

Calidad y composición química de carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico¹

Diana Santrich-Vacca², Danilo Cianzio³, Aixa Rivera⁴, Américo Casas⁵ y Raúl Macchiavelli⁶

J. Agric. Univ. P.R. 97(1-2):57-73 (2013)

RESUMEN

Se analizaron atributos de calidad de la carne bovina proveniente de dos grupos de edad clasificados por dentición: hasta cuatro incisivos permanentes (55 animales), y con cinco o más incisivos permanentes (50 animales), que corresponden a edades cronológicas de hasta dos años y medio, y tres años o más, respectivamente. Los 105 animales se sacrificaron en tres mataderos de Puerto Rico que tienen planta de proceso. De cada media canal izquierda se obtuvieron muestras de los músculos: lomillo (*Longissimus dorsi lumborum*; LDL), masa redonda (*Semimembranosus*; SM) y lechón de mechar (*Semitendinosus*; ST). Estas se analizaron para terneza (Warner-Bratzler Shear) en carne cruda y cocida, y para contenido de agua, proteína y grasa intramuscular en las muestras crudas en el laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Recinto Universitario de Mayagüez. Un número similar de muestras se analizó para contenido de colesterol (músculos LD y SM) y grasa intramuscular en el laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EE.UU.). La edad no afectó significativamente ($P > 0.05$) el contenido de agua, proteína o colesterol, ni la terneza medida por Warner-Bratzler Shear Force (WBS). El contenido de grasa intramuscular de los animales más jóvenes (1.89%) fue significativamente ($P \leq 0.05$) menor que el de los animales más viejos (2.73%) en carne cruda y carne cocida (2.98 vs. 4.56%, respectivamente) para las muestras analizadas en Mayagüez. Los resultados correspondientes de contenido de grasa intramuscular (2.60% vs. 3.48%) obtenidos en carne cruda en Gainesville también difirieron significativamente ($P \leq 0.05$). El promedio general de proteína y colesterol en la carne cruda fue de 20.38% y 56.41 mg/100 g (base húmeda) siendo estos menores que los informados en la literatura (22.7 a 34.3% y 70 a 75 mg/100 g). Dicha diferencia se adjudica principalmente a que los bovinos en la Isla se alimentan principalmente a base de pastoreo de gramíneas tropicales. De los tres músculos evaluados

¹Manuscrito sometido a la Junta Editorial el 28 de septiembre de 2012.

²Ex-estudiante graduado, Departamento de Industria Pecuaria, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

³Catedrático retirado, Departamento de Industria Pecuaria.

⁴Catedrática Asociada, Departamento de Industria Pecuaria, Apartado 9000, Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

⁵Catedrático Asociado, Departamento de Industria Pecuaria, Estación Experimental Agrícola, Jardín Botánico Sur, Calle Guayacán 1193, San Juan, PR 00926-1118

⁶Catedrático, Departamento de Cultivos y Ciencias Agroambientales.

por WBS, el lomillo resultó ser significativamente ($P \leq 0.05$) más tierno (1.53 kg) en carne cruda. Se concluye que la carne vacuna producida en Puerto Rico se puede clasificar como medianamente tierna con un bajo nivel de grasa intramuscular y de colesterol, lo que la caracteriza como un alimento magro y por ende, saludable para el consumidor.

Palabras clave: carne bovina, grasa intramuscular, colesterol, terneza, pastoreo

ABSTRACT

Quality and chemical composition of beef from cattle of two age groups in Puerto Rico

Several quality criteria were determined in beef derived from animals of two age groups classified by dentition: those with four permanent incisors (55 head), and those with five or more permanent incisors (50 head), corresponding to chronological ages of up to 2.5 years and three years or more, respectively. The 105 animals were processed into beef in three local slaughterhouses. From each left-carcass, samples from the *Longissimus dorsi lumborum* (LDL), *Semimembranosus* (SM) and *Semitendinosus* (ST) were obtained and analyzed for tenderness (Warner-Braztler Shear Force; WBS) and intramuscular fat as crude and cooked beef, and for contents of water and protein in crude condition, at the laboratory of Food Science and Technology, Mayagüez Campus of UPR. A similar number of crude samples were analyzed for contents of intramuscular fat and cholesterol at the laboratory of Meat Technology of the University of Florida in Gainesville. Animal age did not affect ($P > 0.05$) contents of water, protein or cholesterol, nor the WBS value. Intramuscular fat content of younger animals was lower ($P < 0.05$) than that of the older group in crude beef analyzed at Mayagüez (1.89 vs. 2.73%) and Florida (2.60 vs. 3.48%), and in cooked beef analyzed in Mayagüez (2.98 vs. 4.56%), respectively. The general means of protein and cholesterol content were 20.38% and 56.41 mg/100 g (wet basis), the latter being lower than that found in the literature (70 to 75 mg/100 g). This difference is ascribed mainly to the common local practice of basing bovine feeding on grazing tropical grasses. Muscle did not affect ($P > 0.05$) the contents of protein and intramuscular fat in crude and cooked samples analyzed at Mayagüez, and of cholesterol (LD vs. SM) in crude beef samples analyzed at Florida. Intramuscular fat was higher ($P < 0.05$) in crude samples from *Longissimus* analyzed at Florida. In addition, of the three muscles tested, *Longissimus* yielded crude beef with higher ($P < 0.05$) intramuscular fat content (Florida samples) and of greatest tenderness (WBS 1.53 kg/1.27 cm). It is concluded that beef produced in Puerto Rico can be classified as moderately tender and low in intramuscular fat and cholesterol, thus constituting a healthy and appetizing source of nutrients for the consuming public.

Key words: beef composition, intramuscular fat, cholesterol, tenderness, grazing

INTRODUCCIÓN

La participación de la producción de carne de res en el mercado local ha decrecido drásticamente de 37.56% del consumo en el año 1975 a

10.3% en el 2010. Para ese último año se estimó el consumo per cápita en 19.8 kg/año, de los cuales solamente 1.9 kg provino de la producción local (Dept. Agric. P.R., 2010). Estos datos indican que la industria de la carne de res de Puerto Rico se encuentra en una situación crítica. Un problema importante que enfrenta la industria son los costos elevados de producción lo que resulta en ganancias económicas marginales para el ganadero. A todo esto se agrega la importancia relativa que presenta la industria lechera en su contribución a la de carne de res. La industria lechera aporta anualmente entre 16 y 18 mil vacas que se eliminan de los hatos por baja producción e infertilidad. En su mayoría estos son animales adultos con ocho incisivos permanentes, que desde el punto de vista cronológico equivalen a cinco años o más de edad. Se estima que del total de vacas sacrificadas, de un 85 a un 90% provienen de la industria lechera, con un aporte que fluctúa entre 33% y 36% del total de carne producida localmente (Cianzio, D., Comunicación Personal, 2001). Esta carne se estima que es, en general, de menor calidad y ternera.

La importancia de la carne de res en la dieta humana deriva no sólo de su atractivo sensorial sino también de su elevado valor nutritivo. Este último no se debe solamente a que su contenido en proteína es elevado (>20% promedio en base húmeda) sino también a que esta presenta una digestibilidad alta (>95%) y su composición de aminoácidos se encuentra en proporciones muy similares a las requeridas por los tejidos del cuerpo. Es también una fuente importante de minerales como hierro y zinc, y de vitaminas del complejo B, específicamente vitamina B₁₂ (Fenemma, 1996).

Las carnes bovinas que se producen localmente se ofrecen al consumidor sin ninguna indicación sobre sus características organolépticas o nutritivas. El anonimato bajo el cual la carne se presenta a la venta es muy perjudicial en el sistema agroalimentario actual en el que el consumidor demanda un producto bien definido y caracterizado. Garantizar la calidad de la carne no es tarea fácil por la multiplicidad de factores que la afectan. Sin embargo, la determinación de algunas variables relacionadas con las características organolépticas puede servir como una primera aproximación para caracterizar y normalizar su calidad. Tanto los productores, procesadores, como el público consumidor desconocen las cualidades nutricionales de la carne de res local. Este desconocimiento es un aspecto importante debido a la asociación negativa que tienen los productos animales con las grasas saturadas y el colesterol (Mertz, 1986). Sin embargo, el sistema de producción imperante en Puerto Rico está basado en la utilización de forraje como fuente principal de alimento y el uso de machos jóvenes sin castrar, como unidad básica de producción, lo que permite obtener carne con un

bajo contenido de grasa y colesterol. Este beneficio nutricional, junto a una mayor terneza, mejoraría la posición competitiva de la industria de carne de res local.

Los objetivos de este estudio son comenzar a tipificar la calidad organoléptica y la composición química de la carne de res que se produce en Puerto Rico y evaluar si existen diferencias en los atributos de calidad de la carne producida por animales provenientes de dos grupos de edad, que sirvan de base para establecer un sistema simple de clasificación de canales bovinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Muestras de tres músculos provenientes de bovinos de dos grupos de edad estimadas a base del número de incisivos permanentes, hasta cuatro y con cinco o más, se obtuvieron de tres mataderos con planta de deshuese. Las muestras de carne se extrajeron de animales machos y hembras de grupos raciales típicos de la ganadería bovina de Puerto Rico. Un total de 105 muestras se obtuvieron de tres músculos del cuarto trasero de la media canal izquierda: *Longissimus dorsi lumborum* (LDL; lomillo; n = 34 muestras), *Semitendinosus* (ST; lechón de mechar; n = 35 muestras, y *Semimebranosus* (SM; masa redonda; n = 36 muestras). Inicialmente se transportaron las muestras a la Estación Experimental de Lajas en neveras con hielo y se congelaron a una temperatura de -20° C. Posteriormente, las muestras se transportaron en neveras con hielo hasta el laboratorio de Ciencia y Tecnología de Alimentos, en el Recinto Universitario de Mayagüez, para su evaluación química y de terneza mecánica. Previamente se dividieron las muestras a la mitad, una de las cuales fue enviada al Laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Gainesville, Florida (EE.UU.).

Análisis Proximal

Los porcentajes de humedad, proteína y grasa se determinaron de acuerdo a los métodos descritos por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, 1990). Las muestras de carne cruda y cocida para la determinación de humedad, proteína y grasa se homogenizaron utilizando un procesador de alimentos (Cuisinart Pro Custom DLC-8C7)⁷ para obtener una muestra representativa. Para el análisis estadístico se utilizaron los promedios de determinaciones de humedad, proteína y grasa en duplicado. Para la determinación de humedad en carne cruda

⁷Los nombres de compañías y de marcas registradas sólo se utilizan para proveer información específica y su uso no constituye garantía por parte de la Estación Experimental Agrícola de la Universidad de Puerto Rico, ni endoso sobre otros productos o equipo que no se mencionan.

se utilizó el procedimiento de Nielsen (2003) y para proteína el método Micro-Kjeldahl (AOAC, 1990). La extracción de la grasa se realizó, en muestras crudas y cocidas, utilizando acetona como solvente orgánico para estimar el contenido de extracto etéreo mediante el método de Soxhlet. Tanto los análisis de proteína como los de grasa fueron validados con los estándares de referencia # 1546 para carne homogenizada del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología de Estados Unidos (NIST, 2003). La determinación de colesterol y extracto etéreo en carne cruda (Universidad de Florida) fueron llevados a cabo siguiendo los métodos de AOAC (1990). La determinación de colesterol se efectuó en un laboratorio particular (*ABC Research Corporation*) contratado por la universidad mencionada de acuerdo al procedimiento 994.10 de la AOAC. En este grupo de muestras no se incluyó el músculo ST. Para la determinación de grasa se utilizó el procedimiento 983.23 de la AOAC (1990).

La terneza de muestras de carne cruda y cocida se estimó mediante la técnica de resistencia al corte medida con un *Warner Bratzler 3000*. A cada trozo de carne se le removió la grasa subcutánea. Para determinar la terneza en carne cruda y cocida, previo al análisis se dejó descongelar la muestra por 24 horas en el refrigerador a una temperatura de 5 a 10 °C. Cada corte fue envuelto en papel de aluminio identificado y se cocinó en calor seco, utilizando un horno convencional *Jenn Air* previamente calentado a 177° C, por aproximadamente una hora hasta alcanzar una temperatura interna de 70° C. Los trozos de carne a ser sometidos a la determinación de terneza por *Warner Bratzler Shear force* (WBS) se obtuvieron con un sacabocado de 1.27 cm de diámetro de diferentes partes del músculo y paralelo a la fibra muscular para procurar una muestra representativa. Se tomaron cuatro lecturas por muestra de la fuerza ejercida para cortarla y se calculó su promedio. Valores de resistencia al corte menores o iguales a 2.27 kg de presión representan carne tierna, valores entre 2.27 y 3.63 kg de presión representan carne medianamente tierna y los mayores de 5.44 kg representan carne extremadamente dura (AMSA, 1995).

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con arreglo factorial $3 \times 2 \times 3$ con efectos fijos (tres músculos, dos edades, tres localidades o mataderos). Dado que el número de observaciones por edad y músculo fue diferente, se utilizó el procedimiento SAS Mixed (Elliot, 1995) para el análisis de varianza. Los promedios se compararon mediante la prueba de Tukey-Kramer (Ott y Longnecker, 2001).

Los datos de colesterol y extracto etéreo de carne cruda provenientes de la Universidad de Florida se analizaron mediante el procedimiento

GLM con datos balanceados para un diseño completamente aleatorizado en un arreglo factorial $2 \times 2 \times 3$ (dos músculos, dos edades, tres localidades) para colesterol, y $3 \times 2 \times 3$ (tres músculos, dos edades, tres localidades) para los datos de grasa cruda (SAS, 1989). Los promedios correspondientes se compararon mediante la prueba de Tukey-Kramer (Ott y Longnecker, 2001).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Contenido de humedad y proteína en carne cruda

Los promedios de humedad de los tres músculos evaluados no fueron significativamente diferentes ($P > 0.05$), y en general tuvieron un 74.22% de agua (Cuadro 1). Maher et al. (2005) encontraron un contenido de humedad en el músculo LD de 73.97% similar al obtenido en el presente estudio (73.92%). Gil y Huertas (2000), por su parte, encontraron que en animales alimentados con pasturas el porcentaje de humedad del LD era mayor que en aquellos alimentados con granos (73.55% vs. 71.44%). La edad de los animales tampoco tuvo un efecto significativo en el contenido de humedad de la carne cruda ($P > 0.05$). Lawrie (1991) reportó que el contenido de humedad de la carne prácticamente permanece constante después de los 24 meses de edad. Ello sería aplicable a los animales del presente estudio que deberían tener 24 o más meses de edad a base de la equivalencia indicada por Casas

CUADRO 1.— Promedios del contenido de agua y proteína en muestras de carne cruda de bovinos de dos grupos de edad, hasta cuatro y cinco o más incisivos permanentes.¹

Fuente de Variación	Agua (%) ² Promedio \pm DE	Proteína (%) ³ Promedio \pm DE
Músculo		
Lomillo (<i>Longissimus dorsi</i>)	73.92 \pm 0.43 a	20.87 \pm 0.38 a
Masa Redonda (<i>Semimembranosus</i>)	73.92 \pm 0.41 a	20.44 \pm 0.36 a
Lechón de Mechar (<i>Semitendinosus</i>)	74.83 \pm 0.41 a	19.82 \pm 0.37 a
Edad		
Hasta cuatro incisivos	74.63 \pm 0.33 a	20.13 \pm 0.29 a
Cinco o más incisivos	73.81 \pm 0.35 a	20.62 \pm 0.31 a
Localidad		
Arecibo	74.07 \pm 0.39 a	20.34 \pm 0.35 a
Naguabo	75.05 \pm 0.45 b	20.06 \pm 0.40 a
Yauco	73.55 \pm 0.40 a	20.73 \pm 0.36 a

¹Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintas letras son significativamente diferentes ($P < 0.05$) según la prueba de Tukey-Kramer.

²Coefficiente de variación para agua = 3.23%.

³Coefficiente de variación para proteína = 10.49%.

et al. (2001) entre la presencia de incisivos permanentes y la edad cronológica de los bovinos. El referido promedio general de humedad de 74.2% (Cuadro 1) se ubica dentro de lo reportado por Lawrie (1991), Fenemma (1996), Wahrmund-Wyle et al. (2000) y Farfán y Sarmán (2003) de contenidos que fluctúan entre 70 y 76%.

No se encontró ningún efecto significativo ($P > 0.05$) de las variables analizadas, ni en sus interacciones, sobre el contenido de proteína de la carne cruda, siendo el promedio general de 20.38% (Cuadro 1). Lawrie (1991) informó que, si bien la edad afecta esta variable, las diferencias son notorias sólo hasta los 24 meses de edad y que al aumentar la edad ocurre un incremento en el contenido de mioglobina y proteínas sarcoplásmicas, que son las que más nitrógeno aportan. Del contenido total de nitrógeno del músculo, aproximadamente el 95% es proteína verdadera y el 5% restante son péptidos, aminoácidos y otros compuestos nitrogenados (Fenemma, 1996). El promedio general de proteína muscular bovina fluctuó entre 20 y 22% de acuerdo a lo reportado por diversos autores (Fenemma, 1996; Wahrmund-Wyle et al., 2000; Aberle et al., 2001).

Semejante a lo observado en el presente estudio, Kim et al. (2000) no encontraron diferencias significativas en el contenido de proteína entre el *Longissimus dorsi lumborum* (21.7%) y el *Psoas major* (21.0%) de toretes. Sin embargo, el sexo y la alimentación pueden afectar el contenido de proteína muscular. Destefanis et al. (2003) informaron de diferencias significativas en el *Longissimus thoracis y lumborum* entre machos enteros (22.35%) y castrados tempranamente (22.80%). Igualmente Gil y Huertas (2000) encontraron diferencias significativas debidas al tipo de alimentación ya que animales criados a pastoreo presentaron menor contenido de proteína muscular (21.77%) que aquellos alimentados con granos (22.56%). Los animales del presente estudio se alimentaron principalmente a base de pasturas. Aunque las muestras musculares provenían de machos y hembras, el factor sexo estuvo confundido en los resultados y no pudo analizarse por separado.

Grasa intramuscular en carne cruda y cocida

Carne cruda

Se encontró un efecto significativo de la edad ($P \leq 0.05$) sobre el contenido de grasa intramuscular de la carne cruda, siendo los animales más jóvenes, de hasta cuatro incisivos, los que presentaron menos grasa (1.89 vs. 2.73%; Cuadro 2). El resultado concuerda con los criterios generales de deposición del tejido adiposo que establecen que la grasa intramuscular es el último depósito en formarse, por lo que es de esperar que animales adultos presenten una mayor concentración

CUADRO 2.— Promedios del contenido de grasa intramuscular en muestras de carne cruda y cocida en bovinos de dos grupos de edad, hasta cuatro y cinco o más incisivos permanentes.¹

Fuente de Variación	Carne Cruda Grasa (%) ² Promedio ± DE	Carne Cocida Grasa (%) ³ Promedio ± DE
Músculo		
Lomillo (<i>Longissimus dorsi</i>)	2.93 ± 1.82 a	3.93 ± 0.44 a
Masa Redonda (<i>Semimembranosus</i>)	2.48 ± 2.11 a	4.05 ± 0.42 a
Lechón de Mechar (<i>Semitendinosus</i>)	2.06 ± 2.03 a	3.33 ± 0.42 a
Edad		
Hasta cuatro incisivos	1.89 ± 1.61 a	2.98 ± 0.34 a
Cinco o más incisivos	2.73 ± 2.24 b	4.56 ± 0.36 b
Localidad		
Arecibo	2.68 ± 2.33 a	3.70 ± 0.41 a
Naguabo	1.80 ± 1.48 b	3.77 ± 0.47 b
Yauco	2.45 ± 1.90 a	3.83 ± 0.41 a

¹Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintas letras son significativamente diferentes ($P \leq 0.05$) según la prueba de Tukey-Kramer.

²Coefficiente de variación para carne cruda = 83.37%.

³Coefficiente de variación para carne cocida = 66.56%.

bajo las mismas condiciones de manejo y alimentación (Aberle et al., 2001). Vestergaard et al. (2000) encontraron en toros de un año de edad alimentados con pasturas valores menores de grasa intramuscular que en aquellos de dos años, tanto para el músculo *Semitendinosus* como para el *Longissimus dorsi*. Dikeman et al. (1987) informaron que animales de nueve meses y dos años de edad alimentados con dietas a base de granos presentaron, en promedio, 1.82% y 6.03% de grasa en el músculo. Los tres músculos no difirieron ($P > 0.05$) en el porcentaje de grasa intramuscular en muestras de carne cruda (Cuadro 2). Estos resultados concuerdan con los obtenidos por Pagán et al. (2007) y Acevedo (2004) quienes tampoco encontraron diferencias en el contenido de grasa de estos tres músculos. Aunque dichos autores analizaron muestras de carne producida en Puerto Rico con animales criados a pastoreo, los porcentajes promedios informados fueron inferiores (0.9% y 1.3%, respectivamente) a los del presente estudio (2.3%).

En el Cuadro 3 se presentan los contenidos de grasa intramuscular de las mismas muestras de carne cruda, esta vez analizadas en la Universidad de Florida. Al comparar dichos valores con los obtenidos en Mayagüez, se observan similitudes y diferencias. En ambos análisis se encontró un efecto significativo de la edad, con un menor contenido en los animales más jóvenes (2.6 vs. 3.5%). Sin embargo, a diferencia de los resultados locales, el análisis en Florida indicó un contenido mayor

CUADRO 3.—Promedios del contenido de colesterol y grasa intramuscular en muestras de carne cruda de bovinos con hasta cuatro, y cinco o más incisivos permanentes. Resultados del laboratorio de Tecnología Cárnica de la Universidad de Florida en Gainesville, EE.UU.¹

Fuente de Variación	Carne Cruda	
	Grasa (%) ² Promedio ± DE	Colesterol (mg/100g) ³ Promedio ±DE
Músculo		
Lomillo (<i>Longissimus dorsi</i>)	3.99 ± 2.16 b	57.36 ± 12.84 a
Masa Redonda (<i>Semimembranosus</i>)	2.78 ± 2.26 a	55.47 ± 11.42 a
Lechón de Mechar (<i>Semitendinosus</i>)	2.26 ± 1.12 a	—
Edad		
Hasta cuatro incisivos	2.60 ± 2.09 a	57.41 ± 11.56 a
Cinco o más incisivos	3.48 ± 1.90 b	55.42 ± 12.71 a
Localidad		
Arecibo	3.24 ± 1.92 a	51.36 ± 6.97 a
Naguabo	2.94 ± 1.96 a	70.22 ± 6.61 a
Yauco	2.95 ± 2.24 a	47.66 ± 7.52 a

¹Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintos subíndices son significativamente diferentes ($p \leq 0.05$) según la prueba de Tukey.

²Coefficiente de variación para carne cruda = 60.22%.

³Coefficiente de variación para colesterol = 11.69%.

de grasa ($P \leq 0.05$) en el lomillo respecto a los otros dos músculos. El otro punto a destacar es que el promedio general de grasa en la carne cruda fue mayor en el análisis de Florida respecto al de Mayagüez (3.04 vs. 2.31%). Las diferencias indicadas pueden deberse a variaciones en la técnica de medición o a la diferencia de más de dos años en el tiempo de almacenamiento de las muestras congeladas que medió entre ambos análisis. La demora pudo haber provocado una disminución en el contenido de grasa por lipólisis de las muestras analizadas en Mayagüez (Pie et al., 1991) o una reducción en la capacidad de extracción debido a la formación de complejos insolubles de los lípidos, como lo demostraron Igene et al. (1979), quienes observaron una diferencia considerable en el porcentaje de grasa intramuscular de carne fresca (13.72%) respecto a la almacenada por 13 meses (9.82%).

Varios factores afectan el nivel de grasa en el músculo, entre ellos se destacan la alimentación, sexo, edad y raza de los bovinos. La importancia de la grasa intramuscular radica en que se la asocia con la terneza y jugosidad de la carne (Aberle et al., 2001). De hecho, esta asociación positiva con los atributos mencionados justifica el sistema de clasificación de canales por calidad que se utiliza en Estados Unidos. El grado *Prime* es el que exige mayor contenido de grasa intramuscular visible o “*marbling*” y por ende, el de mayor valor comercial (Aberle

et al., 2001). Sin embargo, existen estudios que revelan que aquella asociación es baja y que solo explica un 5% de la variación en terneza y entre un 10 a 16% de la variación en la jugosidad de la carne; el efecto sería mayor en animales adultos (Geay et al., 2001).

Carne cocida

Se encontró un efecto significativo ($P \leq 0.05$) de la edad sobre el contenido de grasa intramuscular en la carne cocida (Cuadro 2). Al igual que en muestras de carne cruda, los animales jóvenes presentaron un porcentaje menor de este depósito de grasa (2.98 vs. 4.56%). Estos valores superan a los de la carne cruda (1.89 vs. 2.73%) debido a que durante la cocción se pierde humedad lo que conlleva un incremento relativo en el contenido de grasa y de otros componentes sólidos de la carne. La diferencia resultante de la cocción fue mayor en los animales de cinco o más incisivos permanentes, que pasó de 2.73 a 4.56% o 1.83 puntos de porcentaje, mientras que en los jóvenes solo aumentó 1.10% (de 1.89 a 2.98%). Ello indica que si bien hubo deshidratación del tejido muscular, también hubo un incremento neto en el contenido de grasa intramuscular en los animales adultos. Los tres músculos evaluados no presentaron diferencias entre sí en el contenido de grasa intramuscular una vez cocidos ($P > 0.05$), igual a lo observado cuando estaban crudos, en las muestras analizadas en Mayagüez. El promedio general fue de 3.77% (Cuadro 2) cuando cocidos, superior al obtenido en la carne cruda (2.49%). El incremento mayor se produjo en la masa redonda, seguida por el lechón de mechar y el lomillo. La variación en el nivel de grasa para cada músculo evaluado decreció con la cocción, según lo indican los coeficientes de variación correspondientes. No existe una explicación razonable para este efecto de la cocción sobre la grasa intramuscular de los músculos evaluados que trascienda lo meramente especulativo. Wheeler et al. (2001) midiendo la composición de lípidos en muestras crudas y cocidas del músculo *Longissimus thoracis*, en diversos tipos de ganado y cruces, encontraron que los animales con menor porcentaje de grasa en la carne cruda siguieron la misma tendencia y presentaron la menor cantidad de grasa en carne cocida. El promedio general de grasa intramuscular en carne cocida encontrado en el presente trabajo fue de 3.77%, mucho menor al 10% reportado por Aberle et al. (2001) en carne cocida. Incluso es menor que el de otras especies, como el de la carne blanca de pollo sin piel (4.5%) y con ella (10.9%), o carnes de cordero (8.5%) y cerdo (13%) (Aberle et al., 2001). Esta información es útil para cualquier intento propagandístico que se realice con el fin de promover el mercadeo del producto local frente al importado y promover la demanda por el mismo.

Colesterol en carne cruda

El promedio general del contenido de colesterol en las muestras de carne analizadas fue 56.41 mg/100 g (Cuadro 3). Este valor es más bajo que el de 70 a 75 mg informado por algunos autores (Fenemma, 1996; Pearson y Gillet, 1999) pero dentro de los límites establecidos por la base de datos del USDA (Piironen et al., 2002) de 54 a 65 mg/100 g. La alimentación principalmente a base de pastoreo de gramíneas tropicales tiende a mantener bajo el contenido de colesterol en la carne de res producida en Puerto Rico. La Asociación Americana del Corazón recomienda una ingestión diaria de colesterol que no exceda los 300 mg, para personas con niveles normales de dicho compuesto en la sangre. Al consumir 3.5 onzas (100 g) de carne de res local se ingieren 56.41 mg de colesterol, lo que representa solamente el 18.8% del máximo recomendado.

En el Cuadro 3 se muestran los efectos de músculo y edad en el contenido de colesterol ($P > 0.05$). Los tres músculos analizados no presentaron diferencias en el contenido de colesterol en concordancia con los hallazgos de Kim et al. (2000) y Cifuni et al. (2004). Sin embargo, existen también algunos informes de un efecto de músculo en dicho contenido (Chizzolini et al., 1999). Se indica que estas diferencias se asocian con el tipo de fibra que predomina en cada músculo, en particular con las fibras rojas que poseen un mayor perímetro de sarcolema (membrana celular) lo que contribuiría al aumento en el contenido de colesterol (Chizzolini et al., 1999). Wheeler et al. (1987) habían informado que el grado en que se remueve el tejido adiposo que rodea al músculo podría contribuir a las diferencias que se observan en el contenido de colesterol. Piironen et al. (2002) encontraron niveles de colesterol más altos en la grasa subcutánea e intermuscular que en el propio tejido muscular.

Terneza en carne cruda y cocida

El factor músculo ejerció un efecto significativo sobre la terneza de muestras de carne cruda ($P \leq 0.05$) medida por Warner-Bratzler (Cuadro 4). El lomillo (LDL) fue el músculo más tierno con un valor de resistencia al corte de 1.53 ± 0.31 kg de presión, seguido de la masa redonda (SM) con un valor de 2.74 ± 0.29 kg de presión y por último el lechón de mechar (ST) con un valor 5.01 ± 0.30 kg de presión (AMSA, 1995). Por estos resultados se clasifica la carne de estos tres músculos como tierna, medianamente tierna, y dura, respectivamente. Estos resultados confirman que existe una amplia variación en terneza entre músculos del mismo animal así como dentro del mismo músculo. La compleja estructura proteica de la fibra muscular unido al contenido, tipo y solubilidad del colágeno que posee el músculo afectan su terneza. Garriz

CUADRO 4.—Valores de terneza por Warner-Bratzler en muestras de carne cruda y cocida de bovinos de dos edades diferentes, hasta cuatro y cinco o más incisivos permanentes.¹

Fuente de Variación	Carne Cruda Terneza (kg) ² Promedio ± DE	Carne Cocida Terneza (kg) ³ Promedio ± DE
Músculo		
Lomillo (<i>Longissimus dorsi</i>)	1.53 ± 0.31 a	4.56 ± 0.31 a
Masa Redonda (<i>Semimembranosus</i>)	2.74 ± 0.29 b	4.27 ± 0.30 a
Lechón de Mechar (<i>Semitendinosus</i>)	5.01 ± 0.30 c	4.91 ± 0.30 a
Edad		
Hasta cuatro incisivos	2.98 ± 0.24 a	4.70 ± 0.24 a
Cinco o más incisivos	3.20 ± 0.25 a	4.46 ± 0.26 a
Localidad		
Arecibo	3.44 ± 0.29 a	4.99 ± 0.29 b
Naguabo	3.13 ± 0.32 a	3.79 ± 0.33 a
Yauco	2.71 ± 0.28 a	4.94 ± 0.29 b

¹Promedios dentro de la misma fuente de variación con distintas letras son significativamente diferentes ($p < 0.05$) según la prueba de Tukey-Kramer.

²Coefficiente de variación para carne cruda = 54.82%.

³Coefficiente de variación para carne cocida = 37.50%.

(1994) indicó que los músculos más tiernos poseían menor cantidad de colágeno total. Previamente, Ritchey y Hostetler (1964) y Koohmaraie (1988) informaron que el lomillo (*Longissimus dorsi*) presenta menos colágeno y fibras de menor tamaño que otros músculos del cuarto trasero de la canal. El lechón de mechar (ST) y la masa redonda (SM), por su parte, presentan mayor cantidad de tejido conectivo lo que podría explicar su menor terneza (Rivera, 1987).

Los resultados del presente trabajo concuerdan con los de Acevedo (2004), quien al comparar carne de res de distinta procedencia encontró que el lomillo resultó ser el músculo más tierno, seguido de la masa redonda y finalmente del lechón de mechar, tanto para los cortes provenientes de Estados Unidos y Costa Rica como para los de Puerto Rico. Pagán et al. (2007) encontró diferencias significativas en la terneza de los siete músculos más importantes de la pierna trasera de toretes criados en la Isla, siendo el filete (*Psoas major*) el músculo más tierno seguido del lomillo (*Longissimus dorsi*). Sin embargo, para animales producidos en Puerto Rico, Rivera (1987) encontró que el *Psoas major* fue el músculo más tierno, seguido por el *Semitendinosus* y el *Semimembranosus*; el *Longissimus dorsi* resultó ser el más duro. Se atribuye la mayor terneza del *Psoas major* a que permanece estirado en la canal durante el establecimiento del *rigor mortis* post mórtem y a su bajo contenido de tejido conectivo (Rivera, 1987; Pagán et al., 2007).

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) de la edad sobre la terneza de la carne cruda (Cuadro 4). Para ambos grupos de edad, los valores de resistencia al corte clasifican la carne como medianamente tierna (AMSA, 1995). Se argumenta que la edad es uno de los factores que afecta la terneza ya que existe una relación inversamente proporcional entre la edad y el tejido conectivo que incrementa con la misma disminuyendo la terneza (Aberle et al., 2001). Al igual que en las muestras de carne cruda, no se encontró efecto significativo de la edad sobre la terneza de la carne cocida ($P > 0.05$; Cuadro 4). Este resultado sorprende ya que se esperaría que los animales de cinco y más incisivos permanentes tengan carne más dura. La solubilidad del colágeno disminuye a medida que los animales avanzan en edad por los cambios que ocurren en su micro estructura lo que deriva en carne más dura. Estas alteraciones del tejido conectivo, y no tanto el tipo y cantidad de sus fibras, son la causa principal de la disminución en la terneza de la carne con la edad del animal (Wilson et al., 1981). Otros estudios incluyen, además, la cantidad de colágeno en el músculo como factor coadyuvante en esta disminución de la terneza con la edad (Shorthose y Harris, 1990; Wulf et al., 1996).

En el presente trabajo la edad no influyó en la terneza de la carne cruda o cocida. El largo periodo de almacenamiento (cuatro años) a que fueron sometidas las muestras congeladas junto a posibles altibajos de temperatura durante ese tiempo, pueden haber contribuido a que se manifestara cierta acción enzimática que causara proteólisis de las proteínas miofibrilares mejorando la terneza de la misma y reduciendo las diferencias entre grupos de edad. Este fenómeno se atribuye a que los cristales que se forman durante la congelación se localizan intracelularmente provocando ruptura del tejido celular y expansión del tejido conectivo lo que tiene un efecto mecánico de aumentar la terneza. Aunado a estos efectos, la acción enzimática, aunque reducida, continúa e hidroliza proteínas miofibrilares con el consecuente efecto de mejorar la terneza de la carne (Levie, 1963). Soria y Corva (2004) sostienen que la magnitud del proceso de proteólisis post mórtem sería el mayor responsable de la variación de la terneza de la carne. Honikel (1998) sostiene que durante el cocido de la carne las diferentes proteínas se desnaturalizan lo que causa cambios estructurales tales como la destrucción de las células de las membranas, encogimiento transversal y longitudinal de las fibras del músculo, coagulación de las proteínas sarcoplásmicas y encogimiento del tejido conectivo.

Las muestras cocidas de los tres músculos tampoco revelaron diferencias significativas ($P > 0.05$) para terneza (Cuadro 4). La cocción de la carne anuló las diferencias significativas observadas en las muestras crudas. En estas últimas, el promedio de kilogramos de resistencia

al corte en el Warner-Bratzler fue de 3.09 versus 4.58 en las muestras cocidas. La desnaturalización de las proteínas miofibrilares ha sido mencionada como factor importante en la disminución de la terneza con la cocción entre los 40 y 60 °C (Christensen et al., 2000). Aunque hubo una disminución general en la terneza al cocinarse la carne, también se redujo la variación alrededor del promedio según indican los coeficientes de variación (6.66 vs. 12.21%). La reacción distinta de los músculos a la cocción produjo que la terneza de la carne cocida fuera similar para los tres. Los resultados discrepan con lo reportado por la literatura científica que ha encontrado diferencias sobre todo entre el *Longissimus dorsi* y el *Semimembranosus*, atribuyéndolas al contenido de tejido conectivo: aquellos con menor contenido son más tiernos, en este caso el *Longissimus* (Rivera, 1987).

CONCLUSIONES

No se encontró efecto significativo ($P > 0.05$) de la edad sobre el contenido de agua, proteína o colesterol ni en la terneza por WBS de la carne bovina. El contenido de grasa intramuscular de los animales más jóvenes fue significativamente menor ($P \leq 0.05$) que el de los animales más viejos en carne cruda (1.89% vs. 2.73%) y cocida (2.98 vs. 4.56%), respectivamente, para las muestras analizadas en Mayagüez. Al comparar los resultados de muestras analizadas en Mayagüez con los resultados obtenidos para carne cruda en Gainesville, Florida, se observó la misma tendencia con respectivos valores de 2.60% y 3.48%. El contenido promedio de colesterol fue de 56.41 mg/100 g de muestra lo que se considera bajo y atribuible al tipo de alimentación prevalente en el país a base de pastoreo de gramíneas tropicales, y al uso de machos enteros.

Los resultados presentes permiten concluir que la carne vacuna producida en Puerto Rico se puede clasificar como medianamente tierna, y que su bajo nivel de grasa intramuscular y de colesterol la hacen un alimento magro y, por ende, saludable para el consumidor. Es destacable que el valor promedio presente de grasa intramuscular (2.3%) con bovinos de sexo y edad diferentes, pero alimentados con gramíneas tropicales, fue inferior a los valores reportados por Lawrie (1991) para otras especies como cerdo (9.5%), carne roja de pollo (4.7%) y ovino (7%). Referente a la salud humana, estas características constituyen una ventaja natural de la carne de res local frente a la importada que tiene significativamente más grasa y colesterol (Acevedo, 2004). El uso de mejores estrategias de mercadeo, con una buena promoción que enfatice en dichas características, posibilitaría que el producto local logre una mayor aceptación entre los consumidores del país. Queda aún

la necesidad de mejorar la terneza reduciendo la edad promedio de los animales al sacrificio, estableciendo protocolos de maduración post mórtem y escogiendo padrotes que sean altos en marcadores moleculares para terneza.

LITERATURA CITADA

- Aberle, E. D., J. C. Forrest, D. E. Gerrard, E. W. Mills, H. B. Hedrick, M. D. Judge y R. A. Merkel, 2001. *Principles of Meat Science*. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- Acevedo, M., 2004. Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de res de origen local e importada según se ofrece al consumidor. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P. R. 71.
- AMSA (American Meat Science Association), 1995. *Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat*. Chicago, IL.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists), 1990. *Official Methods of Analysis* (15th Ed.). Washington, DC.
- Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera, L. Cantisani y L. Añeses, 2001. Estimación de la edad del ganado vacuno por sus incisivos. *Estación Experimental Agrícola, Universidad de Puerto Rico, Recinto de Mayagüez*. Bol. 299.
- Chizzolini, R., E. Zanardi, V. Dorigoni y S. Chidini, 1999. Calorific value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. *Trends in Food Science & Technology* 10:119-128.
- Cifuni, G. F., F. Napolitano, A. M. Riviezzi, A. Braghieri y A. Girolani, 2004. Fatty acid profile, cholesterol content and tenderness of meat from podolian young bulls. *Meat Science* 67:289-297.
- Christensen, M., P. P. Purslow y L. M. Larsen, 2000. The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibres and perimysial connective tissue. *Meat Science* 55:301-307.
- Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2010. *Tablas de consumo de carne de res*. Oficina de Estadísticas Agrícolas. Departamento de Agricultura de Puerto Rico.
- Destefanis, G., A. Brugiapaglia, M.T. Barge y C. Lazzaroni, 2003. Effect of castration on meat quality in Piemontese cattle. *Meat Science* 64:215-218.
- Dikeman, M. E., G. B. Reddy, V. H. Arthaud, H. J. Tuma, R. M. Koch, R. W. Mandigo y J. Axe, 1987. *Longissimus* muscle quality, palatability and connective tissue histological characteristics of bulls and steers fed different energy levels and slaughtered at four ages. *Journal Animal Science* 63:92-101.
- Elliot, R., 1995. *Learning SAS in the Computer Lab*. Wadsworth Belmont (CA).
- Farfán, N. B. y N. Sammán, 2003. Retention of nutrients in processed cuts of Creole cattle. *Journal of Food Composition and Analysis* 16:459-468.
- Fennema, D. R., 1996. *Food Chemistry*. 3th Ed. Marcel Dekker Inc. New York.
- Garriz, C. A., 1994. Colgado de la res y terneza de la carne Cia. Ita. INTA. Castelar. *Convenio Inta/ CCDH*. Publicación Revista CCHD Argentina enero. http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica. Visitada en Junio 2003.
- Geay, Y., D. Bauchart, J. F. Hocquette y Y. J. Culioli, 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction Nutrition Development* 41:1-26.

- Gil, A. y S. Huertas, 2000. Carne vacuna del Uruguay: natural y adecuada para una dieta saludable. Junio. <http://www.inac.gub.uy/carne.htm> . Visitada en Julio 2003.
- Honikel, K. O., 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49:447-457.
- Igene, J. O., A. M. Pearson, R. A. Merkel y T. H. Coleman, 1979. Effect of frozen storage time, cooking and holding temperature upon extractable lipids and tba values of beef and chicken. *Journal of Animal Science* 49:701-707.
- Kim, K. H., Y. S. Kim, Y. K. Lee y M. G. Baik, 2000. Postmortem muscle glycolysis and meat quality characteristics of intact male Korean native (Hanwoo) cattle. *Meat Science* 55:47-52.
- Kochmaraie, 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: 407-410.
- Lawrie, R. A., 1991. Meat Science. 5th Edition. Pergamon Press. Oxford.
- Levie, A., 1963. The meat handbook. The Avi publishing Company Inc. Westport, Connecticut.
- Maher, S. C., A. M. Mullen, D. J. Buckley, J. P. Kerry y A. P. Moloney, 2005. The influence of biochemical differences on the variation in tenderness of M. *Longissimus dorsi* of Belgian Blue steers managed homogenously pre and post-slaughter. *Meat Science* 69:215-224.
- Mertz, W., 1986. Designing animals and animal products to fit consumer needs. *Journal Animal Science* 62, Suppl 1: 55-59.
- National Institute of Standards and Technology (NIST), 2003. <http://www.nist.gov/publication-portal.cfm#>.
- Nielsen, S. S., 2003. Food Analysis. Third Edition. Klumer Academic/Plenum/Publisher. New York.
- Ott, R. L. y M. Longnecker, 2001. An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. 5ta ed. Duxbury Pacific Grove (CA).
- Pagán, M., A. Casas y D. Cianzio, 2007. Physical and sensory characteristics of hind-quarter muscles of young Holstein, Brahman and Charbray bulls grown under grazing. *J. Agric. Univ. P.R.* 91(3-4):183-195.
- Pearson, A. M. y T. A. Gillet, 1999. Processed meats. Third edition. Aspen Publishers Inc. Gaithersburg, Maryland.
- Pie, J. E., K. Spahis y C. Seillan, 1991. Cholesterol oxidation in meat products during cooking and frozen storage. *Journal Agriculture Food Chemistry* 39:250-254.
- Piironen, V., J. Torvo y A. M. Lampi, 2002. New data for cholesterol contents in meat, fish, milk, eggs and their products consumed in Finland. *Journal of Food Composition and Analysis* 15:705-713.
- 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 muscles fibers and collagen content. *Food Technology* 18:123-126.
- Rivera, A., 1987. Efecto de la longitud de almacenamiento postmortem y enternecimiento mecánico sobre las características organolépticas de la carne de toretes Holstein y Braman. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- SAS, 1989. Statistical Analysis Systems User's Guide (6th ed.). SAS Institute Inc., Cary, North Carolina.
- Shorthose, W. R. y P. V. Harris, 1990. Effect of animal age on the tenderness of selected beef muscles. *Journal of Food Science* 55:1-8.
- Soria, L. A. y P. M. Corva, 2004. Factores genéticos y ambientales que determinan la terneza de la carne bovina. *Arch. Latinoam. Prod. Anim.* 12(2):73-88.

- Vestergaard, M., M. Therkildsen, P. Henckel, L. R. Jensen, H. R. Andersen y K. Sejrsen, 2000. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fiber characteristics, fiber fragmentation and meat tenderness. *Meat Science* 54:187-195.
- Wahrmund-Wyle, J. L., K. B. Harris y J. W. Savell, 2000. Beef retail cut composition: 2. Proximate Analysis. *Journal of Food Composition and Analysis* 13:243-251.
- Wheeler, T. L., L. V. Cundiff, S. D. Shackelford y M. Koohmaraie, 2001. Characterization of biological types of cattle (Cycle V): Carcass traits and *longissimus* palatability. *Journal Animal Science* 79:1209-1222.
- Wheeler, T. L., G. W. Davis, B. J. Stoecker y C. J. Harmon, 1987. Cholesterol concentration of *Longissimus* muscle, subcutaneous fat and serum of two beef cattle breed types. *Journal Animal Science* 65:1531-1537.
- Wilson, N. R. P., E. J. Dyett, R. B. Hughes y C. R. V. Jones, 1981. Meat and Meat Products. Factors Affecting Quality Control. Applied Science Publishers. London.
- Wulf, D. M., J. B. Morgan, J. D. Tatum y G. C. Smith, 1996. Effects of animal age, marbling score, calpatatin activity, subprimal cut, calcium injection and degree of doneness on the palatability of steaks from Limousin steers. *Journal Animal Science* 74:569-576.

