

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA

Y ZOOTECNIA

EVALUACIÓN DEL GROSOR DE GRASA SUBCUTANEA, COLOR SUBJETIVO
Y OBJETIVO, pH Y MARMOLEO COMO PREDICTORES DE LA SUAVIDAD DE
CARNE BOVINA EN MÉXICO

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

PRESENTA

ROLANDO OLIVA GARCÍA

Asesor:

Dra. María Salud Rubio Lozano

México, D. F.

2012



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a la vida por haberme permitido lograr una meta más.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, por brindarme formación profesional y darme la oportunidad de formar grandes amigos.

A mis profesores y sinodales de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, por su dedicación, pasión y profesionalismo.

A mi asesora la Dra. María Salud Rubio Lozano, por su ayuda en la realización de este trabajo, compartir sus conocimientos, experiencia y paciencia.

DEDICATORIA

A mi madre, Ana María Oliva García, por ser una gran mujer y madre, ejemplo a seguir y que en todo momento me ha brindado su amor, apoyo y comprensión, que me ha formado y educado, a quien debo gran parte de esta meta que he alcanzado, quien sin escatimar esfuerzo alguno ha dado gran parte de su vida con la ilusión de verme convertido en un persona de provecho.

Dedico esta tesis a mi madre por impulsarme y permitirme llevar a cabo mis sueños.

A mis abuelitos, Ana García Victoria y Matías Oliva Alday, (en memoria) por su amor y cuidado, ser parte fundamental de mi formación como persona y mi educación, por ser un gran ejemplo de salir adelante a pesar de las adversidades.

A mi tía Flora Oliva García, por su consejo, darme el apoyo y cariño de una madre y guiarme por el camino del bien.

A Aura Pamela Arriaga Montero, por su cariño y complicidad, por confiar y creer en mí, cuando más abatido me sentía, impulsarme a seguir.

A mi tío Salvador Navarrete Romano, (en memoria) por brindarme su apoyo y consejo oportuno.

A mi primo; Jesús Navarrete Oliva, por enseñarme el significado de la palabra hermano, ser un compañero y amigo desde la infancia.

CONTENIDO

| | Página |
|--|-----------|
| I. RESUMEN..... | 1 |
| II. INTRODUCCIÓN..... | 3 |
| ANTECEDENTES – REVISIÓN DE LA LITERATURA..... | 4 |
| CALIDAD Y SUAVIDAD DE CARNE EN EL CONTEXTO DEL MERCADO INTERNACIONAL..... | 4 |
| GANADERIA BOVINA DE CARNE..... | 6 |
| <i>Características y desarrollo del sector Mexicano.....</i> | <i>6</i> |
| <i>Producción y procesamientos.....</i> | <i>7</i> |
| <i>Producción de carne de bovino en México.....</i> | <i>8</i> |
| <i>Comercialización y consumo.....</i> | <i>10</i> |
| <i>Exportaciones.....</i> | <i>12</i> |
| <i>Importaciones.....</i> | <i>13</i> |
| CALIDAD DE LA CARNE..... | 13 |
| <i>Factores que afectan la suavidad y calidad de la carne.....</i> | <i>15</i> |
| <i>Contenido de grasa intramuscular</i> | <i>15</i> |
| <i>Edad.....</i> | <i>17</i> |
| <i>Determinación de indicadores de la suavidad de la carne.....</i> | <i>18</i> |
| <i>Grosor de grasa.....</i> | <i>19</i> |
| <i>Color.....</i> | <i>19</i> |
| <i>pH.....</i> | <i>21</i> |
| <i>Marmoleo.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Fuerza de corte.....</i> | <i>26</i> |
| III. MATERIAL Y MÉTODOS..... | 25 |
| <i>Medición de grosor de grasa.....</i> | <i>25</i> |
| <i>Grado de marmoleo.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Medición de pH.....</i> | <i>26</i> |
| <i>Medición de color objetivo.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Medición de color subjetivo.....</i> | <i>27</i> |
| <i>Medición de fuerza de corte.....</i> | <i>28</i> |
| <i>Análisis estadístico.....</i> | <i>29</i> |

| | |
|---|-----------|
| IV. RESULTADOS..... | 30 |
| COMPORTAMIENTO GENERAL DE LAS VARIABLES..... | 30 |
| INTERRELACIÓN ENTRE VARIABLES..... | 32 |
| PREDICCIÓN DE LA FUERZA DE CORTE A TRAVÉS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS..... | 33 |
| <i>Efecto del grosor de grasa, L^*, a^*, b^*, color subjetivo, pH y marmoleo sobre fuerza de corte (WB).....</i> | <i>33</i> |
| <i>Efecto de la combinación de dos variables sobre la predicción de la fuerza de corte (WB).....</i> | <i>34</i> |
| <i>Efecto de la combinación de tres variables sobre la predicción de la fuerza de corte (WB).....</i> | <i>37</i> |
| V. DISCUSIÓN..... | 43 |
| VI. REFERENCIAS..... | 44 |

LISTA DE TABLAS

| Tabla | Página |
|--|--------|
| 1. Producción de carne de bovino en canal (ton) 2005-2010..... | 8 |
| 2. Producción en toneladas/ región centro occidente 2005-2010..... | 8 |
| 3. Producción en toneladas/ región centro 2005-2010..... | 8 |
| 4. Producción en toneladas/ región noreste 2005-2010..... | 9 |
| 5. Producción en toneladas/ región noroeste 2005-2010..... | 9 |
| 6. Producción en toneladas/ región sur sureste 2005-2010..... | 9 |

LISTA DE CUADROS

| Cuadros | Página |
|---|--------|
| 1. Efecto del grado de marmoleo en los atributos sensoriales de la chuleta de res..... | 16 |
| 2. Resultados de la Fuerza de corte por el método Warner-Bratzler en el músculo <i>Longissimus</i> de diferentes especies, de acuerdo a varios autores y a diferentes métodos de cocción..... | 23 |
| 3. Medias, desviaciones estándar, mínimos y máximos para las características de la canal y la carne de la población seleccionada..... | 31 |
| 4. Matriz de correlación de Pearson entre las variables estudiadas..... | 32 |
| 5. Regresión simple sobre fuerza de corte (WB) con grosor de grasa, L*, a*, b*, color subjetivo, pH y marmoleo..... | 33 |
| 6. Regresión Múltiple de combinaciones de dos variables independientes para predecir fuerza de corte..... | 35 |
| 7. Regresión Múltiple de combinaciones de tres variables independientes para predecir fuerza de corte..... | 37 |

VI

LISTA DE FIGURAS

| Figura | Página |
|--|--------|
| 1. Medición del grosor de grasa en la chuleta..... | 25 |
| 2. Relación entre el marmoleo del área del ojo de la costilla y la escala de medición empleada para estimar dicho marmoleo.... | 26 |
| 3. Medición de pH en chuleta por el método potenciométrico..... | 27 |
| 4. Medición de coloración subjetiva, en base a los estándares de la NMX-FF- 078-SCFI-2002..... | 28 |

I.RESUMEN

OLIVA GARCÍA ROLANDO. Evaluación del grosor de grasa subcutánea, color subjetivo y objetivo, pH y marmoleo como predictores de la suavidad de carne bovina en México (bajo la dirección de la: MVZ, PhD María de la Salud Rubio Lozano)

Con la finalidad de ofrecer alternativas para la predicción de la suavidad de la carne bovina, se evaluaron 400 bovinos (enteros y castrados) F1 Pardo Suizo con Cebú, durante el verano en un periodo de dos años (2009/2010), originarios del estado de Hermosillo con un rango de edad entre 20-22 meses y con 165 días de engorda en corral. Las variables medidas en las canales de grosor de grasa, color objetivo y subjetivo, pH, y marmoleo se correlacionaron con la suavidad de la carne medida a través de la fuerza de corte (*Warner-Braztler*). Los resultados se analizaron con el programa Statgraphics Centurion XV, Versión 15.02.05. Se hizo una descripción de la población estudiada. Posteriormente se realizaron correlaciones entre las variables estudiadas. Por último, se utilizó el modelo de regresión simple y múltiple para la relación entre la fuerza de corte con cada una de las variables y la combinación de las variables independientes que son posibles predictores. Como resultado en la interrelación entre las variables en ninguna de ellas por sí solas se relacionó significativamente con la fuerza de corte, Sin embargo, se aprecian correlaciones significativas como el grosor de grasa con el color subjetivo y el marmoleo ($P < 0.001$). Igualmente, la luminosidad se relaciona significativamente con el color rojo y la intensidad de amarillo de la carne, En

cuanto a las regresiones múltiples en la combinación de dos y tres variables, la variable dependiente WB y la combinación de las variables independientes (grosor de grasa, L^* , a^* , b^* , color subjetivo, pH y marmoleo) tampoco ejercieron una acción significativa, mostrando coeficientes de correlación bajos, lo cual indica la baja relación entre las variables y por lo tanto la incapacidad de predicción de los datos.

II.INTRODUCCIÓN

La obtención de carne de calidad es resultado de un sistema integral que abarca desde la producción hasta la transformación de animales de abasto. La calidad de la carne está en relación con diversos factores asociados con la percepción del consumidor, precio y mercado.

Condiciones como: transporte, alimentación, raza, sexo y peso, previas al sacrificio pueden afectar de manera negativa el pH y el color, produciendo carnes OFS, las cuales son rechazadas en la industria cárnica (Mancini et al., 2005).

Si los animales pasan un periodo de ayuno prolongado y posteriormente sufren un estrés abusivo durante su manejo antes de la matanza, el pH, el color y hasta la suavidad de la carne se verán afectados de manera que la calidad de la carne se verá perjudicada.

Con anterioridad, varios investigadores han demostrado una relación entre el pH muscular final y la suavidad de la carne (Purchas, 1990; Watanebe, Daly, y Devine, 1996., Jeremías, Tong, y Gibson 1991; Wulf, Tatum O'Connor, y Smith, 1997; Tatum, Belk, George, y Smith, 1999). Dichos autores reportaron que las mediciones objetivas de color del músculo *Longissimus dorsi* (LD), estaban estrechamente relacionadas con la suavidad de la carne, de manera que podría hacerse una selección de canales hacia palatabilidad en base al color de las mismas. Wulf y Page (2000) también encontraron que cuando se introduce L^* y b^* en las ecuaciones de regresión múltiple para predecir la fuerza de corte del (LD) y la palatabilidad, la R^2 (coeficiente de determinación) era mayor que considerando

sólo el marmoleo. El color del músculo (LD) podría usarse como un método no invasivo y potencialmente útil como predictor de la suavidad de la carne.

Por lo tanto, esta investigación buscó la relación entre las mediciones de color, pH, grosor de grasa y marmoleo con la suavidad de la carne de canales mexicanas determinada por el método de (*Warner-Bratzler*) con el objetivo de ofrecer alternativas para la predicción de la suavidad de la carne de manera sencilla y no-invasiva, ya que es necesario comprobar la constante eficacia de las medidas que son enfocadas hacia el mejoramiento de la calidad, además de identificar nuevas tendencias y problemas.

ANTECEDENTES – REVISIÓN DE LA LITERATURA

CALIDAD Y SUAVIDAD DE CARNE EN EL CONTEXTO DEL MERCADO INTERNACIONAL

El principal objetivo de muchas investigaciones ha sido el establecer las características de la carne que se comercializa (*Savell et al.*, 1991; *George et al.*, 1999; *Zerby et al.*, 1999; *Brooks et al.*, 2000; *Roeber et al.*, 2001) en función de todos los factores que la afectan. De esta manera, se permite identificar los puntos clave en la cadena productiva que más influencia tienen sobre calidad así como las próximas tendencias del mercado. En países como Estados Unidos la ganadería bovina ha alcanzado un alto grado de desarrollo al pasar de los años, este desarrollo se ha sustentado, al menos en parte, en la constante investigación en el área de calidad (*Murphey et al.*, 1960; *Abraham et al.*, 1980) y de esta manera se pueden encontrar numerosas investigaciones. Ejemplo de esto sería la

investigación nacional que se llevó a cabo en los puntos de venta de carne fresca de bovino a menudeo (Savell *et al.*, 1991). El objetivo de esta fue cuantificar la calidad de grasa externa que quedaba en los cortes, así como la cantidad de grasa de recorte intramuscular. Esto se hizo para comprobar la correspondencia entre la práctica comercial y la nueva normativa según la cual los comerciantes debían reducir la grasa externa en los cortes de res, esta información permitió actualizar los datos de composición de la carne de res que estaban basados en las especificaciones obsoletas.

Uno de los atributos de calidad de carne bovina más controvertido es el de la suavidad. Tal vez por esa razón se encuentran investigaciones exclusivamente relacionadas con este atributo. Ejemplo de esto es el estudio nacional sobre la suavidad de carne de bovino de 1998 en Estados Unidos (Brooks *et al.*, 2000). En el mismo, se muestrearon cadenas de supermercados y comedores colectivos de ocho ciudades de este país. Se tomaron muestras de varias cortes de carne de bovino, en la cual la suavidad fue evaluada objetivamente mediante la fuerza de corte y subjetivamente por un panel de consumidores, Se identificaron los cortes con problemas de suavidad, mismos que se asociaron con la insuficiente maduración de la carne antes de su consumo.

GANADERIA BOVINA DE CARNE

Características y desarrollo del sector Mexicano

La ganadería bovina representa una de las principales actividades del sector agropecuario en México, por la contribución que realiza a la oferta de productos cárnicos y lácteos, así como su participación en la balanza comercial del país, donde las exportaciones de becerros en pie siguen siendo su principal rubro de aportación a la balanza comercial.

Al transcurso de las décadas los patrones culturales de consumo de productos cárnicos han hecho que la carne de ganado bovino sea el ordenador de la demanda y de los precios del resto de las carnes; sin ser la de mayor consumo por volumen, en el hogar mexicano se ha elaborado tradicionalmente la mayoría de sus alimentos con carne de bovino, como lo representa su gran variedad de platillos a lo largo de todo el país, sin embargo, en los últimos años, factores de índole de salud pública y económicos han propiciado los cambios de hábitos en el consumo, ya que actualmente se le da mayor importancia a la frecuente aparición de enfermedades de los animales como es el caso de la Encefalopatía Espongiforme Bovina (EEB), así como otros cuidados para consumir productos saludables, principalmente en el consumo de grasas excesivas, otro factor importante es el económico, ya que las parejas actuales tiene que participar activamente en los ingresos de la familia, por lo que se tiende a consumir platillos que sean poco elaborados.

Producción y procesamientos

México se divide en cinco grandes regiones de acuerdo con sus características, recursos y condiciones climáticas, por tal motivo la cadena productiva de carne de bovino en México, no es homogénea y varía de acuerdo con la región.

La cadena productiva de carne de bovino en México está compuesta de los siguientes eslabones:

- a) **Producción primaria.**, comprende todas las etapas de producción del ganado: desde la cría, el desarrollo, la engorda o finalización, hasta su envío a rastro.
- b) **Transformación o industrialización**, constituido por los rastros (quienes realizan la recepción del ganado en pie), la matanza, la transformación (corte, deshuese, refrigerado/congelado), empaque y embarque.
- c) **Comercialización**, comprende los detallistas que llevan el producto al consumidor final.

Producción de carne de bovino en México

Tabla 1. Producción de carne de bovino en canal (ton) 2005-2010

| 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 1557707 | 1612992 | 1635040 | 1667136 | 1704985 | 1744737 |

SIAP 2010

Distribución regional de la producción de carne bovina en México

REGION CENTRO OCCIDENTE

Tabla 2. Producción en toneladas/ región centro occidente 2005-2010

| ESTADO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| AGUASCALIENTES | 17,225 | 23,560 | 25,673 | 28,067 | 32,177 | 35,119 | 234,084 |
| COLIMA | 22,120 | 21,638 | 20,043 | 19,849 | 18,799 | 19,829 | 205,420 |
| GUANAJUATO | 63,372 | 60,145 | 63,311 | 79,462 | 75,186 | 78,335 | 684,776 |
| JALISCO | 344,885 | 347,665 | 349,100 | 347,594 | 351,636 | 366,893 | 3,531,777 |
| MICHOACAN | 99,106 | 105,209 | 127,991 | 137,217 | 145,221 | 154,164 | 1,148,875 |
| QUERETARO | 50,358 | 49,758 | 49,017 | 48,813 | 51,764 | 52,423 | 524,811 |
| SAN LUIS POTOSI | 98,052 | 110,906 | 96,817 | 90,012 | 78,165 | 82,869 | 760,451 |
| TOTAL | 695,118 | 718,881 | 731,952 | 751,014 | 752,948 | 789,632 | 7,090,194 |

SIAP 2010

REGION CENTRO

Tabla 3. Producción en toneladas/ región centro 2005-2010

| ESTADO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL |
|------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| DISTRITO FEDERAL | 1,169 | 1,558 | 1,277 | 1,308 | 1,271 | 1,100 | 15,663 |
| GUERRERO | 68,667 | 71,225 | 73,412 | 72,332 | 72,614 | 74,806 | 703,262 |
| HIDALGO | 56,732 | 62,296 | 62,756 | 65,168 | 65,907 | 65,238 | 597,984 |
| MEXICO | 79,144 | 81,344 | 81,909 | 78,795 | 79,666 | 80,664 | 771,648 |
| MORELOS | 9,405 | 9,892 | 10,518 | 10,173 | 11,748 | 11,924 | 99,962 |
| PUEBLA | 58,916 | 71,197 | 70,353 | 69,727 | 70,692 | 74,903 | 646,518 |
| TLAXCALA | 20,941 | 23,716 | 23,908 | 24,740 | 25,055 | 24,772 | 209,425 |
| TOTAL | 294,974 | 321,228 | 324,133 | 322,243 | 326,953 | 333,407 | 3,044,462 |

SIAP 2010

REGION NORESTE

Tabla 4. Producción en toneladas/ región noreste 2005-2010

| ESTADO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL |
|--------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| COAHUILA | 85,737 | 94,576 | 97,964 | 105,523 | 118,289 | 118,159 | 972,307 |
| CHIHUAHUA | 134,842 | 132,334 | 136,119 | 164,444 | 177,348 | 177,096 | 1,447,863 |
| DURANGO | 116,190 | 128,640 | 121,897 | 119,908 | 113,364 | 118,500 | 1,208,171 |
| NUEVO LEON | 64,108 | 62,347 | 74,379 | 71,229 | 74,280 | 72,285 | 689,479 |
| TAMAULIPAS | 104,511 | 107,224 | 111,037 | 108,388 | 110,932 | 106,022 | 1,066,257 |
| ZACATECAS | 83,884 | 85,679 | 86,452 | 90,507 | 86,386 | 92,068 | 841,889 |
| TOTAL | 589,272 | 610,800 | 627,848 | 659,999 | 680,599 | 684,130 | 6,225,966 |

SIAP 2010

REGION NOROESTE

Tabla 5. Producción en toneladas/ región noroeste 2005-2010

| ESTADO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL |
|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|------------------|
| BAJA CALIFORNIA | 120,290 | 132,165 | 142,342 | 130,788 | 125,379 | 152,442 | 1,201,499 |
| BAJA CALIFORNIA SUR | 10,405 | 11,377 | 11,869 | 11,182 | 11,647 | 11,592 | 111,426 |
| NAYARIT | 39,173 | 40,839 | 45,989 | 47,096 | 44,115 | 45,427 | 422,988 |
| SINALOA | 138,809 | 139,708 | 140,346 | 144,473 | 148,306 | 148,624 | 1,415,516 |
| SONORA | 133,995 | 135,840 | 138,664 | 136,306 | 143,510 | 148,260 | 1,386,063 |
| TOTAL | 442,672 | 459,929 | 479,210 | 469,845 | 472,957 | 506,345 | 4,537,492 |

SIAP 2010

REGION SUR-SURESTE

Tabla 6. Producción en toneladas/ región sur sureste 2005-2010

| ESTADO | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | TOTAL |
|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|
| CAMPECHE | 39,509 | 40,133 | 41,735 | 43,357 | 42,833 | 39,450 | 413,494 |
| CHIAPAS | 186,390 | 187,411 | 193,137 | 196,032 | 209,179 | 210,790 | 1,903,119 |
| OAXACA | 74,102 | 72,925 | 76,976 | 78,331 | 79,008 | 84,762 | 746,283 |
| QUINTANA ROO | 8,707 | 8,774 | 8,532 | 9,240 | 9,413 | 9,404 | 86,545 |

| | | | | | | | |
|----------|---------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
| TABASCO | 116,255 | 118,442 | 115,855 | 120,394 | 121,904 | 121,433 | 1,129,654 |
| VERACRUZ | 399,873 | 429,691 | 437,064 | 453,339 | 465,483 | 496,438 | 4,271,487 |
| YUCATAN | 53,593 | 56,823 | 48,634 | 52,721 | 51,230 | 57,682 | 578,616 |
| TOTAL | 878,429 | 914,199 | 921,933 | 953,414 | 979,050 | 1,019,959 | 9,129,198 |

SIAP 2010

De lo anterior, se observa que la región con mayor producción de carne de res es el Sur-Sureste (9,129,198), seguido por el Centro Occidente (7,090,194), Noreste (6,225,966), Noroeste (4,537,492) y Centro (3,044,462). Siendo los principales estados productores de la república: Veracruz (4,271,487), Jalisco (3,531,777) y Chiapas (1,903,119).

Comercialización y consumo

En 2007, se mataron 7.9 millones de cabezas. A partir de 2013 se estima un crecimiento paulatino para así llegar a 8.3 millones en 2018. Se estima que en 2018 la producción se incremente a 1.7 millones de toneladas (Escenario base del sector agropecuario en México, Proyecciones 2009-2018)

La demanda de carne responde principalmente a su precio, al ingreso de los consumidores y a los precios de otras carnes (cerdo y ave). Debido a una caída en el ingreso real de la población, aunado a un incremento del precio real de la carne de bovino, se estima que el consumo per cápita de ésta disminuya de 17.3 kg en 2008 a 16.89 en 2014, para después mantenerse y alcanzar los 16.98 kg para 2018. Sin embargo, se estima un crecimiento de la demanda total debido al incremento de la población total. En 2008 se proyectó una demanda de carne de 1.9 millones de toneladas, mientras que para 2018 se estima una demanda de 2.1 millones toneladas. (Escenario base del sector agropecuario en México, Proyecciones 2009-2018).

Cabe destacar que este sector se compone de importantes mercados. Uno de ellos es el ganado para engorda. Alrededor de 25% de la comercialización de

animales para la engorda se exporta a Estados Unidos. El resto, entra directamente a la cadena de producción nacional. Asimismo, la producción de carne interactúa de manera directa con el sector lechero en dos vertientes: primero, con gran parte de los becerros nacidos de vacas lecheras; y segundo, con las vacas lecheras de desecho que se destinan a la producción de carne. (Escenario base del sector agropecuario en México, Proyecciones 2009-2018).

Entre los mercados en los que existe oportunidad de penetrar, es en el europeo, por medio de nichos, como ejemplo se encuentran Francia y Alemania en el segmento de alta calidad y precios “Premium” para productos como carnes orgánicas y carnes provenientes de sistemas naturales free-range, que se refiere a carnes provenientes de sistemas de producción en campo sin promotores del crecimiento, lo que en México se conoce como ganadería de campo (Unión Ganadera Regional de Baja California, 2009).

También, de acuerdo a la experiencia de empresas mexicanas exportadoras, África, Europa y Medio Oriente, son potenciales mercados en los que se busca abrir o ampliar sus exportaciones. Particularmente África, continente al que actualmente se exporta a Angola y a Kenia, se ve como un excelente mercado, entre otras razones porque se cubren las condiciones de sanidad requerida, además de que al estar dirigidos estos productos a restaurantes y hoteles, los precios pagados son superiores a los obtenidos en Estados Unidos (Mexican-Beef, 2011).

Exportaciones

El principal rubro de las exportaciones mexicanas de bovinos es la de animales jóvenes para su finalización principalmente en los estados fronterizos de EUA. Destaca el estado de Chihuahua con el 51.3% del total de cabezas exportadas en 2008 tanto de becerro como de vaquilla.

El otro rubro importante en los últimos años es la exportación de carne fresca (deshuesada), refrigerada o congelada a países asiáticos como, Japón y Corea principalmente, permaneciendo como cliente principal EUA con más del 50% de la carne exportada. (Escenario base del sector agropecuario en México, Proyecciones 2009-2018). Otros países importadores de carne mexicana son Puerto Rico y recientemente Rusia, que a partir de 2010 ha incrementado notoriamente las importaciones de este producto.

Es importante para la industria de la carne bovina nacional mantenerse buscando nichos de mercado, para productos con un alto valor agregado, por lo que debe seguir trabajando en la promoción de la calidad de la carne de bovino mexicana, así como mantener un nivel sanitario alto, que le permita comercializar el producto en cualquier rubro del mercado internacional, y mantener una cadena productiva integrada que le permita producir costos competitivos a nivel mundial y con productos de calidad acordes a las necesidades del mercado actual.

La industria de la carne bovina enfrenta una gran competencia internacional y actualmente en general, el dinamismo de la demanda pecuaria, en el corto y largo plazo, sugiere grandes retos en este subsector para implementar estrategias que aumenten la producción ganadera, tales como la erradicación de

enfermedades, así como la conservación de suelos y uso eficiente del agua en la producción de cultivos y forraje.

Importaciones

Las importaciones nacionales de carne de bovino se concentran básicamente en carne deshuesada, la cual durante la década de los noventa alcanzaba un 20.0% de la comercialización total de carne. En 2008 el 76% de la carne que se importa procede de EUA y Canadá y el resto de Uruguay, Chile, Australia, Nueva Zelanda, Costa Rica, Panamá y Nicaragua.

Por otro lado, desde 2006 se ha presentado una importación de animales vivos principalmente becerros de engorda, procedentes de Nicaragua y Costa Rica, para ser finalizados en territorio nacional y contrarrestar las exportaciones de becerros hacia los EUA (Unión Ganadera Regional de Baja California, 2009).

CALIDAD DE LA CARNE

Encontrar una definición exacta cuando hablamos de calidad de carne es muy complejo ya que difiere entre los agentes participantes en la cadena de la carne, pues para algunos de ellos los atributos de calidad puede tener una percepción diferente. Para un ganadero/productor, los parámetros de calidad tienen relación con el aumento del peso vivo de los bovinos, velocidad de crecimiento y la conversión alimenticia hasta la comercialización del ganado; en el introductor de ganado a rastros, puede hacer referencia al peso de los bovinos adquiridos, edad, conformación, procedencia racial o cruza de éstas con aptitud cárnica que aseguren buen rendimiento en la canal; para los rastros (municipales y TIF), la calidad se relaciona con el rendimiento de la canal (máximo de músculo

y mínimo de hueso), además de un grado de terminación o engrasamiento (Horcada., 2005 ; Bavera., 2005). En carnicería la calidad se refiere al rendimiento, tamaño de piezas y cantidad de grasa que los cortes poseen de valor comercial que les permita satisfacer los requerimientos del consumidor, pero está condicionado a las características de las canales que el rastro o el introductor comercialice en un momento determinado. Para el consumidor final, la calidad atañe a las características propias que percibe en la carne como color, textura, jugosidad y sabor (Téllez, 2005).

La calidad de la carne bovina se puede definir como el conjunto de características logradas durante la producción y procesamiento que permiten brindar al consumidor un producto diferenciado que satisface sus expectativas (Depetris y Santini, 2005; Santrich, 2006) Se asocian tres categorías asociadas a la calidad de la carne: a) la calidad sensorial, medida por sus características organolépticas tales como la ternura, el color, el sabor y la jugosidad, b) La calidad nutricional, dictada mayormente por la composición química y c) la calidad higiénico-sanitaria o seguridad del alimento (Vásquez *et al.*, 2002).

Factores que afectan la suavidad y calidad de la carne

Contenido de grasa intramuscular

El contenido en grasa de la carne ha sido altamente relacionado con la calidad, porque afecta la jugosidad y la suavidad de la carne Goutenfoega y Valin (1976).

El contenido en grasa influye en la jugosidad a través de efectos directos e indirectos. La sensación de jugo liberado en la boca durante la masticación, o durante el primer mordisco, y la subsecuente estimulación de las glándulas salivares por la grasa, influye en la percepción de la jugosidad del producto (Cross, 1994).

El contenido en grasa también tiene un efecto indirecto sobre la jugosidad, provocando un efecto aislante de la carne durante el cocinado. Las elevadas temperaturas utilizadas en el cocinado degradan proteínas, resultando una liberación de agua por parte de la carne. La grasa conduce el calor a una menor velocidad que el tejido magro, por tanto, disminuirá el efecto de las elevadas temperaturas sobre la degradación de proteínas y la liberación de agua. El resultado es que la carne con un mayor contenido de grasa no se cocina tan rápidamente y pierde menos cantidad de agua y de grasa durante el cocinado (Miller, 1994).

Entre los componentes del musculo, la grasa es uno de los que tiene mayor impacto en la calidad de la carne. Ligeras cantidades de grasa intramuscular uniformemente distribuidas a través de la carne proveen buen sabor y jugosidad, de lo contrario a la carne que no posee marmoleo, es generalmente

seca y carente de sabor. Durante la cocción, la grasa retenida se relocaliza a lo largo de las bandas del tejido conectivo perimisial. Esta uniforme distribución de lípidos a través del músculo actúa como barrera evitando la pérdida de humedad durante la cocción, y en consecuencia la carne con marmoleo mantiene su jugosidad (Hedrick *et al.*, 1994). Por otro lado (Park *et al.*, 1991) encontraron que la raza, dieta y tejidos del animal afectaban el porcentaje de grasa total en el cuerpo animal.

Pese a la baja magnitud de la correlación entre la palatabilidad y el nivel de grasa intramuscular, las investigaciones han demostrado (De Siles *et al.*, 1997 Tatum *et al.*, 1980; Tatum *et al.*, 1982; Fernández *et al.*, 1999) que el aumento de la última tiene un efecto positivo sobre muchas propiedades sensoriales. (Cuadro 1).

Cuadro1 .Efecto del grado de marmoleo en los atributos sensoriales de la chuleta de res¹

| Marmoleo | | | | |
|---------------------|---------|---------|--------|--------|
| | Modesto | Pequeño | Ligero | Trazas |
| n | 15 | 16 | 50 | 35 |
| Jugosidad | 4.70 | 4.65 | 4.60 | 4.53 |
| Suavidad | 6.02 | 5.85 | 5.66 | 5.54 |
| Sabor | 5.94 | 5.81 | 5.56 | 5.32 |
| Aceptación general | 5.68 | 5.64 | 5.39 | 5.20 |
| Fuerza de corte, kg | 3.66 | 4.26 | 4.46 | 4.47 |

¹ Adaptado de Tatum *et al.* (1980)

² Determinado según patrones USDA

^{a,b,c} Medidas con letras desiguales en una misma fila, difieren significativamente ($P \leq 0.05$)

Diversos estudios (Shearer *et al.*, 1986; Brewer *et al.*, 1999; Robbins *et al.*, 2003) han demostrado que la cantidad de grasa visible influye en la decisión de

compra del consumidor. Por otro lado experimentos de (Bejerholm y Barton-Gade, 1986; DeVol *et al.*, 1988) han dado a conocer que se requiere cierto nivel de grasa en la carne (entre 2 y 3%) para que las características sensoriales de la carne no se vean afectadas.

Edad

Uno de los factores más importantes que determinan la cantidad y tipo de tejido conectivo intramuscular es la edad (Preston y Willis, 1988).

La edad del animal puede afectar la ternura de su carne. Con el aumento de la edad existe una modificación progresiva en el tipo de colágeno y un incremento en la concentración de enlaces cruzados entre las proteínas del colágeno, siendo éstos responsables del endurecimiento de la carne de los animales de mayor edad (Bosselmann *et al.*, 1995). El grado de entrecruzamiento intra e intermolecular entre las cadenas polipéptidas del colágeno, es mayor a medida que envejece el animal (Lawrie, 1998).

Aunque normalmente se desconoce la edad cronológica del ganado sacrificado, lo que sí se puede conocer es el grado de madurez de la canal (Huerta, 2002). La relación entre edad cronológica y edad fisiológica varía con la especie, la raza, y entre individuos de una misma raza. La edad fisiológica se refiere a la etapa de desarrollo de un animal que puede ser descrita por su progreso corporal o funcional (Aberle *et al.*, 2001).

El efecto de la edad sobre las características de la canal, se ve reflejado en el incremento de peso, conforme el bovino va incrementando su edad se va

incrementando su peso y la deposición de grasa. La calidad de la carne de los bovinos se ve afectada negativamente con la edad ya que a mayor edad del animal su carne será más dura.

Determinación de indicadores de la suavidad de la carne

La suavidad es el atributo de aceptación de la carne más importante y un determinante primario de la calidad de la misma (Koochmaraie, 1988; Miller *et al.*, 1995). Esto es confirmado por la relación positiva que hay entre el precio de un corte de carne y la suavidad de esta. La inconsistencia en la suavidad de la carne ha sido identificada como uno de los principales problemas que enfrenta la industria de carne (Savell y Shackelford, 1992).

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

Grosor de grasa

El contenido en grasa influye en la jugosidad a través de efectos directos e indirectos. La sensación de jugo liberado en la boca durante la masticación, o durante el primer mordisco, y la subsecuente estimulación de las glándulas salivares por la grasa, influye en la percepción de la jugosidad del producto (Cross, 1994).

El espesor de grasa sobre el (L.D) ha resultado ser un indicador útil de la cantidad absoluta de grasa de la canal (Berg y Butterfield, 1979). Las medidas de grasa tomadas sobre el músculo longissimus, aproximadamente tres cuartos de distancia de la línea media al borde lateral del músculo, son indicadores más precisos de la grasa que las medidas tomadas en la superficie de las canales (Kempster y Evans, 1979). Tatum et al. (1988) consideran que espesores de grasa entre 7.6 y 10.6 mm, aseguran una gustocidad adecuada. Por otra parte, Lorenzen et al. (1993) señalan que el 62% de la variación en el rendimiento de los cortes primarios se atribuye al espesor de la grasa, a medida que ésta se incrementa aumenta el grado de rendimiento de los cortes primarios. Por ejemplo, disminuyendo un décimo de pulgada el grosor de la grasa, se resta un 25% de una unidad de grado de rendimiento en la canal (USDA, 1997).

Color

El color de la carne esta determinado fundamentalmente por la concentración y el estado químico de la mioglobina, que es el pigmento natural del musculo (Conforth, 1994).

En su estructura la mioglobina contiene un grupo hemo, con un átomo central de hierro que le permite asociarse a otros átomos de carga negativa, como el oxígeno. Esta propiedad es la base de su función biológica, la de servir de reserva de oxígeno para el músculo. Cuando el animal muere la carne queda expuesta al oxígeno ambiental y el átomo de hierro puede asociarse a este sin oxidarse. A esto se le llama oxigenación y la molécula de mioglobina toma un color rojo brillante, mismo que se refleja en la carne, pero cuando la exposición al oxígeno es prolongada el átomo de hierro puede oxidarse y en esas condiciones la carne toma un color café (Lawrie, 1974).

Los cambios de color ocurridos por la oxigenación u oxidación de la mioglobina pueden describirse por mediciones objetivas como subjetivas. La descripción subjetiva es difícil ya que depende de percepciones individuales, la apariencia del objeto y la iluminación. Para contrarrestar estas desventajas se crearon patrones de referencia en los que el color de la muestra se hace coincidir con el color más parecido dentro de una serie de patrones ya sea de color o de fotografías de carne (Agriculture Canadá, 5180).

Varios factores pueden afectar el color de la carne cruda. Si al momento de la matanza del bovino, el contenido de glucógeno en el tejido muscular es anormalmente bajo, la carne tiende a ser oscura al presentar una estructura compacta y absorber más luz. Ello es debido a que anaeróticamente se produce poco ácido láctico y consecuentemente, el pH de la carne *postmortem* se mantiene más alto de lo normal (mayor o igual a 6) y como resultado, se acorta el tiempo de vida útil de la misma. Sin embargo, esta carne tiende a ser jugosa, suave y con una excelente capacidad de retención de agua (Kauffman, 1993).

pH

La acidificación *postmortem* es uno de los principales cambios en el proceso de conversión del músculo en carne (Lawrie, 1974). Este grado de acidificación se mide a través del pH, variable que puede brindar información valiosa sobre la calidad potencial de la carne. El pH una característica de calidad sumamente importante, ya que interfiere directamente la estabilidad y las propiedades de las proteínas, de su valor final dependerán prácticamente todos a los atributos en calidad de la carne, fundamentalmente la capacidad de retención de agua y el color.

Después del sacrificio, el músculo pierde el aporte de oxígeno y nutrientes, trata de mantener su integridad disipando sus propias reservas energéticas y realiza cambios en sus propiedades durante la etapa *post mortem*, las cuales dependerán de las condiciones *ante mortem* y del glucógeno disponible (Lawrie, 1991). Una de las consecuencias de este fenómeno es la disminución del pH que pasa de un valor de siete, a un pH final que oscila entre 5.6 y 5.8. El pH final puede variar debido al tipo de músculo evaluado, donde la velocidad de acidificación es más lenta en los músculos rojos (oxidativos) que en los blancos (glucolíticos). A partir de pH final se puede predecir la suavidad y calidad de carne que se obtendrá. En bovinos existen dos tipos: normales (5.5 y 5.9) y DFD (6.0 a 7.0) de sus siglas en inglés Dark Firm and Dry) La ocurrencia de carne DFD suele ser alta directamente correlacionada con el pH final (Apple *et al.*, 2002; Hargeaves *et al.*, 2004).

El pH puede medirse directamente mediante la inserción del electrodo en el músculo. En estos casos es recomendable hacer una incisión previa con cuchillo,

para que el contacto con la parte sensible del electrodo sea lo más eficiente posible. Esta técnica es rápida y eficiente ya que mide el pH *in situ*.

Marmoleo

El marmoleo es un atributo importante de calidad de carne. Se ha empleado como índice en la evaluación de canales debido a que sirve para establecer las categorías o grados que contribuyen directamente al valor de la carne de bovino en los mercados internacionales (Harper y Pethick, 2004). El marmoleo influencia la aceptabilidad de la carne por parte del consumidor, especialmente por sus efectos positivos en la jugosidad y sabor, además durante la cocción, la grasa retenida se relocaliza a lo largo de las bandas del tejido conectivo perimisial Esta uniforme distribución de lípidos a través del músculo actúa como barrera evitando la pérdida de humedad durante la cocción, y en consecuencia la carne con marmoleo se encoge menos y mantiene jugosidad (Hedrick *et al.*, 1994). Sin embargo, el marmoleo excesivo no provee un aumento proporcional en la aceptabilidad de la carne por el consumidor (Kauffman, 1993; Hedrick *et al.*, 1994).

Thompson (2004) discutió un mecanismo por el cual la grasa intramuscular impacta en la terneza de la carne, aunado a esto el marmoleo tiene una relación positiva sobre la jugosidad y sabor de la carne. Esta grasa tiene un efecto sobre la dureza del tejido conectivo y es debido a la deposición de grasa en las células perivasculares del perimisisio, por lo tanto, cuando el marmoleo es alto, se reduce la dureza del tejido conectivo.

Fuerza de corte

Para evaluar la suavidad de la carne el método más utilizado es el de Warner-Blatzer (Honikel, 1997); para ello es necesario el uso del texturómetro, que nos indica medidas objetivas mediante el cálculo de la resistencia a la deformación o corte de una muestra al aplicar una fuerza dada; en ello intervienen fuerzas de tensión, corte y compresión (Bourne, 1982). En el (Cuadro 2) se muestran los valores de textura determinados por el método Warner-Blatzer, en carne de diferentes especies sometidas a variadas condiciones de cocción y empleando diferentes tipos de texturómetros. La suavidad es una la característica de aceptación más importante y un factor determinante de la calidad de la carne (Koohmarie, 1992), por eso la inconsistencia de este atributo es uno de los principales problemas a los que se enfrenta la industria de la carne, junto con la falta de uniformidad de las canales y el exceso de grasa.

Cuadro 2. Resultados de la Fuerza de corte por el método Warner-Bratzler en el músculo *Longissimus* de diferentes especies, de acuerdo a varios autores y a diferentes métodos de cocción (Ramírez 2004)

| Especie | Fuerza de corte (kg) | Condiciones de cocción | Equipo |
|-------------------|-----------------------------|-------------------------------|------------------|
| Vacuno | | | |
| Doble musculatura | 4.92±1.43 | 70°C Temp. int | Instron 2301 |
| Rustico | 4.33±1.43 | 70°C | Instron 2301 |
| Cerdo | | | |
| Landrace | 6.63±2.93 | Horno 250°C/20min | Texture Analyzer |

Las mediciones se realizaron en cilindros de carne, las muestras para vacuno fueron de 1 x 1 x 2 cm y para el cerdo de 1.5 x 1.5 x 3 cm

La raza, el sexo y la edad del animal, son factores que afectan a esta característica en la carne, por ello se afirma que los animales de la raza Brahman y sus cruzas, producen menos carne suave que los animales de las razas Británicas y Continentales (Pringle *et al.*, 1997). Así mismo Whipple *et al.* (1990), señalan que las diferencias entre *Bos indicus* y *Bos Taurus*, son mayores para ciertos músculos. Por su parte Whipple *et al.* (1990) indica que animales de la raza Brahman muy maduros, desarrollan baja degradación de proteína en el músculo *L. dorsi* y esta situación puede asociarse en la suavidad de carne. Indudablemente, la variación de la suavidad está fuertemente afectada por la raza; sin embargo, esta no debe ser una limitante para la crianza y la exportación de ciertas razas ya que el factor madurez tiene aun más efecto en la dureza, por lo tanto, una raza que produce carne con menor suavidad deberá alcanzar el peso al sacrificio a menor edad, para que esto suceda se tiene que trabajar fuertemente en el sistema de producción.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevo a cabo en un rastro TIF del norte del país. Se trabajaron 400 machos bovinos (castrados y no castrados) del Cebú Pardo Suizo de aproximadamente 14 meses de edad y con 165 días de engorda, se les midió en la chuleta de la 12ava vertebra torácica el grosor de la grasa subcutánea, color objetivo y subjetivo, pH y el marmoleo. La chuleta se obtuvo para la determinación de la fuerza de corte.

Los animales fueron procesados en diversos días de matanza y las canales permanecieron en las cámaras de refrigeración de 0-2° C por 24 horas, las muestras se descongelaron al día al día siguiente para realizar el análisis de fuerza de corte, para a continuación ser evaluadas. Las mediciones sobre la canal y la carne fueron:

Medición de grosor de grasa

Se efectuó realizando un corte entre la 12va y 13va vertebra torácica dejando expuesto se midió en centímetros a $\frac{3}{4}$ de la distancia centralmente al músculo (LD).

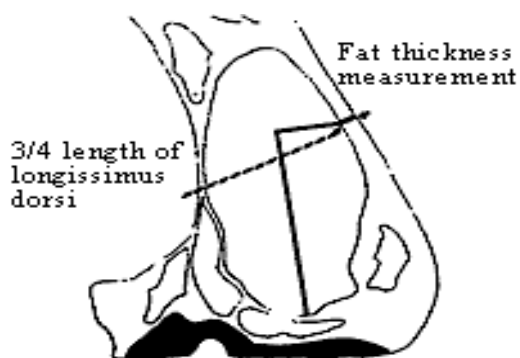


Figura 1. Medición del grosor de grasa en la chuleta.

Grado de marmoleo

Esta grasa entreverada entre las fibras musculares de la chuleta, fue medido según los estándares fotográficos estadounidenses (USDA, 1996) donde 0=desprovisto de grasa, 1=trazas de grasa, 2=ligera cantidad de grasa, 3=pequeñas cantidades de grasa, 4=modesta cantidad de grasa, 5=moderada cantidad de grasa, 6= abundante y 7 = muy abundante.



Figura 2. Relación entre el marmoleo del área del ojo de la costilla y la escala de medición empleada para estimar dicho marmoleo.

Medición de pH

Se utilizó el método potenciométrico descrito en la AOAC (1990) usando un pH metro Hanna HI99163. Se midió en el músculo en toma consecutiva en cada mitad de la chuleta.



Figura 3. Medición de pH en chuleta por el método potenciométrico.

Medición de color objetivo

Se realizó mediante un colorímetro Minolta Chroma Meter CR-310 (Minolta, Osaka, Japón). Iluminante D65, observador 8°, especulador no incluido. Se midió en cm, los valores de luminosidad (L^*), intensidad de rojo (a^*) e intensidad de amarillo (b^*). Las canales se cortaron en la 12ava vertebra torácica para la obtención de la chuleta y se expusieron al ambiente durante 15 min, antes de realizar las mediciones, para permitir la oxigenación de la mioglobina. Se realizaron dos lecturas directamente en la superficie de cada chuleta, obteniendo a partir de estas el promedio de los valores de L^* , a^* y b^* .

Medición de color subjetivo

Se utilizaron los estándares de la NMX-FF- 078-SCFI-2002. La coloración de las fibras musculares se puede manifestar en diferentes tonalidades. Cuando la canal sea seccionada el color se apreciará en la superficie muscular expuesta del área de la costilla *Longissimus dorsi* (LD). La escala fue: 1=Rojo oscuro, 2=Rojo, 3=Rojo claro.



| | | |
|-----------------------|----------------|----------------------|
| 1. Rojo oscuro | 2. Rojo | 3. Rojo claro |
|-----------------------|----------------|----------------------|

Figura 4. Medición de coloración subjetiva, en base a los estándares de la NMX-FF- 078-SCFI-2002.

Medición de fuerza de corte

Para el análisis de la fuerza de corte y las pérdidas por cocción se siguió la metodología descrita por AMSA (1995). Los cortes sin madurar de New York se pesaron y se les colocaron termopares en su centro geométrico. Posteriormente, la carne se cocinó en una parrilla eléctrica hasta una temperatura interna de 70 °C. Finalizada la cocción, se dejaron enfriar las piezas hasta temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) y se pesaron nuevamente. Las pérdidas por cocción se determinaron por diferencia de peso. Para la fuerza de corte, se obtuvieron ocho cilindros de 1.27 cm de diámetro de cada pieza. Los cilindros se sacaron en el sentido longitudinal de las fibras musculares. Posteriormente, cada cilindro se sometió a un corte transversal (perpendicular a las fibras) en la cuchilla de Warner Bratzler, obteniéndose la lectura de la fuerza necesaria (kg) para realizar dicho corte en la escala acoplada al equipo.

Análisis estadístico

Los datos fueron analizados con el programa Statgraphics Centurion XV, Versión 15.02.05. Se hizo una descripción de la población estudiada a través de la identificación de medias, desviaciones estándares, coeficientes de variación y máximos y mínimos. Posteriormente se elaboró un cuadro de correlaciones entre las variables estudiadas. Además, se utilizó el modelo de regresión simple para la relación entre la fuerza de corte y cada una de las variables que son posibles predictores y posteriormente se hizo una regresión múltiple para comprobar si la combinación de dos o más variables puede predecir la fuerza de corte.

IV. RESULTADOS

COMPORTAMIENTO GENERAL DE LAS VARIABLES

El (Cuadro 3) resume las medias, desviaciones estándar y máximos y mínimos generales para las variables de fuerza de corte (WB), grosor de grasa de la canal al nivel de la 12ava costilla torácica, los valores de color L*,a*,b* según el colorímetro, el color subjetivo, pH y el marmoleo de la carne. La variabilidad puede considerarse normal, teniendo en cuenta que se trabajó con un grupo de muestras homogéneo.

Las características de calidad en las canales estudiadas son similares a las reportadas por Méndez *et al.* (2009) en canales de ganado mexicanas que describieron como los animales típicamente comerciales en México, cruza (*B. taurus x B. indicus*) de machos jóvenes sin castrar, encontraron un promedio de 0.5 cm en el grosor de la grasa de cobertura, lo cual es similar (0.43 cm) al encontrado en los animales de este estudio. Igualmente, Méndez *et al.* (2009) encontraron que el 80% de los animales presentaban una coloración subjetiva de 2 (color rojo brillante) y que el 94% de los animales comerciales muestreados en México tuvieron marmoleo de ligero o menos. En este estudio, el promedio del color de carne coincide ampliamente, pues fue de 2. Igualmente el marmoleo obtenido está entre trazas y ligero, lo cual en el sistema USDA es equivalente a slight o menos cantidad de marmoleo. Todas estas variables de escasa cobertura grasa, poco marmoleo y un color estándar de la carne son características de los animales cruza con *B. Indicus* (Méndez *et al.*, 2009). Riley *et al.* (2002) en su estudio con cruza de Brahman apoya estos datos al encontrar que la puntuación

de marmoleo fue ligeramente más alta que trazas. Estos datos confirman la preferencia del mercado local mexicano por carne magra. Esto es un factor comercial de ventaja ante la competencia de otros países que engrasan su carne de manera significativa.

Cuadro. 3. Medias, desviaciones estándar, mínimos y máximos para las características de la canal y la carne de la población seleccionada

| | Grosor Grasa | Color subj¹ | Marmoleo² | pH | WB³ | L*⁴ | a*⁴ | b*⁴ |
|--------|---------------------|-------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| N | 400 | 380 | 400 | 400 | 366 | 391 | 392 | 392 |
| Media | 0.43 | 2.06 | 1.55 | 5.76 | 7.90 | 30.06 | 9.26 | 8.51 |
| DE | 0.27 | 0.70 | 0.78 | 0.25 | 2.02 | 3.14 | 2.03 | 1.85 |
| Mínimo | 0.10 | 1.0 | 0.0 | 5.14 | 2.84 | 20.98 | 4.67 | 3.67 |
| Máximo | 2.00 | 4.0 | 4.0 | 6.75 | 13.26 | 39.01 | 16.40 | 14.99 |

1. Escala de color: 1= rojo oscuro, 2=roja, 3= rojo claro.
2. Escala de marmoleo: 0=desprovisto de grasa, 1=trazas de grasa, 2=leve cantidad de grasa, 3=pequeñas cantidades de grasa, 4=modesta cantidad de grasa, 5=moderada cantidad de grasa, 6= abundante y 7 = muy abundante.
3. WB: fuerza de corte Warner-Bratzler
4. Color objetivo de la carne: L* luminosidad, a* color rojo, b* color amarillo

Por otro lado, Delgado et al. (2005) encontró que más del 60% de las muestras tuvo valores de pH entre 5.5 y 5.9, lo cual coincide con la población de este estudio, y que es el rango normal en que se encuentra este indicador en carne de bovino (Lawrie, 1974; Warriss, 2000).

Con respecto a la fuerza de corte, el promedio es muy elevado, y esto es en parte debido a que las muestras no tuvieron periodo de maduración, es decir las muestras fueron congeladas al día siguiente de la muerte del animal y descongeladas para realizar el análisis de fuerza de corte. En cuanto a la intensidad de amarillo (b*), el promedio de la población de este estudio tuvo un promedio de 8.51, lo cual coincide con el 90% de las muestras que Delgado *et al.*

(2005) encontró en la carne mexicana, donde observó valores entre 5 y 10, con frecuencias marginales para los valores por encima o por debajo de este rango.

INTERRELACIÓN ENTRE VARIABLES

Como se aprecia en el (Cuadro 4), ninguna de las variables por si solas se relaciona significativamente con la fuerza de corte. Estos resultados no concuerdan con lo observado en otros trabajos, en los que se ha comprobado que el marmoleo favorece la suavidad de la carne (De Siles *et al.*, 1977; Tatum *et al.*, 1980; Tatum *et al.*, 1982; Bejerholm y Barton-Gade, 1986; DeVol *et al.*, 1988). Sin embargo, se aprecian correlaciones significativas como el grosor de grasa con el color subjetivo y el marmoleo ($P < 0.001$). Igualmente, la luminosidad se relaciona significativamente con el color rojo y la intensidad de amarillo de la carne, la cual concuerda con lo observado por Delgado (2004) y es similar a lo reportado en otros estudios (Wulf *et al.*, 1997). El valor a^* (rojo) y el color subjetivo se correlaciona positivamente ($P < 0.01$) con el marmoleo de la carne.

Cuadro 4. Matriz de correlación de Pearson entre las variables estudiadas

| | Grosor grasa | L^{*1} | a^{*1} | b^{*1} | Color subjetivo ² | pH | Marmoleo ³ | |
|--------------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------------------------|----------------|-----------------------|--------|
| WB ⁴ | 0.0015 0.97 | -0.03 0.46 | -0.03 0.49 | -0.05 0.29 | -0.01 0.82 | -0.007 0.88 | 0.02 0.65 | r p |
| Grosor grasa | | 0.01 0.70 | 0.097 0.05 | 0.047 0.36 | 0.13 0.01 | -0.04 0.41 | 0.28 0.00 | r p |
| L^* | | | 0.24 0.00 | 0.36 0.00 | 0.01 0.70 | -0.02 0.59 | 0.08 0.09 | r p |
| a^* | | | | 0.85 0.00 | 0.07 0.14 | -0.02 0.60 | 0.13 0.007 | r p |
| b^* | | | | | 0.16 0.001 | -0.05 0.30 | 0.05 0.28 | r p |
| Color subjetivo | | | | | | -0.005 0.92 | 0.20 0.0001 | r p |

| | | | | | | | | |
|----|--|--|--|--|--|--|---------------|--------|
| pH | | | | | | | -0.03 0.48 | r p |
|----|--|--|--|--|--|--|---------------|--------|

1. Color objetivo de la carne: L* luminosidad, a* color rojo, b* color amarillo
2. Escala de color: 1= rojo oscuro, 2=roja, 3= rojo claro.
3. Escala de marmoleo: 0=desprovisto de grasa, 1=trazas de grasa, 2=leve cantidad de grasa, 3=pequeñas cantidades de grasa, 4=modesta cantidad de grasa, 5=moderada cantidad de grasa, 6= abundante y 7 = muy abundante.
4. WB: fuerza de corte Warner-Bratzler
5. r = coeficiente de correlación, p= probabilidad

PREDICCIÓN DE LA FUERZA DE CORTE A TRAVÉS DE LAS VARIABLES

ESTUDIADAS

Efecto del grosor de grasa, L, a*, b*, color subjetivo, pH y marmoleo sobre fuerza de corte*

Al analizar la relación directa para conocer si con cada uno por separado de estas variables podríamos predecir la suavidad de la carne (fuerza de corte, WB) se hizo una regresión simple donde la variable dependiente es WB y la variable independiente es grosor de grasa, L*, a*, b*, color subjetivo, pH y marmoleo. Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 5).

Cuadro 5. Regresión simple sobre fuerza de corte (WB) con grosor de grasa, L*, a*, b*, color subjetivo, pH y marmoleo

| Parámetro | Mínimos Cuadrados Estimado | Error Estándar | Estadístico T | Valor-P |
|---------------------|----------------------------|----------------|---------------|---------|
| Grosor Grasa | | | | |
| Constante | 9.07123 | 2.1527 | 4.21389 | 0.0000 |
| Grosor de grasa | -0.0767368 | 4.22281 | -0.018172 | 0.9855 |
| L* carne | | | | |
| Constante | 7.65092 | 0.472535 | 16.1912 | 0.0000 |
| L* carne | 0.0064976 | 0.015111 | 0.429971 | 0.6675 |
| a* carne | | | | |
| Constante | 7.91469 | 0.519558 | 15.2335 | 0.0000 |

| | | | | |
|------------------------|-------------|-----------|-----------|--------|
| a* carne | -0.00715854 | 0.0548091 | -0.130609 | 0.8962 |
| b*carne | | | | |
| Constante | 7.61234 | 0.523329 | 14.546 | 0.0000 |
| b* carne | 0.0277366 | 0.0600891 | 0.461591 | 0.6446 |
| Color Subjetivo | | | | |
| Constante | 9.85748 | 3.67302 | 2.68375 | 0.0076 |
| Color subjetivo | -0.366177 | 1.69175 | -0.216448 | 0.8288 |
| pH | | | | |
| Constante | 9.07431 | 1.191 | 7.61907 | 0.0000 |
| pH | -0.0062527 | 0.0417266 | -0.149849 | 0.8810 |
| Marmoleo | | | | |
| Constante | 8.03685 | 2.57079 | 3.12621 | 0.0019 |
| Marmoleo | 0.644795 | 1.47866 | 0.436068 | 0.6630 |

Como se puede apreciar cada una de las variables analizadas por si solas no ejerce una acción significativa para la predicción de la fuerza de corte de la carne. Los coeficientes de correlación son extremadamente bajos y los valores de P no son significativos, lo cual indica la baja relación entre las variables y por lo tanto la incapacidad de predicción de los datos.

Efecto de la combinación de dos variables sobre la predicción de la fuerza de corte (WB)

Se hicieron varias regresiones múltiples donde la variable dependiente fue WB y las variables independientes fueron la combinación de las variables independientes. Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 6).

Cuadro 6. Regresión Múltiple de combinaciones de dos variables independientes para predecir fuerza de corte

| Parámetro | Estimación | Error Estándar | Estadístico T | Valor-P |
|-----------------------------------|-------------|----------------|---------------|---------|
| GG x L* carne | | | | |
| Constante | 12.7122 | 5.3162 | 2.39122 | 0.0173 |
| Grosor de grasa | 0.0428816 | 4.31821 | 0.00993041 | 0.9921 |
| L* de la carne | -0.121493 | 0.160899 | -0.755091 | 0.4507 |
| GG x a* carne | | | | |
| Constante | 12.6992 | 5.71378 | 2.22255 | 0.0268 |
| Grosor de grasa | 0.208388 | 4.33242 | 0.0480998 | 0.9617 |
| a* carne | -0.405269 | 0.586847 | -0.690587 | 0.4902 |
| GG x b* carne | | | | |
| Constante | 14.724 | 5.80485 | 2.5365 | 0.0116 |
| Grosor de grasa | 0.145914 | 4.31738 | 0.033797 | 0.9731 |
| b* carne | -0.675814 | 0.640829 | -1.05459 | 0.2923 |
| GG x color subjetivo | | | | |
| Constante | 9.78686 | 3.93661 | 2.48611 | 0.0133 |
| Grosor de grasa | 0.222364 | 4.42032 | 0.0503049 | 0.9599 |
| Color subjetivo | -0.377971 | 1.7101 | -0.221023 | 0.8252 |
| GG x pH | | | | |
| Constante | 9.12788 | 2.18786 | 4.17206 | 0.0000 |
| Grosor de grasa | -0.1034 | 4.23175 | -0.0244343 | 0.9805 |
| pH | -0.00631361 | 0.0418681 | -0.150798 | 0.8802 |
| GG x marmoleo | | | | |
| Constante | 8.21857 | 2.84062 | 2.89323 | 0.0040 |
| Grosor de grasa | -0.668139 | 4.41768 | -0.151242 | 0.8799 |
| Marmoleo | 0.712797 | 1.54726 | 0.460682 | 0.6453 |
| L* carne x a* carne | | | | |
| Constante | 15.028 | 6.63195 | 2.266 | 0.0240 |
| L* carne | -0.100368 | 0.165557 | -0.606246 | 0.5447 |
| a* carne | -0.318318 | 0.600332 | -0.530237 | 0.5963 |
| L* carne x b* carne | | | | |
| Constante | 16.041 | 6.36883 | 2.51868 | 0.0122 |
| L* carne | -0.0686869 | 0.172354 | -0.398522 | 0.6905 |
| b* carne | -0.578511 | 0.68536 | -0.844098 | 0.3991 |
| L* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 13.4621 | 6.15527 | 2.18708 | 0.0294 |
| L* carne | -0.119818 | 0.163266 | -0.733879 | 0.4635 |
| Color subjetivo | -0.347854 | 1.7214 | -0.202075 | 0.8400 |
| L* carne x pH | | | | |
| Constante | 12.8044 | 5.04143 | 2.53983 | 0.0115 |
| L* carne | -0.122503 | 0.160678 | -0.762414 | 0.4463 |

| | | | | |
|-----------------------------------|-------------|-----------|------------|--------|
| pH | -0.00713541 | 0.0422477 | -0.168895 | 0.8660 |
| L* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 11.7849 | 5.38017 | 2.19043 | 0.0291 |
| L* carne | -0.128389 | 0.161409 | -0.795428 | 0.4269 |
| Marmoleo | 0.743889 | 1.50914 | 0.492923 | 0.6223 |
| a* carne x b* carne | | | | |
| Constante | 14.2095 | 5.73239 | 2.47881 | 0.0136 |
| a* carne | 0.48071 | 1.14125 | 0.421215 | 0.6738 |
| b* carne | -1.13164 | 1.2515 | -0.90422 | 0.3664 |
| a* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 13.4426 | 6.47817 | 2.07506 | 0.0387 |
| a* carne | -0.404729 | 0.599831 | -0.674738 | 0.5003 |
| Color subjetivo | -0.283874 | 1.72625 | -0.164445 | 0.8695 |
| a* carne x pH | | | | |
| Constante | 12.8729 | 5.53957 | 2.32381 | 0.0207 |
| a* carne | -0.409556 | 0.58269 | -0.702871 | 0.4826 |
| pH | -0.0070332 | 0.0422512 | -0.166462 | 0.8679 |
| a* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 11.9124 | 5.77633 | 2.06227 | 0.0399 |
| a* carne | -0.442723 | 0.589602 | -0.750885 | 0.4532 |
| Marmoleo | 0.787305 | 1.5164 | 0.519192 | 0.6039 |
| b* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 15.0799 | 6.28867 | 2.39794 | 0.0170 |
| b* carne | -0.68303 | 0.663796 | -1.02898 | 0.3042 |
| Color subjetivo | -0.0736937 | 1.74419 | -0.0422509 | 0.9663 |
| b* carne x pH | | | | |
| Constante | 14.9199 | 5.58896 | 2.66953 | 0.0079 |
| b* carne | -0.684825 | 0.639069 | -1.0716 | 0.2846 |
| pH | -0.00858241 | 0.0422567 | -0.203102 | 0.8392 |
| b* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 13.7912 | 5.93912 | 2.3221 | 0.0207 |
| b* carne | -0.690589 | 0.640928 | -1.07748 | 0.2819 |
| Marmoleo | 0.721792 | 1.50431 | 0.479815 | 0.6316 |
| Color subjetivo x pH | | | | |
| Constante | 9.9068 | 3.69185 | 2.68342 | 0.0076 |
| pH | -0.00645897 | 0.0423051 | -0.152676 | 0.8787 |
| Color subjetivo | -0.367573 | 1.69393 | -0.216995 | 0.8283 |
| Color subjetivo x marmoleo | | | | |
| Constante | 9.00653 | 4.02956 | 2.23512 | 0.0260 |
| Color subjetivo | -0.550464 | 1.73063 | -0.318071 | 0.7506 |
| Marmoleo | 0.79585 | 1.54258 | 0.51592 | 0.6062 |
| pH x marmoleo | | | | |
| Constante | 8.0882 | 2.60222 | 3.10819 | 0.0020 |
| pH | -0.00562328 | 0.0418488 | -0.134371 | 0.8932 |
| Marmoleo | 0.637638 | 1.48146 | 0.430412 | 0.6671 |

Como se puede apreciar ninguna de las combinaciones de variables analizadas por si solas ejerce una acción significativa para la predicción de la fuerza de corte de la carne. Los coeficientes de correlación son extremadamente bajos y los valores de P no son significativos, lo cual indica la baja relación entre las variables y por lo tanto la incapacidad de predicción de los datos.

Efecto de la combinación de tres variables sobre la predicción de la fuerza de corte (WB)

Se hicieron varias regresiones múltiples donde la variable dependiente fue WB y las variables independientes fueron la combinación de las variables independientes. Los resultados se muestran a continuación (Cuadro 7).

Cuadro 7. Regresión Múltiple de combinaciones de tres variables independientes para predecir fuerza de corte

| Parámetro | Estimación | Error Estándar | Estadístico T | Valor-P |
|--|-------------------|-----------------------|----------------------|----------------|
| GG x L* carne x a* carne | | | | |
| Constante | 14.9252 | 6.79887 | 2.19525 | 0.0287 |
| Grosor de grasa | 0.223441 | 4.33607 | 0.0515308 | 0.9589 |
| L* carne | -0.100478 | 0.16599 | -0.605326 | 0.5453 |
| a* carne | -0.316553 | 0.605342 | -0.522934 | 0.6013 |
| GG x L* carne x b* carne | | | | |
| Constante | 15.9588 | 6.58518 | 2.42344 | 0.0158 |
| Grosor de grasa | 0.166023 | 4.32241 | 0.0384098 | 0.9694 |
| L* carne | -0.0688963 | 0.17282 | -0.398659 | 0.6904 |
| b* carne | -0.575852 | 0.688794 | -0.836029 | 0.4037 |
| GG x L* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 13.3656 | 6.31314 | 2.11711 | 0.0349 |
| Grosor de grasa | 0.319024 | 4.52042 | 0.0705739 | 0.9438 |
| L* carne | -0.120013 | 0.163507 | -0.733991 | 0.4634 |
| Color subjetivo | -0.364026 | 1.73886 | -0.209348 | 0.8343 |
| GG x L* carne x pH | | | | |
| Constante | 17.3319 | 6.55595 | 2.6437 | 0.0085 |
| Grosor de grasa | -0.715146 | 4.34644 | -0.164536 | 0.8694 |

| | | | | |
|--|-------------|-----------|-------------|--------|
| L* carne | -0.104526 | 0.0784164 | -1.33296 | 0.1833 |
| pH | -0.00687059 | 0.0423143 | -0.162371 | 0.8711 |
| GG x L* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 11.9556 | 5.52284 | 2.16476 | 0.0310 |
| Grosor de grasa | -0.634014 | 4.52019 | -0.140263 | 0.8885 |
| L* carne | -0.128383 | 0.161615 | -0.794374 | 0.4275 |
| Marmoleo | 0.808743 | 1.58023 | 0.511789 | 0.6091 |
| GG x a* carne x b* carne | | | | |
| Constante | 14.1864 | 5.94886 | 2.38472 | 0.0176 |
| Grosor de grasa | -0.0269716 | 4.34135 | -0.00621272 | 0.9950 |
| a* carne | 0.485761 | 1.15019 | 0.42233 | 0.6730 |
| b* carne | -1.13236 | 1.25703 | -0.900818 | 0.3683 |
| GG x a* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 13.3262 | 6.56121 | 2.03106 | 0.0430 |
| Grosor de grasa | 0.535603 | 4.53788 | 0.118029 | 0.9061 |
| a* carne | -0.411 | 0.602967 | -0.68163 | 0.4959 |
| Color subjetivo | -0.309722 | 1.74234 | -0.177762 | 0.8590 |
| GG x a* carne x pH | | | | |
| Constante | 12.7817 | 5.74305 | 2.2256 | 0.0266 |
| Grosor de grasa | 0.179933 | 4.34137 | 0.0414462 | 0.9670 |
| a*carne | -0.407459 | 0.587743 | -0.693261 | 0.4886 |
| pH | -0.00696755 | 0.0423945 | -0.164351 | 0.8695 |
| GG x a* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 12.0143 | 5.86508 | 2.04844 | 0.0412 |
| Grosor de grasa | -0.473991 | 4.52582 | -0.10473 | 0.9166 |
| a*carne | -0.439764 | 0.591038 | -0.744052 | 0.4573 |
| Marmoleo | 0.834804 | 1.58465 | 0.526807 | 0.5986 |
| GG x b* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 14.9681 | 6.4334 | 2.32663 | 0.0205 |
| Grosor de grasa | 0.383092 | 4.51815 | 0.0847896 | 0.9325 |
| b* carne | -0.684485 | 0.664898 | -1.02946 | 0.3039 |
| Color subjetivo | -0.092525 | 1.76057 | -0.052554 | 0.9581 |
| GG x b* carne x pH | | | | |
| Constante | 14.8549 | 5.84838 | 2.54001 | 0.0115 |
| Grosor de grasa | 0.111172 | 4.32623 | 0.0256971 | 0.9795 |
| b* carne | -0.682242 | 0.642425 | -1.06198 | 0.2889 |
| pH | -0.00853835 | 0.0424002 | -0.201375 | 0.8405 |
| GG x b* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 13.9103 | 6.04254 | 2.30205 | 0.0219 |
| Grosor de grasa | -0.502009 | 4.51884 | -0.111093 | 0.9116 |
| b* carne | -0.688632 | 0.641995 | -1.07264 | 0.2841 |
| Marmoleo | 0.772912 | 1.57497 | 0.490746 | 0.6239 |
| GG x color subjetivo x pH | | | | |
| Constante | 9.84441 | 3.96013 | 2.48588 | 0.0133 |
| Grosor de grasa | 0.194579 | 4.42981 | 0.043925 | 0.9650 |
| Color subjetivo | -0.377877 | 1.71228 | -0.220687 | 0.8255 |

| | | | | |
|--|-------------|-----------|------------|--------|
| pH | -0.00638137 | 0.042397 | -0.150515 | 0.8804 |
| GG x color subjetivo x marmoleo | | | | |
| Constante | 9.09624 | 4.15772 | 2.18779 | 0.0293 |
| Grosor de grasa | -0.410146 | 4.58835 | -0.0893886 | 0.9288 |
| Color subjetivo | -0.53749 | 1.73894 | -0.309091 | 0.7574 |
| Marmoleo | 0.833768 | 1.60177 | 0.520529 | 0.6030 |
| GG x pH x marmoleo | | | | |
| Constante | 8.27737 | 2.87535 | 2.87873 | 0.0042 |
| Grosor de grasa | -0.68833 | 4.42558 | -0.155535 | 0.8765 |
| pH | -0.00583695 | 0.0419234 | -0.139229 | 0.8893 |
| Marmoleo | 0.707424 | 1.54968 | 0.456497 | 0.6483 |
| L* carne x a* carne x b* carne | | | | |
| Constante | 15.3503 | 6.64957 | 2.30846 | 0.0215 |
| L* carne | -0.0592557 | 0.174462 | -0.339648 | 0.7343 |
| a* carne | 0.422748 | 1.15523 | 0.365941 | 0.7146 |
| b* carne | -0.990995 | 1.31959 | -0.750985 | 0.4531 |
| L* carne x a* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 15.6445 | 7.48469 | 2.0902 | 0.0373 |
| L* carne | -0.0991223 | 0.168322 | -0.588885 | 0.5563 |
| a* color | -0.317552 | 0.618336 | -0.513559 | 0.6079 |
| Color subjetivo | -0.282743 | 1.72775 | -0.163648 | 0.8701 |
| L* carne, a* carne y pH | | | | |
| Constante | 15.1223 | 6.66104 | 2.27025 | 0.0237 |
| L* carne | -0.101011 | 0.165804 | -0.609221 | 0.5427 |
| a* carne | -0.320495 | 0.60121 | -0.533083 | 0.5943 |
| pH | -0.00759026 | 0.0422956 | -0.179458 | 0.8577 |
| L* carne x a* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 14.1998 | 6.80739 | 2.08594 | 0.0376 |
| L* carne | -0.105753 | 0.166198 | -0.636308 | 0.5250 |
| a* carne | -0.351995 | 0.607042 | -0.579853 | 0.5624 |
| Marmoleo | 0.843172 | 1.52012 | 0.554676 | 0.5794 |
| L* carne x b*carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 16.3477 | 7.09862 | 2.30294 | 0.0218 |
| b* carne | -0.582862 | 0.713268 | -0.81717 | 0.4144 |
| L* carne | -0.0677802 | 0.175313 | -0.386623 | 0.6993 |
| Color subjetivo | -0.103688 | 1.7479 | -0.0593218 | 0.9527 |
| L* carne x b* carne x pH | | | | |
| Constante | 16.1676 | 6.40613 | 2.52377 | 0.0120 |
| b* carne | -0.584828 | 0.686895 | -0.851407 | 0.3951 |
| L* carne | -0.0690164 | 0.172576 | -0.399919 | 0.6894 |
| pH | -0.0087388 | 0.0423047 | -0.206568 | 0.8365 |
| L* carne x b* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 15.0835 | 6.64651 | 2.26938 | 0.0238 |
| b* carne | -0.582197 | 0.688308 | -0.845837 | 0.3982 |
| L* carne | -0.0753386 | 0.173222 | -0.434925 | 0.6639 |

| | | | | |
|--|-------------|-----------|-----------|--------|
| Marmoleo | 0.77025 | 1.51002 | 0.510093 | 0.6103 |
| L* carne x color x pH | | | | |
| Constante | 13.541 | 6.18053 | 2.19092 | 0.0291 |
| L* carne | -0.120582 | 0.163539 | -0.737326 | 0.4614 |
| Color subjetivo | -0.349202 | 1.72366 | -0.202594 | 0.8396 |
| pH | -0.00732541 | 0.0428505 | -0.170953 | 0.8644 |
| L* carne x color subjetivo x marmoleo | | | | |
| Constante | 12.7345 | 6.29327 | 2.02352 | 0.0437 |
| L* carne | -0.127527 | 0.16398 | -0.7777 | 0.4372 |
| Color subjetivo | -0.550428 | 1.75968 | -0.312801 | 0.7546 |
| Marmoleo | 0.891575 | 1.57371 | 0.566544 | 0.5714 |
| a*carne x b* carne x color subjetivo | | | | |
| Constante | 14.3285 | 6.55849 | 2.18473 | 0.0295 |
| a* carne | 0.479923 | 1.17401 | 0.40879 | 0.6829 |
| b* carne | -1.13989 | 1.30025 | -0.876675 | 0.3812 |
| Color subjetivo | 0.0212226 | 1.7615 | 0.012048 | 0.9904 |
| a* carne x b* carne x pH | | | | |
| Constante | 14.326 | 5.76433 | 2.48528 | 0.0134 |
| a* Carne | 0.489518 | 1.14338 | 0.428134 | 0.6688 |
| b* Carne | -1.14712 | 1.25507 | -0.913987 | 0.3613 |
| pH | -0.0092231 | 0.0423281 | -0.217895 | 0.8276 |
| a* carne x b* carne x marmoleo | | | | |
| Constante | 13.4131 | 6.04458 | 2.21902 | 0.0271 |
| a* carne | 0.403865 | 1.16154 | 0.347699 | 0.7283 |
| b* carne | -1.06909 | 1.26363 | -0.846047 | 0.3981 |
| Marmoleo | 0.631961 | 1.52804 | 0.413577 | 0.6794 |
| a* carne x color subjetivo x pH | | | | |
| Constante | 13.5218 | 6.50353 | 2.07915 | 0.0383 |
| a*carne | -0.407433 | 0.600823 | -0.678125 | 0.4981 |
| Color subjetivo | -0.284768 | 1.7285 | -0.164749 | 0.8692 |
| pH | -0.00723674 | 0.0428545 | -0.168868 | 0.8660 |
| a* carne x color subjetivo x marmoleo | | | | |
| Constante | 12.8313 | 6.56527 | 1.95443 | 0.0514 |
| a* carne | -0.449626 | 0.60511 | -0.743049 | 0.4579 |
| Color subjetivo | -0.488627 | 1.76193 | -0.277324 | 0.7817 |
| Marmoleo | 0.937044 | 1.58082 | 0.592757 | 0.5537 |
| a* carne x pH x marmoleo | | | | |
| Constante | 11.987 | 5.80531 | 2.06483 | 0.0396 |
| a* carne | -0.444622 | 0.590491 | -0.75297 | 0.4519 |
| pH | -0.00631844 | 0.0423695 | -0.149127 | 0.8815 |
| Marmoleo | 0.779814 | 1.51917 | 0.513316 | 0.6080 |
| b* carne x color subjetivo x pH | | | | |
| Constante | 15.2015 | 6.32461 | 2.40355 | 0.0167 |
| b* carne | -0.690163 | 0.665555 | -1.03697 | 0.3004 |
| Color subjetivo | -0.0723793 | 1.74644 | -0.041444 | 0.9670 |

| | | | | |
|--|-------------|-----------|-----------|--------|
| pH | -0.00878595 | 0.0428627 | -0.204979 | 0.8377 |
| b* carne x color subjetivo x marmoleo | | | | |
| Constante | 14.2506 | 6.48866 | 2.19623 | 0.0287 |
| b* carne | -0.690704 | 0.664596 | -1.03928 | 0.2993 |
| Color subjetivo | -0.259405 | 1.78112 | -0.145642 | 0.8843 |
| Marmoleo | 0.825726 | 1.56766 | 0.526724 | 0.5987 |
| b* carne x pH x marmoleo | | | | |
| Constante | 13.9133 | 5.9825 | 2.32567 | 0.0206 |
| b* carne | -0.696533 | 0.642525 | -1.08406 | 0.2790 |
| pH | -0.00790796 | 0.0423782 | -0.186605 | 0.8521 |
| Marmoleo | 0.712331 | 1.50706 | 0.472663 | 0.6367 |
| Color subjetivo x pH x marmoleo | | | | |
| Constante | 9.05786 | 4.05277 | 2.23498 | 0.0260 |
| Color subjetivo | -0.549993 | 1.73285 | -0.317392 | 0.7511 |
| pH | -0.00569394 | 0.0423724 | -0.134379 | 0.8932 |
| Marmoleo | 0.7885 | 1.54553 | 0.510182 | 0.6102 |

Como se observa en el (Cuadro 7) ninguna de las combinaciones de tres variables analizadas ejerce una acción significativa para la predicción de la fuerza de corte de la carne. Los coeficientes de correlación son extremadamente bajos y los valores de P no son significativos, lo cual indica la baja relación entre las variables y por lo tanto la incapacidad de predicción de los datos grosor de grasa.

Algunas investigaciones han mostrado una correlación entre el pH muscular final y la suavidad de la carne, incluso correlación de color con la suavidad de carne (Purchas, 1990; Watanebe, Daly, y Devine, 1996) Jeremías, Tong, y Gibson (1991), Wulf, Tatum O'Connor, y Smith (1997), Tatum, Belk, George, y Smith (1999). Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo, no concuerdan con dichos estudios. Wulf y Page (2000) también encontraron que cuando se introduce L*color y b*color en las ecuaciones de regresión múltiple para predecir la fuerza de corte del LD y la palatabilidad, la R^2 (coeficiente de determinación) era

mayor que considerando sólo el marmoleo. Los resultados encontrados en este trabajo no concuerdan con los anteriormente mencionados.

Con anterioridad ha sido explicada la relación del marmoleo con la fuerza de corte (Hedrick *et al.*, 1994); sin embargo, en este estudio no se ha podido encontrar dicha correlación.

V. DISCUSIÓN

La calidad sensorial se puede someter a grandes variaciones, debido a la creciente cantidad de investigación que se está llevando a cabo para mejorar la comprensión del impacto de estos factores sobre la carne calidad, especialmente en la suavidad. Estos estudios tienen demostrado que la calidad, la calidad sensorial, como la suavidad de la carne depende no sólo de producción, factores tales como raza, genotipo, edad, dieta, peso a la matanza, sino también en factores tecnológicos (condiciones en área de matanza, tiempo de maduración y proceso de cocción) Geay *et al.*, 2001; Maltin *et al.*, 2003; Hocquette *et al.*, 2005.

Los resultados de este estudio no han podido ofrecer una correlación entre las variables medidas, fuerza de corte y la calidad final de la carne. Más estudios han de realizarse para poder predecir la calidad de la carne con medidas evaluables en la canal.

VI. REFERENCIAS

Aberle, DE, CJ Forrest, ED. Gerard, y WE. Mills. 2001. Principles of Meat Science. Fourth Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque Iowa, pp 60-67.

Agriculture Canada Publication 5180/B. Pork quality. A guide to understanding colour and structure of pork muscle. Joint Publication and Inspection Brand (Lacombe Meat Research Centre) and Food Production and Inspection Brand, Ottawa.

AMSA. 1995. Research guidelines for cookery, sensory evaluation and instrumental tenderness measurements of fresh meat. American Meat Science Association, Chicago, IL.

AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. 15th edition. (K. Helrick Ed.) Arlington, USA. 1230 pp.

Apple, J.K., E.B. Kegley, C.B. Boger, J.W. Roberts, D. Galloway y L.K. Rakes, 2002. Effects of restraint and isolation stress on stress physiology and the incidence of dark-cutting longissimus muscle in Holstein steers. AAES Research Series 499:73-77.

Bavera, GA. 2005. Calidad de la Carne. Capítulo VII. En: Curso de Producción Bovina de Carne. Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto. Argentina. 4p. Consultado enero 2009.

(http://www.produccionbovina.com/informacion_tecnica/carne_y_subproductos/03-calidad_de_la_carne.pdf)

Bejerholm C, Barton-Gade P. 1986 Effect of intramuscular fat level on eating quality of pig meat. Proceedings of the 32nd European Meeting of Meat Research Workers, pp 389–391.

Berg R.T, RM Butterfield. 1979. Nuevos conceptos sobre desarrollo de ganado vacuno. Ed. Acribia. Zaragoza, España, pp 220.

Bidner TD, Wyant WE, Humes PE, Franke DE, Blouin DC. 2002. Influence of Brahman-derivative breeds and Angus on carcass traits, physical composition, carcass pH and temperature and palatability. Journal of Animal Science, 80: 997-1004.

Bosselmann, AC Moller, H Steinhart, M Kirchgessner y FJ Schwarz. 1995. Pyridinoline cross-links in bovine muscle collagen. J. Food Sci. 60: 5

Bourne MC. 1982. Food Texture and viscosity: Concept and measurement. Ed. Academy. Press. New York.

Brewer MS, Zhu LG & McKeith FK. (2001). Marbling effects on quality characteristics of pork loin chops: consumer purchase intent, visual and sensory characteristics. Meat Science, 59(2),153–163.

Brooks JC, JB. Belew, DB Griffin, BL. Gwartney, DS. Hale, WR. Henning, DD Johnson, JB Morgan, FC Parrish Jr, JO Reagan and JW Savell. 2000. National beef tenderness survey. 1998. Journal of Animal Science. 78:1852–1860.

Carpenter JW, Palmer AZ, Kirk WG, Peacock FM, Koeger M. 1961. Slaughter and carcass characteristics of Brahman-Shorton crossbred steers. *Journal of Animal Science*, 20: 336-340.

Conforth DP. (1994). Color: its basis and importance. In AM Pearson & TR. Dutson, *Quality attributes and their measurement in meat, poultry and products, Advances in Meat Research* (pp. 34±78). London: Blackie Academic & Professional.

Cross, H.R. 1994. Características organolépticas de la carne. Parte 1. Factores sensoriales y evaluación. En: Price, J.F., Schweigert, B.S. *Ciencia de la carne y de los productos cárnicos*. Ed. Acribia, Zaragoza.

Delgado EJ, *Calidad y nivel de residuos de residuos de β . Agonistas adrenérgicos en carne de bovino nacional e importada en México (tesis de maestría)*, México D.F., FMVZ/UNAM; 2004

Delgado EJ, Rubio MS, Iturbe FA, Méndez RD, Cassís L, Rosiles R. 2005. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in Mexico. *Meat Science*. 69:465–471.

Depetri, G; Santini, F. 2005. *Calidad de la carne asociada al sistema de producción*. Grupo de Nutrición, Metabolismo y Calidad de Producto. INTA. Estación Experimental Balcarce. Argentina

De Siles JL, JH Zeigler, LL Wilson, and JD Sink 1977 Growth, carcass and muscle characters of Hereford and Holstein steers. *Journal Animal Science*. 44:973-984.

De Vol DL, McKeith FK Bechtel PJ, Novakofski J, Shanks RD, Carr TR 1988. Variation in composition and palatability traits and relationships between muscle characteristics and palatability in random sample of pork carcasses. *Journal of animal Science*, 66: 385-395.

Escenario base del sector agropecuario en México, Proyecciones 2009-2018, (<http://sagarpa.gob.mx/agronegocios/Estadisticas/Paginas/EscenarioBase2008-2018.aspx>).

Fernandez X, Monin G, Taltman A, Mourot J, Lebreil B. 1999. Influence of intramuscular fat content on the quality of pig meat-2. Consumer acceptability of m. longissimus lumborum. *Meat Science*, 53; 67-72.

Geay, Y, Bauchart D.; Hocquette JF, Culioli, J. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reprod. Nutr. DeV.* 2001.

George, M. H., Tatum, J. D., Belk, K. E., & Smith, G. C. (1999). An audit of retail beef loin steak tenderness conducted in eight U.S. cities. *Journal of Animal Science*, 77, 1735–1741.

Goutenfoagea, R. y Valin, C. 1976. Etude comparée de la saveur des viandes de vaches et de taurillons. Relation entre la composition du muscle et la saveur de la viande. *European Meet. of Meat Res. Workers*, 22. Malmö. Swedish Meat Research Centre, Vol I, A8:1-12.

Hargreaves A, L Barrales, I Peña, R Larain y L Zamorano (2004). Factores que influyen en el pH último e incidencia de corte oscuro en canales de bovino. *Cien. Inv. Agr.* 31 (3): 155-166.

Harper, GS., & Pethick, D. W. (2004). How might marbling begin? *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 44, 653–662.

Hocquette, J. F.; Richardson, R. I.; Prache, S.; Medale, F.; Duffy, G.; Scollan, N. D. The future trends for research on quality and safety of animal products. *Ital. Journal Animal Science*. 2005, 4, 49-72.

Hedrick HB, ED Aberle, JC Forrest, MD. Judge y RA. Merkel. 1994. Principles of Meat. Science. 3rd ed , Kendall Hunt Publishing Co, Dubuque , Iowa. 1, 3, 274 , 289 , 317.

Honickel KO. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49: 447–457.

Horcada, A. 2005. Manual de calidad de carne. Instituto Técnico y de Gestión Ganadera S.A. ITGG. 112. p. España.

Huerta, N. L. 2002. Caracterización de ganado y carne bovina como base científica de la clasificación de canales en el trópico americano. XI Congreso venezolano de producción e industria animal. Disponible: www.saber.ula.ve/congresoavpa/pdf/nelsonhuertal.pdf. Acceso 23/04/05.

Huffman RD, Williams SE, Hargrove DD, Jhonson DD, Marshall TT. 1990. Effects of percentage Brahman and Angus breeding, age- season of feeding and slaughter

end point on feedlot performance and carcass characteristics. *Journal of Animal Science*, 74: 91-97

Huffman KL, Miller MF, Hoover LC, Wu Ck, Brittin HC, Ramsey, CB 1996. Effect of beef tenderness on consumer satisfaction with steaks consumed in the home and restaurant. *Journal of Animal Science*, 74 91-97.

Jeremiah LE, AKW Tong and LL.Gibson. 1991. The usefulness of muscle color and pH for segregating beef carcasses into tenderness groups. *Meat Sci.* 30:97.

Kauffman RG. 1993. Opportunities for the meat industry in consumer satisfaction. *Food Technology*. 132.

Kempster, A.J. y D.G. Evans. 1979. A comparison of deferent predictors of lean content of pig carcass. 1. Predictors for use in commercial classification and grading. *Animal Prod.* 28:87.

Koohmaraie M 1988. The role of endogenous proteases in meat tenderness *Proceeding of the Reciprocal Meat Conference*, 41:89.

Koohmarie M. 1992. The role of Ca²⁺- dependent proteases (calpains) in post mortem proteolysis and meat tenderness. *Biochimie.* 74: 239-245.

Lawrie RA. 1974. *Meat Science*. 2nd. Edition. Pergamon Press, Oxford.

Lawrie RA. 1991. *Meat Science*. 5a. Edition. Pergamon Press, Oxford.

Lawrie, R. A. 1998. *Ciencia de la Carne*. 3^a Ed. Edit. Acribia. Zaragoza, España pp 165-187.

Lorenzen, C. L., D. S. Hale, D. B. Griffin, J. W. Savell, K. E. Belk, T. L. Frederick, M. F. Miller, T. H. Montgomery y G. C. Smith. 1993. National beef quality audit: Survey of producer related defects and carcass quality and quality attributes. *J. Anim. Sci.* 71:1945.

Maltin, C.; Balcerzak, D.; Tilley, R.; Delday, M. Determinants of meat quality: tenderness. *Proc. Nutr. Soc.* 2003, 62, 337-347. Erratum 41, 377. Mexican-Beef. (2011). La producción de carne bovino para exportación México: Seminario Internacional sobre exportación de productos cárnicos-Mexican Beef.

Mancini, RA; Hunt, MC (2005) Current research in meat color. *Meat Science* 71: 199-121

Méndez RD, Meza CO, Berruecos JM, Garcés P, et al. (2009). A survey of beef carcass quality and quantity attributes in Mexico. *Journal Animal Science.* 87: 3782-3790.

Miller MF, Huffman KL Gilbert SY, Hamman LL, Ramsey CB. 1995. Retail consumer acceptance of beef tendernized with calcium chloride. *Journal of Animal Science,* 73 (8): 2308-2314.

Miller RK. (1994). *Foods Meat,* 296332 (eds. Breidenstein). Quality Characteristics. In: *Muscle Seafood and Poultry Technology* pp, DM. Kinsman, AW. Kotula and BC. Chapman and Hall, New York.

Morgan, JB, JW Savell, DS Hale, RK Miller, DB. Griffin, HR. Cross and SD Shackelford. 1991. National beef tenderness survey. Journal. Animal Science. 69:3274–3283.

Murphey, C.E., D.K. Hauett, W.E. Tyler and J.C. Pierce. 1960. Estimating yields of retail cuts from beef carcasses. Presented at the 62nd Meet of the Amer. Soc. of Anim. Prod., Chicago, November 26, 1960.

O'Connor SF, Tatum JD, Wulf DM, Green RD, Smith GC. 1997. Genetic effects on beef tenderness in Bos indicus composite and Bos Taurus cattle. Journal Animal Science, 75: 1822-1830.

Park YW, MA Kouassi and KB Chin 1991 Moisture, total fat and cholesterol in goat organ and muscle meat. Journal of Food Science. 56 (5) 1191-1193.

Peacock, F.M.,A. Z. Palmer, J. W Carpenter, and M. Koeger. 1979. Breed and heterosis effects on carcass characteristics of Angus Braham, Charolais and crossbred steers. Journal of Animal Science, 49: 391-395.

Pearson AM and RB Young. 1989. Muscle and Meat Biochemistry. Academic Press, San Diego.

Preston TR, Willis MB. Intensive beef production. 2nd ed. Oxford, Inglaterra: Pergamon Press; 1988.

Pringle DT, SE Williams, BS Lamb, DD Johnson, RL West. 1997. Carcass characteristics, the calpain proteinase system and aged tenderness of angus and Brahman crossbred steers. Journal of Animal Science. 75: 2955- 2961.

Purchas, R. W. 1990. An assessment of the role of pH differences in determining the relative tenderness of meat from bulls and steers. *Meat Science*. 27:129.

Raes K, Balcaen A, Dirinck P, De Winne A, Claeys E, Demeyer D. 2003. Meat quality, fatty acid composition and flavour analysis of Belgian retail beef. *Meat Science*. 65: 1237–1246.

Ramírez JAT 2004 Características bioquímicas del musculo calidad de la carne y de la grasa de conejos seleccionados por velocidad de crecimiento. Tesis doctoral. Facultad de Veterinaria Barcelona, España.

Robbins K, Jensen, J, Ryan, K. J, Homco-Ryan, C, McKeith, F.K, Brewer, M. S. (2003). Consumer attitudes towards beef and acceptability of enhanced beef. *Meat Science*, 65, 721–729.

Roeber DL, Belk KE, Tatum JD, Wilson JW and Smith GC. (2001). Effects of three levels of α -tocopheryl acetate supplementation to feedlot cattle on performance of beef cuts during retail display. *Journal of Animal Science*, 79, 1814–1820.

Riley DG, CC Chase Jr, AC Hammond, RL West, DD Johnson, TA. Olson and SW Coleman. 2002. Estimated genetic parameters for carcass traits of Brahman cattle. *Journal Animal Science*. 80:955–962.

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 de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Programa de Ciencia y

Tecnología de Alimentos. Recinto Universitario de Mayagüez. Universidad de Puerto Rico.

Savell JW, JJ Harris, HR Cross, DS. Hale y C Beasley. 1991. National Beef Market Survey. *Journal of Animal Science* 69:2883.

Shackelford SD, Savell JW, Croase JD, Cross HR, Schanbacher BD, Johnson DD et al. 1992. Palatability of beef from bulls administered exogenous hormones. *Meat Science*, 32: 397-405.

Shearer J, Burges G, English PR. 1986. A study of consumer attitudes to fat in meat. British Society of animal Production, Winter Meeting. Paper No.88.

Tatum JD, GC Smith, BW Berry, CE Murphey, FL Williams and ZL Carpenter. 1980. Carcass characteristics, time on feed and cooked beef palatability attributes. *Journal Animal Science*. 50:833–840.

Tatum JD, GC Smith and ZL Carpenter. 1982. Interrelationships between marbling, subcutaneous fat thickness and cooked beef palatability. *Journal Animal Science*. 54 (2):777–784.

Tatum, J. D., B.J. Klein, F.L. Williams y R. A. Bowling. 1988. Influence of diet in growth rate and carcass composition of steer differing in frame size and muscle thickness. *J. Anim. Sci.* 66:1947.

Tatum JD, KE Belk, MH. George and GC. Smith. 1999. Identification of quality management practices to reduce the incidence of retail beef tenderness problems:

Development and evaluation of a prototype quality system to produce tender beef. *Journal Animal Science*. 77:2112–2118.

Téllez VJ. La calidad de la carne de vacunos. En: Iº Congreso Peruano de la Carne. Lima, Perú: 2005: 4 p.

Thompson. 2004. The effects of morbling on flavour and juiciness scores of cooked beef, after adjusting to a constant tenderness. *Austral. J. Exp. Agric.*, 44 (7), pp. 645-652.

Unión Ganadera Regional de Baja California. (2009). Estudio de mercado y sistema de comercialización para la exportación de carne a EUA, Europa y Asia de la planta TIF de la UGR-BC 2009. Mexicali, B.C.

USDA 1996. Institutional Meat Purchase Specifications for Fresh Beef Products. Agric. Marketing Serv., USDA, Washington, DC.

USDA 1997. United States standards for grades of carcass beef. United States Department of Agriculture.

Watanabe A, CC Daly and CE Devine. 1996. The effects of the ultimate pH of meat on tenderness changes during ageing. *Meat Science*. 42:67.

Wulf DM, SF O'Connor, JD Tatum and GC Smith. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef longissimus tenderness. *Journal Animal Science* 75:684–692

Wulf DM, and Page JK. (2000). Using measurements of muscle color, pH, and electrical impedance to augment the current USDA beef quality grading standard

and improve the accuracy and precision of sorting carcasses into palatability groups. *Journal of Animal Science*, 78, 2595–2607.

Wheeler TL, Davis GW, Clark JR, Ramsey CB, Rourke TJ 1989. Composition and palatability of early and late maturing beef breed types. *Journal of Animal Science*, 67(1): 142-151.

Wheeler TL, Savell JW, Cross HR, Lunt DK, Smith SB, 1990a. Effect of postmortem treatments on the tenderness of meat from Hereford, Brahman and Brahman-cross beef cattle. *Journal of Animal Science*, 68 (11): 3677-3686.

Wheeler TL, Savell JW, Cross HR, Lunt DK, Smith SB 1990b. Mechanisms associated with the variation in tenderness of meat from Brahman and Hereford cattle. *Journal of Animal Science*, 68 (12): 4206-4220.

Wheeler TL, M Koohmaraie, LV Cundiff and ME Dikeman. 1994. Effects of cooking and shearing methodology on variation in Warner Bratzler shear force values in beef. *Journal Animal Science*, 72: 2325–2330.

Whipple G, Koohmarie M, Dikeman ME, Crouse JD. 1990. Predicting beef Longissimus tenderness from various biochemical and histological muscle traits. *Journal of Animal Science*, 68: 4193-4199.

Warris PD. 2000. *Meat Science. An introductory text.* CABI publishing. New York, 310 pp.

Wulf D, SO'Connor, T Daryl, G Smith. 1997. Using objective measures of muscle color to predict beef Longissimus tenderness. *Journal Animal Science*, 75: 684-692.

Zerby, H.N., K.E. Belk, J.N. Sofos, L.R. McDowell, and G.C. Smith. 1999. Case life of seven retail products from beef cattle supplemented with α tocopheryl acetate. *J. Anim. Sci.* 77:2458–2463.