

**Efecto del añejamiento, tipo, sexo y edad a la matanza del ganado
bovino sobre las características físico químicas de la carne de res
mercadeada en Puerto Rico**

Por

Cristina Isabel Mántaras Solá

Tesis sometida en cumplimiento de los requisitos para el grado de

MAESTRO EN CIENCIAS
en
CIENCIA ANIMAL

UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO
RECINTO DE MAYAGUEZ
2018

Aprobado por:

Aixa Rivera Serrano, MSc
Presidente, Comité Graduado

Fecha

Melvin Pagán Morales, PhD
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Américo Casas Guernica, MSc
Miembro, Comité Graduado

Fecha

Rosa Román, PhD
Representante de Estudios Graduados

Fecha

José R. Latorre Acevedo, PhD
Director del Departamento

Fecha

Abstract

Cattle raised in Puerto Rico were evaluated on their physical-chemical attributes associated with the type of production, sex and age of slaughter. 142 samples of the *Longissimus dorsi* muscle were obtained. These samples were vacuum sealed and aged for 0, 7, 14 and 21 days. They were analyzed for pH, fat percentage and tenderness. During the aging time the pH values increased but the values did not reach unacceptable levels. The crude fat percentage was not affected by the variables, it remains as lean meat, but females and adult cattle presented the highest percentage of fat (1.50%). Tenderness estimated by WBSF method was not affected by the independent variables. When using the IFM method, it was observed that the meat-type cattle were significantly more tender. As the aging effect was evaluated, it is recommended that the meat stays at least 14 days aging to increased tenderness.

Resumen

Se evaluaron los atributos físico-químicos asociados con el tipo de producción, sexo y edad de matanza de bovinos criados en Puerto Rico. Se obtuvieron 142 muestras del músculo *Longissimus dorsi*. Estas se añejaron al vacío por 0, 7, 14 y 21 días. Se analizaron para pH, por ciento de grasa y terneza. Durante la maduración se observó un aumento en los valores de pH, sin llegar a niveles no aceptables. El por ciento de grasa cruda no fue afectado por las variables independientes, quedando como carne magra, siendo las hembras y el ganado adulto los que presentaron el por ciento de grasa más elevado. La terneza estimada por WBSF tampoco fue afectado por estas variables. Sin embargo, al utilizar el método de IFM se observó que el ganado tipo carne fue más tierno. Al evaluar el efecto de maduración encontramos que, para todas las variables, 14 días de añejamiento es el tiempo recomendable para una terneza aceptable.

Dedicatoria

Le dedico este logro alcanzado a mi familia. En especial a mis padres, Teresa Solá y Jorge Mántaras por ser los MVP. Gracias por siempre darme el apoyo que necesité durante todo este proceso. Me enseñaron a nunca rendirme por mas difícil que parezca el reto y por nunca dejarme sola. Sin ustedes esto no hubiese sido posible. A mi hermana, Mariana Mántaras que con sus palabras de aliento y ayuda cuando lo necesitaba nunca dijo que no. A mis tíos, Carlos García y Aurora Solá por siempre estar ahí y alentarme a continuar con este reto.

Agradecimientos

A toda mi familia por siempre apoyarme desde el primer día que tome la decisión de emprender este camino.

A mis padres, Jorge Mántaras y Teresa Solá y hermana, Mariana Mántaras por el apoyo y palabras de aliento en todo este proceso.

Le agradezco a mi novio, Carlos Acha por todo su amor y escucharme cuando lo necesité decirme que podía con esto y mucho más.

Mi comité graduado, Prof. Aixa Rivera, Dr. Melvin Pagan y Prof. Américo Casas, por emprender este camino conmigo. Sin ustedes esta experiencia no hubiese sido posible. Gracias por motivarme a presentar este proyecto tanto en Puerto Rico como fuera. Les agradezco la confianza y darme la oportunidad de representarlos internacionalmente en Chile y Uruguay, no tengo palabras para agradecerles todas las oportunidades que me brindaron.

A mi cómplice, Alejandra Torres Figueroa, sin ella esto si no hubiese sido posible. Gracias por TODOS los viajes que dimos para buscar mis muestras, las largas noches y fines de semana en el laboratorio, mi paño de lágrimas. En fin no tengo palabras para agradecerte todo lo que hiciste por mí.

Gracias a mis compañeros de estudio Ashley Riera, Yolanda Pérez, Zamara Hernández, Alexandra Medina, Luis Alexis Rodríguez por hacer esta travesía una más llevadera y divertida. En especial a Joan Patiño por su ayuda con la estadística de este proyecto.

A los profesores que de una manera u otra me ayudaron a que esto fuera posible, Héctor Sánchez, Mirelle Arguelles, Katherine Domenech, María Plaza y John Fernández.

Agradezco a todo el personal del departamento de Ciencia Animal, Dr. José Latorre, Sonia Miranda, Jacqueline Rivera y Lillian Cantisani, por siempre estar dispuesto a ayudarme.

Al programa que me adoptó Ciencia y Tecnología de Alimentos por siempre darme la bienvenida a todas sus actividades. En especial a Leonora Grin y Elvin Ronda por su consejos, dedicación y ayuda en mi proyecto.

A los macelos, Ganadería Santiago, Ganaderos Alvarado y Matadero Borges, por abrirme las puertas de sus negocios para que esta investigación fuera posible. Sin la cooperación de ustedes, nada de esto hubiera sido posible.

© Cristina I Mántaras Solá, 2018

Índice

Lista de cuadros	..	..	..	..	..	..	..	..	..	ix
Lista de figuras	..	..	..	..	..	..	..	..	..	x
Lista de apéndices	..	..	..	..	..	..	..	..	..	xi
Introducción	..	..	..	..	..	..	..	..	..	1
Objetivos	..	..	..	..	..	..	..	..	..	4
Revisión de literatura	..	..	..	..	..	..	..	..	..	5
Materiales y Métodos										
Colección de muestras	..	..	..	..	..	..	..	..	..	18
Tratamientos	..	..	..	..	..	..	..	..	..	20
Análisis:										
Medida de temperatura y pH	..	..	..	..	..	..	..	..	..	21
Determinación de grasa cruda..	..	..	..	..	..	..	..	..	..	21
Estimación de terneza:	..	..	..	..	..	..	..	..	..	23
Warner-bratzler shear force (WBSF)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	23
Índice de fragmentación miofibrilar (IFM)	..	..	..	..	..	..	..	..	..	25
Concentración de calcio	..	..	..	..	..	..	..	..	..	28
Análisis estadístico	..	..	..	..	..	..	..	..	..	29
Resultados y Discusión										
pH	..	..	..	..	..	..	..	..	..	31
Por ciento grasa cruda.	..	..	..	..	..	..	..	..	..	35
WBSF crudo y cocido	..	..	..	..	..	..	..	..	..	38
IFM	..	..	..	..	..	..	..	..	..	42
Concentración de calcio libre en el sarcómero	..	..	..	..	..	..	..	..	..	47
Conclusión	..	..	..	..	..	..	..	..	..	53
Recomendaciones	..	..	..	..	..	..	..	..	..	55
Referencias	..	..	..	..	..	..	..	..	..	56
Apéndices	..	..	..	..	..	..	..	..	..	61

Lista de cuadros

Cuadro 1. Incisivos permanentes asociados a la edad estimada de los bovinos (Casas et al. 2001).	10
Cuadro 2. Muestras totales recolectadas del músculo <i>Longissimus dorsi lumborum</i> (LDL) y su clasificación.	18
Cuadro 3. Clasificación en grupo de los bovinos según la edad estimada por la cantidad de incisivos permanentes.	19
Cuadro 4. Promedios de los valores de pH en las muestras de carne cruda.	33
Cuadro 5 Promedios del contenido de grasa cruda en las muestras de carne cruda.	37
Cuadro 6. Promedios de los valores de WBSF crudo y cocido en las muestras de carne de los bovinos muestreados.	40
Cuadro 7. Promedios del contenido de IFM en las muestras de carne cruda de los bovinos muestreados.	44
Cuadro 8. Promedios de los valores obtenidos por los métodos de WBSF (cocido) e IFM a través de los días de añejamiento.	45
Cuadro 9. Promedios del contenido de calcio en las muestras de carne cruda de los bovinos muestreados.	48

Lista de figuras

Figura 1. Machacadora de carne	14
Figura 2. Thermo Scientific™ Orion™ Star A321 pH Portable Meter	21
Figura 3. ANKOM XT10 Extraction System	22
Figura 4. Warner Bratzler	24
Figura 5. Polytron	26
Figura 6. Espectrofotómetro	27
Figura 7. Resumen de extracción de proteína del músculo para determinación de degradación miofibrilar.	27
Figura 8. Metro de pH con electrodo de referencia y de calcio.	29
Figura 9. Interacción entre añejamiento y tipo en ganado sobre el pH de la carne. (P-value=0.0481).	34
Figura 10. Interacción entre tipo y sexo del ganado sobre la terneza de la carne cruda: WBSF. (P-value=0.0202).	41
Figura 11. Interacción entre edad y sexo del ganado sobre la terneza de la carne cruda: WBSF. (P-value=0.0338)	42
Figura 12. Interacción entre sexo y edad del ganado sobre la terneza de la carne: IFM. (P-value=0.0474).	46
Figura 13. Interacción entre sexo y añejamiento del ganado sobre la terneza de la carne: IFM. (P-value=0.0029).	47
Figura 14. Interacción entre tipo y sexo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0518	49
Figura 15. Interacción entre tipo y edad del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0357	50
Figura 16. Interacción entre añejamiento y sexo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0481	51
Figura 17. Interacción entre añejamiento y tipo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0030	52

Lista de apéndices

Apéndice 1. Hoja de muestreo	61
Apéndice 2. Interacción entre edad, sexo y añejamiento en los valores promedios de pH en las muestras de carne cruda. P-value=0.0363	62
Apéndice 3. Interacción entre edad, sexo y tipo de ganado en los valores promedios de por ciento de grasa en las muestras de carne cruda. P-value<0.0001	63
Apéndice 4. Interacción entre edad, sexo y tipo de ganado en los valores promedios de IFM en las muestras de carne cruda. P-value=0.0411	63
Apéndice 5. Interacción entre tipo, edad, sexo y añejamiento de ganado en los valores promedios de la concentración de calcio en las muestras de carne cruda. P-value=0.0114	64
Apéndice 6. Tabla de correlaciones Pearson entre las variables de terneza con por ciento de grasa intramuscular de las muestras control (0 días de añejamiento). ..	65
Apéndice 7. Tabla de correlaciones Pearson entre las variables de terneza.	65

Introducción:

En el año 2015 Puerto Rico importó más del 90% de la carne de res consumida en la isla (Departamento de Agricultura de P.R., 2017). El Departamento de Agricultura de Puerto Rico (DAPR), en su informe del año 2017, señala que la cantidad de ganado vacuno sacrificado en el periodo 2011 al 2016 aumentó en un 4%. Podemos inferir de estos datos que este aumento en producción significa que ha habido un aumento en la carne de res producida localmente. El consumo per-cápita de carne de res para el año 2015 estuvo cerca de las 44 libras por persona por año, lo cual implica que unas 4.5 libras de esta carne es de producción local y el restante 39.5 es importada (Departamento de Agricultura P.R., 2017) en comparación con el año 2011 que solo 4.38 libras fueron producidas localmente de un total 49 libras que una persona consumió ese año. Sin duda hay espacio para que los ganaderos de la isla puedan encontrar mercado para la carne producida localmente.

Según los datos reportados para el año 2015-16 por la Oficina de Estadísticas Agrícolas del DAPR, cerca de 15.7 millones de libras de carne de res fueron procesadas en los macelos locales. De este total, 8 millones provinieron de vacas, 5.9 millones de toros y 1.8 millones de animales menores de 24 meses. En estos informes estadísticos no se hace distinción entre los animales de descarte de vaquerías y los de crianza en fincas de ganado para carne, no permitiendo establecer una diferencia en la calidad de la carne que se podría obtener debido al efecto del tipo de producción de animal (tipo de carne o lechero) y la alimentación de estos. En general, la carne de res del país proviene principalmente del ganado criado específicamente para la producción de este producto y de las vacas utilizadas para la producción de leche una vez terminada su jornada lechera. El ganado vacuno lo podemos clasificar en tipo carne o tipo lechero dependiendo de su producción. El ganado tipo carne presenta mejor composición

corporal y es de mayor desarrollo muscular, debido a que se ha seleccionado para que tenga una mejor eficiencia en conversión de alimento a músculo. Esta selección lleva a que el ganado tipo carne produzca mayor volumen de producto final y se espera que de mejor calidad organoléptica. Por el contrario, el ganado tipo leche se ha seleccionado para la producción y mejor eficiencia en conversión de alimento a leche, quedando atrás el énfasis en la producción de carne de calidad.

En la industria ganadera local el ganado bovino tipo carne se alimenta principalmente a pastoreo, en comparación con el tipo lechero que consume mayor cantidad de alimento concentrado para lograr así una mayor producción de leche. Se ha encontrado que la carne de res producida a pastoreo es una magra, de niveles muy bajos de grasa intramuscular y colesterol, comparada con aquellas producidas en confinamiento y alimentados con concentrados (Santrich, 2006., Domenech, 2012., Vaccarezza, 2002 y Gonella, 2000). El alto consumo de alimento concentrado afecta el contenido de grasa y el perfil de ácidos grasos en la carne que se obtiene de animales alimentados con este tipo de alimento, afectando así su valor nutricional (Webb y O'Neill, 2008).

La demanda de productos alimenticios a nivel mundial está inclinada a aquellos que sean inocuos, nutritivos y de buena calidad (Verbeke et al, 2010). El consumidor moderno está buscando una dieta más saludable y natural, por lo que prefiere consumir carnes magras o bajas en grasa pero que a su vez sean tiernas (Webb y O'Neill, 2008). Según Van Elswyk y McNeill (2014) las razones principales por la que consumidores compran carne de res de animales que han sido alimentados a pastoreo se debe a la preocupación por su salud, el bienestar del animal y la producción de carne con un mejor perfil nutricional.

En Puerto Rico el consumidor busca una carne de calidad con buen valor nutricional y que sea uniforme en características de importancia para el consumidor. Una manera práctica para

lograr la uniformidad, es estableciendo un sistema de tipificación o clasificación de las canales a través de la cual se garantice la calidad y la uniformidad del producto final. Este sistema de tipificación podría incrementar los ingresos al ganadero por su esfuerzo en mejorar las prácticas pecuarias que lleva a cabo como mejoras en la selección de los animales (razas cruzas que produzcan mayor cantidad de volumen de masa muscular), en su la alimentación para llevar a los animales terminados a una edad de matanza menor (de 18 a 24 meses), entre otras. Estas mejoras en las prácticas básicas podrían mejorar aumentar la calidad del producto final logrando garantizar ternera, bajo marmoleado, inocuidad y salud. Esta combinación de prácticas sin duda beneficia tanto al ganadero, a la agroindustria como al consumidor.

Otra manera de mejorar aún más las características de calidad de la carne de res, especialmente el atributo más importante: la ternera, es incorporar una técnica de proceso conocida como el añejamiento en húmedo que podría uniformizar el producto final. Para ello, el productor debe llevar al proceso un animal de buena calidad para que esta técnica sea una que añada valor y no intentar enmascarar las malas prácticas llevando animales de pobre calidad a la línea de matanza. Esta técnica de añejamiento húmedo de la carne puede ser fácil de implementar en nuestra industria y de bajo impacto económico al ganadero, al procesador y al detallista. Dado que en Puerto Rico no existe un sistema de tipificación o clasificación de la carne de res, no se le puede garantizar al consumidor cuales serán las características que demarcan la calidad de su carne consistentes y uniformes. La implementación de este concepto de calidad amplio junto a técnicas como el añejamiento húmedo puede impactar favorablemente el desarrollo de la industria de carne de res en Puerto Rico.

Objetivos

Objetivo general

1. Evaluar el efecto del tipo, el sexo y la edad del ganado bovino criado en Puerto Rico sobre las características físico químicas de la carne producida.
2. Proveer recomendaciones para asegurar la producción de carne con características más uniformes en Puerto Rico y en países tropicales, utilizando la técnica de añejamiento húmedo como herramienta fundamental para mejorar especialmente la ternera en la carne.
3. Aportar información a la base de datos para la tipificación de la calidad y la composición química de la carne de res producida en Puerto Rico.

Objetivos específicos

1. Evaluar la calidad de la carne de res en cuanto a ternera (medida por WBSF y IFM).
2. Determinar el pH, la concentración de calcio libre y el porcentaje de grasa en la carne de res.
3. Medir el efecto del uso de la práctica de añejamiento húmedo sobre las características físico químicas de la carne

Revisión de literatura

Características de la carne local:

En Puerto Rico no hay datos suficientes para establecer con bases científica unos parámetros de calidad para la carne de res producida en el país. Las características principales para estimar la calidad de la carne de res son el color, sabor, jugosidad, aroma, cantidad de grasa intramuscular y la terneza. Muchos estudios se han dirigido al color y la terneza de la carne, ya que se quiere entender mejor los mecanismos responsables de la variación en estas características (Brulé, et al. 2010, Huff Lonergan, et al. 1995, Kemp, et al. 2010 y Viljoen, et al. 2002).

La terneza es la característica más importante y es la que más afecta el consumo de la carne de res (Miller, 2002., Hanzelková, et al. 2011 y Hou et al., 2014). Esta se define como la dificultad con la que la carne se puede cortar o masticar (Peluffo y Monteiro, 2002). Esta terneza según Thompson (2002) citado en Hui y colaboradores (2006), depende de un gran número de factores biológicos intrínsecos, tales como raza, edad, sexo, alimentación y el tipo de músculo, como también por el tipo de manejo que se le da al animal antes del sacrificio y al manejo *post mortem* de la carne. Varios estudios asocian la terneza de la carne con la cantidad de grasa intramuscular y la jugosidad de esta. Sin embargo, Koohmaraie y colaboradores (2000) demostraron que la grasa intramuscular, y la cantidad y solubilidad del tejido conectivo solo explica el 20% de la variación en las características de la terneza de la carne. Dicho esto, queda abierto un espacio para la investigación dentro y fuera de Puerto Rico acerca de los factores que afectan la terneza de la carne de res.

Conversión de músculo a carne

La calidad de la carne comienza desde que el animal está en crecimiento y su manejo en la finca. Cuando el animal es sacrificado, la falta de oxígeno en el músculo disminuyen las reservas de energía (ATP). La respuesta del músculo a este cambio es la glucólisis, donde se comienza a usar la glucosa para la generación de ATP. Este metabolismo anaeróbico de la glucosa produce ATP y ácido láctico (lactato y H^+) (Aberle et al. 2012 y Hui et al. 2006). El aumento en ácido láctico en el músculo causa una baja en el pH convirtiéndolo de músculo vivo a carne. La baja normal de pH en el músculo va desde un pH neutro de 7 hasta llegar a un pH de 5.3-5.7. El pH final en la carne puede afectarse por factores que causan estrés al animal antes de ser sacrificado. Cuando el ganado entra en estrés este tiene mecanismos fisiológicos desarrollados: alarma, resistencia y agotamiento, que repercuten en la calidad de la carne que se llevará al consumidor (Hui et al. 2006). Algunos de los factores que le podrían causar estrés al animal pre mortem son: duración del transporte al macelo, el tiempo de espera en el macelo, factores climáticos, el reagrupamiento social y el cambio de ambiente (Mach et al. 2008). También Hui y colaboradores mencionan que otros factores que le causan estrés al animal serían el maltrato al animal, ya sea con el uso de garrochas o palos, la privación de agua o alimento, el ruido en exceso y el hacinamiento.

Uno de los problemas causados por las bajas anormales de pH en la carne es la condición conocida como Dura, Firme y Seca (DFD). En este caso el estrés causa que el animal utilice sus reservas de glucógeno antes de la matanza causando bajas anormales en pH (Viljoen et al, 2002). Carnes con DFD tienen pH finales mayores de

5.8 (Mach et al, 2008 y Viljoen et al, 2002). El problema que esto presenta en la carne es que aumenta la variación en terneza, tiene color rojo oscuro y poca palatabilidad lo que provoca que aumente el crecimiento de microorganismos que producen malos olores y una textura babosa (Mach et al, 2008 y Viljoen et al, 2002). En el estudio de mercado que hizo Viljoen y colaboradores (2002) acerca de la aceptación de carnes con DFD, encontraron que significativamente más consumidores preferían carnes con pH normales ($\text{pH} < 5.8$) por que presentaban un color más llamativo que el color rojo oscuro que presentan las carnes con DFD. También Wulf y colaboradores (1996) encontraron que un panel sensorial le dio puntuación más alta de terneza a carnes con colores más claros que a carnes que presentaban DFD.

La presencia de carnes con DFD causa grandes pérdidas económicas ya que la carne es discriminada por el consumidor, en especial cuando el consumidor hace su compra basada en preferencia visual (Viljoen et al, 2002). En España, la industria de carne de res penaliza las canales que tengan un pH mayor de 5.8, reduciendo así la ganancia al ganadero de un 30- 60% según Mach y colaboradores (2008).

Factores que afectan la calidad de la carne

i. Efecto raza

La raza del bovino es un factor fundamental en cuanto a la calidad de la carne de res se refiere (Marino et al, 2013). Esta afecta la terneza y los depósitos de grasa en la carne. Por esta razón se buscan cruces con los que podemos producir carnes magras y que estos cruces tengan altas concentraciones de enzimas responsables de la terneza *post mortem*. El ganado comercial tiene dos ramas los *Bos taurus indicus* y *Bos taurus taurus*. El ganado *B. taurus indicus* es uno originario de Asia, tolerantes al calor (Aroeira et al, 2016), enfermedades, parásitos y maximizan su producción en climas tropicales (Pringle et al, 1997). Estos animales tienden a ser más susceptibles al estrés y son considerados más temperamentales, esto hace que produzcan carnes con pH menores (Aroeira et al, 2016) ya que debido al alto estrés previo a la matanza se produce una baja en el pH antes de las 24 hrs (Hui et al, 2006). Algunas de las razas más conocidas y utilizadas en la ganadería con influencia *B. taurus indicus* en Puerto Rico son: Brahaman, Nellore, Charbray, Brangus, Indubrasil y Criollas. El *B. taurus taurus*, por otra parte, provienen de regiones templadas y no tienen piel pendulante que hace que sean menos eficientes en liberar calor. Algunas de estas son razas maternas llegan a la madurez más temprano haciendo que las características de terneza, marmoleo y rendimiento mejoren. Algunas de las razas *B. taurus taurus* que se utilizan en Puerto Rico son: Holstein, Brown Swiss, Jersey, Angus, Charolais y Senepol. Estas razas producen carnes con mayor por ciento de grasa intramuscular y terneza en comparación al *B. taurus indicus*. (Highfill et al. 2012, Peluffo y Monteiro, 2002). Esta baja en terneza que poseen los *B. taurus indicus* se debe al alto contenido

de la enzima calpastatina presente en su músculo, lo cual inhibe la acción de la enzima calpaina que está involucrada en el enterneamiento de la carne durante el proceso de añejamiento (Aroeira et al, 2016). Los *B. taurus taurus* presentaron carnes con valores de WBSF menores y un por ciento de marmoleado mayor en comparación con la carne de los *B. taurus indicus*, reportó Highfill y colaboradores en el 2012. Al igual que Whippley y colaboradores (1990) quienes reportaron que la carne proveniente de los animales *B. taurus indicus* era menos tierna.

La raza es un factor importante cuando hablamos de cantidad de grasa intramuscular o marmoleada. La deposición de grasa es una característica altamente heredable y la cantidad depositada varía dependiendo que tipo de raza (Van Elskwyk y McNeill, 2014). Los ganados con herencia *B. taurus indicus* presentan valores menores de grasa intramuscular en comparación con el ganado *B. taurus taurus* (Crouse et al, 1989). Según revelan estos estudios la carne proveniente de los animales con influencia *B. taurus indicus* son menos tiernas y menos jugosas, afectando así la reputación al ser comparado con carnes de *B. taurus taurus* (Highfill et al, 2012 y Whippley et al, 1990)

ii. Edad de matanza

La edad del bovino se puede determinar por la cantidad de incisivos permanentes presentes en este. El ganado a la vez que aumenta su edad va mudando sus incisivos de leche para dar paso a los permanentes (Casas et al. 2001) (Cuadro. 1).

Cuadro 1. Incisivos permanentes asociados a la edad estimada de los bovinos (Casas et al. 2001).

Cantidad de incisivos permanentes	Edad del bovino estimada (meses)	Fotografía
0	Menor de 24	
1 a 2	24	
3 a 4	32	
5 a 6	42	
7 a 8	53	

La edad del animal al momento de la matanza es uno de los parámetros que afectan la calidad de la carne de res. Se ha encontrado que la edad del animal no afecta la baja en pH normal que ocurre en la conversión de músculo a carne (Duarte et al, 2011). Pero, Hui y colaboradores (2006) encontraron que los animales más jóvenes son más susceptibles a sufrir estrés durante el transporte que los adultos, esto si puede afectar el pH final y a su vez características como color, jugosidad y terneza.

El músculo del animal se compone de tres partes proteicas: la miofibrilar, el tejido conectivo y la sarcoplasmática (Koohmaraie, et al. 2000). Todas son parte de los componentes de la carne e influyen en los de aceptabilidad por parte del

consumidor. La ternura de la carne de res disminuye al aumentar la edad del animal (Peluffo y Monteiro, 2002). Esto se explica, en parte, ya que cuando el animal aumenta en edad el tejido conectivo, cuya proteína principal es el colágeno, se endurece y disminuye la solubilidad, haciendo las carnes más duras (Schönfeldt y Strydom, 2011; Peluffo y Monteiro, 2002 y Wulf et al. 1996). Según Schönfeldt y Strydom (2011) a medida que el animal aumenta en edad disminuye la ternura ya que la solubilidad del colágeno es menor, esto es resultado de los puentes estables al calor de colágeno que incrementan a medida que el animal envejece. Duarte y colaboradores (2011) encontraron que la ternura de la carne en animales con 2 y 4 IP fue una tierna medida por WBSF, pero cuando fue estimada con el IFM la ternura resultó ser muy tierna a moderadamente tierna. En este mismo estudio de Duarte y colaboradores (2011), la carne de los animales con 6 y 8 IP se clasificó como una dura, cuando fue estimada tanto con WBSF e IFM. Por otro lado, los animales con 0 IP fueron significativamente más tiernos y dejaron menos residuos (tejido conectivo) que los animales de 2 y 8 IP según lo encontrado por Schönfeldt y Strydom (2011). Ou y colaboradores (1991), en un estudio sobre el efecto de la edad y castración sobre las actividades proteolíticas de las enzimas endógenas principales en la carne, encontraron que hubo una reducción en la actividad específica de la enzima calpaína a medida que los animales aumentan en edad. Reafirmando que hay efecto de la edad a la matanza sobre la ternura de la carne.

La deposición de grasa, según Van Elswyk y McNeill (2014), en la carne es influenciada por la etapa de crecimiento del animal, ya que algunas razas depositan grasa en etapas más tempranas que otras. Es por ello que recomiendan que la edad a

la matanza sea menor de 24 meses, pero se debe considerar las buenas prácticas de manejo en el hato para que no se afecte el rendimiento de producto.

iii. Sexo animal

El sexo del ganado es reconocido por ser uno de los factores que más contribuye a la variación en la calidad de la carne, ya que afecta el desarrollo del músculo y del depósito de grasa en la canal (Zhang et al. 2010). El sexo del animal no tiene ningún efecto sobre el pH de la carne (Jelenikova et al. 2008).

En el ganado bovino, las hembras tienden a producir carnes más tiernas que los machos ya que presentan un mayor contenido de grasa intramuscular y fibras musculares de diámetro más pequeño (Church y Wood et al, 1992 y Jelenikova et al., 2008). En la industria de carne de PR, se prefiere machos para engorde sobre las hembras ya que tienen mayor desarrollo muscular, menos deposición de grasa en la canal y por ende un mejor precio de venta (Domenech, 2012). Según Domenech (2012), esto se debe al mayor desarrollo muscular, menor deposición de grasa en la canal y un mejor precio de venta. Por otro lado, se ha demostrado que las hembras tienden a tener una carne más tiernas y a depositar más grasa intramuscular, en comparación a machos de la misma edad (Garriz, 2001 y Jeleniková et al. 2008). En el estudio realizado por Zhang y colaboradores (2010) nos indica que los machos muestran mayor cantidad de masa muscular y menos deposición de grasa que las hembras, esto lo atribuyen al efecto de las hormonas masculinas, en especial la testosterona.

A pesar de esto, el 57 por ciento de la carne que llega al consumidor puertorriqueño proviene de hembras según la Oficina de Estadísticas Agrícolas del

DAPR (2015- 2016). Por lo que el sexo del animal es un factor importante a la hora de evaluar las características de calidad de la carne de res.

iv. Alimentación (Pastoreo vs. Concentrado)

El ganado en Puerto Rico es uno alimentado generalmente con forrajes, siendo la razón principal que los alimentos a base de granos son muy costosos y poco accesibles para nuestros ganaderos. El ganado que se utiliza para la producción de leche del país requiere unas dietas combinadas de granos y forraje, ya que necesitan consumir alimentos altos en energía ya que es necesario para la producción de leche. El tipo de alimento es uno esencial a la hora de observar la calidad de la carne que se está produciendo comercialmente en el país. Se ha encontrado que el efecto que tiene el pastoreo en él por ciento de grasa total depositado en la carne es uno significativamente menor que animales que son terminados a base de granos (Van Elskwyk y McNeill, 2014).

Técnicas para mejorar las características de la carne de res: terneza

a. Método mecánicos

Los métodos mecánicos de ablandamiento de la carne se han usado durante años para mejorar la terneza de la carne. En las carnicerías y plantas de procesamiento se utilizan equipos eléctricos o manuales para este fin. Uno de los equipos que más se utiliza es el enternecedor mecánico o comúnmente llamado la machacadora de carne (Figura 1). El principio del equipo es que a la carne se le hacen muchos cortes con unas cuchillas que entran en los rodillos la que a su vez van rompiendo las fibras musculares. En Puerto Rico, al consumidor le atrae la carne machacada ya que sin importar el método de cocción la terneza de esta será mayor.



Figura 1, Enternecedor mecánico

b. Añejamiento (maduración)

1. Impacto del añejamiento en la carne

Uno de los problemas que más afecta la industria es la variación en terneza de la carne, en especial la de res (Hanzelkova., et al. 2011 y Hou et al., 2014). Una de las técnicas utilizada para mejorar esta característica de calidad es el añejamiento *post mortem* de la carne (Hanzelkova., et al. 2011). El músculo pasa por tres etapas para llegar a ser carne. La primera etapa es la de pre- rigor. Esta ocurre al momento de la

matanza del animal y se observa un músculo extensible y flácido. La segunda etapa sucede de seis a doce horas luego del sacrificio y en la misma el músculo se vuelve rígido e inextensible, por consiguiente disminuyendo la terneza (Epley., 1992 y Uzcátegui y Jerez., 2008). Esta rigidez se debe a la formación del complejo actomiosina, el cual es irreversible en ausencia de energía (Uzcátegui y Jerez., 2008). La tercera etapa es la resolución de *rigor mortis*, y esta ocurre por la presencia de enzimas proteolíticas. El rompimiento de la fibra muscular comienza luego de la matanza e incrementa luego del rigor mortis (Hanzelková et al., 2011) a una temperatura de refrigeración (Huff-lonergan et al., 1995).

Según Hui y colaboradores (2006), el añejamiento de la carne es un proceso muy variable que depende de muchos factores biológicos como la edad, el sexo y el tipo de músculo, además de las condiciones de procesamiento. Es por esto que se utilizan técnicas de manejo de la carne para uniformizar o mejorar esta característica, siendo una de estas la del añejamiento *post mortem* (Parrish., 2009). El añejamiento de la carne *post mortem* es uno de los métodos más recomendables para producir carne blanda (Hui et al., 2006).

El añejamiento de la carne es un proceso que involucra la proteólisis de las proteínas miofibrilares del músculo (Hanzelková et al., 2010 y Hui et al., 2006). Este proceso se ve afectado por el pH de la carne. El pH tiende a llegar a su punto más ácido desde los 45 min hasta la última lectura de 21 días de añejamiento demostraron Hou y colaboradores y Jelenikova y colaboradores (2014 y 2008, respectivamente). También se observó que el pH fue disminuyendo a través del tiempo de añejamiento

hasta llegar al día 21 cuando se vio un aumento en el pH medido sostiene Aroeira y colaboradores (2016).

El añejamiento es una técnica bastante utilizada ya que en este proceso las enzimas, en específico las calpaínas, degradan las fibras musculares. Se conoce que las calpaínas contienen tres componentes: μ - calpaína, la m- calpaína y el inhibidor competitivo de estas, la calpastatina (Geesink et al., 2006 y Uzcátegui y Jerez., 2008). Las calpaínas, tienen una mayor actividad enzimática en un rango de temperaturas entre 10 a 25°C (Peluffo y Monteiro., 2002) y dependen de la cantidad de calcio en el espacio celular (Uzcátegui y Jerez., 2008).

Las calpaínas se clasifican dependiendo de la cantidad de calcio necesario para su máxima activación. La μ - calpaína necesita 3-50 μ M y la m- calpaína de 40-800 μ M (Goll et al., 1992). Por otra parte, la calpastatina no necesita una cantidad mínima estipulada ya que esta se activa en presencia de calcio (Goll et al., 1992). Se ha encontrado que la μ - calpaína es la enzima principal cuando hablamos de la degradación miofibrilar en la carne, por esto ocurre el aumento en terneza, durante el almacenamiento en refrigeración (Geesink et al., 2006). Por otro lado, según Pringle y colaboradores (1997), las m- calpaína no participan de la proteólisis ya que la concentración de calcio en el músculo es insuficiente para activarlas. Por lo tanto, mientras más tiempo se deje madurar la carne mayor será el tiempo de acción de estas enzimas (Peluffo y Monteiro., 2002).

Se ha encontrado que para mejorar la consistencia en cuanto a la terneza de la carne, esta debe ser añejada por lo menos 14 días (Hanzelková et al., 2011). Según Epley (1992) la terneza máxima y el progreso de ablandamiento por añejamiento

varían dependiendo del músculo y está asociado al color de la canal. También menciona que en cortes de carne oscuros, luego de siete días de añejados, la terneza aumenta muy poco. Por otro lado, en carcasas claras la terneza continua hasta 16 días de añejadas (Epley, 1992).

2. Tipos de Añejamiento: Húmedo y Seco

Esta técnica puede ser utilizada en medio húmedo – añejamiento en húmedo (wet aging), como en seco (dry aging). El añejamiento en seco de la carne es una técnica utilizada por los carniceros y charcuteros para la preservación y mejorar la terneza de esta. Esta técnica se está haciendo mas común en países como Australia, Estados Unidos y algunos países de Asia como Corea y Japón (Australian Meat Processor, 2010). Esta técnica consiste en almacenar las piezas de carne con temperatura y humedad controlada por cierta cantidad de tiempo determinado. Esta es una costosa ya que la pieza de carne reduce en peso y al terminar se tiene que eliminar toda la capa exterior de la pieza de carne.

Por otro lado la técnica en húmedo se utiliza también para mejorar la terneza de la carne. En esta técnica se pone la carne en una bolsa al vacío para evitar la entrada de aire y propagación de microorganismos. El tiempo que la carne esta almacenada empacada al vacío en ambiente controlado ayuda a que las enzimas proteolíticas endógenas trabajen. Esta proteólisis comienza luego de las 12 horas de la matanza del animal y dura hasta 11 días despues (Epley, 1992). Por otro lado el añejamiento en este estudio extiende hasta 21 días como en los estudios de Aroeira y colaboradores y Marino y colaboradores (2016 y 2013, respectivamente) Así dejando que las enzimas proteolíticas puedan hacer su trabajo sin que la carne se dañe o coja malos olores.

Materiales y Métodos

Colección de muestras

El estudio se llevó a cabo durante el periodo del 2012 al 2015. Muestras del músculo *Longissimus dorsi lumborum* (LDL) fueron tomadas de bovinos provenientes de hatos comerciales en Puerto Rico los cuales, por diferentes razones, fueron seleccionados para la producción de carne de res. Todo sacrificio y procesamiento de las canales se hicieron en cumplimiento con los reglamentos aprobados por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA) – *Food Safety Inspection Service* (FSIS) y el Departamento de Agricultura de Puerto Rico (DAPR). La toma de muestras se realizó al azar en tres de los cuatro macellos activos en la isla con planta de deshuese: Ganadería Santiago, Ganaderos Alvarado y Ganaderos Borges, localizados en los municipios de Yauco, Arecibo y Naguabo, respectivamente.

Ciento cuarenta y dos (n = 142) animales fueron seleccionados y se clasificaron según su propósito de producción (carne o leche), el sexo (hembra o macho) y la edad del animal (Cuadro 2).

Cuadro 2. Muestras totales recolectadas del musculo *Longissimus dorsi lumborum* (LDL) y su clasificación

		Sexo						
		Machos			Hembras			
Tipo	Edad	A	B	C	A	B	C	Total
	Carne	7	21	6	19	20	11	84
	Leche	13	8	5	7	10	15	58
Total		60			82			142

La clasificación por tipo de producción, para carne o para leche, incluyó bovinos de varias razas que se pueden encontrar en la ganadería local. Se utilizó las características fenotípicas para diferenciar el tipo de producción de ese ganado. El ganado tipo leche es todo animal con características de las razas lecheras más comunes en Puerto Rico como las razas Holstein, Jersey y Pardo Suizo. El ganado clasificado como tipo carne es aquel que presentó características para producción de carne. Entre las más comunes están aquellos animales con influencia Cebuina, Charolais, Senepol y Angus.

La edad del animal fue estimada según la cantidad de incisivos permanentes (0, 2, 4, 6 y 8) descrito por Casas y colaboradores (2001, Cuadro 1). A su vez, los animales se dividieron por grupo de edad estimada (Cuadro 3).

Los datos tomados durante el proceso de matanza y la toma de muestras fueron tabulados en hojas de muestreo (Apéndice 1). Todas las muestras se obtuvieron del músculo *Longissimus dorsi lumborum* (LDL), del cuarto trasero, de la media canal izquierda.

Cuadro 3. Clasificación en grupo de los bovinos según la edad estimada por la cantidad de incisivos permanentes.

Grupos	Incisivos Permanentes	Edad Estimada
A	0-2	0 a 24 meses
B	4-6	32 a 42 meses
C	8	53 meses o mas

Los músculos fueron transportados en nevera con hielo, 24 horas después de la matanza, hasta el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de Carnes Frescas del Departamento de Ciencia Animal en el Recinto de Mayagüez - Universidad de Puerto Rico, para su evaluación y asignación del tratamiento correspondiente.

Tratamientos:

Añejamiento en húmedo

Cada músculo se pesó y fue dividido en cuatro porciones de igual tamaño y de manera aleatoria, se asignó el tratamiento de añejamiento en húmedo a cada porción. Las porciones se empacaron al vacío en bolsas compuestas de nilón y polietileno, las cuales fueron debidamente identificadas (número de la muestra, fecha del proceso y tratamiento asignado). Los tratamientos de añejamiento considerados fueron: 0, 7, 14 y 21 días, siendo 0 días equivalentes al tratamiento control tomada a 24 horas *post mortem*. Todas las muestras designadas a los tratamientos de 7, 14 y 21 días fueron refrigeradas a 5°C hasta cumplir con el tiempo asignado. Las muestras control fueron empacadas al vacío y congeladas de inmediato a -30°C para ser analizadas posteriormente.

Análisis

Medida de temperatura y pH

Al llegar al laboratorio, la temperatura interna de cada músculo fue registrada en triplicado con un termómetro calibrado (Taylor, modelo 6072-1). Se utilizó un metro portátil para pH (Thermo Scientific™ Orion™ Star A321 pH Portable Meter) (Figura 2) calibrado utilizando buffers de calibración de pH de 4.0 y 7.0, para medir el pH de cada muestra. Las lecturas se registraron en triplicado en áreas de cada músculo tomadas al azar.



Figura 2. Thermo Scientific™ Orion™ Star A321 pH Portable Meter

Determinación por ciento grasa cruda

La determinación de grasa intramuscular se realizó utilizando éter de petróleo como solvente orgánico para estimar el contenido de extracto etéreo mediante el método del American Oil Chemistry Society Official (AOCS) Procedure Am 5-04 utilizando el equipo *ANKOM XT10 Extraction System* (Figura 3).



Figura 3. *ANKOM XT10 Extraction System*

La carne cruda de tratamiento control (0 días añejamiento) fue homogenizada en un procesador de alimentos (Kitchen Gourmet Modelo HL-2029), se pesaron dos gramos y se colocaron en una bolsa de filtro *Ankom XT4* debidamente rotulada, la cual se selló con un termo-sellador AIE 300. Este proceso se realizó con todas las muestras de tratamiento 0 días de añejamiento. Entonces las muestras se secaron en un horno convencional (NAPCO, Modelo 630) a una temperatura de 102°C por 12 horas para la remoción de la humedad antes de la extracción. Una vez cumplido el tiempo, las muestras se dejaron enfriar en un desecador. Las muestras secas fueron pesadas y se procedió a la extracción según el procedimiento establecido por AOCS con el *ANKOM XT10 Extraction System*. Una vez terminado el proceso de extracción, se

colocaron nuevamente en el horno a una temperatura de 100°C por 30 minutos, esto para la evaporación del éter de petróleo residual. Una vez secas, se procedió a pesar las bolsas con las muestras y se calculó el porcentaje de grasa cruda con la formula recomendada (AOCS, 2009).

$$\% \text{ grasa Cruda} = \frac{100(W_2 - W_3)}{W_1}$$

Donde:

W_1 = Peso original de la muestra

W_2 = Peso de la muestra pre secada en la bolsa de filtro

W_3 = Peso de la muestra seca en la bolsa de filtro luego de extracción

Estimación de terneza

La terneza de la carne es el atributo más importante tanto para el consumidor como para el ganadero. Se ha demostrado que los consumidores consideran la terneza como el componente más importante de la carne (Miller 1992, Marino et al. 2013, Peluffo y Monteiro 2002 y Parrish 2009) sin importar la calidad de esta (Kemp et al. 2010). La inconsistencia de la terneza en los cortes de carne afecta grandemente la industria de carne de res. El poder garantizar la terneza de la carne al consumidor haría que éste tenga más confianza en adquirir la carne producida localmente.

Warner-bratzler shear force (WBSF)

La terneza objetiva de las muestras se determinó tanto en las muestras crudas como en las cocidas. Para esta medida se utilizó la técnica de resistencia al corte medido con un dinamómetro, Warner Bratzler Shear

(Salter, Modelo 3000; Figura, 4). Esta técnica es la más utilizada para medir la terneza objetiva: WBSF. Las muestras de carne cocida fueron preparadas siguiendo los protocolos establecidos por la Asociación Americana de Ciencias de la Carne (AMSA, 1995).



Figura 4. *Warner bratzler shear force*

Las muestras se descongelaron por 24 horas a una temperatura de 5°C. Se tomaron tres chorizos de las muestras crudas con un sacabocado de 1.27 cm de diámetro de manera aleatoria en cada una. Estos se sacaron a favor de la fibra muscular asegurándose que estuvieran libres de grasa y tejido conectivo visible. Cada uno de los chorizos se colocó de forma perpendicular en la cuchilla del equipo WBS y se tomaron tres lecturas de la fuerza en kg requerida para cortar la carne.

Para la estimación de la terneza utilizando muestras cocidas, se tomó aproximadamente ciento treinta gramos de músculo de cada tratamiento y que fue colocada en moldes para hornear previamente identificados con el número de muestra. Se cocinaron en calor seco utilizando un horno de convección (Vulcan 60SC-2DQ) a una temperatura de 177°C hasta que las muestras de carne alcanzaron una temperatura interna de 74°C. Una vez atemperadas a temperatura ambiente, se obtuvieron tres chorizos con el sacabocados siguiendo el mismo procedimiento utilizado con las carnes crudas.

Índice de fragmentación miofibrilar (IFM)

El IFM es una de las técnicas utilizadas para determinar la proteólisis *post mortem* en la carne, proceso muy relacionado a la terneza de la carne. La fragmentación de las miofibrillas en las muestras de carne se determinó utilizando el procedimiento descrito por Vélez (2012) y Hopkins y Thompson (2001). Dos gramos de muestra de carne cruda fueron utilizados para determinar el IFM en duplicado. Esta muestra fue colocada en un tubo de 50mL al cual se le añadieron 20mL del buffer de IFM a 1X (IFM B) (100mM KCl, 7mM KH₂PO₄, 18mM K₂HPO₄, 1mM EDTA y 1mM NaNO₃). La mezcla de carne y solución fue homogenizada a 18,000 rpm por 30 segundos utilizando un *Polytron 1600E Bench-Top Homogenizer* (Thomas Scientific, Swedesboro, NJ; Figura 5). La mezcla fue filtrada a través de un colador hacia un nuevo tubo de 50 ml y enjuagada con 10 mL del IFM B, eliminando así los tejidos conectivos. Este se centrifugó a 2,000

rpm por 15 minutos a 2°C. El sobrenadante fue descartado, pero se tomó la precaución de dejar cualquier capa de grasa presente. Nuevamente se le añadió 20 mL de IFM B al residuo o *pellet* y se agitó con una varilla de vidrio. Se procedió a centrifugar la mezcla a 2,000 rpm por 15 minutos a 2°C. Se descartó el sobrenadante y se le añadió 10 mL de IFM B al residuo o *pellet*. Esta muestra se almacenó a temperatura de refrigeración (5°C), para su análisis posterior.



Figura 5. *Polytron*

Para determinar la fragmentación miofibrillar de las miofibrillas extraídas de las muestras control (0 días) o de 7 días de tratamiento se utilizaron diluciones de 50 μL de las muestras y se diluyeron en 550 μL de IFM B. Para las muestras de los tratamientos de 14 o 21 días de añejamiento, se utilizaron 37.5 μL de muestra a lo que se les añadió 562.5 μL de IFM B. A las mezclas de miofibrillas extraídas y *buffer* le fueron añadidas 2.4 mL del reactivo de Biuret, esto para teñir las miofibrillas. Se

utilizó un *Spectronic Genesys 20 Visible Spectrophotometer* (Thermo Electron Scientific Corp., Madison, WI; Figura 6) para leer la absorbancia de la muestra a 540 nM.



Figura 6. Espectrofotómetro

Para determinar la concentración individual de cada muestra se utilizó una curva estándar de suero de albumina bovina. Las muestras se diluyeron a 0.5 mg/ml y la absorbancia fue leída. Esta se multiplicó por un factor estándar de 200 para obtener el índice de IFM. En la figura 7 observamos un resumen de este procedimiento.

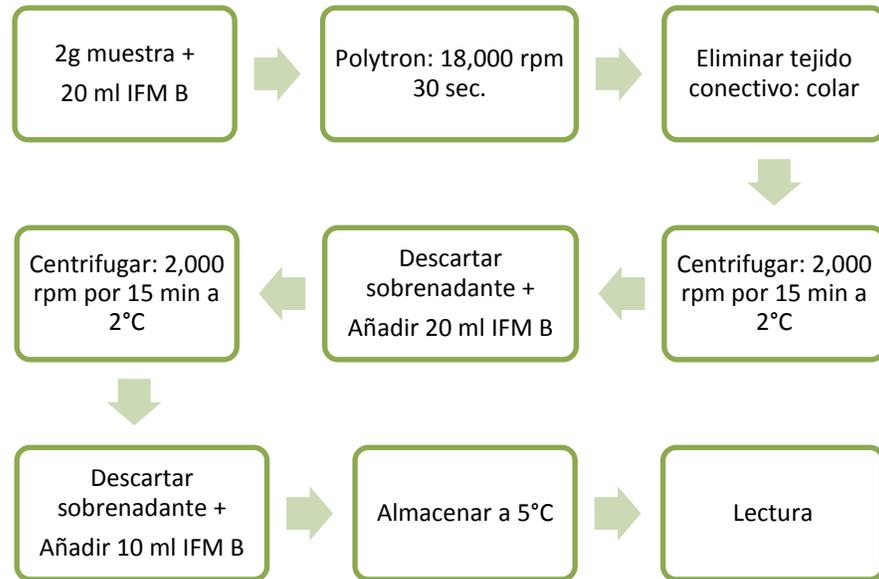


Figura 7. Resumen de extracción de proteína del músculo para la determinación de la degradación miofibrilar.

Concentración de calcio libre (Ca^{2+})

La presencia de Ca^{2+} en la célula muscular es necesaria para que las enzimas endógenas dependientes de éste mineral puedan ser activadas durante la proteólisis *post mortem* que da paso a la terneza de la carne. Por ello la determinación de su presencia y la estimación de la cantidad existente nos pueden indicar cual sistema pudo haber estado activo y su posible efecto sobre la fragmentación de la fibra muscular.

Para la determinación de Ca^{2+} libre, se pesaron dos gramos de cada muestra de carne y se suspendió en un tubo de colección de 50 mL con 30 mL de agua destilada. Las muestras se homogenizaron a 30,000 rpm por 30 segundos con el homogenizador (Figura 5). Se completó el licuado de cada muestra hasta los 50 mL con agua destilada y se agitaron con un *vortex* (*Scientific Industries*, Modelo *Vortex Genie 2*) por 5 segundos. Luego, se centrifugaron por 30 min a 4°C a 4,000 rpm. Se transfirió el sobrenadante a

un tubo de 50 mL y se descartó el *pellet*. Se procedió a añadir unos 1.25 mL de *Ionic Strength Adjuster* (4M KCl) a cada muestra y se midieron los milivoltios (mV) con un electrodo selectivo para iones de Ca^{2+} , un electrodo de referencia (Modelo No. *ELITE 8041* y *ELITE 001n*, *Nico2000 Limited*, Middlese, UK, respectivamente) y un metro de pH (Modelo No. 1142003 SP70P, *VWR international*, Batavia, IL; Figura 8). Los mV obtenidos se compararon contra una curva estándar de Cloruro de Calcio (CaCl_2) de 0.1 a 1 ppm de Ca^{2+} , para así determinar la concentración de calcio libre en μM de muestra. Cada muestra se hizo en duplicado.

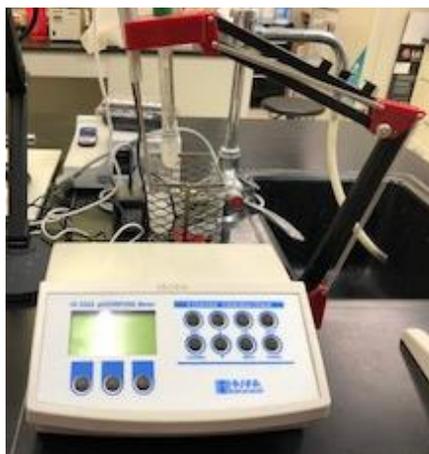


Figura 8. Metro de pH con electrodo de referencia y de calcio.

Análisis estadístico

El diseño experimental fue completamente aleatorizado con arreglo factorial de 2 x 2 x 3 x 4 con efectos fijos (dos tipos de producción, dos condiciones sexuales, tres grupos de edad, cuatro tratamientos de añejamiento) y el efecto aleatorizado del animal. Se analizaron los resultados con el programa estadístico SAS 2016 (*SAS Mixed Procedure*) y se utilizó el procedimiento *Glimmix*. Para evaluar las variables se utilizó *LSMeans*. Para determinar las diferencias entre las medias se utilizó un α de 0.05.

El modelo lineal utilizado para este estudio fue:

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + S_j + M_k + T_l + (AS_{ij}) + (AM_{ik}) + (AT_{il}) + (SM_{jk}) + (ST_{jl}) + (MT_{kl}) + (ASM_{ijk}) + (AST_{ijl}) + (AMT_{ikl}) + (SMT_{jkl}) + (ASMT_{ijkl}) + I_m + E_{ijkl}$$

Siendo:

Y_{ijkl} = Es la observación del tipo i , del sexo j , de la edad k , del tratamiento l .

μ = media de la población

A_i = efecto del tipo de producción: carne o leche

S_j = efecto del sexo del animal: macho o hembra

E_k = Efecto de edad: A, B, C

T_l = efecto del tratamiento - añejamiento (0, 7, 14, 21 días)

AS_{ij} = efecto de la interacción tipo i , por sexo j .

AM_{ik} = efecto de la interacción tipo i , por edad k .

AT_{il} = efecto de la interacción tipo i , por tratamiento l .

SM_{jk} = efecto de la interacción sexo j , por edad k .

ST_{jl} = efecto de la interacción sexo j , por tratamiento l .

MT_{kl} = efecto de la interacción edad k , por tratamiento l .

ASM_{ijk} = efecto de la interacción tipo i , por sexo j , por edad k .

AST_{ijl} = efecto de la interacción tipo i , por sexo j , por tratamiento l .

AMT_{ikl} = efecto de la interacción tipo i , por edad k , por tratamiento l .

SMT_{jkl} = efecto de la interacción sexo j , por edad k , por tratamiento l .

$ASMT_{ijkl}$ = efecto de la interacción tipo i , por sexo j , por edad k , por tratamiento l .

I_m = Efecto aleatorio del animal

E_{ijkl} = error experimental

Resultados y Discusión:

Acidez (pH)

Los promedios de pH del músculo LDL según el tipo de producción, el sexo, la edad y los días de añejamiento para los bovinos considerados en esta investigación se presentan en el cuadro 4. La conversión de músculo a carne comienza con el desangrado del animal donde el sistema pasa de un metabolismo aeróbico a uno anaeróbico, donde no se produce energía (ATP) para la célula, hay consumo de las reservas de energía (glucógeno) y de este metabolismo hay acumulación del subproducto, ácido láctico (lactato y H^+) lo que a su vez produce una disminución en el pH de la carne (Aberle et al., 2012 y Hui et al., 2006). Al evaluar los valores obtenidos para pH se observó que no hubo afectó por el tipo de producción del ganado (P-value > 0.05). A pesar que no fue significativo su efecto en el pH fue evidente en el trabajo de Aroeria y colaboradores (2016). Estos encontraron que los animales *B. taurus taurus* tienen pH mayores luego de la matanza en comparación a los *B. taurus indicus* ya que estos últimos tienden a ser más temperamentales y más susceptibles al estrés. Esta reacción causa que estos animales aumenten el nivel de consumo de glucógeno antes de la faena. El sexo del ganado tampoco tuvo efecto sobre el pH de la carne muestreada. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Jelenikova (2008, P-value >0.05) donde los pH de la carne medidos a 24 hrs *post mortem* en hembras fue de 5.8 a 6.4 al igual que en los machos que fue de 5.8 a 6.1. Duarte y colaboradores (2011) también coinciden con los resultados obtenidos en esta investigación, donde la edad del animal (estimada por IP) no afectó el pH de la carne teniendo una media de 6.4, Sin embargo, ellos atribuyeron este pH más alto de lo normal a que el ganado estuvo bajo estrés previo al sacrificio.

Según Mach y colaboradores (2008), toda carne que a las 24 h luego de sacrificado el animal tenga un pH mayor a 6.0 causa problemas sobre la calidad de la carne y por ende grandes pérdidas económicas. El tener un pH mayor de 6.0 se relaciona con que la carne sea dura, seca y firme (DFD) haciendo que esta sea de menor calidad. En España la Industria de Carne penaliza al ganadero cuando su producto tiene un pH mayor de 5.8 haciéndole rebajas de un 30-60%, obligando así a estos productores a mejorar el manejo de su ganado para evitar estas reducciones en sus márgenes de ganancia y así tratar de mantener la mejor calidad posible en la carne ofrecida al consumidor (Mach et al., 2008). Se ha demostrado que el DFD en las carnes es causado por el estrés al cual se somete el animal antes del sacrificio (Miller., 2007). Este estrés provoca que el músculo agote todo el glucógeno que tiene en reserva (Viljoen et al., 2002; Aberle et al., 2012), resultando en que el músculo no pueda acumular la concentración de ácido láctico que necesita para acidificar la carne. Mach y colaboradores (2008) encontraron que los consumidores prefieren carnes con pH normal ya que el color es uno más atractivo y tiene una mejor ternura que cortes de carne que muestren características de DFD. Tomando esto en consideración, podemos inferir que las muestras que se analizaron en este estudio no provinieron de ganado que fuera sometido a estrés severo provocado por factores como un largo periodo espera, exceso de manejo en los corrales del macelo, hacinamiento en la sala de espera y largas horas de transport. Estos son algunos de los factores que se ha comprobado que afectan esta característica (Miller., 2007 y Mach et al., 2008).

Diferencias significativas en los valores de pH fueron observadas según iban aumentando los días de tratamiento de añejamiento de las muestras (Cuadro 4). Durante el tiempo de añejamiento los valores de pH fueron aumentando con valores de 5.67, 5.71, 5.72 y 5.76 (0, 7, 14 y 21, respectivamente), siendo los valores de 0 días diferentes a los de 14 y 21 días y los de 7

días solo diferentes al pH de 21 días de añejamiento. Mientras que Hou y colaboradores (2014) y Jeleníková y colaboradores (2008) encontraron que luego de 45 minutos de sacrificado el animal el pH se quedó estable hasta la última lectura que fue a los 21 días de añejado. Por el contrario, Aroeira y colaboradores (2016) encontraron que el pH disminuyó a través de los días de añejamiento hasta llegar a los 21 días, donde hubo un aumento en pH. Sin embargo, los valores de pH que se observaron en este estudio entran en los renglones normales para pH de 5.30 a 5.80 (Hofmann., 1988 y Viljoen et al., 2002).

Cuadro 4. Promedios de los valores de pH en las muestras de carne cruda.

Variables independientes		pH (promedios \pm EE)	P-value
Edad	A	5.73 \pm 0.03989 ^a	0.8485
	B	5.71 \pm 0.03552 ^a	
	C	5.71 \pm 0.04279 ^a	
Sexo	Hembra	5.74 \pm 0.03231 ^a	0.2620
	Macho	5.69 \pm 0.03335 ^a	
Tipo	Carne	5.69 \pm 0.03123 ^a	0.2187
	Leche	5.74 \pm 0.03436 ^a	
Añejamiento (Días)	0	5.67 \pm 0.02551 ^a	<0.0001
	7	5.71 \pm 0.02549 ^{ab}	
	14	5.72 \pm 0.02551 ^b	
	21	5.76 \pm 0.02558 ^c	

En la figura 9 se puede observar como la interacción entre el tipo de ganado y el tiempo de añejamiento tuvo un efecto significativo (P-value<0.05) en el pH. Según los datos obtenidos los valores de pH de las muestras de carne del ganado tipo leche y tipo carne siguieron la misma tendencia positiva: aumentando su pH según transcurrían los días de añejamiento. Sin embargo, a los 21 días de tratamiento se observó que las diferencias en el pH fueron significativas entre las

muestras de tipo carne y tipo leche. El ganado tipo leche presentó un aumento de pH al día 21 de añejamiento a 5.82 en comparación con el tipo carne que fue de 5.70.

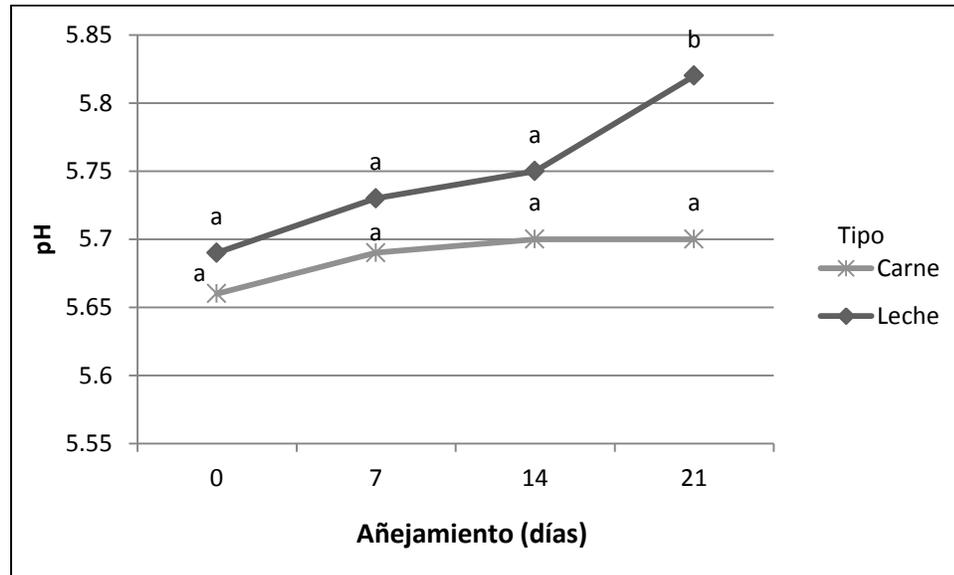


Figura 9. Interacción entre añejamiento y tipo de ganado sobre el pH de la carne (P-value=0.0481).

El pH de la carne evaluada se vio afectado por la interacción entre la edad, el sexo del ganado y el añejamiento de las muestras. Indiferente de la edad y el sexo, el pH no fue afectado por los días de añejamientos hasta llegar a los 14 y 21 días durante estos periodos la carne de las hembras del grupo C de edad mantuvieron un pH más elevado (5.81 y 5.92 respectivamente) alejándose de la media total que fue de 5.72 (P value=0.0363).

Por ciento de grasa cruda:

El por ciento de grasa intramuscular que encontramos en las carnes, en especial la de res, es una acumulación de la energía no utilizada para satisfacer los requisitos de mantenimiento del animal. Los depósitos de grasa comunes son la subcutánea, la intermuscular, la cavitaria y la intramuscular que es la más importante para el consumidor (Aberle et al., 2012 y Hui et al., 2006). Para los estándares de clasificación de las canales utilizadas en varios países del mundo, en especial los EEUU, carnes con valores de grasa intramuscular menores a 6.5% son consideradas extremadamente magras y por ende entrarían en las categorías de *select*, *standard*, *commercial* y *utility* (Hale et al, 2013; Tatum, 2007). Estas últimas tres categorías no entran al mercado fresco como tal, sino que pasan a ser procesadas antes de llegar al consumidor, ya son consideradas como cortes de baja calidad y valor económico.

Los valores promedios del por ciento de grasa intramuscular de las muestras de carnes evaluadas están desglosados en el cuadro 5. En general el valor promedio de grasa cruda fue de 1.33%, quedando la carne evaluada, por debajo de los estándares de clasificación utilizados por el USDA. Este por ciento de grasa concuerda con el encontrado en varios estudios llevados a cabo en Puerto Rico, confirmando que la carne producida en la isla es una baja en grasa, atributo de gran importancia para el consumidor interesado en una dieta saludable (Santrich., 2006). El tipo de producción ya sea para leche o carne, no influyó el por ciento de grasa cruda encontrado en la carne. Esto nos da a entender que en los animales de tipo lechero el concentrado que consumen está destinado para producción de la leche y no tiene energía disponible para depositar como grasa intramuscular. El sexo del animal afectó la cantidad de grasa intramuscular teniendo las hembras 0.36% (1.51%) más grasa en comparación con los machos que solo presentaron

1.15% (P-value<0.05; Cuadro 5). Se ha documentado que las hembras tienden a depositar más grasa intramuscular que los machos (Church y Wood., 1992 y Jelenikova et al., 2008).

Los grupos de edad afectaron el por ciento de grasa intramuscular. Los animales del grupo de edad C presentaron un por ciento de de grasa intramuscular significativamente mayor (1.50%) que los del grupo B que (1.19%), una diferencia 0.30% mayor. Por el contrario, el grupo A no resultó ser significativamente a los grupos de edades B y C (1.29%; Cuadro 5). Van Elswyk y McNeill (2014) concluyeron en su investigación que la etapa de crecimiento del animal influye sobre la deposición de grasa y de los ácidos grasos en ciertas razas. Aunque expresaron que hay razas que depositan en etapas de crecimiento más tempranas que otras.

Tenemos que tener en cuenta que en Puerto Rico el sistema de producción de ganado para carne es uno mayormente en base a pastoreo, esto se debe principalmente a los altos costos de los alimentos concentrados. Hay evidencia que nos indica que el ganado engordado a pastoreo tiene un por ciento de grasa intramuscular significativamente menor que el ganado terminado con alimento concentrado (Van Elswyk y McNeill., 2014; Scerra et al., 2014 y Hunt et al., 2016). También, Mezgebo y colaboradores (2017) indican en su estudio que la aceptabilidad de la carne está relacionada a la percepción del consumidor sobre si el producto es saludable, en que la carne de animales alimentados a pastoreo es una regularmente magra y con que tiene una composición de ácidos grasos más deseables.

Cuadro 5. Promedios del contenido de grasa cruda en las muestras de carne.

Variables independientes	por ciento grasa cruda (promedios ± EE)	P-value
Edad		
A	1.29 ± 0.0768 ^{ab}	0.0094
B	1.19 ± 0.0696 ^a	
C	1.50 ± 0.0761 ^b	
Sexo		
Hembra	1.51 ± 0.0633 ^a	<0.0001
Macho	1.15 ± 0.0639 ^b	
Tipo		
Carne	1.35 ± 0.0611 ^a	0.6578
Leche	1.31 ± 0.0659 ^a	

Los promedios de la interacción entre edad, sexo y tipo del ganado afectó significativamente el por ciento de grasa cruda (P-value<0.05). Las hembras del grupo de edad C, tanto de tipo de producción para carne como para leche, presentaron el por ciento de grasa intramuscular mayor. Esta tendencia, que muestran las hembras, a depositar más grasa intramuscular también se observó en el grupo de edad B. Pero, en el grupo de edad más joven (grupo A) tanto las hembras tipo carne como los machos tipo leche fueron los que presentaron mayor por ciento de grasa intramuscular.

El por ciento de grasa intramuscular no tuvo correlación con ninguna de las variables de ternera, WBSF crudo, WBSF cocido e IFM (P-value>0.05). Esto es beneficioso para nuestro estudio nos inca que la ternera de la carne no se correlaciona con el por ciento de grasa que esta contiene.

Observando estos resultados de 139 animales muestreados, podemos inferir que en promedio el por ciento de grasa intramuscular de la carne de res producida en Puerto Rico están en 1.33%, por lo que podemos clasificar esta en carne en magra o baja en grasa.

Terneza de la carne:

La característica organoléptica más importante de la carne de res es la terneza. Esta característica tiene gran importancia económica, debido a que incide en la compra de la carne por parte de los consumidores (Peluffo y Monteiro., 2002).

WBSF: Carne cruda y cocida

En esta investigación la terneza, de la carne fue estimada utilizando el método de WBSF y el IFM. Los promedios para las variables independientes de edad, sexo, tipo de ganado y días de añejamiento para el WBSF tanto crudo como cocido se presentan en el cuadro 6. Se pudo observar que no hubo diferencia significativa en ninguna de las variables de respuesta de esta investigación ($P\text{-value}>0.05$). Una vez aplicado el tratamiento térmico para la cocción, tampoco se reflejaron diferencias en terneza entre los grupos de edad, sexo o tipo de producción. En cuanto a los grupos de edades, Duarte y colaboradores (2011) encontraron que animales de 2 y 4 IP tuvieron valores de terneza de 4.55 kg que fueron diferentes a los 6 y 8 IP que tuvieron valores de 7.47 kg. Según Scöfneldt y Strydom (2011) a medida que el animal aumenta en edad la terneza de la carne disminuye ya que la cantidad de colágeno, proteína principal del tejido conectivo, susceptible al calor es menor.

En el trabajo de Whipple y colaboradores (1990) se reportó que el LDL de *B. taurus indicus* (tipo carne) es menos tierno en comparación con el *B. taurus taurus* (tipo leche). Al igual se ha reportado que razas como la Brahman (tipo carne) han sido menos tiernas que razas tipo leche pero estos resultados no siempre han tenido un efecto significativo (Crouse et al., 1989). Esto concuerda con los resultados que se obtuvieron en esta investigación donde las muestras de los animales tipo carne tuvieron WBSF de 7.14 kg en comparación a los tipo lechero que fue de 6.55 kg, pero estos no fueron diferentes estadísticamente (Cuadro 6). Cuando hablamos del sexo

del animal, se ha encontrado que este no tiene un efecto sobre la ternera medida por WBSF (Cuadro 6, P-value>0.05). Se han llevado a cabo varios estudios en que se concluye que el sexo del animal no influye significativamente los valores de WBSF, lo que concuerda con lo encontrado en este estudio (Hendrick et al., 1969 y Prost et al., 1975). Por otro lado Hanzelkova y colaboradores (2010) encontraron que las hembras son más tiernas que los machos, pero mencionan que esta diferencia pudiera deberse al alto contenido de andrógenos que se les añadieron en el estudio a las hembras.

Al evaluar el efecto del añejamiento sobre la ternera claramente vemos que mientras más tiempo estuvo la carne añejándose la ternera fue mejorando (Cuadro 6, P-value<0.05). Las muestras a 0 días de tratamiento (24 hrs) fueron las más duras requiriendo una fuerza de 8.04 kg, seguida de los valores obtenidos luego de 7 y 14 días de añejamiento con 6.82 y 6.60 kg respectivamente, dejando las muestras añejadas por 21 días con 5.93 kg como las más tiernas. De estos resultados podemos inferir que la práctica de añejar la carne hasta 21 días nos garantiza una carne más tierna. Esta diferencia que obtuvimos en cuanto a la ternera coincide con los estudios realizados por Aroeira y colaboradores (2016) los cuales encontraron que de 0-7 días hay un cambio sustancial en la ternera. En el año 2014, Hou y colaboradores, también encontraron que carnes de 0 días de añejadas eran diferentes significativamente a las carnes de 7-14 días, y a su vez diferentes a los de 21 días mejorando la ternera durante este tiempo.

Cuadro 6. Promedios de los valores de WBSF crudo y cocido en las muestras de carne de los bovinos muestreados.

Variables independientes	WBSF Crudo (kg) (promedios \pm EE)	P-value	WBSF Cocido (kg) (promedios \pm EE)	P-value
Edad				
A	1.77 \pm 0.0708 ^a	0.2790	7.25 \pm 0.3588 ^a	0.3828
B	1.58 \pm 0.0591 ^a		6.69 \pm 0.3160 ^a	
C	1.67 \pm 0.0789 ^a		6.60 \pm 0.3942 ^a	
Sexo				
Hembra	1.58 \pm 0.0734 ^a	0.0672	6.94 \pm 0.2885 ^a	0.6514
Macho	1.77 \pm 0.0768 ^a		6.75 \pm 0.2992 ^a	
Tipo				
Carne	1.70 \pm 0.0712 ^a	0.6752	7.14 \pm 0.2778 ^a	0.1593
Leche	1.65 \pm 0.0788 ^a		6.55 \pm 0.3091 ^a	
Añejamiento (Días)				
0	1.73 \pm 0.0823 ^a	0.1587	8.04 \pm 0.2666 ^a	<0.0001
7	1.68 \pm 0.0823 ^a		6.82 \pm 0.2741 ^b	
14	1.75 \pm 0.0822 ^a		6.60 \pm 0.2681 ^{bc}	
21	1.54 \pm 0.0829 ^a		5.93 \pm 0.2741 ^c	

El tipo de producción y el sexo del ganado tuvieron un efecto sobre la ternura de la carne cruda medida con WBSF (Figura 10; P-value<0.05). En el ganado tipo carne, los machos presentaron carne menos tierna que las hembras (1.92 y 1.48, respectivamente) antes de someterlas a tratamiento térmico. En el ganado tipo leche no hubo diferencia entre sexo, ni diferencias al compararlo con el ganado tipo carne (Figura 10).

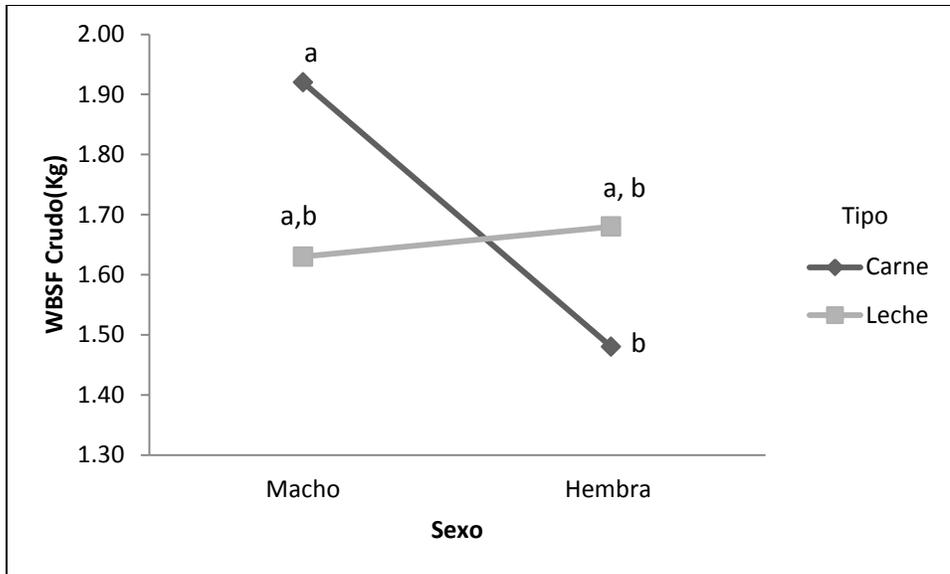


Figura 10, Interacción entre tipo y sexo del ganado sobre la terneza de la carne cruda: WBSF. P-value=0.0202

A pesar que no hubo diferencia entre los promedios de terneza con WBSF en las muestras crudas entre la edad y sexo del ganado (Figura 11), si hubo una diferencia en la interacción (P-value=0.0338). En este caso las hembras no siguen el mismo patrón de aumento de kg necesarios para romper las fibras de la carne según van a aumentado en edad como lo hacen los machos.

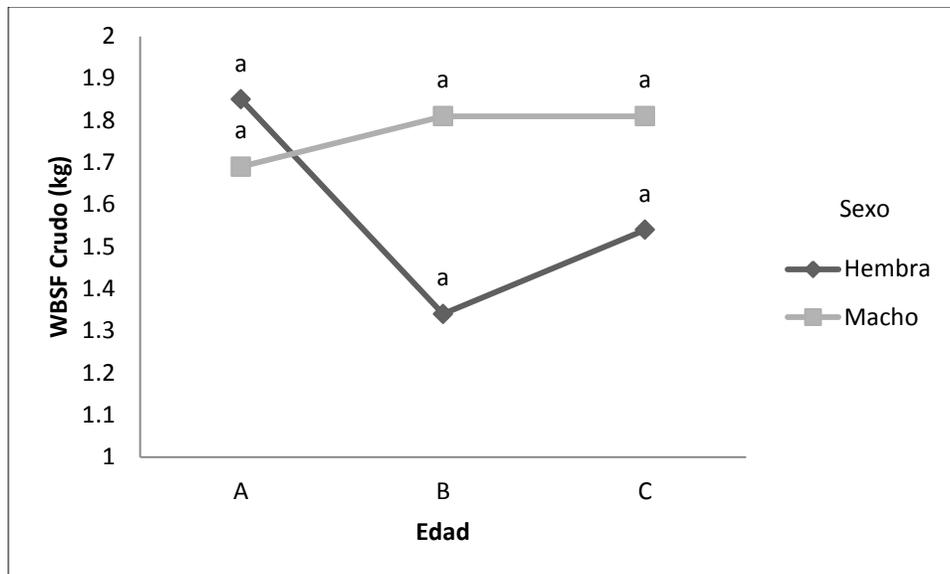


Figura 11. Interacción entre edad y sexo del ganado sobre la ternura de la carne cruda: WBSF. P-value=0.0338

En todas las muestras evaluadas en esta investigación, encontramos que el rango de ternura, estimada utilizando el método de WBSF, se expresó entre 5.93 a 8.04 kg, que de acuerdo a la escala determinada por AMSA se consideran una carne poco tierna o dura. (> 5kg, AMSA, 1995). En apéndice 7 podemos observar que hay una correlación significativa positiva entre el WBSF crudo y el WBSF cocido (P-value<0.05). Esta correlación tiene un coeficiente de 0.09, lo cual nos indica que tiene una relación bien débil entre ambos.

IFM

Luego de la matanza, el sistema proteolítico endógeno de la carne sigue su curso hasta que los niveles de energía y compuestos que requieren estas sean consumidos. Esto conlleva la fragmentación de las miofibrillas (célula muscular) durante este periodo de añejamiento el cual se puede estimar con la medida de la fragmentación de las miofibrillas. Mientras mayor es el valor de este índice se puede esperar que mayor será la ternura de la carne (Duarte et al., 2011). Culler y colaboradores (1978) reportaron que valores de IFM por encima de 60 son carnes bien

tiernas, valores entre el 50 y 60 son moderadamente tiernos y menores de 50 son carnes con poca ternera.

En el cuadro 7 podemos observar los promedios para el IFM. Según los resultados, los valores de IFM obtenidos no fueron diferentes entre los tres grupos de edad, teniendo en promedio un valor de 49.77. Con este índice podemos inferir que la carne es de poca ternera. Si se pudo observar un efecto sobre el IFM por tipo de producción, sexo y añejamiento de los bovinos evaluados (Cuadro 7). El ganado tipo carne tuvo en promedio un índice de fragmentación de 54.27 vs el ganado tipo leche que presentó un índice de 45.26 (P-value <0.05), quedando así que el ganado tipo carne presentaran carne más blanda que los del tipo leche. Por otro lado, Aroeira y colaboradores (2016) encontraron que animales *B. taurus taurus* producen carne más tiernas que los *B. taurus indicus* ya que estos contienen mayor contenido de la enzima calpastatina en el músculo. Esta enzima es la que inhibe a las enzimas proteolíticas calpains. Podemos entonces concluir que los animales que clasificamos como tipo carne (que tuvieron mayor índice de IFM) pudieran ser animales con alta influencia de genética de *B. taurus* como menciona Wright y colaboradores en su estudio del 2018.

Esta tendencia se puede observar también entre machos y hembras, los cuales presentaron valores de IFM de 52.19 y 47.35 respectivamente (P-value <0.05). Las hembras resultaron ser las que presentaron carne más tierna al compararlas con los machos. Esto se vio en el estudio de Kandeepan y colaboradores (2009) donde los búfalos machos tenían carne con valores de IFM más altos que las hembras, que presentaron carne con menor por ciento de degradación de miofibrillas. Al estimar la ternera utilizando el WBSF en estos dos grupos (tipo de producción y el sexo del ganado), no encontramos diferencia. Es por ello que entendemos que

la estimación de la ternera con el IFM fue más precisa, captando así las diferencias en ternera entre estos grupos.

Al analizar las muestras que fueron añejadas, se vio una diferencia en la ternera de estas (Cuadro 7). Las muestras añejadas de 0 y 7 días no presentaron ser diferentes sin embargo, cuando pasamos a las de 14 a 21 días, vemos una mejora significativa en la ternera. Las muestras a los 21 días de añejamiento presentaron ser más tiernas que la de los otros días evaluados (0, 7, 14 y 21 = 41.71, 43.58, 53.77 y 60.00, respectivamente). Estos resultados concuerdan con los encontrados en varias investigaciones que los valores de IFM aumentan significativamente según aumentaron los días de tratamiento, teniendo un efecto positivo sobre la ternera de la carne (Aroeira et al., 2016., Morgan et al., 1993 y Hou et al., 2014).

Cuadro 7. Promedios del contenido de IFM en las muestras de carne cruda de los bovinos muestreados.

Variables independientes	IFM (promedios ± EE)	P-value
Edad		
A	51.74 ± 1.9070 ^a	0.2686
B	50.39 ± 1.7014 ^a	
C	47.18 ± 2.1408 ^a	
Sexo		
Hembra	47.35 ± 1.5371 ^a	0.0304
Macho	52.19 ± 1.6136 ^b	
Tipo		
Carne	54.27 ± 1.5336 ^a	< 0.0001
Leche	45.26 ± 1.6170 ^b	
Añejamiento (Días)		
0	41.71 ± 1.7023 ^a	<0.0001
7	43.58 ± 1.6307 ^a	
14	53.77 ± 1.6249 ^b	
21	60.00 ± 1.6697 ^c	

Estas estimaciones de ternera con IFM coinciden con aquellas obtenidas con el WBSF (Cuadro 8), donde las muestras mejoraban en ternera según iban aumentando los días de añejamiento de la carne. Lo que implica es que esta técnica de manejo de la carne puede, sin

duda, mejorar esta característica a nivel de proceso, logrando así que la carne mercadeada tenga mejor ternera.

Cuadro 8. Promedios de los valores obtenidos por los métodos de WBSF (cocido) e IFM a través de los días de añejamiento.

Método	Añejamiento (Días)			
	0	7	14	21
WBSF: cocido (promedios ± EE)	8.04 ± 0.2666 ^a	6.82 ± 0.2741 ^b	6.60 ± 0.2681 ^{bc}	5.93 ± 0.2741 ^c
IFM (promedios ± EE)	41.71 ± 1.7023 ^a	43.58 ± 1.6307 ^a	53.77 ± 1.6249 ^b	60.00 ± 1.6697 ^c

*Las diferencias entre las medias son horizontalmente.

En la figura 12 podemos observar la relación entre sexo y edad del animal sobre la ternera de la carne utilizando el método de IFM (P-value<0.05). Estos datos nos indican que los machos a medida que aumentan en edad, la ternera no es significativamente diferente. Las hembras tampoco presentaron diferencia en ternera al envejecer. Pero los machos en los grupos de edad A y C no son iguales de tiernos que las hembras en el grupo C (52.17, 53.70 y 40.65, respectivamente).

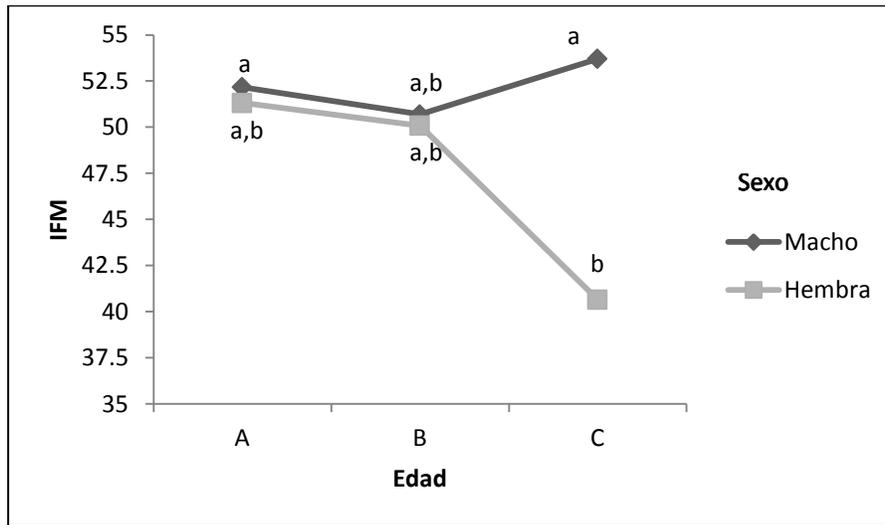


Figura 12. Interacción entre sexo y edad del ganado sobre la terneza de la carne: IFM.
P-value=0.0474

Una interacción entre el sexo del ganado y los días de añejamiento de las muestras puede ser observada en la figura 13 (P-value<0.05). A los 14 días de añejamiento, la carne de los machos presentó ser más tierna que aquellas de 0 y 7 días de tratamiento, pero no tan diferente de aquellas que permanecieron 21 días en refrigeración. Al contrario, a las hembras donde lograron mejorar significativamente la terneza de la carne luego de los 7 días hasta lograr el valor máximo de terneza a los 21 días de tratamiento. En los machos se presenta un cambio en el patrón ya que en vez de continuar mejorando la terneza, esta se estanca y no progresa en los últimos 7 días de añejamiento, lo cual indica que posiblemente 14 días de añejamiento es lo suficiente para lograr una mejora aceptable en la terneza de la carne.

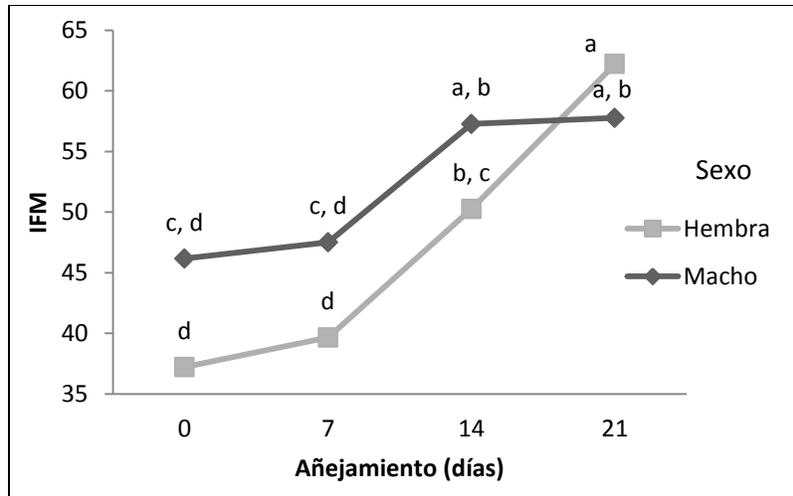


Figura 13. Interacción entre sexo y los días de añejamiento del ganado sobre la terneza de la carne: IFM. P-value=0.0029

Concentración de calcio libre en el sarcómero:

Un factor importante para la activación del sistema proteolítico de las enzimas endógenas que degradan las fibras musculares es la concentración del calcio libre en el sarcómero. Este mineral es esencial para la función de las células en especial las del tejido músculo-esquelético. La concentración de calcio libre nos daría un indicio de la efectividad de esta actividad proteolítica en la degradación muscular de la miofibrilla.

Los valores obtenidos de concentración de calcio libre se presentan en el cuadro 9. Los datos reflejan que ni el sexo ni el tipo de producción del animal tuvo efecto alguno sobre la concentración de calcio libre (P-value>0.05). Al analizar los grupos de edades encontramos que hay una diferencia entre los animales en el grupo de edad A y B con el grupo C (con concentración de 36.64, 42.82 y 21.77 μM , respectivamente). Según iban aumentando en edad los animales la concentración fue disminuyendo. A pesar que la diferencia en IFM entre los grupos de edad no fue significativa la tendencia a que los animales mayores fueron los que presentaron menor fragmentación coincide con la menor concentración de calcio libre en la célula, produciendo carnes menos tiernas.

Al comparar la concentración de calcio libre a través de los periodos de añejamiento encontramos que hubo un cambio en el comportamiento de la concentración (P-value<0.05). A los 0, 7 y 21 días de tratamiento la concentración de calcio se quedó igual, a diferencia el añejamiento a 14 días donde la concentración fue levemente mayor que a los 7 días pero diferente a 0 y 21. La concentración de calcio va en aumento los día 0, 7 y 14 y disminuye considerablemente al día 21 del tratamiento (29.41, 37.12, 39.10 y 29.34 μM , respectivamente (Cuadro 9). Podemos ver que estos valores de concentración de calcio son relativamente bajos comparados con los encontrados por Ji y Takahashi (2006) que a los 40 min *post mortem* fue 16 μM y a los 4 días de añejamiento la concentración de calcio aumento a 220 μM . Esta baja concentración de calcio nos explica los altos valores de WBSF de las muestras (cuadro 6).

Cuadro 9. Promedios del contenido de calcio en las muestras de carne cruda de los bovinos muestreados.

Variables independientes	[Calcio] μM (promedios \pm EE)	P-value
Edad		
A	36.64 \pm 4.6011 ^a	0.0056
B	42.82 \pm 4.0721 ^a	
C	21.77 \pm 5.1129 ^b	
Sexo		
Hembra	31.73 \pm 3.6910 ^a	0.4511
Macho	35.76 \pm 3.8709 ^a	
Tipo		
Carne	37.00 \pm 3.5927 ^a	0.2235
Leche	30.48 \pm 3.9623 ^a	
Añejamiento (Días)		
0	29.41 \pm 3.7540 ^b	0.0435
7	37.12 \pm 3.7779 ^{ab}	
14	39.10 \pm 3.7544 ^a	
21	29.34 \pm 3.8557 ^b	

La concentración de calcio libre se vio afectada por la relación entre el sexo y el tipo de producción del animal (P-value<0.05; Figura 14). El análisis de los datos reflejan que las

hembras y machos tipo leche no son diferentes entre si con concentraciones de 23.25 μM y 37.72 μM , respectivamente. Al igual, las concentraciones de calcio de animales tipo carne no presentaron ser diferentes entre las hembras y los machos siendo las concentraciones de calcio 40.20 μM y 33.80 μM respectivamente, pero si mostraron ser diferentes las hembras tipo carne de las hembras tipo leche. Las hembras tipo leche presentaron concentraciones de calcio menores que las hembras tipo carne.

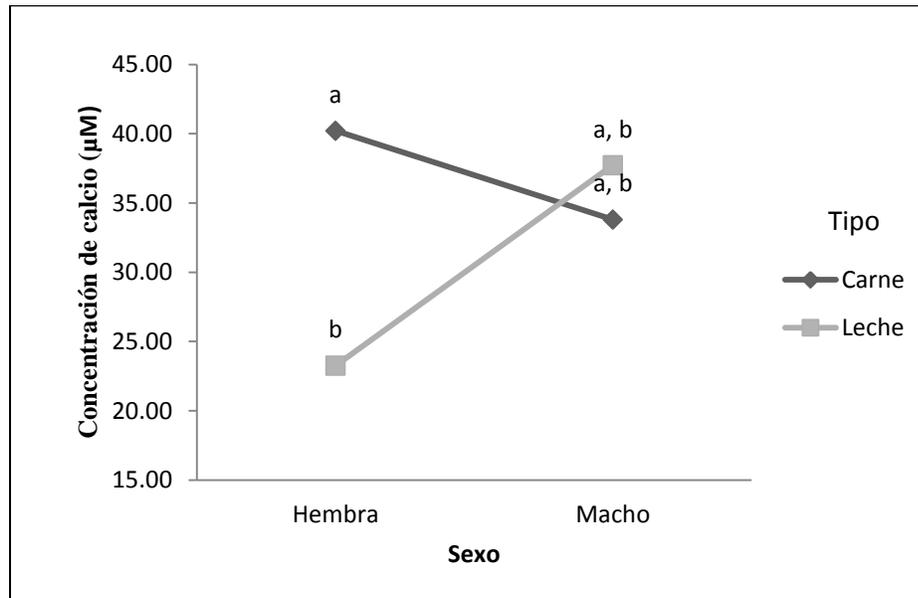


Figura 14. Interacción entre tipo y sexo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0518

En la figura 15 se muestra la relación entre tipo y edad del ganado que afectó la concentración de calcio libre en las muestras evaluadas (P-value<0.05). El ganado tipo leche a medida que aumenta en edad su concentración de calcio no cambia significativamente (A=25.25 μM , B=38.12 μM , C=28.07 μM). Por el contrario, el ganado con tipo carne al llegar a edad de grupo C es diferente significativamente al de los grupos A y B (15.47 μM , 48.02 μM y 47.52 μM , respectivamente). Los animales tipo carne en los grupos de edad A o B y los animales tipo

leche del grupo de edad B presentaron tener mayor concentración de calcio que los animales tipo leche de los grupos de edad A y C y a los animales tipo carne del grupo C (Figura 15).

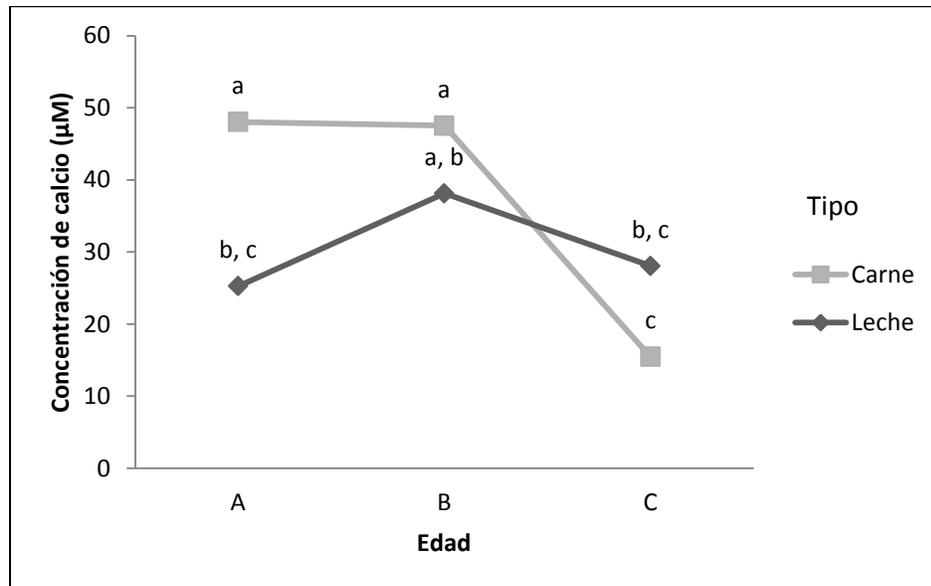


Figura 15. Interacción entre tipo y edad del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0357

Los periodos de añejamiento junto con el sexo afectaron la concentración de calcio libre en el sarcómero de las muestras evaluados (Figura 16; P-value<0.05). Se pudo observar que en los machos no hubo diferencias en las concentraciones de calcio a través de los días de añejamiento (0, 7, 14, 21 días de añejamiento; 35.00, 42.78, 35.11 y 29.15, respectivamente). Por el contrario, en las hembras hubo un aumento en la concentración de 0 a 14 días siendo 7 y 21 días no diferentes estadísticamente a ambas concentraciones (22.82, 43.09 31.46 y 29.53, respectivamente). Las hembras de 0 días tienen menor calcio libre significativamente que las hembras de 14 días y los machos de 7 días de tratamiento. Siendo todas las demás variables iguales estadísticamente a las antes mencionadas.

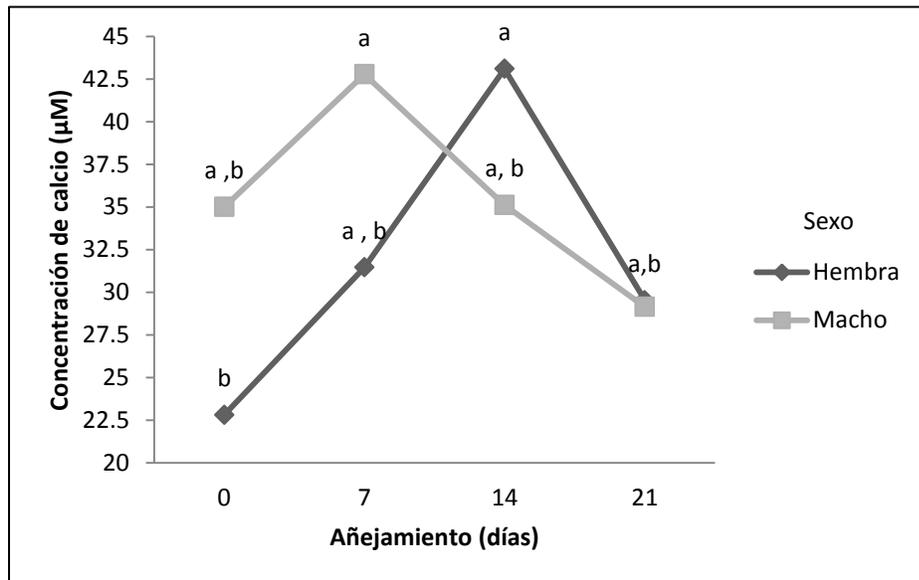


Figura 16. Interacción entre añejamiento y sexo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0481

El añejamiento y el tipo de producción de ganado tuvo un efecto en el calcio libre en el sarcómero (Figura 17; P-value<0.05). Donde el ganado tipo carne a través de los días de añejamiento (0, 7 y 21 días) no se ve diferencias en la concentración de calcio libre hasta que llega al día 14 que aumenta significativamente. El ganado tipo lechero tiene un patrón similar, los días 0, 14, 21 días de añejamiento no presentaron diferencia pero la concentración de calcio se eleva en el día 7 de añejamiento. Esto nos indica que el calcio es liberado del retículo endoplásmico para quedar como calcio libre y pueda ser utilizado para activar las enzimas proteolíticas. Luego de varios días de maduración la concentración de calcio se estabiliza en la carne.

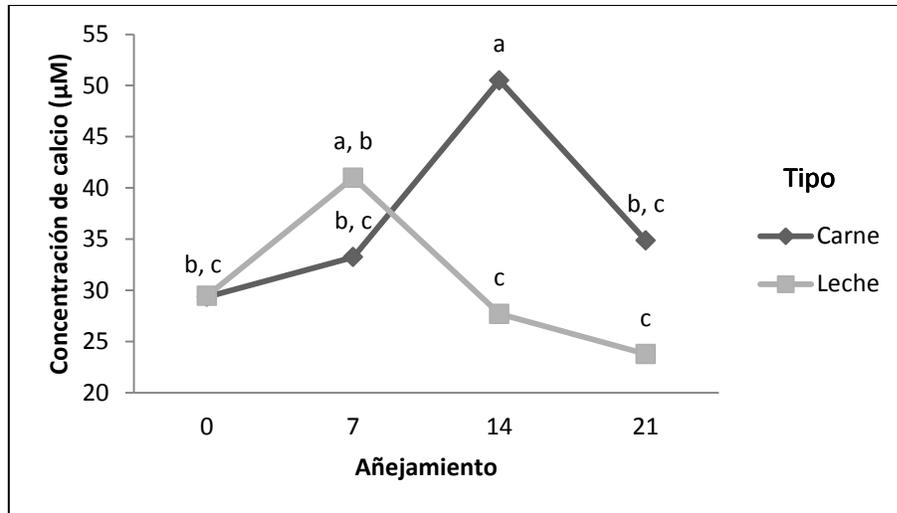


Figura 17. Interacción entre añejamiento y tipo del ganado sobre la concentración de calcio libre en el sarcómero. P-value=0.0030

La concentración de calcio fue afectada por una interacción entre todas las variables consideradas en este estudio. El sexo, edad, tipo de producción y los días de añejamiento utilizado para estas muestras afecto la concentración de calcio obtenida. Podemos observar estos datos en la tabla en el Apéndice 5.

La concentración de calcio en las muestras tuvo una correlación significativamente positiva con el IFM (P-value<0.0001; $r=0.21$). Aunque el coeficiente de correlación es débil, nos indica que cuando la concentración de calcio aumenta o disminuye, el IFM tiende a aumentar o disminuir a la par. (Apéndice, 7).

Conclusión

En esta investigación se logró evaluar 142 muestras provenientes de bovinos comerciales, tomadas de ganado bovino proveniente de todo Puerto Rico. Los datos sobre las características físico-químico aportaron a la base de datos de la industria de carne de res de la isla, proveyendo más evidencia sobre la calidad de la carne producida localmente. A base de los datos obtenidos en este estudio se puede concluir lo siguiente:

- Las variables sexo, edad o tipo de producción del ganado ($P\text{-value}>0.05$) no afectó los valores de pH final de la carne de res evaluada. Aún cuando los valores de pH fueron aumentando significativamente al pasar los días de añejamiento, estos se quedaron dentro del rango normal ($\text{pH} = 5.67$ a 5.76) que pueda presentar la carne ($P\text{-value}<0.05$)
- El contenido de grasa intramuscular de las hembras y del ganado adulto de más de 8 IP (grupo C) fue significativamente mayor (1.51% y 1.50%, respectivamente) que el promedio general de las muestras evaluadas (1.33%; $P\text{-value}<0.05$). El tipo de producción, leche o carne, no afectó el contenido de grasa cruda ($P\text{-value}>0.05$) en las muestras evaluadas.
- La terneza de la carne fue estimada utilizando la medida de la fuerza para cortarla-WBSF, tanto en carne cruda como la cocida. Estos resultados indican que la terneza de la carne cruda no fue afectada por ninguna de las variables independientes evaluadas ($P\text{-value}>0.05$). El WBSF de la carne ya cocida no mostró cambios significativos en cuanto al tipo, sexo y edad del ganado a la matanza ($P\text{-value}>0.05$).
- Se midió la cantidad de fragmentación miofibrilar de la carne por IFM luego del periodo de añejamiento. Al evaluar la terneza utilizando el IFM, técnica más específica, se

encontró que las carnes de los machos en general, y el ganado tipo carne, fueron más tiernos que las carnes de las hembras y el ganado tipo lechero (P-value<0.05).

- Se encontró cambios en terneza según iban pasando los días de añejamiento, probando que esta técnica de manejo es una efectiva para mejorar esta característica tan importante para el consumidor (P-value<0.05). Además, se demostró que añejando la carne hasta 14 días la terneza mejora de manera considerable.

Los resultados indican que la carne de bovinos producidos a nivel comercial en Puerto Rico es una de terneza aceptable (± 7.00 kg), magra o baja en grasa (1.33%) y por ende una carne saludable para el consumo. Se vio que el añejamiento mejora de manera significativa la terneza de la carne.

Recomendaciones

Toda propiedad o característica físico-química de la carne bovina influye en la percepción del consumidor. Pero el atributo más importante que determina la aceptación final del consumidor es la terniza. Según los datos obtenidos, esta es una característica que debemos mejorar. Toda práctica de manejo, desde la finca hasta el plato, que se pueda hacer para uniformizar y mejorar esta característica debe ser considerada para ponerse en práctica en Puerto Rico. Por lo que se sugiere que:

1. Hacer un análisis económico para ver si el implementar el añejamiento de 14 hasta 21 días es factible tanto para el ganadero como para el procesador.
2. Hacer estudios sobre el largo de vida útil de carne almacenada por más de 14 días, viendo así si hay alguna implicación de salud para el consumidor.
3. Hacer estudios sobre el valor nutricional, de la carne producida.
4. Recomendar a los ganaderos reevaluar la calidad del ganado que va a llevar hasta (sacrificio, cortes).
5. Fomentar el mercadeo de la carne bovina producida destacando sus atributos positivos de baja en grasa y saludable.

Referencias

- Aberle, E. D., J.C. Forrest, D.E. Gerrard, E.W. Mills, M.D. Judge y R.A. Merkel. 2012. Principles of meat science. 5th Edition. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, Iowa.
- American Meat Science Association (AMSA), 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. Chicago, IL.
- American Oil Chemists' Society, Official Procedure AM 5-04. Rapid Determination of Oil/Fat Utilizing High Temperature Solvent Extraction. ANKOM Technology Method 2, 01-30-09.
- Aroeria, C. N., R. A. Torres, P. R. Fontes, L. A. Gomide, A. L. Ramos, M. M. Ladeira y E. M. Ramos. 2016. Freezing, thawing and aging effect on beef tenderness from *Bos indicus* and *Bos Taurus*. Meat Science. 116: 118-125.
- Australian Meat Processor Corporation and Meat & Livestock Australia (AMPC and MLA). Meat technology update; Dry aging of beef. 2010. http://www.ampc.com.au/site/assets/media/Factsheets/Food-Safety-Meat-Science-Market-Access-Marketing-Consumer/MTU_2010_Dry-aging-of-beef.pdf.
- Brulé, C., E. Dargelos, R. Diallo, A. Listrat, D. Béchet, P. Cottin y S. Poussard. 2010. Proteomic study of calpain interacting proteins during skeletal muscle aging. Biochemistry. 92: 1923 – 1933.
- Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera, L. Cantisani y L. Añeses. 2001. Estimación de la edad del ganado vacuno por sus incisivos. Boletín 299, Estación Experimental Agrícola.
- Church, P. N y J. M. Wood. 1992. The manual of manufacturing meat quality. 3rd ed. Elsevier Science Publishers Ltd., Inc.
- Crouse, J.D., L.V. Cundiff, R.M. Koch, M. Koohmaraie y S.C. Seideman. 1989. Comparison of *Bos indicus* and *Bos taurus* inheritance for carcass beef characteristics and meat palatability. J Anim Sci. 67:2661-2668.
- Culler, R.D., F.C. Parrish, G.C. Smith y H.R. Cross. 1978. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. J Food Sci. 43 (4): 1177-1180
- Departamento de Agricultura del Estado Libre Asociado de Puerto Rico, División de Estadísticas Agrícolas 2017.
- Domenech, K. 2012. Relación entre edad cronológica, sexo y tipo con características de calidad de la carne de vacunos en Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.

- Duarte, M.S., P. V. Paulino, M. A. Fonseca, L. L. Diniz, J. Cavali, N. V. Sarão, L. A. Gomide, S. F. Reis y R. B. Cox. 2011. Influence of dental carcass maturity on carcass traits and meat quality of Nellore bulls. *Meat Sci.* 88: 441-445.
- Epley, R. J. 1992. Aging Beef. *Minnesota Extension Service*. AG-FS-5968-A.
- Garriz, C.A. 2001. Calidad organoléptica de la carne vacuna, influencia de factores biológicos y tecnológicos. *Fac. Agr y Vet.*
- Geesink, G.H., S. Kuchay, A.H. Chishti y M. Koohmaraie. 2006. μ -Calpain is essential for postmortem proteolysis of muscle proteins. *J. Anim. Sci.* 84:2834-2840.
- Goll, D.E., V. F. Thompson, R. G. Taylo y J. A. Christiansen. 1992. Properties and regulation of the calpain system and its role in muscle growth. *Biochem.* 74:225.
- Gonella, C. A. 2000. Producción de carne en sistemas pastoriles. *Inst. Nacional Tecno. Agro. Rep. Arg.* 32: 1-9.
- Hale, D.S., K.J. Goodson, and J.W. Savell. 2013. "USDA Beef Quality and Yield Grades." Internet site: <http://meat.tamu.edu/beefgrading/> (Accessed January 2, 2015).
- Hanzelková, Š., J. Simeonovová, D. Hampel, A. Dufek y J. Šubrt. 2011. The effect of breed, sex and aging time on tenderness of beef meat. *Acta Veterinaria Brno.* 80(2): 191–196.
- Hendrick H.B., G.B. Thompson y G.F Krause. 1969. Comparison of feedlot performance and carcass characteristics of calf-cib bulls, steers and heifers. *J Anim Sci.* 29:687-694.
- Highfill, C.M., O. Esquivel-Font, M. E. Dikeman y D. H. Kropf. 2012. Tenderness profiles of ten muscles from F1 *Bos indicus x Bos Taurus* and *Bos Taurus* cattle cooked as steaks and roasts. *Meat Sci.*90: 881-886.
- Hofmann, K. 1988. El pH una característica de calidad de la carne. *Inst. Quim. y Fis. Dept. Fed. de Inv. en Carne en Alemania.* 13-18.
- Hopkins, D. L. y J. M. Thompson. 2001. Inhibition of protease activity 2. Degradation of myofibrillar proteins, myofibril examination and determination of free calcium. *Meat Sci.* 59: 199-209.
- Hopkins, D. L., L. Martin y A. R. Gilmour. 2004. The impact of homogenizer type and speed on the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.* 67: 705 - 710.
- Hopkins, D. L., P. J. Littefield y J. M. Thompson. 2000. A research note on factors affecting the determination of myofibrillar fragmentation. *Meat Sci.* 56: 19 - 22.

- Hou, X., R. Liang, Y. Mao, Y. Zhang, L. Niu, R. Wang y X. Luo. 2014. Effect of suspension method and aging time on meat quality of Chinese fattened cattle *M. Longissimus dorsi*. *Meat sci.* 96(1). 640–645.
- Huff Lonergan, E., F. Parrish y R. Robson. 1995. Effects of postmortem aging time, animal age, and sex on degradation of titin and nebulin in bovine longissimus muscle. *J Anim Sci.* 73(4): 1064–1073.
- Hui, Y. H., I. Guerrero y M. R. Rosmini. 2006. *Ciencia y tecnología de carnes*. 1era edición. Editorial Limusa de C. V. Mexico.
- Hunt, M., J. Legako, T. Dinh, A. Garmyn, T. O’Quinn, C. Corbin, y M. Miller. 2016. Assesment of volatile compounds, neutral and polar lipid fatty acids of dour beef muscle from USDA Choice and Select graded carcasses and their relationship with consumer palatability scores and Intramuscular fat content. *Meat Sci.* 116:91-101.
- Jeleníková, J., P. Pipek y L. Staruch. 2008. The influence of ante-mortem treatment on relationship between pH and tenderness of beef. *Meat Sci.* 80: 870-874.
- Ji, J.R., K. Takahashi. 2006. Changes in concentration of sarcoplasmic free calcium during port-mortem ageing of meat. *Meat Sci.* 73: 395-403.
- Kandeepan G., A.S.R. Anjaneyulu, N. Kondaiah, S.K. Mendiratta y V. Lakshamanan.2009. Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat. *Meat Sci.* 83: 10-14.
- Karumendu, D. L., R. Van de Ven, M. J. Kerr, M. Lanza y D. L. Hopkins. 2009. Particle size analysis of lamb meat: Effect of homogenization speed, comparison with myofibrillar fragmentation index and its relationship with shear force. *Meat Sci.* 82: 425 - 431.
- Kemp, C. M., P. L. Sensky, R. G. Bardsley, P. J. Buttery y T. Parr. 2010. Tenderness – An enzymatic view. *Meat Sci.* 84: 248 – 256.
- Koohmaraie, M., S. D Shackelford y T. L. Wheeler. 2000. Las bases biológicas de la terneza de la carne. *Meat Animal Research center.* www.produccion-animal.com.ar/.
- Mach, N., A. Bach, A. Velarde y M. Devant. 2008. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.*78: 232-238.
- Marino, R., M. Albenzio, A. della Malva, A. Santillo, P. Loizzo y A. Sevi. 2013. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affectes by breed and aging time. *Meat Sci.* 95: 281-287.
- Mazgebo, G. B., F. J. Monahan, M. McGee, E. G. O’Riordan, I. R. Richardson, N. P. Bruton y A. P. Moloney. 2017. Fatty acid, volatile and sensory characteristics of beef as affected by grass silage or pasture in the bovine diet. *Food Chemistry.* 235: 86-97.

- Miller, B. 1992. Understanding consumers. *Beef Today*. 8:40.
- Morgan, J. B., T. L. Wheeler, M. Koohmaraie, J. W. Savell y J. D. Crouse. 1993. Meat tenderness and the calpain proteolytic system in *longissimus* muscle of young bulls and steers. *J Anim Sci*. 71:1471-1476.
- Ou, B.R., H.H. Meyer y N.E. Forsberg. 1991. Effect of age and castration on activities of calpains and calpastatin in sheep skeletal muscle. *J Anim Sci*. 65(5): 1919-1924.
- Parrish, F.C. 2009. Aging of beef. *Beef USA*.
<http://www.goodcooking.com/steak/aging/aging.htm>
- Peluffo, M. y M. Monteiro. 2002. Terneza: una característica a tener en cuenta. *Inst. Plan Agropecuario*.
- Pringle, T.D., S.E. Williams, B.S. Lamb, D.D. Johnson y R. L. West. 1997. Carcass characteristics, the calpain proteinase system and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred heifers. *J Anim. Sci*. 75:2955-2961.
- Prost E., E. Pelczynska y A.W. Kotula. 1975. Quality characteristics of bovine meat. II. Beef tenderness in relation to individual muscle, age and sex of animals and carcass quality grade. *J Anim. Sci*. 41:541-547.
- Santrich, D. 2006. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- SAS institute Inc. 2016. SAS/STAT 9.2 Users Guide. SAS Institute Inc. Cary, North Caroline
- Scerra, M., F. Foti, C. Cilione, L. Chies, V. Scerra, y P. Caparra. 2014. Influence of stall finishing of Podolian young bulls raised on pasture on fatty acid composition and oxidative status of meat. *Italian J. Anim. Sci*. 13:3432.
- Schönfeldt H.C. y P.E. Strydom. 2011. Effect of age and cut on tenderness of South African beef. *Meat Sci*. 87:206-218.
- Tatum D. 2007. Beef Grading. Department of Animal Science, Colorado State University Ft. Collins, Colorado.
- Uzcátegui, S. y N. Jerez. 2008. Factores que afectan la actividad de las proteasas dependientes del calcio y su relación con el proceso de ablandamiento de la carne. *Asoc. Latinoamericana de Prod. Anim*. 16 (3): 166-174.
- Vaccarezza, L. 2002. La guerra de la carne en los Estados Unidos: carne a pasto vs. carne a grano. www.produccion-animal.com.ar

- Van Elswyk, M. E. y S. H. McNeill. 2014. Impact of grass/forage feeding versus grain finishing on beef nutrients and sensory quality: The U.S. experience. *Meat Sci.* 96: 535-540.
- Velez, D. 2012. Effects of single nucleotide polymorphisms identified at the μ -Calpain and Calpastatin gene locus on tenderness of meat from commercial cattle. Tesis M.S. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.
- Verbeke, W., L. Van Wezemael, M. D. de Barcellos, J. O. Kügler, J. F. Hocquette, Ø. Ueland y K. G. Grunert. 2010. European beef consumers' interest in a beef eating-quality guarantee: Insights from a qualitative study in four EU countries. *Appetite.* 54: 289-296.
- Viljoen, H. F., H. L. Kock y E. C. Webb. 2002. Consumer acceptability of dark, firm and dry (DFD) and normal pH beef steaks. *Meat Sci.* 61: 181–185.
- Webb, E. C. y H.A. O'Neill. 2008. The animal fat paradox and meat quality. *Meat Sci.* 80: 28-36.
- Whippley, G., M. Koohmaraie, M.E. Dikeman, J.D. Crouse, M.C. Hunt y R.M. Klemm. 1990. Evaluation of attributes that affect longissimus muscle tenderness in *Bos taurus* and *Bos indicus* cattle. *J Anim. Sci.* 68:2716-2728.
- Wright, S.A., P. Ramos, D.D. Jhonson, J.M. Scheffler, M.A. Enzo, R.G. Mateescu, A.L. Bass, A.C. Carr y Scheffler. 2018. Brahman genetics influence muscle fiber properties, protein degradation, and tenderness in Angus-Brahman multibreed herd. *Meat Sci.* 135:84-93.
- Wulf, D.M., J. B. Morgan, J. D. Tatum y G. C. Smith. 1996. Effects of animal age, marbling score, calpastatin activity, subprimal cut, calcium injection, and degree of doneness of palatability of steaks from limousine steers. *J Anim. Sci.* 74: 569-576.
- Zhang, Y. Y., L. S. Zan, H. B. Wang, Y. P. Xin, C. M. Adoligbe y J. A. Ujan. 2010. Effect of sex on meat quality characteristics of Qinchuan cattle. *African J. Biotech.* 9 (28): 4504-4509.

Apéndice:

Apéndice 1. Hoja de muestreo



Universidad de Puerto Rico
 Racinto Universitario de Mayagüez
 Colegio de Ciencias Agrícolas
 Departamento de Industria Pecuaria
 Proyecto Z-FIDA 17



Fecha Matanza: _____

Fecha Deshuese: _____

	Macho					Hembra				
	0	2	4	6	8	0	2	4	6	8
Carne										
Leche										

#	# Muestra	ID Matadero	Raza	Sexo	IP	Peso Canal Caliente	Origen	# Tubo Sangre	mL Sangre	Peso Lomillo
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

Peso Total: _____

Precio: _____

Apéndice 2. Interacción entre edad, sexo y tratamiento en los valores promedios de pH en las muestras de carne cruda. P-value=0.0363

Tratamiento (Días)	Edad	Sexo	pH (promedios ± EE)
0	A	Hembra	5.70 ±0.0728 ^{bcd}
0	A	Macho	5.72 ±0.0489 ^{bcd}
0	B	Hembra	5.67 ±0.0538 ^{bcd}
0	B	Macho	5.64 ±0.0566 ^{bcd}
0	C	Hembra	5.67 ±0.0572 ^{bcd}
0	C	Macho	5.64 ±0.0750 ^{bcd}
7	A	Hembra	5.72 ±0.0728 ^{bcd}
7	A	Macho	5.75 ±0.0483 ^{bcd}
7	B	Hembra	5.74 ±0.0532 ^{bcd}
7	B	Macho	5.69 ±0.0567 ^{bcd}
7	C	Hembra	5.75 ±0.0556 ^{bcd}
7	C	Macho	5.61 ±0.0773 ^d
14	A	Hembras	5.70 ±0.0728 ^{bcd}
14	A	Macho	5.76 ±0.0483 ^{bcd}
14	B	Hembra	5.71 ±0.0538 ^{bcd}
14	B	Macho	5.71 ±0.0566 ^{bcd}
14	C	Hembra	5.81 ±0.0556 ^{ab}
14	C	Macho	5.63 ±0.0773 ^{bcd}
21	A	Hembra	5.73 ±0.0737 ^{bcd}
21	A	Macho	5.78 ±0.0483 ^{abc}
21	B	Hembra	5.77 ±0.0538 ^{abcd}
21	B	Macho	5.73 ±0.0566 ^{bcd}
21	C	Hembra	5.92 ±0.0556 ^a
21	C	Macho	5.61 ±0.0773 ^{bc}

Apéndice 3. Interacción entre edad, sexo y tipo de ganado en los valores promedios de por ciento de grasa en las muestras de carne cruda. P-value<0.0001

Edad (Meses)	Sexo	Tipo	por ciento de Grasa (promedios ± EE)
A	Hembra	Carne	2.17 ± 0.1844 ^a
A	Hembra	Leche	0.73 ± 0.1844 ^c
A	Macho	Carne	0.88 ± 0.1150 ^c
A	Macho	Leche	1.40 ± 0.1150 ^{bc}
B	Hembra	Carne	1.28 ± 0.1119 ^{bc}
B	Hembra	Leche	1.71 ± 0.1543 ^{ab}
B	Macho	Carne	0.85 ± 0.1065 ^c
B	Macho	Leche	0.91 ± 0.1725 ^c
C	Hembra	Carne	1.46 ± 0.1543 ^{abc}
C	Hembra	Leche	1.68 ± 0.1260 ^{ab}
C	Macho	Carne	1.44 ± 0.1992 ^{abc}
C	Macho	Leche	1.40 ± 0.1150 ^{bc}

Apéndice 4. Interacción entre edad, sexo y tipo de ganado en los valores promedios de IFM en las muestras de carne cruda. P-value=0.0411

Edad	Sexo	Tipo	IFM (promedios ± EE)
A	Hembra	Carne	61.60 ± 4.4232 ^a
A	Hembra	Leche	41.02 ± 4.5071 ^{ab}
A	Macho	Carne	50.80 ± 2.8718 ^{ab}
A	Macho	Leche	53.55 ± 3.1734 ^{ab}
B	Hembra	Carne	55.71 ± 3.0719 ^{ab}
B	Hembra	Leche	44.45 ± 3.6418 ^{ab}
B	Macho	Carne	56.58 ± 2.6419 ^{ab}
B	Macho	Leche	44.81 ± 4.0789 ^{ab}
C	Hembra	Carne	44.01 ± 3.6746 ^{ab}
C	Hembra	Leche	37.29 ± 3.00 ^b
C	Macho	Carne	56.97 ± 5.19 ^{ab}
C	Macho	Leche	50.44 ± 4.8891 ^{ab}

Apéndice 5. Interacción entre tipo, edad, sexo y añejamiento de ganado en los valores promedios de la concentración de calcio en las muestras de carne crudas. P-value=0.0114

Tratamiento (Días)	IP	Tipo	Sexo	[Calcio] μM (promedios \pm EE)
0	A	Carne	Hembra	35.05 \pm 15.08 ^{cdefghi}
0	A	Carne	Macho	35.39 \pm 9.40 ^{cdefghi}
0	A	Leche	Hembra	24.18 \pm 15.08 ^{cdefghi}
0	A	Leche	Macho	38.23 \pm 11.41 ^{cdefghi}
0	B	Carne	Hembra	47.68 \pm 9.15 ^{bcdefg}
0	B	Carne	Macho	36.58 \pm 8.71 ^{cdefghi}
0	B	Leche	Hembra	18.42 \pm 12.62 ^{efghi}
0	B	Leche	Macho	43.13 \pm 14.11 ^{bcdefgh}
0	C	Carne	Hembra	3.77 \pm 12.62 ⁱ
0	C	Carne	Macho	17.78 \pm 17.53 ^{efghi}
0	C	Leche	Hembra	7.86 \pm 10.30 ^{hi}
0	C	Leche	Macho	44.88 \pm 15.98 ^{bcdefgh}
7	A	Carne	Hembra	42.57 \pm 15.08 ^{bcdefghi}
7	A	Carne	Macho	38.89 \pm 9.41 ^{cdefghi}
7	A	Leche	Hembra	25.89 \pm 15.08 ^{cdefghi}
7	A	Leche	Macho	32.35 \pm 11.02 ^{cdefghi}
7	B	Carne	Hembra	56.91 \pm 9.15 ^{bcd}
7	B	Carne	Macho	30.88 \pm 8.88 ^{cdefghi}
7	B	Leche	Hembra	43.76 \pm 12.62 ^{bcdefgh}
7	B	Leche	Macho	79.82 \pm 14.88 ^{ab}
7	C	Carne	Hembra	4.97 \pm 12.62 ^{hi}
7	C	Carne	Macho	25.26 \pm 16.29 ^{cdefghi}
7	C	Leche	Hembra	14.63 \pm 10.30 ^{fghi}
7	C	Leche	Macho	49.45 \pm 17.64 ^{bcdefg}
14	A	Carne	Hembra	98.70 \pm 15.08 ^a
14	A	Carne	Macho	45.20 \pm 9.40 ^{bcdefg}
14	A	Leche	Hembra	13.89 \pm 15.08 ^{fghi}
14	A	Leche	Macho	27.69 \pm 11.02 ^{cdefghi}
14	B	Carne	Hembra	60.84 \pm 9.15 ^{bc}
14	B	Carne	Macho	56.86 \pm 8.71 ^{bcd}
14	B	Leche	Hembra	53.52 \pm 12.62 ^{bcde}
14	B	Leche	Macho	24.54 \pm 14.11 ^{cdefghi}
14	C	Carne	Hembra	8.43 \pm 12.62 ^{ghi}
14	C	Carne	Macho	33.05 \pm 16.29 ^{cdefghi}
14	C	Leche	Hembra	23.19 \pm 10.30 ^{defghi}
14	C	Leche	Macho	23.34 \pm 17.64 ^{cdefghi}

21	A	Carne	Hembra	51.86 ± 16.05 ^{bcdef}
21	A	Carne	Macho	36.51 ± 9.86 ^{cdefghi}
21	A	Leche	Hembra	19.87 ± 15.08 ^{efghi}
21	A	Leche	Macho	19.89 ± 11.02 ^{efghi}
21	B	Carne	Hembra	61.64 ± 10.37 ^{bc}
21	B	Carne	Macho	28.75 ± 9.06 ^{cdefghi}
21	B	Leche	Hembra	15.19 ± 12.62 ^{fghi}
21	B	Leche	Macho	26.59 ± 17.53 ^{cdefghi}
21	C	Carne	Hembra	10.05 ± 12.62 ^{ghi}
21	C	Carne	Macho	20.50 ± 17.53 ^{cdefghi}
21	C	Leche	Hembra	18.56 ± 10.30 ^{efghi}
21	C	Leche	Macho	42.68 ± 17.64 ^{bcdefghi}

Apéndice 6. Tabla de correlaciones Pearson entre las variables de terneza con por ciento de grasa intramuscular de las muestras control (0 días de añejamiento). El numero de arriba es el coeficiente de correlación y el de abajo el P-value.

	IFM	WBSF crudo	WBSF cocido
por ciento Grasa intramuscular	-0.13253	-0.12631	0.03432
	0.1490	0.1399	0.6894

Apéndice 7. Tabla de correlaciones Pearson entre las variables de terneza. El numero de arriba es el coeficiente de correlación y el de abajo el P-value.

	IFM	WBSF crudo	WBSF cocido
WBSF cocido	0.00454	0.09453	
	0.9233	0.0335	
[Calcio]	0.20913	0.03213	-0.05673
	<0.0001	0.4734	0.2095