercado			
A	36.90 _a	20.19 _a	9.58 _a
B	36.27 _a	18.56 _b	8.51 _b

Promedios dentro de la misma fuente de variación con diferentes subíndices son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey

¹ Nombre técnico de los músculos: *longissimus dorsi* (lomillo), *semitendinosus* (lechón de mechar) y *semimembranosus* (masa redonda)

² L = Indica brillantez, del 0 al 100, donde 0 es negro y 100 es blanco

³ a = Intensidad del rojo, donde el rojo es expresado como + a y el verde como - a

⁴ b = amarillo a azul, donde el amarillo es expresado como + b y el azul como - b

Supermercado

Se encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el contenido de grasa intramuscular según el supermercado de procedencia. La carne del supermercado B presentó el porcentaje de grasa más alto (Cuadro 8). No se detectaron diferencias en la terneza y jugosidad de la carne que ofrecen para la venta los supermercados A y B.

Interacción

Se detectó interacción significativa ($P < 0.05$) entre origen y músculos medido por el panel de probadores. En general, los cortes de carne procedentes de EU fueron significativamente más tiernos que los de PR. No se observaron diferencias significativas entre los tres cortes

procedentes de EU. Sin embargo, al evaluar los cortes de carne de PR no se observaron diferencias significativas entre el lechón de mechar y el lomillo, pero ambos fueron más tiernos que la masa redonda.

El país de origen presentó una interacción significativa ($P < 0.05$) con el músculo para el contenido de grasa intramuscular (Apéndice C).

CONCLUSIONES

Basado en los resultados obtenidos se puede concluir lo siguiente:

1. La carne vacuna procedente de Estados Unidos, que se comercializa en los supermercados de la ciudad de Mayagüez, fue significativamente ($P<0.05$) más tierna tanto por WB (2.62 vs. 3.91 kg) como por panel de probadores (6.62 vs. 5.10) que la carne producida en Puerto Rico.
2. El contenido de grasa intramuscular de la carne de Estados Unidos fue significativamente mayor ($P<0.05$) que la de Puerto Rico (3.74 vs. 1.41%).
3. La carne vacuna procedente de Costa Rica fue intermedia en terneza y presentó similar contenido de grasa intramuscular ($P>0.05$) con relación a la de PR. Sin embargo, resultó más tierna ($P<0.05$) que la de Puerto Rico en el WB pero el panel de probadores no detectó dicha diferencia.
4. La carne de Puerto Rico presentó un color rojo más oscuro ($P<0.05$) que la de Estados Unidos y Costa Rica, que fueron similares en esta característica.
5. El pH de la carne vacuna de Estados Unidos ofrecida a la venta fue menor ($P<0.05$) que la de Puerto Rico. La de Costa Rica presentó un pH intermedio entre ambas.

6. El panel de probadores no detectó diferencia alguna en la jugosidad de la carne cocida de los tres países.
7. De los tres músculos evaluados, el lomillo (*longissimus dorsi*) y el lechón de mechar (*semitendinosus*) resultaron significativamente más tiernos ($P < 0.05$) que la masa redonda (*semimembranosus*) por el panel de probadores. El WB no detectó diferencia alguna entre los tres músculos.
8. De los tres modelos evaluados, solo uno de ellos encontró que el lomillo tuvo un contenido de grasa intramuscular mayor ($P < 0.05$) que los otros dos músculos probablemente debido a la influencia de la carne de Estados Unidos.
9. Se detectaron diferencias entre los supermercados, donde uno de ellos ofrecía carne producida en Puerto Rico más dura ($P < 0.05$) que los dos restantes.
10. En general, la carne vacuna de Puerto Rico puede considerarse medianamente tierna y jugosa con un bajo nivel de grasa intramuscular (1.26%).

RECOMENDACIONES

En Puerto Rico no existe un sistema de clasificación de la carne vacuna que se ofrece a la venta en los diferentes expendios por tanto se debe comenzar con implementar un sistema de clasificación para de esa forma aumentar las posibilidades de competencia frente a la carne importada. Es importante que la industria de carne bovina, tanto a nivel local como importada, elimine o reduzca el alto grado de variación en terneza que existe para estimular su consumo y competir favorablemente con otros sectores como lo son los de la carne de ave y porcina.

Una vez finalizada la investigación, recomendamos los siguientes estudios:

1. Llevar a cabo un estudio a nivel isla para obtener resultados más representativos de la calidad de la carne bovina que se consume y se vende en los diferentes supermercados del país.
2. Realizar análisis de ácidos grasos y colesterol para los diferentes cortes de carne local e importada.
3. Estudiar variables como: raza, manejo *antemortem* y *postmortem* del animal, edad y sexo entre otros que afectan las características organolépticas de la carne de res, para obtener una idea más completa de la importancia relativa de las mismas y poder tomar medidas para mejorarlas.

BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 1990. Official methods of analysis of the association of analytical chemists 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia. 931.
- Aberle E.D, J.C. Forrest, D.E. Gerrard y E.W. Mills. 2001. Principles of meat science. 4th ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 354.
- Bertola, N. C., A. E. Bevilacqua y N. E. Zaritzky. 1994. Heat treatment effect on texture changes and thermal denaturation of proteins in beef muscle. *Journal of Food Processing and Preservation*. 18(1):32.
- Bunch, K. L. 1987. In: Food Consumption, Prices, and Expenditures, 1985. Statistical Bulletin 749, Economic Research Service, US Department of Agriculture. Washington DC, US Government Printing Office. 15.
- Carlo, I., C. L. Arcelay, R. Mendoza, W. Ramírez, y H. Cestero. 1970. Evaluación de datos obtenidos de toros y novillas procedentes del primer cruce entre toros de raza para carne con vacas lecheras desechadas. *Estación Experimental Agrícola. Universidad de Puerto Rico, Boletín* 225 pp. 15.
- Cross, H. R., R. Moen & M. S. Stanfield. 1978. Training and testing of judges for sensory analysis of meat quality. *Food Technology*. 32:48.
- Crouse, J. D., M. Koohmaraie y S. D. Seideman. 1991. The relationship of muscle fibre size to tenderness of beef. *Meat Science*. 30:301-302.
- de Man, John. 1999. *Principles of Food Chemistry*. Aspen Publisher, Gaithersburg, Maryland. 214-215.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estudios Económicos. Anuario 2003. Estudio económico de la producción de carne de res en Puerto Rico. Santurce, P.R.

- Departamento de Agricultura de Puerto Rico. Oficina de Estudios Económicos. Anuario 1998. Estudio económico de la producción de carne de res en Puerto Rico. Santurce, P.R.
- Diamant, R., B. M. Watts y R. L. Cliplef. 1976. Consumer criteria for pork related to sensory, physical, and descriptive attributes. Canadian Institute Food Science and Technology Journal. 9(3): 151-154.
- Díaz, R. M. 1997. Defiende su tajada: la industria de carne del país. El Nuevo Día, San Juan, Puerto Rico, Oct. 5, 1997. 4-6.
- Dikeman, M.E. 1996. The relationship of animal leanness to meat tenderness. 49 Annual Reciprocal Meat Conference. 87-88.
- Dikeman, M.E. 1987. Fat reduction in animals and the effects on palatability and consumer acceptance of meat products. Reciprocal Meat Conference Proceedings. 40:93-101.
- Genevieve, P. y S. Ritchey. 1967. Effects of animal age on juiciness and tenderness of beef. Food Technology. 21:115.
- Guignot, F., C. Touraille, A. Ouali, M. Renner y G. Monin. 1994. Relationship between post-mortem pH changes and some traits of sensory quality in veal. Meat Science. 37: 319-324.
- Hedrick, H.B., E. D. Aberle, J. C. Forrest, M. D. Judge y R. A. Merkel. 1994. Principles of Meat Science. 3rd ed., Kendall Hunt Publishing Co., Dubuque, Iowa. 1, 3, 274, 289, 317.
- Hedrick, H. B., J. Boillot, D. Brady y H. Naumann. 1959. Etiology of dark cutting beef. Missouri University. Agr. Expt. Sta. Research Bull. 717.
- Ho, G. y S. J. Ritchey. 1967. Effects of animal age on juiciness and tenderness of beef. Food Technology. (21):114-115.
- Hoagland, L. 1975. Food Chemistry. AVI publishing Company, Westport, Connecticut. 175.
- Hollander, R. 1998. Introduction to sensory evaluation manual. The Penn State University. 1-54.

- Huff, E. J. y F. C. Parrish. 1993. Bovine longissimus muscle tenderness as affected by postmortem aging time, animal age and sex. *Journal of Food Science*. 58(4):713.
- Huffman, K. L., M. F. Miller, L. C. Hoover, C. K. Wu, H. C. Brittin y C. B. Ramsey. 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*. 74:94, 96.
- Irizarry, Hilda. 1998. Cloruro de calcio y su efecto sobre atributos de calidad de la carne de toretes Holstein y Brahman. Tesis M. S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 7.
- Kauffman, R.G. 1993. Opportunities for the meat industry in consumer satisfaction. *Food Technology*. 132.
- Koohmaraie, M. 1992. Effect of pH, temperature, and inhibitors on autolysis and catalytic activity of bovine skeletal muscle μ -calpain^{1,2}. *Journal of Animal Science*. 70:3071-3080.
- Koohmaraie, M. 1988. The role of endogenous proteases in meat tenderness. *Reciprocal Meat Conference Proceedings*. 41:89.
- Koohmaraie, M., S. C. Seideman, J. E. Schollmeyer, T. R. Dutson y A. S. Babiker. 1988. Factors associated with the tenderness of three bovine muscles. *Journal of Food Science*. 53(2):409.
- Kramer, A. 1976. Use of color measurement in quality control of foods. *Food Technology*. 62.
- Lan, Y. H., J. Novakofski, R. H. McCusker, M. S. Brewer, T. R. Carr y F. K. Mckeith. 1995. Thermal gelation of myofibrils from pork, beef, fish, chicken and turkey. *Journal of Food Science*. 60(5):495.
- León Ortiz Sharon. 1995. Manual de Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Carnes Frescas. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez, Mayagüez P. R. 1, 6.
- Littell, Ramon C., W. Stroup y R. Freund. 2002. SAS for Linear Models, Fourth Edition. Cary, North Carolina: SAS[®] Institute Inc.
- Locker, R. H. 1977. Meat tenderness and gap filaments. *Meat Science*. 1:87.

- Luckett, R. L., R. D. Binder, E. A. Icaza y J. W. Turner. 1975. Tenderness studies in strightbred and crossbred steers. *Journal of Animal Science*. 40: 468.
- McBee, J. L. y J. A. Wiles. 1967. Influence of marbling and carcass grade on the physical and chemical characteristics of beef. *Journal of Animal Science*. 26:701.
- Miller M. F., L. C. Hoover, K. D. Cook, A. L. Guerra, K. L. Huffman, K. S. Tinney, C. B. Ramsey, H. C. Brittin y L. M. Huffman. 1995. Consumer acceptability of beef steak tenderness in the home and restaurant. *Journal of Food Science*. 60(5):964.
- Meilgaard, M., G. V. Civile y B. T. Carr. 1991. *Sensory Evaluation Techniques*, 2nd Ed. CRC Press, Inc., Boca Raton, Fl. 354.
- Moran, J. B. 1970. Brahman cattle in temperate environment. Live-weight gains and carcass characteristics. *Journal of Agriculture Science*. 69:4469.
- Morgan, J.B., J.W. Savell, D.S. Hale, R.K. Miller, D.B. Griffin, H.R. Cross y S.D. Shackelford. 1991. National Beef Tenderness Survey. *Journal of Animal Science*. 69:3274-3280.
- Munns, W.O. y D.E Burrell. 1966. The incidence of dark cutting beef. *Food Technology*. 95.
- Muñoz A.M. y E. Chambers. 1993. Relating sensory measurements to consumer acceptance of meat products. *Food Technology*. 128.
- Nielsen, S. S. 1994. *Introduction to the chemical analysis of foods*. Jones and Bartlett Publishers, Boston, MA. 184.
- Olson, D. G. y F. C. Parrish. 1977. Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness. *Journal of Food Science*. 42(2):506, 508-509.
- Olson, D. G., F. C. Parrish y M. H. Stromer. 1976. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. *Journal of Food Science*. 41:1036-1041.

- Pagán, Melvin. 1997. Características químicas y organolépticas de músculos del cuarto trasero de toretes Holstein, Charbray y Brahman. Tesis M. S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R., 72.
- Park, B., A. D. Whittaker, R. K. Miller y D. E. Bray. 1994. Measuring intramuscular fat in beef with ultrasonic frequency analysis. *Journal of Animal Science*. 72:120.
- Park, Y. W., M. A. Kouassi y K. B. Chin. 1991. Moisture, total fat and cholesterol in goat organ and muscle meat. *Journal of Food Science*. 56(5):1191-1193.
- Paterson, B. C., y F. C. Parrish. 1986. A sensory panel and chemical analysis of certain beef chuck muscles. *Journal of Food Science*. 51(4):877-879.
- Pearson, A.M. 1966. Desirability of beef - its characteristics and their measurement. *Journal of Animal Science*. 25: 843-851.
- Pearson, A.M. y T. R. Dutson. 1994. Quality attributes and their measurement in meat, poultry and fish products, 1st edition. Blackie Academic & Professional, New York, 18-19, 48-50, 79, 289-331, 480, 486, 489.
- Pearson, A. M. y F. W. Tauber. 1984. Processed meats. 2nd edition. AVI Publishing Company, Westport Connecticut, 29.
- Pearson, A. M. y R. B. Young. 1989. Muscle and meat biochemistry. Academic Press, Inc. 395.
- Pérez, E. 1998. Curso de producción de carne bovina (INPE 4035). Proyecto especial. Colegio de Ciencias Agrícolas. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R.
- Prost, E., E. Pelczynska y A. W. Kotula. 1975. Quality characteristics of bovine meat, beef tenderness in relation to individual muscle, age and sex of animals and carcass quality grade. *Journal of Animal Science*. 41(2):541.
- Radovanic, R., D. Cavoski, V. Peric, P. Bojovic, P. S. Dunic, y S. Stanojevic. 1991. Results of a study of consumer opinions on quality, consumption and types of meat and meat products in the Belgrade market. *Tehnologija-Mesa*. 32(2): 69.

- Ramsey, C.B., J.W. Cole, B.H. Meyer y R.S. Temple. 1963. Effects of type and breed of British, Zebu and dairy cattle on production, palatability differences and cooking losses as determined by laboratory and family panels. *Journal of Animal Science*. 22:1001.
- Rhodes, D.N. 1979. Meat Flavour and consumer acceptability. In "Progress in Flavour Research", ed. D.G. Land and H.E. Nursten. Applied Science Publishers, Ltd., London. 313, 318.
- Ritchey, S. J. y R. L. Hostetler. 1964. Characterization of the eating quality of four beef muscles from animals of different ages by panel scores, shear force values, extensibility of muscle fibers, and collagen content. *Food Technology*. 123-125.
- Robertson, J., D. Ratcliff, P. E. Bouton, P. Harris y W. R. Shorthose. 1986. A comparison of some properties of meat from young buffalo (*Bubalus bubalis*) and cattle. *Journal of Food Science*. 51(1):50.
- Savell, J.W. y S. D. Shackelford. 1992. Postmortem Degradation of muscle protein "Significance of tenderness to the meat industry". *Reciprocal Meat Conference Proceedings*. 45: 44, 45.
- Seideman, S. C., H. C. Cross, R. R. Oltjeh y D. B. Schnabacher. 1982. Utilization of the intact male for red meat production: A review. *Journal of Animal Science*. 55:826
- Smith, G.C., J. W. Savell, H. G. Dolezal, T. G. Field, D. R. Gill, D. B. Griffin, D. S. Hale, J. B. Morgan, S. L. Northcutt y J. D. Tatum 1995. The final Report of the National Beef Quality Audit 1995. <http://www.ccp.com/~angus/2000/audit.htm>
- USDA. 1991. Statistical Bulletin 749. Economic Research Service, United States Department of Agriculture. Washington DC.
- Wheeler, T.L. y M. Koohmaraie. 1994. Pre rigor and post rigor changes in tenderness of ovine *longissimus* muscle. *Journal of Animal Science*. 72:1232-1238.
- Whipple, G., M. Koohmaraie, M. E. Dikeman, J. D. Crouse, M. C. Hunt y R. D. Klemm. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *Journal of Animal Science*. 68:2721-2722.

Wilson N R., E. Dyett, R. Hughes y C. Jones. 1981. Meat and meat products, Factors affecting quality control. Applied Science Publishers, London. 1-18.

APÉNDICES

Apéndice A: Prueba de Triángulo o “Triangle test”

de Panelista _____
 Producto _____

Nombre _____
 Fecha _____

Instrucciones:

Usted recibirá un conjunto de tres muestras. Dos de las muestras son iguales y una es diferente. Pruebe las muestras en el orden en que aparecen en el papel. Coloque la muestra entre sus molares y muérdala suavemente. Observe la fuerza necesaria para morder la muestra. Luego enjuague su boca con agua y finalmente circule el número de la muestra que es diferente.

Conjunto 1 _____ _____ _____

Conjunto 2 _____ _____ _____

Comentarios:

Gracias por su cooperación

Apéndice B I: Cuestionario de terneza

de Panelista _____
Producto _____

Fecha _____

Instrucciones:

1. Usted recibirá las muestras con un código de tres dígitos.
2. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
3. Coloque la muestra entre sus molares y muérdala suavemente.
4. Observe la fuerza necesaria para morder la muestra. Por favor luego enjuague su boca con agua.
5. Indique el tamaño de la terneza utilizando la categoría apropiada en la escala de abajo.
6. Repita del punto 2 al 5 para las otras muestras.

Código _____

- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente tierna | <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente tierna |
| <input type="checkbox"/> 7 Bien tierna | <input type="checkbox"/> 7 Bien tierna |
| <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente tierna | <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente tierna |
| <input type="checkbox"/> 5 Levemente tierna | <input type="checkbox"/> 5 Levemente tierna |
| <input type="checkbox"/> 4 Levemente dura | <input type="checkbox"/> 4 Levemente dura |
| <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente dura | <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente dura |
| <input type="checkbox"/> 2 Bien dura | <input type="checkbox"/> 2 Bien dura |
| <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente dura | <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente dura |

Código _____

- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente tierna | <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente tierna |
| <input type="checkbox"/> 7 Bien tierna | <input type="checkbox"/> 7 Bien tierna |
| <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente tierna | <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente tierna |
| <input type="checkbox"/> 5 Levemente tierna | <input type="checkbox"/> 5 Levemente tierna |
| <input type="checkbox"/> 4 Levemente dura | <input type="checkbox"/> 4 Levemente dura |
| <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente dura | <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente dura |
| <input type="checkbox"/> 2 Bien dura | <input type="checkbox"/> 2 Bien dura |
| <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente dura | <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente dura |

Comentarios: _____

Gracias por su cooperación

Apéndice B II: Cuestionario de jugosidad

de Panelista _____
Producto _____

Fecha _____

Instrucciones:

1. Usted recibirá las muestras con un código de tres dígitos.
2. Pruebe las muestras de izquierda a derecha.
3. Coloque la muestra entre sus molares y muérdala suavemente.
4. Observe la cantidad de jugos liberados al morder la muestra. Por favor luego enjuague su boca con agua.
5. Indique el tamaño de la jugosidad utilizando la categoría apropiada en la escala de abajo
6. Repita del punto 2 al 5 para las otras muestras

Código _____

- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente jugosa | <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 7 Bien jugosa | <input type="checkbox"/> 7 Bien jugosa |
| <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente jugosa | <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 5 Levemente jugosa | <input type="checkbox"/> 5 Levemente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 4 Levemente seca | <input type="checkbox"/> 4 Levemente seca |
| <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente seca | <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente seca |
| <input type="checkbox"/> 2 Bien seca | <input type="checkbox"/> 2 Bien seca |
| <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente seca | <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente seca |

Código _____

- | | |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente jugosa | <input type="checkbox"/> 8 Extremadamente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 7 Bien jugosa | <input type="checkbox"/> 7 Bien jugosa |
| <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente jugosa | <input type="checkbox"/> 6 Moderadamente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 5 Levemente jugosa | <input type="checkbox"/> 5 Levemente jugosa |
| <input type="checkbox"/> 4 Levemente seca | <input type="checkbox"/> 4 Levemente seca |
| <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente seca | <input type="checkbox"/> 3 Moderadamente seca |
| <input type="checkbox"/> 2 Bien seca | <input type="checkbox"/> 2 Bien seca |
| <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente seca | <input type="checkbox"/> 1 Extremadamente seca |

Comentarios:

Gracias por su cooperación

Apéndice C: Niveles de significación de las interacciones para los tres músculos evaluados según el país de origen y supermercado

	Interacción	Comparaciones	Lomillo	Masa Redonda	Lechón de Mechar
Modelo 1	Origen x músculo para terneza por panel sensorial	EU vs. PR	P<0.01	P<0.01	NS
		EU vs. CR	P<0.01	P<0.01	NS
		CR vs. PR	NS	P<0.05	NS
Modelo 2	Supermercado x músculo para terneza por panel sensorial	A vs. B	NS	NS	NS
		B vs. C	P<0.01	NS	P<0.01
		A vs. C	P<0.01	NS	P<0.01
Modelo 3	Origen x músculo para terneza por panel sensorial	EU vs. PR	P<0.01	P<0.01	P<0.01
		Origen x músculo para % de grasa	EU vs. PR	P<0.01	P<0.01

NS = Diferencias entre las medias no fueron estadísticamente significativas