# EFECTO DEL TIEMPO DE MADURACIÓN Y EDAD CRONOLÓGICA SOBRE CARACTERÍSTICAS ORGANOLEPTICAS DE CARNE DE RES DE PUERTO RICO

**Por**

**Ingrid M. López- Maldonado**

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

**MAESTRO EN CIENCIAS**
en

**CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS**

**UNIVERSIDAD DE PUERTO RICO**
**RECINTO UNIVERSITARIO DE MAYAGÜEZ**
**2009**

Aprobado por :

| | |
|---|---|
| _____ | _____ |
| Américo Casas, MS<br>Miembro, Comité Graduado | Fecha |
| _____ | _____ |
| Edna Negrón, PhD<br>Miembro, Comité Graduado | Fecha |
| _____ | _____ |
| Raúl Macchiavelli, PhD<br>Miembro, Comité Graduado | Fecha |
| _____ | _____ |
| Aixa Rivera, MS<br>Presidente Comité | Fecha |
| _____ | _____ |
| Edna Negrón, PhD<br>Coordinadora Programa CITA | Fecha |
| _____ | _____ |
| David Sotomayor, PhD<br>Representante de Estudios Graduados | Fecha |

## ABSTRACT

The effects of wet aging on the organoleptic and chemical characteristics of *Semitendinosus* and *Longissimus dorsi* muscles of four age groups of bovines was evaluated . Muscle samples were collected from the left hindquarter of twenty four young bulls divided in four chronological age groups (2, 4, 6, and 8 permanent incisor) that were processed at Mayaguez Slaughter House in Mayaguez, Puerto Rico. Chronological age was determined by the number of permanent incisor teeth. Response variables measured were tenderness, evaluated by mechanical WBS, sensory panel and color and pH were estimated.

The results showed there were differences ($P<0.05$) in the treatments and the interactions muscle*treatment. Which indicates that the measures varies with the muscle evaluated and the treatment (days) which were used. Differences ($P<0.05$) were found in the WBS evaluations in raw and cooked samples in both muscles (ST and LD). The LD muscle showed lower values in WBS in raw and cooked samples. The sensory panel results indicates the consumers found differences ($p<0.05$) in both muscle for the tenderness, juiciness and general acceptance. The ST show higher values ($P<0.05$) for the tenderness, juiciness and general acceptance than LD as perceived by the sensory panel. The ST muscles were more alkaline and lightness ($P<0.05$) than LD. All the parameters evaluated demonstrated significant values ($P<0.05$) at 7 days of treatment.

## RESUMEN

Se evaluaron los efectos del añejar en húmedo sobre las características organolépticas y químicas de los músculos: *Semitendinosus* (lechón de mechar) y *Longisimus dorsi* (lomillo) para animales de cuatro grupos de edad. Para ello se utilizaron 24 toretes (machos enteros), que se dividieron en 4 categorías de edades (2, 4, 6 y 8 dientes). Se sacrificaron y del cuarto trasero izquierdo se compraron los músculos a evaluarse. La terneza fue estimada por medios mecánicos (WBS) y por panel sensorial. Además se estimó el color y la acidez (pH).

Los resultados muestran que se encontraron diferencias ($P<0.05$) en los tratamientos y en las interacciones músculo por tratamiento. Lo que indica que las medidas varían según el músculo estudiado y el tratamiento (días) al cual se sometan. Se encontraron diferencias ($P< 0.05$) en las pruebas de WBS para muestras crudas entre ambos músculos S*emitendinosus* (ST) y el *Longissimus dorsi* (LD). El LD mostró valores menores ($P<0.05$) en resistencia al corte (WBS), medida tanto en muestras crudas como cocidas. En los resultados del Panel Sensorial los consumidores encontraron diferencias ($P< 0.05$) en ambos músculos tanto para terneza, jugosidad y aceptación general. El músculo ST obtuvo valores mayores ($P< 0.05$) *de* terneza, jugosidad y aceptación general que el LD según la evaluación del panel sensorial. El músculo ST resultó ser más alcalino y claro en color ($P<0.05$) que el LD. Se encontró que todos los parámetros evaluados obtuvieron valores de significancia ($P<0.05$) al día 7 de tratamiento.

Derechos de autor Reservados©
Ingrid López y Aixa Rivera
2009

## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis primero que nada a mi Dios todo poderoso que me dio salud y tiempo para llevarla a cabo. Que pese a los obstáculos, supo ponerme metas y me llevó a terminarla. Segundo, y no menos importante a mis padres, Rubén López-Sullivan y Ruth I. Maldonado Medina, que me apoyaron en todo momento. Que me prestaron su ayuda incondicional para todo. Gracias a ellos estoy aquí y ahora. Papi y Mami gracias.

## AGRADECIMIENTO

Primero que nada le quiero dar Gracias a mi Creador, porque sin E l no estaría aquí. A la Dra. Edna Negrón por haberme aceptado y abrirme las puertas en su programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos y tratarme como una hija. A todos y cada uno de los miembros de mi comité; al profesor Américo Casas, al Dr. Raúl Macchiavelli por su ayuda en el diseño experimental en la propuesta. A la profesora Aixa Rivera por haberme aceptado como su estudiante graduada y por su incondicional apoyo en la elaboración de mi experimento, moviendo cielo y tierra para conseguir los recursos necesarios. Al Dr. José R. Latorre por su orientación y apoyo al entrar como estudiante de CITA y por sus consejos y regaños, que me ayudaron mucho con su famosa frase: "Portate bien".

A la Dra. Edna Negrón y Dra. Lynette Orellana por ofrecerme la oportunidad de trabajar como estudiante a jornal, confiando en mi manos las elaboraciones de investigaciones para las industrias privadas, las cuales me sirvieron como instrumento de aprendizaje y experiencia a nivel profesional. Al Sr. Miguel Ruperto en la calibración y arreglo de los equipos y que siempre estaba allí para cualquier cosa que necesitaba. A la Sra. Ivette Vissepó, mejor conocida como Bessie, que me estuvo al tanto de todo y me prestó toda su ayuda y colaboración, con mucha amabilidad y la delicadeza que siempre la distingue y por preocuparse por mí dándome consejos.

Al personal del Departamento de Industria Pecuaria. Al Sr. Hiram Vélez, que con mucho esfuerzo se preocupaba que tuviera todos los materiales y poniendo las carnes a tiempo para mis paneles sensoriales. Al Sr. Miguel Rivera que hacia hasta lo

imposible, buscando hasta debajo de la tierra para que tuviera todos mis materiales y ayudando a cargar los equipos de arriba para abajo: “Son 20 pesos, me los debes”. A la secretaria Jacqueline Rivera, que me prestó toda su ayuda y recursos disponibles. A la Sra. Carmen Withers, que todas las mañanas que me veía y me decía: “Nena que grandes estas”, y su cantadito característico, levantándome el ánimo y haciéndome reír. Al Agro. Lillian Cantisani que se sacrificó y estuvo mano a mano conmigo, todos los días de recolección de muestras, yendo todos los días al matadero y ayudando a buscar las muestras en los diferentes supermercados, Lillian gracias por tus consejos. Al Agro. Héctor Sánchez, por la ayuda que me brindó en el arreglo y análisis de los datos crudos e interpretaciones de los datos. Al Sr. Napo Vélez por brindarme y abrirme las puertas de sus facilidades en la recolección de las muestras.

Al departamento de Química del Recinto Universitario de Mayagüez por haberme dado la oportunidad de fungir como ayudante de cátedra, dictando los laboratorios de química general. A la profesora Ivelisse Padilla por ayudarme y brindarme la ayuda en forma de jornal.

Al Sr. Juan Carlos Vélez, el cual me brindó su ayuda y apoyo durante este último año de mi maestría. Y por último y no menos importante al Sr. Carlos Bonet que estuvo conmigo dándome la mano en la limpieza de los equipos en las madrugadas de laboratorio

Y cada uno y una de estas personas que con su ayuda aportaron un granito de arena para que todo esto fuera un éxito y lograra mis metas. A todos, **MUCHAS GRACIAS**, los llevaré en mi corazón por siempre y con mucho placer.

## TABLA DE CONTENIDO


| | |
|---|---|
| Abstracto | ii |
| Resumen | iii |
| Agradecimientos | vi |
| Lista de cuadros | ix |
| Lista de figuras | x |
| Lista de apéndices | xi |
| Introducción | 1 |
| Objetivos | 5 |
| Revisión de literatura | 6 |
| Terneza | 6 |
| Maduración o añejamiento | 10 |
| Acidez (pH) | 14 |
| Color | 16 |
| Materiales y métodos | 18 |
| Resultados y discusión | 31 |
| Conclusiones | 48 |
| Recomendaciones | 50 |
| Bibliografía | 52 |
| Apéndices | 58 |

## LISTA DE CUADROS


| | | |
|---|---|---|
| Cuadro 1. | Distribución de muestras por grupo. | 20 |
| Cuadro 2. | Distribución de muestras por tratamiento. | 23 |
| Cuadro 3. | Escala hedónica. | 29 |
| Cuadro 4. | Medias de WBS en carne cruda según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 32 |
| Cuadro 5. | Medias de WBS en carne cocida según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 35 |
| Cuadro 6. | Medias de Terneza en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 36 |
| Cuadro 7. | Medias de Jugosidad en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 38 |
| Cuadro 8. | Medias de Aceptación General en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 39 |
| Cuadro 9. | Correlaciones entre terneza medida por medio mecánico (WBS Cocida) y por Panel Sensorial según la edad del animal y el periodo de maduración. | 40 |
| Cuadro 10. | Medias de Acidez (pH) según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 42 |
| Cuadro 11. | Medias del Parámetro L* según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 44 |
| Cuadro 12. | Medias del Parámetro a* según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 45 |
| Cuadro 13. | Medias del Parámetro b* según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones. | 47 |

## LISTA DE FIGURAS


| | | |
|---|---|---|
| Figura 1. | Selección de animales por edad cronológica | 19 |
| Figura 2. | Selección de animales por edad cronológica | 19 |
| Figura 3. | Selección de animales por edad cronológica | 19 |
| Figura 4 | Musculo Semitendinisus (ST) | 20 |
| Figura 5. | Musculo Longissimus dorsi (LD) | 20 |
| Figura 6. | Cortes del musculo | 22 |
| Figura 7. | Empaque al vacio | 22 |
| Figura 8. | Muestras empacadas al vacio | 22 |
| Figura 9. | Muestra empacadas e identificadas | 22 |
| Figura 10. | Potenciómetro pH Meter AB15 Accumen Basic | 24 |
| Figura 11. | Colormeter Hunter Lab, Mini-Scan XE | 25 |
| Figura 12. | Instrumento Warner Bratzler Shear | 26 |
| Figura 13. | Unidades de medidas - WBS | 26 |
| Figura 14. | Toma de muestra para medida mecánica de terneza | 27 |
| Figura 15. | Muestra colocada en cuchillas triangular | 27 |
| Figura 16. | Toma de medidas con el WBS | 27 |
| Figura 17. | Panel Sensorial | 29 |

## LISTA DE APENDICES


| | | |
|---|---|---|
| Apéndice 1. | Hoja panel sensorial – Escala hedónica | 58 |
| Apéndice 2. | Destino y tipo de animal | 59 |
| Apéndice 3. | Modelo Estadístico Parcelas Divididas | 60 |

# INTRODUCCION

La carne se define como todo tejido animal apto para el consumo humano (Hui *et al.,* 2006; Aberle *et al.,* 2001). El mayor componente de esta es la masa muscular, pero contiene además tejido conectivo, graso y óseo (Hui *et al.,* 2006; Aberle *et al.,* 2001). La mayoría de los animales para consumo proviene de fincas o granjas que llevan a cabo las prácticas de manejo necesarias para obtener un producto final de manera costo efectivo pero también de alta calidad. Estas prácticas, en conjunto con las características genéticas – endógenas del animal son las que determinan la calidad del producto.

En la calidad de la carne influyen varios factores que permiten que ésta sea aceptada por el consumidor. Algunas características van desde la higiene e inocuidad del producto, su contenido nutricional, y las características organolépticas como aroma, sabor, color, jugosidad y terneza. Esta probado que la terneza es el atributo o característica sensorial de calidad más importante que determina la aceptación por parte del consumidor (Kannan *et al.,* 2002; Hui *et al.,* 2006; Aberle *et al.,* 2001).

Junto a la la calidad de la carne, la calidad o valor nutricional de la carne de res son los dos factores que más influencia ejercen sobre las decisiones de compra que toma el consumidor. La carne es una de las mejores y principales fuentes de proteína y su costo es alto comparado a otras fuentes de este mismo nutriente. (Wulf *et al.,* 1997). Según la competencia entre las diferentes fuentes de proteína animal aumenta, la calidad de la carne se ha convertido en el criterio más importante para la comercialización de los cortes de carnes (Cannon *et al.,* 1996). Sin embargo, por

décadas estos aspectos no han sido atendidos por la industria de carne de res en la Isla. Ante las tendencias actuales cada vez más generalizadas hacia una apertura y globalización del intercambio comercial es necesario establecer estrategias de producción que permitan diferenciar el producto local del importado, acentuando aquellas características que le dan valor y los diferencian de sus competidores (Casas *et al.,* 2005). Debido al alto costo de la carne, es que es de suma importancia que se tenga una buena experiencia en el momento de consumirla, de manera tal, que se pueda mantener sus niveles de consumo y así mejorar el precio de venta de ésta (Brooks *et al.,* 2000).

Según determinado en varios trabajos de investigación, la carne de res de Puerto Rico es un producto bajo en grasa en relación a la que proviene de EEUU (Santrich, 2006). Esta diferencia se debe principalmente a las prácticas de manejo nutricional tradicional, generalmente a pastoreo, y el hecho de que no se lleva a cabo el castrado. Sin embargo, estas prácticas pecuarias contribuyen a su vez a que la carne local sea menos tierna que el promedio de las importadas (Casas *et al.,* 2005).

La industria de carne bovina en Puerto Rico, ocupa una posición importante dentro de la producción agropecuaria de la Isla. Su aportación al ingreso bruto agrícola, a pesar de que en los últimos años ha ido mermando en la producción, fue de 22 millones/ libras en el año 2007/08 (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2007/08). Al igual que otros sectores empresariales del país, esta industria se ha visto afectada por las importaciones, los altos costos de producción y la falta de una estructura de mercadeo adecuada. Para el 2005/06, se consumía 39.6 libras de carne per/cápita del cual solo el 13.7% fue producida localmente, y para el 2006/07 hubo un leve aumento a

15.8% (Departamento de Agricultura de Puerto Rico, 2006/07). Al comparar estas estadísticas con las del consumo per cápita de carne total (importada mas la producida local), 39.6 y 37.3 respectivamente para los años 2005/06 y 2006/07 respectivamente, vemos que más del 85% de la carne consumida en Puerto Rico es de origen extranjero. Estos datos nos indican que el consumo de carne de res se mantiene, evidenciando así que existe un mercado para la carne producida localmente. Pero debemos evaluar y adoptar aquellas técnicas de manejo tanto en la producción animal como para la carne producida que mejore la consistencia en las características organolépticas del producto final. Una de las tecnologías utilizadas en otros mercados mundiales para disminuir la variabilidad en cuanto a la terneza y añadirle valor a la carne es el proceso de maduración o añejar (Huertas *et al.,* 2004).

El añejar postmortem es el método más popular para aumentar y optimizar la terneza (George-Evins *et al.,* 2004). El proceso que consiste en mantener la carne fresca a una temperatura superior al punto de congelación se denomina maduración y durante ésta la carne mejora su blandura y aroma. Es una técnica relativamente sencilla, que no requiere mano de obra intensiva, poco costo en materiales y equipo y de la cual se obtienen excelentes resultados en el aumento de la terneza. Al utilizar esta técnica podemos evaluar el efecto de la maduración de la carne sobre las características organolépticas y fisicoquímicas de la carne de res producida en Puerto Rico. La carne fresca del país toma, en promedio, 72 hrs en llegar al mercado, permitiendo suficiente tiempo para que ocurra el proceso normal de rigor mortis, y que comienza la degradación enzimática. Las condiciones de manejo (temperatura, empaque al vacio, limpieza e higiene, entre otras) evita o así lo intenta no permitir el crecimiento de

microorganismos que deterioran la calidad fresca con la importada de países tan lejos como Australia, que toman días o semanas para llegar a nuestros mercados, bajo las mismas condiciones de empaque al vacio y control de temperatura vemos que 72 hrs no es tiempo suficiente para que ocurra las mejoras en terneza que podrían afectar positivamente a la carne producida en Puerto Rico.

Por ende, mediante esta investigación, se pretende evaluar los efectos de tres tratamientos de maduración o añejar o sobre la terneza y otras características organolépticas de importancia económica de la carne de res producida en Puerto Rico. De manera que, proveerle al procesador de carne de res, producida en Puerto Rico, una alternativa de manejo de ésta que mejore la terneza. Y por último, brindarle al consumidor una carne de res producida en Puerto Rico, que su característica organoléptica más importante - la terneza, sea consistente y de gran aceptación.

## OBJETIVOS

1. Evaluar los efectos de los tratamientos de maduración o añejar y edad cronológica del animal sobre la terneza y otras características organolépticas de importancia económica de la carne de res producida en Puerto Rico.
2. Proveerle al procesador de carne de res producida en Puerto Rico, la información necesaria para considerar una alternativa de manejo de ésta de manera que mejore la terneza
3. Contribuir al banco de datos de valor nutricional de la carne de res producida en Puerto Rico.

# REVISION DE LITERATURA

La carne es el alimento estructuralmente más complejo de todos y sus componentes estructurales influyen significativamente sobre su calidad. (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006). Muchas de las características de calidad de la carne, como la textura o tono, terneza, jugosidad, así como su comportamiento ante los diversos sistemas de cocción o conservación, están ligadas a la estructura del sistema proteico muscular, así como a las reacciones químicas que en él se llevan a cabo. El tejido músculo esqueletal representa alrededor del 35-65% del peso de la canal, y el restante por ciento corresponde a cantidades variables de otros tipos de tejidos (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

La terneza, junto con el sabor y la jugosidad, son los componentes más importante de la **calidad sensorial** de de la carne y determinan las variaciones en la palatabilidad de esta en el momento de la degustación por parte del consumidor afectando así su aceptación (Kannan *et al.,* 2002).

## Terneza

La **terneza** de la carne se define como la dificultad o la facilidad con la que una carne se puede cortar o masticar (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006; Belk *et al.,* 2001; Kannan *et al.,* 2002). Es la resistencia resultante de dos fuerzas: la relacionada con el tejido conectivo y la relacionada con el tejido miofibrilar (Hui *et al.,* 2006).

De todas las características sensoriales que contribuyen a la calidad de la carne, la terneza es probablemente la más importante a la hora de su consumo, ya que ésta determina en gran medida su aceptación o rechazo por parte del consumidor (Belk *et al.,* 2001; Kannan *et al.,* 2002). Por ende, la satisfacción en la percepción de este atributo, incluyendo el sabor y aceptación general, por parte de los consumidores indica que éstos podrían comprar el producto a pesar de su valor económico si se les garantiza un producto tierno (Morgan *et al.,* 1993; Brooks *et al.,* 2000; Foote *et al.,* 2004; George-Evins *et al.,* 2004; Kuber *et al.,* 2004).

En el "National Beef Quality Audit" de 1991, mas de 100 líderes de la industria fueron entrevistados para identificar los defectos primarios de la carne producida de novillas y novillos (toretes castrados). Cuando se entrevistaron a minoristas, proveedores y dueños de restaurantes todos mencionaron una terneza inadecuada como uno de los diez criterios más serios relacionados con la calidad de la carne. El "National Beef Tenderness Survey" ha documentado la necesidad de aumentar la terneza de las fuentes de carnes domesticas. Resultados de estos estudios han demostrado que el 17.5% de las costillas y lomos, 40.8% de los "chucks cuts" y el 35.8% de los "round cuts" tienen valores de "shear forcé" que son indicativos de niveles inaceptables de terneza (Eilers *et al.,* 1996).

La terneza depende de un gran número de factores biológicos intrínsecos, tales como genética del animal, raza, edad, sexo, régimen de alimentación y tipo de músculo, así como la madurez fisiológica del animal al momento de la matanza, los factores de manejo de los animales antes de su sacrificio y de las condiciones *postmortem* de la

canal y de la carne (*Hui et al.,* 2006; Kannan *et al.,* 2002; Kuber *et al.,* 2004; Belk *et al.,* 2001).

Boleman y colaboradores (1996) sugieren que una alimentación intensiva antes de la matanza tiene efectos beneficiosos en las propiedades sensoriales de la carne, proveyendo un abasto de glicógeno para la producción de energía necesaria en las reacciones postmortem en la carne. También sugieren que la carne proveniente de animales maduros o mayores, los cuales han sido alimentados con dietas altas en energía, pueden producir carne con propiedades mejor asociadas con los productos cárnicos palatales.

Según King y colaboradores (2003), las diferencias en terneza se deben principalmente a la localización y función del musculo en la vida del animal. Estas diferencias generalmente son atribuidas a las diferencias en el contenido del colágeno existentes entre músculos y/o a diferencias en la contracción y estiramiento durante el rigor mortis. A demás, estos entienden que el largo del sarcomero de la fibra muscular y la proteólisis endógena son factores determinantes en la terneza de la carne.

Varios estudios coinciden en que la madurez fisiológica del animal y la terneza están inversamente relacionadas (Boleman *et al.,* 1996; Lawrence *et al.,* 2001). El consumidor prefiere la carne que proviene de animales jóvenes por ser esta de mayor terneza. (Morgan *et al.,* 1993). La carne proveniente de vacas de descarte, las cuales son una parte importante de la carne disponible, tiende a ser de inferior palatabilidad en comparación a las otras opciones existentes en el mercado (Boleman et. al 1996). Los animales más viejos tienen la carne menos tierna, pero se puede aumentar o mejorar la

aceptabilidad de los cortes del lomo y costillar si se aumenta la terneza significativamente, aumentando así la cantidad de cortes más tiernos a la industria de comida, en especial la institucional (Diles *et al.,* 1994).

Por otro lado, Belk y colaboradores (2001) notaron que la cantidad de colágeno en los músculos no aumenta con la edad del animal, pero si el numero de enlaces o entrecruzamientos de las moléculas de colágeno. En estudios realizados en el 1964 (Belk *et al.,* 2001) concluyeron que el colágeno no contribuye en la terneza de los filetes cuando estos son cocidos a una temperatura de $80^0$C o más, ya que se gelatiniza el colágeno siendo así menor la influencia del tejido conectivo.

La industria de la carne está sufriendo de la inconsistencia en la palatabilidad debido a la gran cantidad de variación inaceptable en la terneza (Miller *et al.,* 1997; Kuber *et al.,* 2004). Por lo que varios estudios están dirigidos a mejorar la terneza en la carne, ya que es un aspecto importante y variable en la palatabilidad de esta (Foote *et al.,* 2004; Diles *et al.,* 1994; Kerth *et al.,* 2002; Kannan *et al.,* 2002; George-Evins *et al.,* 2004).

Una manera para mejorar la terneza en la carne es a través de métodos de manipulación o técnicas de enternecimiento. Debido a la importancia que tiene esta característica o atributo muchas de estas metodologías han sido evaluadas para producir carne tierna. Algunas son la estimulación eléctrica de las canales, las altas presiones hidrostáticas, el ultrasonido y la maduración o añejamiento (Hui *et al.,* 2006). Foote y colaboradores (2004) afirman que el aumentar la terneza de la carne por medio del manejo puede ayudar grandemente a los productores a suplir carne que satisfaga y cumpla con las demandas del consumidor.

**Maduración o añejamiento**

La maduración o el añejar la carne, se refiere a los procesos físicos y químicos que ocurren al almacenar ésta a temperatura de refrigeración (2 - 5°C) por un período de tiempo, generalmente de 7 a 21 días. Esta establecido que el añejar aumenta la terneza de la carne durante el almacenamiento *postmortem* de las canales bajo condiciones de refrigeración, este aumento en terneza es debido a la pérdida de la integridad de las miofibrillas *postmortem* (Huff-Lonergan *et al.,* 1995; Jeremiah *et al.,* 2003; Hui et al., 2006).

La maduración de la carne es un proceso muy variable dependiendo de factores biológicos (edad, sexo y tipo de musculo) y condiciones de procesado. Es un hecho demostrado que las proteasas del músculo son fundamentales en el desarrollo de la terneza y la calidad de la carne durante la maduración (Hui *et al.,* 2006). El músculo contiene diversos tipos de proteasas en cantidades muy pequeñas, sus propiedades fisicoquímicas y catalíticas en una especie dada, pueden variar con la edad, dieta, ejercicio y temperatura del hábitat entre otros. El manejo del animal y del músculo *postmortem* pueden tener un efecto profundo en la actividad de las enzimas endógenas que actúan para producir el ablandamiento *postmortem* (Hui *et al.,* 2006; Diles *et al.,* 1994).

Se han identificado dos sistemas proteolíticos endógenos de la carne que son las calpaínas y las captesinas, estos pueden actuar en forma aislada, o bien, ambos pueden ejercer una acción cooperativa sobre el tejido muscular. Esta aceptado que estos sistemas son los mismos en todos los músculos independientemente de la

especie animal, ya que no existen diferencias cualitativas entre estas (Kuber *et al.,* 2004; Hui *et al.,* 2006; Diles *et al.,* 1994). Dos de los componentes estructurales de las miofibrillas se ha demostrado que cambian durante el añejar *postmortem:* la titina y la nebulina (Huff-Lonergan *et al.,* 1995).

Existen dos tipos de calpaínas: calpaína I o calpaína μ y calpaíina II o calpaína m, que requieren una concentración de 50 a 70 mili mol y 5 mol de calcio, respectivamente, para su máxima activación. La concentración de calcio en el músculo es inferior a la requerida para reactivar a las calpainas, por lo que tal vez existían eventos fisiológicos que las activan para que desempeñen su función. Las calpaínas están localizadas en el citosol, un 66% de ellas se encuentran en el disco Z, un 20% en la banda I y un 14% en la banda A. La calpaína I es más activa a pH de 7.0 a 8.0, por lo que tiene poca actividad a pH de 5.5 a 5.8, pero a este pH se observa una eficiencia de un 30% suficiente para remover los discos Z. Sin embargo, hay una disminución en su actividad con el incremento en la fuerza iónica (Hui et al., 2006). La calpaína II o calpaína m va disminuyendo gradualmente su actividad hasta casi cesar a las 72 horas *postmortem*; sin embargo, la autólisis puede ser detectada a partir de las primeras tres horas. La activación de la calpaína II ocurre antes de que los niveles de pH estén en 6.1 – 6.2 (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

Se ha demostrado que una elevación de la concentración del calcio en el músculo *postmortem* produce una aceleramiento de la proteólisis produciendo los mismos valores de terneza a las 24 horas, que los obtenidos a los 7 o 14 días de maduración en canales no tratadas (Geesink *et al.,* 2000). Solo el sistema proteolítico calpaína tiene todas las características necesarias para inducir los cambios *postmortem* que

resultan en el ablandamiento de la carne (Geesink *et al.,* 2000; Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

En diversos tejidos existen organelos denominados lisosomas que contienen enzimas con gran actividad proteolítica; entre ellos se encuentran las captesinas, reconocidas por su participación en el ablandamiento *postmortem*. Las lisosomas tienen membranas lipoproteínicas intactas a los niveles de pH *in vivo* pero que se rompen al descender el *postmortem*, o cuando el tejido sufre una lesión grave, liberando las enzimas proteolíticas. Las captesinas lisosomales tienen un efecto conjunto con las calpaínas del músculo durante el proceso de acondicionamiento, pero se ha sugerido que las captesinas son más importantes que las calpaínas en el rompimiento de la miofibrilla después del *rigor mortis* (Hui *et al.,* 2006).

Básicamente existen dos formas fundamentales para añejar carne de res: añejar en seco “dry aging” y mojado “*wet aging*”. El añejar en mojado envuelve el empaque al vacío de la carne en bolsas impermeables a la humedad y almacenadas bajo refrigeración ($5^{o}$C) por un periodo de tiempo definido. El añejar en seco tradicional expone la carne, con una gruesa capa de grasa subcutánea, sin empacar directamente a condiciones de refrigeración ($5^{o}$C) con control estricto de temperatura, humedad relativa y movimiento de aire (Lundesjo et al., 2006)

El añejar *postmortem* se debe realizar a temperaturas específicas y controladas, porque temperaturas elevadas en la canal durante este periodo, aumentarán la velocidad de añejar disminuyendo la terneza. La combinación de pH bajos y temperatura alta promueve una liberación temprana de calcio del retículo

sarcoplásmico (Whipple *et al.,* 1990; Geesink *et al.,* 2000; Lundesjo *et al.,* 2006). Hay que tener en cuenta que al momento de cocción resulta en una baja en terneza y sabores secundarios como “panty”, “fishy” y “grassy”. (Hilton *et al.,* 1998). Del mismo modo, si el pH al final del r*igor mortis* es uno más alto de lo normal, el almacenaje de glucógeno es más bajo de lo normal y la producción de ácido láctico luego de la matanza será menor, trayendo como consecuencia el síndrome de Dark Firm Dry. (Wulf *et al.,* 2002).

Las enzimas proteolíticas poseen una especificidad extrema; pueden catalizar reacciones a bajas temperaturas y dentro del rango de pH de 2 a 9 e hidrolizan enlaces amídicos de sustitución (Hui *et al.,* 2006; Huff-Lonergan *et al.,* 1995). Muchos estudios han evaluado los cambios que ocurren en el músculo durante el almacenaje *postmortem* y la relación existente en la terneza de la carne. Un aumento en la temperatura de la canal temprano en el período de *post-mortem* aumenta la velocidad del proceso de añejar y ocurre un aumento en la terneza de la canal (Whipple et al., 1990; Jeremiah et al., 2003; Lundesjo *et al.,* 2006).

Olson y Parrish (1977) encontraron que músculos menos tiernos presentan menor degradación miofibrilar durante el almacenamiento *postmortem*. El primero y más notable cambio que ocurre en las proteínas miofibrilares durante el almacenamiento *postmortem* es el rompimiento de los discos o línea Z. Algunos estudios muestran que estas enzimas en forma individual contribuyen al rompimiento de las miofibrillas y de las estructuras del tejido conectivo (Hui *et al.,* 2006; Huff-Lonergan *et al.,* 1995).

Wheeler y colaboradores (1999) encontraron que músculos con tiempo de añejar de 10 días obtuvieron un WBS menor y una mayor degradación de troponina T y desmina que los músculos de 1 día de añejados. Wheeler y Koohmaraie (1994) reportaron que un aumento en el tiempo de añejar o de maduración de 24 horas a 14 días mejora significativamente la terneza de la carne. Huff-Lonergan y colaboradores (1995) establecen que este aumento se debe a la pérdida de integridad de las miofibrillas y de otros elementos citoesqueletales de la célula muscular. Dos de estos componentes estructurales de las miofibrillas, que se han comprobado que cambian durante el añejar *postmortem,* incluyen las proteínas titina y nebulina (Hui *et al.,* 2006; Huff-Lonergan *et al.,* 1995).

La temperatura del músculo postmortem es un factor muy importante en el desarrollo de la terneza de la carne durante el añejar. El añejar del músculo a temperaturas altas tiene el efecto más dramático en las características de las proteínas y aumenta el grado de fragmentación del WBS y la refección del color si se compara con los llevados a temperaturas bajas. Las temperaturas altas de añejar también pueden ocasionar acortamiento por calor lo cual puede afectar la terneza adversamente debido al acortamiento del sarcomero y la baja solubilidad de las proteínas (Bruce *et al.,* 1990).

**Acidez (pH)**

El pH del tejido muscular desciende durante las primeras horas posteriores al sacrificio debido al desarrollo de la glucólisis anaeróbica hasta el establecimiento del *rigor mortis*. Factores como el manejo *antemortem* y el método de sacrificio pueden alterar el pH normal de la carne y llevar a la formación de carne pálida, suave y exudativa (PSE) o carne oscura, firme y seca (DFD) (Hui *et al.,* 2006).

La disminución del pH en el músculo es debido a la acumulación de ácido láctico. Una disminución normal de pH en músculos empieza gradualmente de 7.4 que tiene un músculo vivo a 5.6 – 5.7 en 6 a 8 horas y 5.3 – 5.7en 24 horas *postmortem* (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006). La acumulación de acido láctico en el músculo temprano en el proceso *postmortem* puede afectar adversamente la calidad de la carne. Desarrollo de un pH en el músculo, antes de que el calor producido por el metabolismo del cuerpo se disipe mediante el enfriamiento de la canal, causa la desnaturalización de las proteínas del músculo (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

Muchos de los cambios en la calidad de la carne y el desempeño del producto son el resultado de las alteraciones en el pH de los tejidos. Una combinación de temperaturas altas y pH bajos postmortem, está asociada con aumentos en terneza (Aberle *et al.,* 2001). La temperatura juega un papel sumamente importante en la desnaturalización. La desnaturalización de las proteínas causa una pérdida de la solubilidad de las proteínas, pérdida de la capacidad de unión entre proteína y agua y una pérdida en la intensidad de la pigmentación del músculo. Los músculos que tienen un rápido descenso en el pH o que el proceso se extienda en tiempo causan un músculo pálido y con poca retención de agua. Por otro lado, aquellos músculos que mantienen un pH alto tienden a ser más oscuros en color y secos porque las proteínas se mantienen fuertemente unidas a las moléculas de agua (Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

A demás, la temperatura alta en el músculo postmortem acelera la velocidad de disminución del pH presuntamente debido a que tales condiciones de temperatura fisiológica permiten que la actividad enzimática continúe. Las condiciones de pH bajo y aumento en la temperatura temprano en el periodo luego del desangrado están

asociadas con un aumento en los valores de WBS y en los valores del índice de fragmentación. La glucólisis acelerada que es promovida debido a las temperaturas altas, también puede deberse a la disminución de pH llevando a la dependencia de calcio para la actividad de la proteasa, disminuyendo sustancialmente la contribución de esta proteasa al aumento progresivo en la terneza. Una temperatura moderada en una etapa temprana postmortem puede producir una baja en el pH, la cual puede prevenir una contracción por calor. También la baja en el pH puede permitir un aumento en la dependencia de calcio en la actividad de la proteasa, actividad que es de suma importancia en la solubilidad de las proteínas (Bruce *et al.,* 1990; Aberle *et al.,* 2001; Hui *et al.,* 2006).

**Color**

La primera impresión que el consumidor recibe de un alimento se establece mediante el sentido de la vista y entre las propiedades que observa destacan el color, la forma y las características de su superficie (Hui *et al.,* 2006; Behrends *et al.,* 2003).

El color ocupa un lugar preferente entre los factores que definen la calidad de un alimento. Éste puede ser rechazado por su color sin valorarse otras propiedades, como su aroma, textura o sabor (Cannon *et al.,* 1996). Según Liu y colaboradores (1995) entre la textura, el sabor y el color, éste último es el de mayor importancia porque es el que más influye al consumidor al momento de tomar su decisión de comprar. El color aceptable para la carne fresca es un rojo brillante o color rojo cereza. Los consumidores discriminan en contra de los cortes de carnes que carecen la apariencia de fresco y de aquella que ha comenzado a descolorarse aún si la reducen en precio.

De aquí que sea de gran importancia para la industria cárnica que la apariencia que la carne ofrece al consumidor a nivel de punto de venta, consiga un alto grado de aceptabilidad Por lo tanto, al considerar las características especificas que contribuyen al aspecto físico, el color de la carne es uno de los parámetros de calidad que más influyen en la selección del consumidor (Hui *et al.,* 2006).

El color de la carne se debe principalmente a tres pigmentos. La deoxymioglobina (DeoxyMB) es el pigmento purpura que se observa en los cortes de carnes frescas. Una vez la DeoxyMb se expone al aire ésta se comienza a oxigenar a oximioglobina (OxyMb), la cual le da el color característico a la carne de rojo brillante o cereza. Después de algunas horas y días expuestas al aire, la OxyMb se convierte en metamioglobina (MetMb), en la cual una molécula de agua sustituye la molécula de oxígeno y produce un color marrón. Ambas moléculas, la DeoxyMB y OxyMb. son hemoproteínas, en donde el hierro existe en forma ferrosa ($Fe^{+2}$), mientras la MetMb la posee en la forma férrica ($Fe^{+3}$). La conversión de la forma ferrosa a la férrica es el resultado del proceso de oxidación (Liu *et al.,* 1995; Aberle *et al.,* 2001; Mancini *et al.,* 2005; Hui *et al.,* 2006).

La carne y los productos cárnicos son alimentos perecederos susceptibles a diversos procesos de deterioro que se presentan fundamentalmente durante el periodo de almacenamiento y comercialización. La estabilidad del color es uno de estos atributos importantes de calidad que indican una buena conservación de la carne (Boleman *et al.,* Hui *et al.,* 2006).

## MATERIALES y METODOS

### Toma de muestras

Para realizar esta investigación se evaluaron muestras de carne de res proveniente de 24 toretes seleccionados al azar en un matadero comercial localizado en área de Mayagüez. Estos fueron seleccionados según su edad cronológica determinada en 2, 4, 6 y 8 dientes incisivos permanentes (figuras 1,2 y 3) (Casas et al., 2001). Los animales fueron sacrificados, y las canales pesadas e identificadas. Luego de 24 horas, luego de haber ocurrido el rigor mortis, estas canales fueron transportadas en camiones refrigerados a los supermercados correspondientes para su deshuese en cortes primarios. Se compraron los músculos *Semitendinosus* (Lechón de Mechar) (figura 4) y *Longissimus dorsi* (Lomillo) (figura 5), del cuarto trasero izquierdo (cuadro 1). Estos músculos fueron empacados en bolsas plásticas y en neveras con hielo para ser llevados al Laboratorio de Alimentos del Programa de Ciencia y Tecnología de Alimentos del Recinto Universitario de Mayagüez para los respectivos análisis.

Figura 1.  Animal de 17 meses

Figura 2. Animal de 22 meses

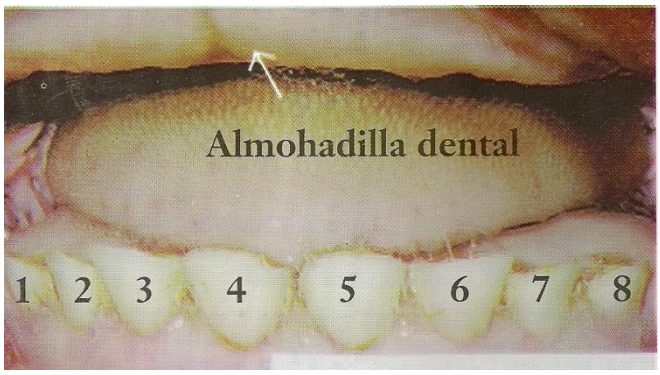


Figura 3. Posición de incisivos

Selección de animales por edad cronológica (incisivos permanentes)

Cuadro 1. Distribución de muestras por grupo

| Músculo | Edad (incisivos permanentes) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 2 | 4 | 6 | 8 |
| ST | 6 | 6 | 6 | 6 |
| LD | 6 | 6 | 6 | 6 |
| | | | | n= 48 |

Figura 4. Músculo *Semitendinosus* (ST)

Figura 5. Músculo *Longissimus dorsi* (LD)

**Preparación de muestras**

Cada músculo se cortó en 4 pedazos de aproximadamente 10 centímetros. Estas muestras una vez cortadas se empacaron al vacío (Food Saver by Tila© Model VAC 550), se identificaron y se distribuyeron en 4 tratamientos de maduración: 0, 3, 7 y 14 días. Las muestras 0 días (control) se congelaron a -20$^{o}$C hasta su evaluación. Las muestras a ser maduradas o añejadas se conservaron bajo refrigeración a 5$^{o}$C hasta completar su periodo de añejado. Una vez culminó el periodo, se congelaron a -20$^{o}$C hasta su evaluación. Estas muestras se sometieron a los análisis para terneza usando el Warner Braztler Shear (WBS) y análisis organolépticos mediantes paneles sensoriales. También se sometieron a análisis proximales de pH y color.

Figura 6. Cortes de músculos.

Figura 7. Empaque al vacio

Figura 8. Muestras empacadas al vacio

Figura 9. Muestra empacadas e identificadas

Cuadro 2. Distribución de muestras por tratamiento

| Músculo | Tratamiento (Días) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| ST | 24 | 24 | 24 | 24 |
| LD | 24 | 24 | 24 | 24 |
| | | | | n = 192 |

**Determinación de pH**

Con el establecimiento del metabolismo anaeróbico, las reservas de glucógeno disminuyen y el acido láctico se acumula en el tejido muscular, lo que lleva a una reducción del pH desde valores cercanos a 7 hasta 5.3- 5.7, según la especie y el manejo (Hui et al. 2006). Para determinar el pH de cada muestra se utilizó el método descrito en USDA/FSIS Microbiology Laboratory Guidebook (Lattuda y Dey, 1998). Se utilizó el potenciómetro pH Meter AB15 Accumen Basic (figura 10). Este se calibró con "buffer" con valores de 0, 7 y 14. Una vez calibrado el potenciómetro, se pesaron 20 gramos de muestra y ésta se molió en un procesador de alimentos, con 100 ml de agua destilada. Una vez molida se filtró la muestra y se tomaron las medidas de pH triplicadas al filtrado.

Figura 10. Potenciómetro pH Meter AB15 Accumen Basic.

**Determinación de color**

Para determinar los parámetros de color se utilizó un colorímetro Hunter Lab, Mini-Scan XE previamente calibrado (figura 11), programado con los valores del sistema estándar de color para “lightness” (L*), “redness”(a*) y “yellowness” (b*). Estas medidas se tomaron directamente en los cortes crudos en el músculo donde no hubiera tejido conectivo, ni depósitos de grasa visible que pudieran alterar las lecturas. Para cada una de las muestras se realizaron cuatro (4) lecturas (American Meat Science Association, 1991).

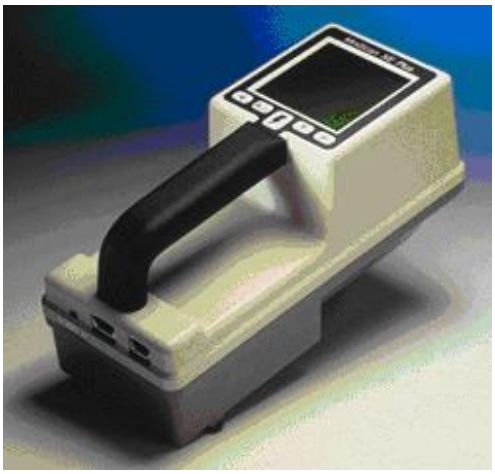

Figura 11. Colorímetro  Hunter Lab, Mini-Scan XE

**Determinación de terneza en carne cruda y cocida**

La terneza se determinó tanto en carne cruda como luego en cocida utilizando el método mecánico de medida de resistencia al corte: Warner Braztler Shear (Salter 3000) (WBS) (figura 12 y 13) y un panel de probadores (panel sensorial) semi-entrenado (figura 18), con un mínimo de ocho integrantes. Ambos métodos se hicieron de acuerdo al protocolo establecido por el *American Meat Science Association* (1995). Previo al análisis de las muestras se dejaron descongelar  por 24 hrs en el refrigerador ($5^{o}$C).

**Terneza determinada con Warner Bratzler Shear (WBS)**

Para las medidas de WBS se extrajeron 3 cilindros de 1.27 cm en diámetro con un sacabocados a favor de la fibra muscular de cada muestra (figura 12). Estas se colocaron perpendiculares en la cuchilla triangular del WBS (figura 13). Se calibro el WBS colocando la aguja en cero y se tomaron 3 medidas por cilindro de la fuerza necesaria para cortarlas, en libras (figura 14). Se calculo el promedio para cada muestra. Los valores mayores de 5 lbs. significan que la carne es dura y menores se consideran tiernas (AMSA, 1995).

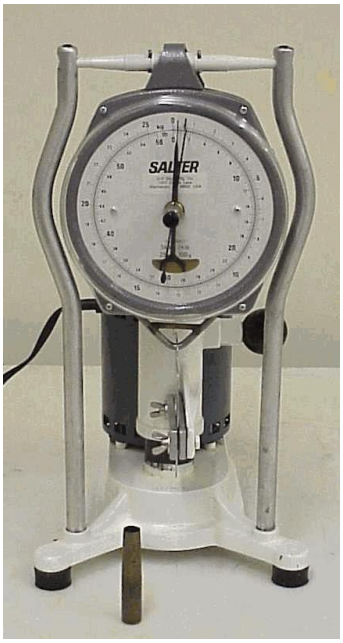


Figura 12. Instrumento WBS

Figura 13. Unidades de medida - WBS

Figura 14. Toma de muestras para medida mecánica de terneza con WBS

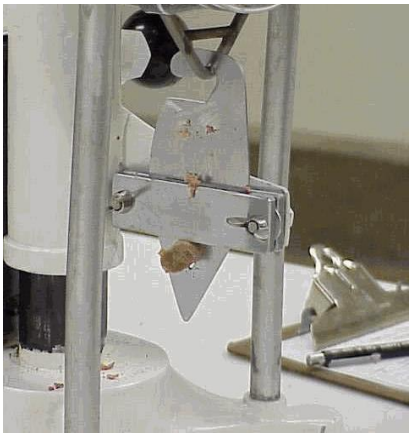

Figura 15. Muestra colocada en cuchillas triangular

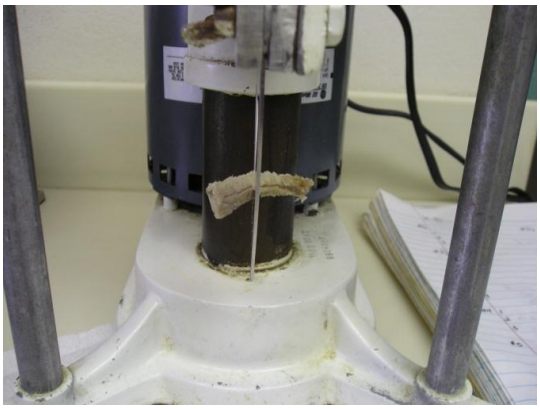

Figura 16. Toma de medida con el WBS

**Panel Sensorial**

La evaluación del panel sensorial además de la terneza incluyó la evaluación de jugosidad y aceptación general por parte de los panelistas (figura 17). Para la evaluación del panel sensorial se cocinaron las carnes en un horno convencional (Jean Air) a una temperatura de $177^0$C ($350^0$ F), hasta que las muestras alcanzaran una temperatura interna de $72^0$C ($160^o$F), según medido con termómetro electrónico. Una vez alcanzada la temperatura interna las muestras se removieron del horno y se obtuvieron 3 cilindros cortados a favor de la fibra muscular con un sacabocados de 1.27cm para la evaluación de terneza con el WBS. Se midieron los líquidos recogidos en la bandeja durante la cocción en una probeta (ml.) y se pesaron las muestras. Al corte se le removió además la capa externa para eliminar cualquier parte quemada o muy seca que pudiera afectar la respuesta del panelista. Se cortaron cubos de muestra de 1.27 cm x 1.27cm, éstos (3 pedazos) se ofrecieron a cada panelista en vasos de porcelana para su evaluación según la escala hedónica suministrada (Apéndice 1 y Figura 17). Las muestras cocidas se evaluaron para las variables jugosidad, terneza y aceptación general (AMSA, 1995).

Cuadro 3. Escala hedónica

| Jugosidad | Terneza | Aceptación General |
|---|---|---|
| 8 - Extremadamente jugosa | 8 - Extremadamente tierna | 8 - Extremadamente deseable |
| 7 - Muy jugosa | 7 - Muy tierna | 7 - Muy deseable |
| 6 – Moderadamente jugosa | 6 – Moderadamente tierna | 6 – Moderadamente deseable |
| 5 – Levemente jugosa | 5 – Levemente tierna | 5 – Levemente deseable |
| 4 – Levemente seca | 4 – Levemente dura | 4 – Levemente indeseable |
| 3 – Moderadamente seca | 3 – Moderadamente dura | 3 – Moderadamente indeseable |
| 2 – Muy seca | 2 – Muy dura | 2 – Muy indeseable |
| 1 – Extremadamente seca | 1 – Extremadamente dura | 1 – Extremadamente indeseable |

Figura 17. Panel Sensorial

**Análisis Estadístico**

Los datos obtenidos se analizaron estadísticamente mediante análisis de varianza ANOVA de acuerdo al programa SAS (2002), con un límite de confianza de un 95 %.El Modelo Estadístico a utilizado es uno Parcelas Divididas, (Split Split Plot) lo que responde a cuatro grupos de edades, 2 músculos y 4 tratamientos. Los tratamientos son control (0 días) y 3 tiempos de añejamiento bajo condiciones controladas de refrigeración ($5^{o}$C) de 3, 7, y 14 días. (Apéndice 3.)

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Warner Bratzler Shear (WBS)

### Muestras Crudas

Los valores obtenidos para terneza medida por medios mecánicos (WBS) se presentan en los cuadros 4. En el mismo podemos observar que se encontraron diferencias significativas (P<0.05) para el efecto de tratamiento y de tratamiento por músculos. Según aumentó el número de días en el periodo de añejamiento los valores medidos de WBS en carne cruda disminuyeron significativamente (P<0.05) al día 14 (2.62 vs. 2.12 kg en los días 0 y 14, respectivamente. Esto concuerda con lo que describen King y colaboradores (2003), donde reportaron que el añejamiento mejora (*P*<0.01) los valores de WBS aumentando la terneza.

También se observó que el tratamiento interactúa de manera significativa (P<0.05) con la edad y con el músculo. También se encontró la que la interacción de Tratamiento*Edad*Músculo fue significativa (P<0.05). No se encontraron diferencias significativas (*P*>0.05) para el efecto de Tratamiento en el músculo ST (2.68 vs. 2.45 kg, para el día 0 y 14, respectivamente). Por lo que podemos inferir que el tratamiento no tuvo un efecto significativo en mejorar la terneza de la carne en este músculo cuando se madura por un máximo de 14 días. Lo que implica que la maduración no garantiza un aumento de terneza, concordando con Wheeler y colaboradores (1999), los cuales indicaron que el añejamiento no garantiza aumentar la terneza en todas las carnes que pasen por este proceso. Esto lo reafirman Rhee y colaboradores (2004) y Stetzer y colaboradores (2007), quienes no encontraron diferencias significativas en el WBS en el mismo músculo.

**Cuadro 4. Medias de WBS en carne cruda según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| Tratamiento[1] | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | (kg) | | | |
| | 2.62[a] | 2.51[ab] | 2.49[ab] | 2.12[b] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 2.96[ab] | 3.03[a] | 2.97[a] | 2.08[a] |
| **4** | 2.10[ab] | 1.73[a] | 2.54[a] | 2.34[a] |
| **6** | 3.54[a] | 3.37[a] | 2.44[a] | 2.10[a] |
| **8** | 1.87[b] | 1.90[a] | 2.00[a] | 1.96[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 2.68[a] | 2.93[a] | 3.07[a] | 2.45[a] |
| **LD** | 2.56[a] | 2.08[ab] | 1.91[b] | 1.80[b] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.17).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.34).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.20).

Si se encontraron diferencias significativas (P<0.05) para el músculo LD. Las muestras analizadas del músculo LD al día 0 obtuvieron valores significativamente (P<0.05) más altos (2.56 kg) que aquellas analizadas al día 14 (1.80 kg). Las muestras analizadas del músculo LD al día 0 obtuvieron valores significativamente (P<0.05) más altos (2.56 kg) que aquellas analizadas al día 14 (1.80 kg). Lo que implica que las muestras del día 14 resultaron más tiernas que las del día 0. Wheeler y colaboradores (1999), del mismo que indicaron que el añejamiento no garantiza aumentar la terneza en todas las carnes que pasen por este proceso, si encontraron que en el músculo *Longissimus* es significantemente más tierno al día 14 de añejamiento postmortem. En este músculo

se pudo observar que para el día 7 (1.91 kg) las diferencias en terneza eran significativas (P<0.05) con respecto a los valores obtenidos al día 0, no así entre el día 7 (1.91 kg) y 14 (1.80 kg) (P>0.05). A diferencia del músculo ST, el LD mejoró su terneza al someterse a un periodo de maduración de solamente 7 días. Estos resultados sugieren que el efecto de la maduración sobre la terneza de la carne cruda varía según el músculo considerado y los días de tratamiento que se apliquen. Al comparar ambos músculos según el tratamientos, se encontraron diferencias (*P*<0.05). El LD resultó más tierno que el ST en los días de añejamiento 7 y 14 (1.91 vs. 3.07, 1,80 vs. 2.45 en los días 7 y 14, respectivamente).

Para la interacción de tratamiento con edad, se observó que la terneza de la carne cruda no mejoró significativamente (P<0.05) con los días de añejamiento. Más aún, la carne cruda de los animales de 8 incisivos permanentes fue significativamente más tierna cuando no fue añejada (0 vs. 3, 7 y 14 días) .Por otro lado, dentro de tratamiento el incremento en edad no fue significativo para los grupos de 3, 7 y 14 días. Sin embargo, en un resultado difícil de explicar, al día 0 de añejamiento (tratamiento) los animales de 8 incisivos permanentes resultaron más tiernos que los de 6 incisivos permanentes (P<0.05).

**WBS Cocida**

En el cuadro 5. podemos observar las medias obtenidas en las muestras cocidas para los efectos de Tratamiento, Músculo y la interacción de Tratamiento*Músculo. Para el efecto de tratamiento encontramos diferencias significativas ($P$<0.05) entre las muestras añejadas por 0 y 3, 7 y 14 días y entre 3 y 14 días (5.44, 4.95, 4.53 y 4.39 kg, respectivamente).Estos resultados indican que en las medidas WBS tomadas en la carne cocida la terneza aumenta con el largo del periodo de añejamiento (tratamiento).

También se encontraron diferencias significativas entre músculos ($P$<0.05). El músculo ST (4.04 kg) resultó ser más tierno que el músculo LD (5.63 kg). Del mismo modo se encontraron diferencias significativas para la interacción Tratamiento*Músculo. Lo que implica que la terneza en los músculos no responde igual a los tratamientos de añejamiento. En el músculo ST no se encontraron diferencias significativas ($P$>0.05) debido al número de días de añejamiento. Sin embargo, para el músculo LD encontramos diferencias significativas ($P$<0.05) en el tratamiento con un promedio de 6.84 kg al día 0 de tratamiento y 4.68 kg para el día 14. Además, a partir del día 3 de añejamiento ya las diferencias en terneza eran significativas con respecto a la carne no añejada (Tratamiento de 0 días).

Al comparar ambos músculos al mismo día de tratamiento se encontró que para el día 0, 3 y 7, el ST es más tierno que LD ($P$<0.05) (4.05 vs.6.84, 4.08 vs.5.83 y 3.91 vs. 5.16, respectivamente). Contrario a lo reportado por Santrich (2006) y Acevedo (2004) donde no encontraron diferencias significativas ($P$>0.05) en la terneza de las muestras cocidas.

En general los músculos crudos resultaron ser más tiernos que los cocidos y el LD más tierno que el ST, Acevedo (2004) y Santrich (2006). La diferencia en terneza entre los músculos, puede atribuirse a diferencias en el contenido de proteínas miofibrilares, al contenido y estructura del colágeno que posee el músculo o al efecto que tiene la temperatura de cocción sobre ambos componentes musculares (Acevedo 2004). Para el efecto de edad no se encontraron diferencias significativas ($P$>0.05).

**Cuadro 5. Medias de WBS en carne cocida según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| Tratamiento[1] | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | (kg) | | | |
| | 5.44[a] | 4.95[b] | 4.53[bc] | 4.39[c] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 5.89[a] | 5.00[a] | 4.84[a] | 3.90[a] |
| **4** | 5.76[a] | 5.34[a] | 4.62[a] | 5.17[a] |
| **6** | 4.63[a] | 4.56[a] | 4.07[a] | 3.95[a] |
| **8** | 5.50[a] | 4.91[a] | 4.61[a] | 4.54[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 4.05[d] | 4.08[cd] | 3.91[d] | 4.10[cd] |
| **LD** | 6.84[a] | 5.83[b] | 5.16[bc] | 4.68[cd] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.23).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.47).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.30).

## Panel Sensorial

### Terneza

El cuadro 6. nos muestra los valores obtenidos para terneza en la prueba de panel sensorial para los tratamientos de añejamiento. En dicha prueba se evaluaron tres parámetros: Terneza, Aceptación General y Jugosidad. Se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en los efectos de tratamiento y músculo.

Para el parámetro de terneza en el efecto de tratamiento se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) entre el día 0 (4.01) y el día 14 (4.47). Lo que indica que al día 14 de tratamiento los panelistas encontraron que la carne resultó más tierna que al día

0 de tratamiento (Cuadro 6.). Podemos observar que el valor de terneza incremento significativamente para el día 7. Entre el día 7 y 14 no se encontraron diferencias significativas (P>0.05). Estos resultados sugieren que los consumidores pueden detectar diferencias en terneza en estos dos músculos a partir de 7 días de maduración.

Se encontraron diferencias significativas entre músculos. El músculo ST resultó obtener un valor de terneza significativamente (P>0.05) mayor (4.95 kg) que el músculo LD (3.70 kg) (diferente que en la carne cruda (2.78 y 2.209 kg, respectivamente). También se encontró una diferencia significativa (P<0.05) en la interacción triple de Tratamiento*Edad*Músculo.

**Cuadro 6. Medias de Terneza en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tratamiento[1]** | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 4.01$^{c}$ | 4.22$^{bc}$ | 4.59$^{a}$ | 4.47$^{ab}$ |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 4.02$^{a}$ | 4.13$^{a}$ | 4.39$^{a}$ | 4.71$^{a}$ |
| **4** | 3.68$^{a}$ | 3.84$^{a}$ | 4.28$^{a}$ | 4.04$^{a}$ |
| **6** | 4.33$^{a}$ | 4.82$^{a}$ | 4.99$^{a}$ | 4.66$^{a}$ |
| **8** | 4.01$^{a}$ | 4.08$^{a}$ | 4.71$^{a}$ | 4.47$^{a}$ |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 4.73$^{a}$ | 4.91$^{a}$ | 5.22$^{a}$ | 4.94$^{a}$ |
| **LD** | 3.29$^{d}$ | 3.53$^{cd}$ | 3.97$^{bc}$ | 4.00$^{b}$ |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.14).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.28).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.18).

**Jugosidad**

En el atributo de jugosidad en el efecto de tratamiento se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) entre el día 7 (4.56) y el día 14 (4.20). Lo que indica que al día 14 de tratamiento los panelistas encontraron que la carne resultó menos jugosa que al día 7 de tratamiento y una interacción entre Tratamiento*Musculo*Edad. (Cuadro 7).

Para la evaluación por tratamiento podemos notar una diferencia significativa (*P*<0.05) donde se observó que el tratamiento de 14 días fue de menor jugosidad comparado con los demás tratamientos (Cuadro 8). Contrario a lo citado por Miller y colaboradores (1997), quien reportó que a los 14 días de maduración las características sensoriales son mejores que a los 7 días, con una mayor jugosidad, aceptación general o sabor y terneza. Esto podría deberse al efecto de la grasa intramuscular sobre la percepción de la jugosidad y el sabor (Pringles et al., 1997). Las carnes de res en Puerto Rico contienen un porciento bajo de grasa intramuscular (Santrich, 2006), el cual explicaría esta tendencia. Jeremiah y colaboradores (2003), por otra parte indica que la maduración es beneficiosa para todos los atributos generales excepto para la jugosidad, la cual no se vio afectada durante su estudio. En nuestro estudio encontramos diferencias significativas (*P*<0.05) entre el día 7 (4.56) y el día 14 (4.20) de tratamiento, en donde la jugosidad disminuyó. Por otra parte, también se encontraron diferencias significativas entre músculos, resultando el ST (4.82) más jugoso que el LD (3.96 Acevedo (2004). La cual reporto que el lomillo resultó ser el menos jugoso (P<0.05) para el panel. Contrario a lo reportado por Sterzer y colaboradores (2007) y Laster y colaboradores (2008) los cuales no encontraron diferencias significativas (*P*>0.05) en la jugosidad en los músculos madurados.

**Cuadro 7. Medias de Jugosidad en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| Tratamiento[1] | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 4.33$^{ab}$ | 4.47$^{ab}$ | 4.56$^{a}$ | 4.20$^{ab}$ |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 4.50$^{a}$ | 4.64$^{a}$ | 4.75$^{a}$ | 4.39$^{a}$ |
| **4** | 4.13$^{a}$ | 4.21$^{a}$ | 4.21$^{a}$ | 3.79$^{a}$ |
| **6** | 4.42$^{a}$ | 4.93$^{a}$ | 4.75$^{a}$ | 4.31$^{a}$ |
| **8** | 4.29$^{a}$ | 4.09$^{a}$ | 4.52$^{a}$ | 4.32$^{a}$ |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 4.75$^{ab}$ | 4.80$^{a}$ | 5.10$^{a}$ | 4.64$^{ab}$ |
| **LD** | 3.91$^{c}$ | 4.14$^{bc}$ | 4.01$^{c}$ | 3.76$^{c}$ |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.12).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.24).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.16).

## Aceptación general

El cuadro 8. nos muestra los valores obtenidos para el parámetro sensorial de aceptación general. Se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) para tratamiento, músculo y la interacción Tratamiento*Edad*Músculo (*P*<0.05). Esto implica que el efecto que pueden tener los distintos niveles de maduración sobre las características de la carne varía de acuerdo al músculo estudiado y la edad de los animales.

**Cuadro 8. Medias de Aceptación General en Panel Sensorial según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| Tratamiento[1] | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 4.21[b] | 4.42[ab] | 4.65[a] | 4.56[ab] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 4.35[a] | 4.60[a] | 4.72[a] | 4.79[a] |
| **4** | 3.96[a] | 4.06[a] | 4.28[a] | 4.18[a] |
| **6** | 4.44[a] | 4.83[a] | 5.11[a] | 4.72[a] |
| **8** | 4.08[a] | 4.21[a] | 4.47[a] | 4.54[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 4.89[a] | 5.07[a] | 5.27[a] | 5.03[a] |
| **LD** | 3.53[c] | 3.77[bc] | 4.03[b] | 4.09[b] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.13).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.16).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.17).

Se encontraron valores de aceptación general mínimos y máximos de 4.21 y 4.65 (*P*<0.05) para el efecto de tratamiento. En el tratamiento vemos un patrón donde las muestras de carne añejadas por 7 y 14 días obtuvieron los valores más altos de aceptación general, 4.65 y 4.56, respectivamente, pero las diferencias entre estos valores no fueron significativas. Se encontraron diferencias significativas entre 0 días (4.21) y 7 (4.65) y 14 (4.56) días. Miller y colaboradores (1997) y Huerta-Leidenz y colaboradores (2004) encontraron que añejando la carne por 14 días aumenta la aceptación general (sabor) de la misma. El músculo LD resultó con un valor de aceptación menor (3.85) que el ST (5.07)

## Correlaciones

En el cuadro 9. se observan los valores de correlación entre la característica de terneza medida por medios mecánicos (WBS) y medida por panel sensorial. En este se observa que para todas las edades y tratamientos existen valores de correlación positivos y altamente significativos (*P*<0.05) entre ambas medidas de terneza. Esto implica que ambas medidas tienen un valor de eficacia similar como indicadores de terneza en los músculos LO y LM de ganado procedente de Puerto Rico. En la clasificación por edad, los valores de correlación mínimos y máximos (0.41 y 0.66) se obtuvieron en los animales con 2 y 4 dientes incisivos permanentes, respectivamente. En cuanto al tratamiento, los valores de correlación mínimos y máximos (0.38 y 0.67) se obtuvieron en los periodos de maduración de 7 y 0 días, respectivamente. Esto concuerda con lo encontrado por Brewer y Navakofski en el 2007, quienes reportaron relaciones similares entre el WBS y el panel sensorial.

**Cuadro 9. Correlaciones entre terneza medida por medio mecánico (WBS Cocida) y por Panel Sensorial según la edad del animal y el periodo de maduración.**

| **Edad (Incisivos Permanentes)** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **2** | | **4** | | **6** | | **8** | |
| **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** |
| 0.41 | 0.0061 | 0.66 | <.0001 | 0.64 | <.0001 | 0.61 | <.0001 |
| **Tratamiento (Días)** | | | | | | | |
| **0** | | **3** | | **7** | | **14** | |
| **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** | **Correlación** | ***P*** |
| 0.67 | <.0001 | 0.63 | <.0001 | 0.38 | 0.0129 | 0.64 | <.0001 |

**Acidez (pH)**

En el cuadro 10. podemos observar que se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) para el efecto de tratamiento, músculo y en las interacciones de Edad*Tratamiento, Tratamiento*Músculo y Tratamiento*Edad*Músculo. Las medias de los pH medidos en las muestras de carne aumentaron (menos ácidos) con el número de días de de añejamiento. Los valores obtenidos para la interacción de edad por tratamiento se encuentran dentro de un rango de 5.26 (Edad 2, Tratamiento 0) - 5.91 (Edad 6, Tratamiento 7). Una vez el músculo se convierte a carne el establecimiento del metabolismo anaeróbico hace que las reservas de glucógeno disminuyan y el ácido láctico se acumule en el tejido muscular, lo que lleva a una reducción del pH desde valores cercanos a 7 hasta 5.3 a 5.7, según la especie y el manejo (Hui et al., 2006). Estos valores también son muy parecidos a los reportados por Silva et al., (1999) quienes encontraron valores de pH entre 5.56 y 6.70 bajo condiciones de añejamiento a $2^{o}$C.

Para la interacción Tratamiento*Músculo encontramos diferencias significativas ($P<0.05$) en ambos músculos. Lo que implica que la acidez va a cambiar según el tratamiento y el músculo donde se encuentre. En el ST se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre el día 0 (5.66) y los días 3, 7 Y 14 (5.82, 5.83 Y 5.76). En el músculo LD se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) similares entre el día 0 (5.53) y los días 3, 7 Y 14 (5.78, 5.79 y 5.74). No se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre los días 3, 7 y 14. Como vemos el pH aumento en el día 3. El LD resultó más acido (5.77) que el ST (5.5.71).

**Cuadro 10. Medias de Acidez (pH) según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| Tratamiento[1] | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 5.60[c] | 5.80[a] | 5.81[a] | 5.75[c] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 5.26[b] | 5.66[a] | 5.69[a] | 5.61[a] |
| **4** | 5.69[a] | 5.78[a] | 5.77[a] | 5.74[a] |
| **6** | 5.67[c] | 5.88[ab] | 5.91[a] | 5.79[b] |
| **8** | 5.76[b] | 5.88[a] | 5.88[a] | 5.86[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 5.66[c] | 5.82[a] | 5.83[a] | 5.76[b] |
| **LD** | 5.53[b] | 5.78[a] | 5.79[a] | 5.74[a] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.05).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.05).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.10).

Para la interacción de tratamiento con edad, vemos como el valor aumenta según la edad del animal. Se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) para los animales en el día 0 de tratamiento, para las edades de 2, 4, 6 y 8 incisivos permanentes y en 14 días entre los grupos de 2 y 6 , 4 y 8 incisivos permanentes. Para los animales de 2 incisivos permanentes (5.26) resultaron más ácidos que los animales de 8 incisivos (5.76), los cuales resultaron menos ácidos. Estos resultados concuerdan con Plessis y Hoffman (2007) donde encontraron la misma tendencia, donde el pH fue menor (más ácido) en animales de 18 meses que en animales de 30 meses (5.48 y 5.64, respectivamente). Encontrando que los valores se encuentran dentro de los rangos normales mencionados por Hui y colaboradores (2006).

**Parámetro L***

En el cuadro 11. podemos observar que se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) para el efecto de tratamiento, músculo y en las interacciones de Edad*Tratamiento, Tratamiento*Músculo. Para el efecto de tratamiento se encontraron valores más altos según aumentaba el periodo de añejamiento. El músculo ST (43.44) resultó ser significativamente más claro ($P<0.05$) que el ST (36.43). Concordando con lo reportado por Acevedo (2004), donde encontró que el lechón de mechar presenta carne más clara (valor de L más alto, $P<0.05$).

Para la interacción Tratamiento*Músculo podemos observar que el valor de L fue aumentando de forma significativa ($p<0.05$) a partir del día 7 en ambos músculos (44.21 y 36.39 en el ST y LD, respectivamente) En el musculo LD se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre los días 0 (35.07), 3 (35.18) y 7 (36.39) y 14 (39.07). Al comparar los dos músculos dentro de tratamiento solo se encontraron diferencias significativas a los 0 días de tratamientos.

Para la interacción del tratamiento con la edad. En cada grupo de edad (2, 4,6 y 8 incisivos permanentes) se observa una tendencia numérica, en la cual el parámetro L* aumenta según aumenta el periodo de añejamiento, lo que concuerda con Jeremiah y colaboradores (2003) quien encontró aumento en los valores de L* después de 10 días de añejamiento. Sin embargo, Purchas y colaboradores (1998) encontraron lo contrario. Estos reportaron (Purchas et al., 1998) que el periodo de maduración influye en el color de la carne debido a la velocidad de acumulación de la metamioglobina y el consumo de oxígeno. La liberación de ácido láctico causa que el pH baje alcanzando los valores ácidos.

Los parámetros de color se comportan de forma contraria. Mientras el valor de pH aumenta (7.0), los valores de color deben ir disminuyendo (Purchas et al., 1998). Se observó que el lechón de mechar poseía un color rojo claro y con tonalidad amarillenta. Aunque este músculo poseía menor contenido de mioglobina y podría pensarse que ello sería causa del color rojo claro (mayor L y valor de b positivo, hacia tonalidades

amarillas) estudios han reportado que el contenido de pigmento influye muy poco en los parámetros de color. (Acevedo, 2004).

Se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) para los animales 2 (45.93), y 4 (40.39) y 6 incisivos en el día 7 (40.65).

**Cuadro 11. Medias del Parámetro L* según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tratamiento[1]** | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 38.87$^{c}$ | 38.58$^{c}$ | 40.30$^{b}$ | 42.01$^{a}$ |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 41.22$^{b}$ | 40.88$^{b}$ | 4187$^{b}$ | 45.93$^{a}$ |
| **4** | 38.15$^{bc}$ | 37.92$^{c}$ | 40.09$^{ab}$ | 40.39$^{a}$ |
| **6** | 38.54$^{b}$ | 38.39$^{b}$ | 40.65$^{a}$ | 42.57$^{a}$ |
| **8** | 37.55$^{a}$ | 37.12$^{a}$ | 38.58$^{a}$ | 39.14$^{a}$ |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 42.66$^{b}$ | 41.97$^{b}$ | 44.21$^{a}$ | 44.94$^{a}$ |
| **LD** | 35.07$^{c}$ | 35.18$^{bc}$ | 36.39$^{a}$ | 39.07$^{a}$ |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.58).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 1.16).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.65).

**Parametro a***

El cuadro 12. nos muestra los valores obtenidos para el parámetro a* (rojizo). Para el parámetro a* se encontraron diferencias significativas (P<0.05) para los efecto de tratamiento, músculo y en la interacción de Tratamiento*Músculo, lo que implica que el color responde al número de días de añejamiento de la carne y al músculo donde se está evaluando. Se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre los días 0 vs.

3, (16.22 vs.14.83) 0 vs. 14 (16.22 vs. 15.63) y 3 vs 14 (14.83 vs. 15.63). En el músculo ST no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) según aumentó el periodo de tratamiento. Sin embargo, se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en el músculo LD, entre el día 3 (14.83) y los días 0, 7 y 14 de tratamiento (16.22, 16.67 15.63). Este músculo tuvo su valor numérico más alto en el día 7 (17.42). El músculo LD resulto ser más oscuro que el ST.

**Cuadro 12. Medias del Parámetro a* según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tratamiento[1]** | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 16.22[a] | 14.83[c] | 16.67[a] | 15.63[b] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 15.00[a] | 14.17[a] | 16.13[a] | 14.76[a] |
| **4** | 16.80[a] | 14.76[a] | 17.04[a] | 15.53[a] |
| **6** | 16.79[a] | 15.45[a] | 16.54[a] | 16.52[a] |
| **8** | 16.27[a] | 14.94[a] | 16.97[a] | 15.71[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 15.54[a] | 14.97[a] | 15.92[a] | 15.04[a] |
| **LD** | 16.89[ab] | 14.69[c] | 17.42[a] | 16.22[b] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.33).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 67).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.38).

**Parámetro b***

En el cuadro 13. Podemos observar los valores para el parámetro b* (amarillez) del músculo. En él observamos que se encontraron diferencias significativas (P<0.05) para el efecto de tratamiento, músculos para la interacción de tratamiento*musculo y tratamiento*edad y Tratamiento*Edad*Musculo. Para el efecto de tratamiento se encontraron diferencias significativas (P<0.05) entre el día 0 (13.80), 3 (12.78) y 7 (14.25).

Podemos observar que el tratamiento interactúa con la edad y con el músculo y ambas interacciones son significativas (P<0.05). También se encontró que la interacción de Tratamiento*Edad*Músculo. No se encontraron diferencias significativas (*P*>0.05) en el tratamiento para el musculo ST en los días 0 y 14 (14.42 y 14.12, respectivamente), pero si para el día 3 y 7 (13.80 y 14.98, respectivamente). Se observó el mismo patrón para el músculo LD, donde no se encontraron diferencias significativas (P>0.05) entre el día 0 y 14, pero si en el día 3 y 7 (11.77 y 13.52, respectivamente).

Para la interacción con la edad, se encontraron diferencias significativas (*P*<0.05) en la edad 2 (12.99 vs. 14.62) y 4 (12.31 y 14.40) incisivos permanentes en el día 3 y 7de tratamiento. Llegando a la conclusión que el ST (14.33) se acerca más al parámetro b* que el LD (12.86).

Los parámetros de color a* y b* concuerdan con lo encontrado con Purchas y colaboradores (1998) y Jeremiah y colaboradores (2003), ya que los valores máximos obtenidos sí son al séptimo día, pero al mismo tiempo que el pH muestran sus valores máximos. En la maduración *postmortem* por seis días se ha observado un mejoramiento en el color, una disminución de la jugosidad y una reducción en los valores de WBS (Jeremiah et al., 2003). M.S. Lee y colaboradores (2008), todo lo contrario a Jeremiah y colaboradores (2003). Él no encontró diferencias significativas en color durante el periodo de maduración.

Podemos decir que él LO resultó ser más oscuro y que su color se intensificaba según pasaba el tiempo y el LM fue más hacia el amarillo y blanco. Esto quizás se deba a que los animales en Puerto Rico son animales alimentados 100 porciento con gramíneas tropicales en sistemas de pastoreo y no se suplementa con granos. Mancini y colaboradores (2005) reportaron que en los animales cuya dieta es está basada en forraje, se promueve la oxidación y por ende el metabolismo anaeróbico en el músculo. Esto resulta en una limitación de las reservas de glucógeno y por ende, en un color más oscuro cuando se compara con animales los cuales se alimentan con concentrado *ad libitum*.

**Cuadro 13. Medias del Parametro b* WBS en carne cruda según los efectos de días de maduración (tratamiento), edad, músculo y sus interacciones.**

| | Días de Maduración | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Tratamiento[1]** | 0 | 3 | 7 | 14 |
| | 13.80[b] | 12.78[c] | 14.25[a] | 13.56[b] |
| **Tratamiento* Edad[2]** | | | | |
| **Edad (IP)[3]** | | | | |
| **2** | 13.03[b] | 12.99[b] | 14.62[a] | 14.52[a] |
| **4** | 14.31[a] | 12.31[b] | 14.40[a] | 13.40[ab] |
| **6** | 14.09[a] | 13.06[a] | 14.11[a] | 13.57[a] |
| **8** | 13.78[a] | 12.78[a] | 13.86[a] | 12.74[a] |
| **Tratamiento*Músculo[4]** | | | | |
| **Músculo** | | | | |
| **ST** | 14.42[ab] | 13.80[b] | 14.98[a] | 14.12[b] |
| **LD** | 13.18[a] | 11.77[b] | 13.52[a] | 13.00[a] |

[1] Tratamiento: Número de días de maduración de la carne. Medias con letras distintas en la misma fila indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.33).
[2] Interacción de Tratamiento*Edad: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.66).
[3] Edad: Número de incisivos permanentes.
[4] Interacción de Tratamiento*Músculo: Medias con letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas (P<0.05; EE ± 0.35).

## CONCLUSIONES

Según los resultados obtenidos en este trabajo podemos concluir lo siguiente:

1. Los periodos de maduración presentaron efectos sobre la terneza de las muestras evaluadas por medios mecánicos. Para el musculo *Semitendinosus* (ST) no se encontró efecto significativo por el tratamiento, pero si en el músculo *Longissimus dorsi* (LD) ($P<0.05$). El LD mejoró su terneza al someterse a un periodo de maduración de 7 días.
2. Se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) entre músculos para las muestras evaluadas por medios mecánicos. El *Longissimus dorsi* (LD) resultó ser significativamente ($P<0.05$) más tierno que el músculo *Semitendinosus* (ST).
3. El periodo de maduración mejoró las características evaluadas de terneza, aceptación general y jugosidad por el panel sensorial, incrementando su valor, según aumentaba el periodo de tratamiento del día 0 al 7.
4. El número de días de añejamiento afecto el valor de acidez (pH) de las muestras de carne, haciendo estas más alcalinas. Para la prueba de pH se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$) en ambos músculo por edad y tratamiento. Siendo el LM el músculo donde se encontraron valores significativamente mayores ($P<0.05$) de pH, por lo tanto el mas alcalino.
5. Para los parámetros de color se encontraron diferencias significativas ($P<0.05$). Resultando el LO como el músculo más oscuro y el LM como el músculo mas claro.

6. Los resultados obtenidos en este experimento, indican que el tratamiento tuvo efectos significativos ($P<0.05$) al día 7 de añejamiento. Lo que implica que añejar la carne por un periodo de 7 días es suficiente para aumentar la terneza de esta.

## RECOMENDACIONES

Debido a que la calidad de la carne, especialmente la terneza, es de suma importancia para el consumidor es necesario dar énfasis en todos los atributos por la cual esta se ve afectada. La carne cuenta con un sin números de variables intrínseco como género, raza y extrínsecos como alimentación y manejo del animal, los cuales pueden afectar la terneza de la carne. Debido a la alta variabilidad encontrada en este trabajo sería necesario llevar a cabo otros experimentos más extensos donde podamos corroborar los resultados aquí obtenidos. Por lo tanto sugiero lo siguiente:

1. Realizar otros experimentos donde solo se tome en cuenta animales de la misma raza, tipo, edad y sexo y con el mismo tipo de alimentación.
2. Una vez se obtengan esos datos empezara a comparar resultados variando cada factor. Es importante considerar y tener una base de datos con animales nacidos y criados en la Isla. Ya que muchos de los estudios y referencias con las que se cuentan son de países extranjeros donde no se trabajan con el mismo tipo de raza y bajos las mismas condiciones que en la Isla.
3. También se podría trabajar comparando la grasa entre machos y hembras y el efecto que esta tenga sobre la terneza del animal.
4. Comparar animales de diferentes razas los cuales cuenten con la misma edad.
5. Evaluar el uso del periodo de maduración de 7 a 14 días, ya que 3 días no provocaron grandes cambios.

6. Orientar al ganadero a formar parte de los estudios, ya que, al ser una Isla pequeña los recursos son limitados y no se cuenta con una cantidad significativa de animales. Si ellos se pudieran incorporar tendríamos accesible mayor cantidad de muestras que se pudieran analizar y ser beneficioso para ambas partes.

## BIBLIOGRAFIA


Aberle, E, J. Forrest, D. Gerrad y E. Mills. 2001. 4th edition. **Principles of Meat Science.** Kendall/Hunt Publishing Company. USA

Acevedo, M. 2004. **Evaluación de los atributos principales de calidad de la carne de Res de origen local e importada, según se ofrece al consumidor**. Universidad de Puerto Rico, Recinto Universitario de Mayagüez.

American Meat Science Association, 1991. **Guidelines for meat color evaluation.** American Meat Science Association, Savoy, IL.

American Meat Science Association,1995. **Research Guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat.** National Live Stock and Meat Board, Chicago, Illinois.

Belk, K.E., M. H. George, J.D. Tatum, G.G. Hilton, R.K. Miller, M. Koohmarie, J.O. Reagan y G.C. Smith. 2001. **Evaluation of the Tendertec beef grading instrument to predict the tenderness of steaks from beef carcasses.** Journal of Animal Science**.** 79: 688-697.

Behrends J.M., W.B. Mikel, C.L. Armstrong y M.C. Newman. 2003. **Color stability of Semitendinosus, semimembranosus, and biceps femoris steaks packaged in a high-oxygen modified atmosphere**. Journal of Animal Sc. 81: 2230-2238.

Boleman, S.J., R. K. Miller, M.J. Buyck, H.R. Cross y J.W. Savell. 1996. **Influence of Realimentation of Mature Cows on Maturity, Color, Collagen Solubility and Sensory Characteristics**. Journal of Animal Sc. 74: 2187-2194.

Brewer, S. y J. Navakofski. 2008. Consumer **Sensory Evaluations of Aging Effects on Beef Quality**. Journal of Food Sc.73: 78- 82

Brooks, J.C., J.B. Belew, D.B. Griffin, B.L. Gwartney, D.S. Hale, W.R. Henning, D.D. Johnson, J.B. Morgan, F.C. Parrish, Jr. J.O. Reagan y J.W. Savell. 2000. National Beef Tenderness Survey-1998. Journal of Animal Sc. 78: 1852-1860.

Bruce, H.L. y R.O. Ball. 1990. **Postmortem Interactions of Muscle Temperature, pH and Extension on Beef Quality**. Journal of Animal Sc. 68: 4167-4175.

Cannon, J.E., J.B. Morgan. G.R. Schmidt, J.D. Tatum, J.N. Sofos, G.C. Smith, R.J. Delmore y S.N. Williams. 1996. **Growth and Fresh Meat Quality Characteristics of Pigs Supplemented with Vitamin E.** Journal of Animal Sc. 74: 98-105.

Casas, A., D. Cianzio, A. Rivera, L. Cantisani y L. Añeses. 2001. **Estimación de la Edad de las Vacunos Por sus Incisivos.** Boletín 229. Estación Experimental Agrícola.

Casas, A., D. Cianzio y A. Rivera. 2005. **Importancia del Mercado Consumidor de Carne de Res**. La res informativa. Vol. 9, número 1, Estación Experimental Agrícola.

Cox, Pat M. 1987. **Ultra congelación de Alimentos**. Editorial Acribia, S.A. Zaragoza, España.

Diles, J.J.B., M. F. Miller y B.L. Owen. 1994. **Calcium Chloride Concentration, Injection Time, and Aging Period Effects on Tenderness, Sensory, and Retail Color Atributes of Loin Steaks from Mature Cows.** Journal of Animal Science. 72:2017-2021.

Departamento de Agricultura. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas. 2007/2008. **Ingreso Bruto de la Agricultura de Puerto Rico. Cifras revisadas 2006/07 y preliminares 2007/08**.

Departamento de Agricultura. Estado Libre Asociado de Puerto Rico. Oficina de Estadísticas. 2006/2007. **Estimado del Consumo de Productos Agrícolas Seleccionados.**

Eilers, J.D., J.D. Tatum, J.B. Morgan y G.C. Smith. 1996. **Modification of Early-Postmortem Muscle pH and Use of Post-Mortem Aging to Improve Beef Tenderness.** Journal of Animal Sc. 74: 790-798.

Foote, M.R., R.L. Horst. E. Huff-Lonergan, A.H. Trenkle, F.C. Parrish y D.C. Beitz. 2004. **The use of vitamin $D_3$ and its metabolites to improve beef tenderness**. Journal of Animal Sc. 82:242-249.

Geesink, G.H., A.D. Bekhit y R. Bickerstaffe. 2000. **Rigor Mortis and Meat Quality Characteristics of Lamb Longissimus Muscle.** Journal of Animal Sc. 78:2842-2848.

Georges-Evins, C.D. J.A. Unruh, A.T. Waylan y J.L. Marsden. 2004. **Influence of quality classification, aging period, blade tenderization, and end point cooking temperature on cooking characteristics and tenderness of beef gluteus medius steaks**. Journal of Animal Sc. 82: 1863-1867.

Hilton, G.G., J.D. Tatum, S.E. Williams, K.E. Belk, F.L. Williams, J.W. Wise y G.C. Smith. 1998. **An Evaluation of Current and Alternative Systems for Quality Grading Carcasses of Mature Slaughter Cows**. Journal of Animal Sc. 76: 2094-2103.

Huerta-Leidenz,N., A. Rodas-Gonzalez y G. Smith. 2004. **Effect of Vaccum and Influence of sire on palatability of beef *Longissimus* from Grass-FED F1 Senepol x Zebu Bulls**. Revista Cientifica, FCV-LUZ. Vol. XIV. N 3: 263-269.

Huff-Lonergan, E., F.C. Parrish y R. Roson. 1995. **Effects of Post Morten Aging Time, Animal Age, and Sex on Degradation of Titin and Nebulin in Bovine Longissimus Muscle.** Journal of Animal Sc. 73: 1064-1073.

Hui, Y. H, I. Guerrero y M. Rosmini. 2006. **Ciencia y Tecnologia de Carnes**. Editorial Limusa, S.A. de C.V.Grupo Noriega Editores. Balderas 95, Mexico, D.F.

Jeremiah, L.E. y L.L. Gibson. 2003. **The effects of postomortem product handling and aging time on beef palatability.** Food Research International. 36: 929-941.

Kannan, G., C.B. Chawan, B. Kouakou y S. Gelaye. 2002. **Influence of packaging Method and Storage Time on Shear Value and Mechanical Strength of Intramuscular Connective Tissue of Chevon**. Journal of Animal Sc. 80: 2383-2389.

Kerth, C.R., J.L. Montgomery, J.L. Lansdell, C.B.Ramsey y M.F. Miller. 2002. **Shear gradient in longissimus steaks**. Journal of Animal Sc. 80: 2390-2395.

King, D.A., M.E. Dikeman, T.L. Wheeler, C.L. Kastner y M. Koohmarie. 2003. **Chilling and cooking rate effects on some myofibrillar determinants of tenderness of beef.** Journal of Animal Sc. 81:1473-1481.

Konopka, P. 1988. **La alimentacion del deportista.** Ediciones Martinez Roca, S.A. Barcelona

Kuber, P.S., J.R. Busboom, E. Huff-Lonergan, S.K. Duckett, P.S. Mir, Z. Mir. R.J. McCormick, M.V. Dodson, C.T. Gaskins, J.D. Cronrath, D.J. Marks y J.J. Reeeves. 2004. **Effects of Biological Type and Dietary Fat Treatment on Factors Associated with Tenderness: I. Measurements on Beef Longissimus Muscle.** Journal of Animal Sc. 82: 770-778.

Laster, M.A., R.D. Smith, K.L. Nicholson. J.D.W. Nicholson, R.K. Miller, D.B. Griffin, K.B. Harris y J.W. Savell. 2008. **Dry versus wet aging of beef: Retail cutting yields and consumer sensory attribute evaluations of steaks from ribeyes, strips loins, and top sirloins from to quality grade groups**. Meat Sc. 80: 795-804

Lawrence, T.E., J.D. Whatley, T.H. Montgomery, L.J. Perino y M.E. Dikeman. 2001. **Influence of Dental Carcass Maturity Classification on Carcass Traits and Tenderness of Longissimus Steaks from Commercially Fed Cattle.** Journal of Animal Sc. 79: 2092-2096.

Lattuada C. y B.P. Dey, 1998. **Physical Examination of Meat and Poultry Products.** USDA/FSIS. Microbiology Laboratory Guide Book, 3rd edition. 1998.

Lee, M.S., J.K. Apple, J.W.S. Yancey, J.T.Sawyer y Z.B. Johnson. 2008**. Influence of wet-aging on bloom development in the *longissimus thoracis***. Meat Sc. 80:703-707

Lorenzen, C.L., R.K. Miller, J.F. Taylor, T.R. Neely, J.D. Tatum, J.W. Wise, M.J. Buyck, J.O. Reagan y J.W. Savell. 2003. **Beef Customer Satisfaction: Trained Sensory Panel Ratings and Warner-Bratzler Shear Force Values**. Journal of Animal Sc. 81: 143-149.

Lui, Q., M. Lanari y D.M. Schaefer. 1995. **A Review of Dietary Vitamin E Supplementation for Improvement of Beef Quality**. Journal of Animal Sc. 73: 3131-3140

Lundesjö, M., M. Seyfert, M. Hunt y D. Jonhson. 2006. **Dry aging of beef in a bag highly permeable to water and vapour**. Meat Sc. 73: 674-679.

Lyman, R. y M. Longnecker. 2001. **An Introduction to Statistical Methods and Data Analysis. 5th**. Wadsworth Group. Duxbury Thomson Learning. CA. USA.

Mancini, R.A. y M.C.Hunt. 2005. **Current research in meat color**. Meat Sc. 71:100-121.

Miller, M.F., C. R. Kerth, J.W. Wise, J.L. Lansdell, J.E. Stowell y C.B. Ramsey. 1997. **Slaughter Plant Location, USDA Quality Grade, External Fat Thickness, and Aging Time Effects on Sensory Characteristics of Beef Loin Strip Steak.** Journal of Animal Sc. 75: 662-667.

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**. Journal of Animal Sc. 71: 1471-1476.

O'Connor S.F., JD. Tatum, D.M. Wulf, R.D. Green y G.C. Smith. 1997. **Genetics Effects on Beef in Bos indicus Composite and Bos Taurus cattle**. Journal Of Animal Science.75:1822-1830

Olson, D. G. y F. C. Parrish. 1977. **Relationship of myofibril fragmentation index to measures of beefsteak tenderness.** Journal of Food Sc. 42(2):506, 508-509.

Oregon State University, **Physical and Chemical Methods of Evaluation**, February, 2005.

Ouali, A., C. H. Herrera-Mendez, G. Coulis, S. Becilia, A. Boudjellal, L. Aubry y M. Sentandreu. 2006. **Revistings the Conversion of muscle into meat and the underlying mechanisms**. Meat Sc. 74: 44-58.

Plessis, I. y L. L.C. Hoffman. 2007. **Effect of slaughter age and breed on the carcass traits and meat quality of beef steers finished on natural pastures in the arid subtropics of South Africa**. The South Africa Journal of Animal Sc. 37(3): 143-153.

Pringle,T.D., S.E. Williams, B.S. Lamb D. Johnson y R.L. West. 1997. **Carcass Characteristics, the calpain proteinase System, and aged tenderness of Angus and Brahman crossbred steers**. Journal of Animal Sc. 75: 2955-2961.

Purchas, R.W., X. Yan y D.G. Hartley. 1999. **The influence of a Period of ageing on the relationship between ultimate pH and shear values of beef *m. longissimus thoracis***. Meat Sc. 51:135-141.

Rhee, M.S., T.L. Wheeler, S.D.Shackelford y M. Koohmaraie. 2004. **Variation in Palatability and biochemical traits within and among eleven beef muscles**. Journal of Animal Sc. 82:543-550.

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 MS. Universidad de Puerto Rico, Mayagüez, P.R.

Scanga, J.A., K.E. Belk, J.D. Tatum y G.C. Smith. 2001. **Supranutritional Oral Supplemantation with Vitamin $D_3$ and Calcium and the Effects on Beef Tenderness**. Journal of Animal Sc. 79: 912-918.

Silva, J.A., L. Patarata y C. Martins. 1999. **Influence of ultimate pH on bovine tenderness during ageing**. Meat Sc. 52: 453-459.

Stetzer,A., E. Tucker, F.K. McKeith y M.S. Brewer. 2007. **Quality Changes in beef *Complexus, Serratus Ventralis, Vastus Lateralis, Vastus Medialis*, and *Longissimus Dorsi* Muscles Enhanced Prior to Aging.** Journal of Food Sc. 73: 6-10.

Wheeler, T.L. y M. Koohmaraie. 1994. **Pre rigor and post rigor changes in tenderness of ovine *longissimus* muscle**. Journal of Animal Sc. 72:1232-1238.

Wheeler, T.L., S.D. Shackelford y M. Koohmaraie. 1999. **Tenderness Classification of Beef: IV. Effect of USDA Quality Grade on the Palatability of: "Tender" Beef Longissimus When Cooked Well Done**. Journal of Animal Sc. 77: 882-888.

Whipple, G., M. Koohmaraie, M.E. Dikeman y J.D. Crouse. 1990. **Effects of High-Temperature Conditioning on Enzymatic Activity and Tenderness of Bos Indicus Longissimus Muscle.** Journal of Animal Sc. 68: 3654-3662.

Wulf, D.M., R.S. Emnett, J.M. Leheska y S.J. Moeller. 2002. **Relationships among glycolytic potential, dark cutting (Dark, Firm, and Dry) Beef, and Cooked Beef Palatability**. Journal of Animal Sc. 80: 1895-1903.

Wulf, D.M., S. O'Connor, J. Tatum y G. Smith. 1997. **Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness**. Journal of Animal Sc. 75:684-692.

## Apéndice 1. Escala Hedónica - Hoja Panel Sensorial

Universidad de Puerto Rico
Recinto Universitario Mayagüez
Departamento Industria Pecuaria

**Evaluación Sensorial**

No. panelista: _____ Fecha: _____

No. sesión: _____ Hora: _____

| No. muestra | Jugosidad | Terneza | Aceptación General | Comentarios |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

**Escala Hedónica:**

| Jugosidad | Terneza | Aceptación General |
|---|---|---|
| 8 - Extremadamente jugosa | 8 - Extremadamente tierna | 8 - Extremadamente deseable |
| 7 - Muy jugosa | 7 - Muy tierna | 7 - Muy deseable |
| 6 – Moderadamente jugosa | 6 – Moderadamente tierna | 6 – Moderadamente deseable |
| 5 – Levemente jugosa | 5 – Levemente tierna | 5 – Levemente deseable |
| 4 – Levemente seca | 4 – Levemente dura | 4 – Levemente indeseable |
| 3 – Moderadamente seca | 3 – Moderadamente dura | 3 – Moderadamente indeseable |
| 2 – Muy seca | 2 – Muy dura | 2 – Muy indeseable |
| 1 – Extremadamente seca | 1 – Extremadamente dura | 1 – Extremadamente indeseable |

Apéndice 2. Destino y Tipo de animal.

| ID | Destino | ID Matadero | #DP | Tipo | Fecha Matanza | Peso Canal | Perniles | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Izquierdo | Derecho |
| 1 | Balboa | 710 | 2 | carne | 6/6/2006 | 470 | 103 | 107 |
| 2 | Balboa | 711 | 2 | carne | 6/6/2006 | 665 | 143 | 154 |
| 3 | Balboa | 644 | 2 | carne | 20-7-06 | 505 | 110 | 110 |
| 4 | Lajas | 611 | 2 | carne | 1/6/2006 | 623 | 127 | 132 |
| 5 | Sab Grd | 612 | 2 | carne | 1/6/2006 | 643 | 152 | 153 |
| 6 | Lajas | 613 | 2 | carne | 1/6/2006 | 657 | 134 | 148 |
| 7 | Horm | 735 | 4 | carne | 6/6/2006 | 427 | 96 | 97 |
| 8 | CR1 | 597 | 4 | carne | 17-7-06 | 579 | 122 | 122 |
| 9 | CR1 | 660 | 4 | carne | 20-7-06 | 578 | 126 | 126 |
| 10 | Balboa | 758 | 4 | carne | 24-7-06 | 579 | 118 | 115 |
| 11 | Balboa | 756 | 4 | carne | 24-7-06 | 572 | 120 | 120 |
| 12 | CR2 | 763 | 4 | carne | 24-7-06 | 528 | 128 | 129 |
| 13 | Yauco | 614 | 6 | leche | 1/6/2006 | 515 | 121 | 122 |
| 14 | Yauco | 621 | 6 | carne | 1/6/2006 | 861 | 199 | 191 |
| 15 | CR2 | 731 | 6 | leche | 6/6/2006 | 493 | 110 | 111 |
| 16 | Sab Grd | 781 | 6 | carne | 8/6/2006 | 567 | 126 | 120 |
| 17 | Lajas | 733 | 6 | leche | 6/6/2006 | 540 | 123 | 121 |
| 18 | CR1 | 782 | 6 | carne | 8/6/2006 | 520 | 122 | 119 |
| 19 | Sab Grd | 734 | 8 | leche | 6/6/2006 | 556 | 125 | 127 |
| 20 | Yauco | 779 | 8 | leche | 8/6/2006 | 699 | 155 | 153 |
| 21 | Horm | 598 | 8 | carne | 17-7-06 | 629 | 125 | 127 |
| 22 | Horm | 599 | 8 | carne | 17-7-06 | 640 | 116 | 118 |
| 23 | CR2 | 667 | 8 | carne | 20-7-06 | 627 | 139 | 141 |
| 24 | Balboa | 754 | 8 | carne | 24-7-06 | 640 | 135 | 140 |

## Apéndice 3. Modelo Estadístico Parcelas Divididas.

```
proc mixed data= todojunto;

class edad tratamiento animal musculo repeticion;

model wbscoc=edad|tratamiento|musculo / ddfm=kr;

random animal(edad) musculo*animal(edad) repeticion(animal tratamiento
musculo) ;

lsmeans edad tratamiento musculo / pdiff adjust= tukey;

lsmeans tratamiento*musculo / pdiff adjust=tukey slice=(musculo tratamiento);

lsmeans edad*tratamiento edad*musculo edad*musculo*tratamiento ;

ods output diffs=ppp lsmeans=mmm;

ods listing exclude diffs;

run;

%include 'E:\pdmix800.sas';

%pdmix800(ppp,mmm,alpha=.05,sort=yes, slice=musculo);

%pdmix800(ppp,mmm,alpha=.05,sort=yes, slice=tratamiento);

%pdmix800(ppp,mmm,alpha=.05,sort=yes);

run;
```