



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DE LA CARNE CRUDA DE RES
PROCEDENTE DE RASTROS TIF DE MÉXICO

TESIS

PARA OBTENER EL TITULO DE

MÉDICA VETERINARIA ZOOTECNISTA

PRESENTA

XÓCHITL APARICIO GALENO

No. De CUENTA: 30429803-9

ASESORES:

Dra. María Salud Rubio Lozano

Q.A. Águeda García Pérez

México D.F.

2013



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.



Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIA

A mi mamá que ha estado a cada paso de mi vida, por su apoyo incondicional en todas las etapas de mi formación, por sacarme adelante siendo madre y padre a la vez y sobre todo por el cariño brindado el cual ha forjado mi camino y ha hecho que sea una persona de bien.

Esta felicidad te la debo a ti, gracias mamá te amo

AGRADECIMIENTOS

Le agradezco a Dios por dejarme llegar a esta etapa de mi vida, por darme la oportunidad de lograr mi mayor sueño y darme la fuerza para terminar esta parte de mi camino.

Agradezco a la Dra. María de la Salud Rubio por la oportunidad de trabajar en este gran proyecto, y dejarme aprender de ella.

A la Q.A. Águeda García Pérez por su apoyo en el laboratorio de nutrición animal.

A una gran persona que es Férmina Tec. Laboratorista del Departamento de Nutrición Animal, por la dedicación, la confianza brindada y la enseñanza de cada día, gracias por todas esas horas que desinteresadamente me regalaste.

Para Paloma por su apoyo incondicional y siempre estar dispuesta a sacar el trabajo a pesar de las circunstancias.

Agradezco a Sagarpa-Conacyt el financiamiento del proyecto, denominado “Indicadores de calidad en la cadena de producción de carne fresca en México”.

Por ultimo pero no menos importante agradezco a todas aquellas personas que me ayudaron a formarme como profesional, como médica veterinaria zootecnista y como persona. A mis amigos, a mis colegas y a todos los Dres. y Dras. que creyeron en mi gracias por su confianza y apoyo.

CONTENIDO

	Página
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN.....	3
ANTECEDENTES.....	5
OBJETIVO.....	13
MATERIAL Y METODOS.....	13
RESULTADOS.....	22
CONCLUSIÓN.....	38
AGRADECIMIENTOS.....	40
REFERENCIAS.....	41

RESUMEN

Aparicio Galeno Xóchitl. Composición química proximal de la carne cruda de res procedente de rastros TIF de México (bajo la dirección de: la Dra. María Salud Rubio Lozano y la Q.A. Águeda García Pérez)

El presente estudio se llevó a cabo para determinar los efectos del tipo racial, de los días de finalización con dietas de alta energía, del sexo de los animales y el uso o no del zilpaterol en la composición química de la carne de res mexicana, cuya determinación se realizó por medio del Análisis Químico Proximal. Se utilizaron 194 muestras de carne (chuleta entre la 10^a y la 12^{ava} costilla, de 2.5 cm de grosor) de varios rastros TIF de la República Mexicana; donde se tomaron los datos de tipo racial, sexo, edad y días de finalización en corral de los animales. Se trasladaron al Laboratorio de Nutrición Animal de la FMVZ de la UNAM se determinó el contenido de humedad, proteína cruda, grasa (E.E), cenizas y energía bruta de cada una de las muestras de carne. Los resultados se analizaron por medio del programa estadístico STATA 11 mediante modelos de ANOVA para medir los efectos de los factores explicativos (tipo racial, días de finalización en dietas de alta energía, sexo de los animales y el uso o no de zilpaterol) sobre las variables dependientes de composición química de la carne. Para la diferencia de medias se utilizó el cociente de verosimilitud con un $\alpha=0.05$.

Los resultados muestran que la mayor cantidad de carne proviene de animales machos (66.50%) y que alrededor del 40% son de procedencia $\frac{3}{4}$ Cebú. En general, el 79.38% de los animales han pasado más de 100 días de engorda y a un 77.84% se les aplico

un promotor de crecimiento. Este estudio describió la composición química de la carne res mexicana, la cual tuvo un 71.49% de humedad, 22.20% de proteína, 2.87% de grasa, 1.09% de cenizas y aporta un 7.11 kcal/g.

El grupo genético afectó el porcentaje de grasa intramuscular de manera que animales $\frac{1}{2}$ Cebú tuvieron un mayor porcentaje de grasa intramuscular a comparación de tener animales $\frac{3}{4}$ Cebú que son los animales que tienen un menor porcentaje (2.43%). Cuando se mantienen a los animales por mas de 100 días en dieta de alta energía se provoca una mayor (1.90%) deposición de grasa intramuscular. En general, la aplicación del clorhidrato de zilpaterol disminuye la grasa intramuscular en un 1.55%.

El porcentaje de grasa intramuscular no se ve afectada en machos cuando hay aplicación de zilpaterol, sin embargo la disminución de grasa intramuscular es muy severa en hembras cuando a estas se les aplica dicho promotor. Por otra parte, la grasa intramuscular se incrementa significativamente en machos que han recibido mas de 100 días en dieta de alta energía, en contraste con las hembras, las cuales no tienen tal variación.

En resumen la carne cruda de res mexicana cuenta con un bajo contenido de grasa, lo que la hace competitiva para mercados interesados en la salud. La industria de la carne puede manejar la genética, el sexo, los días de engorda y hasta la utilización de promotores de crecimiento para obtener carne con mas o menos grasa intramuscular dependiendo de las necesidades de su mercados.

II. Introducción

Una de las principales actividades del sector agropecuario en México es la ganadería bovina,¹ esto dado a que el consumo de carne de res es una de las más consumidas por debajo a la carne de pollo.

La mayor parte de los consumidores mexicanos busca en la carne de res mexicana suavidad, olor y sabor agradable, pero principalmente buscan una carne con el mínimo de grasa. En la actualidad, una de las preocupaciones más comunes es la de proporcionar una dieta adecuada, equilibrada y de una excelente calidad, ya que la obesidad está siendo uno de los más importantes problemas nacionales de salud, así que la industria cárnica mexicana debe de continuar ofreciendo una carne de calidad, para los consumidores.

Los alimentos producidos en el país deben ser sanos, atractivos y a un precio accesible para la mayoría de la población. Para tener una carne saludable y de calidad se deberá controlar el proceso, la conservación y la distribución de ésta, entre otros factores.

En el sector agropecuario mexicano es uno de las más importantes en cuestión económica. En el país existen diferentes sistemas de explotación del ganado,² utilizando diferentes tipos de razas, tiempo de engorda y utilización o no de promotores de crecimiento, entre otros factores que determinan una gran diversidad en los atributos de calidad en general y en la composición química en lo particular.³

La información, en materia de composición química de carne cruda de res mexicana es escasa o desactualizada. Quizás la fuente más completa se encuentra en la Segunda

Edición del libro de Ledesma et al.(2010)⁴ llamado “Composición de alimentos, valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo”. Sin embargo, los datos incluidos en este libro no han sido modificados desde 1992, por lo que son obsoletos, como por ejemplo los porcentajes de grasa que reportan van de 25.4 en carne grasosa a 6.3 en carne magra, lo cual comparado con datos actuales (2.7 a 3.6%) está muy por encima.⁵ Por lo tanto, este libro no ayuda a promocionar a las carnes mexicanas como una fuente saludable de proteínas de origen animal.

Sin embargo, los resultados observados por estos autores no se pudieron asociar con factores productivos, tales como el grupo racial, sexo y edad de los animales, dado que fue una investigación realizada en puntos de venta.

Con el presente estudio se generarán datos sobre la composición química de la carne cruda de res mexicana que se produce en el país, tanto en lo general como de acuerdo con diferentes factores de producción, tales como la raza, el sexo, la edad y el sistema de alimentación. Esta información actualizada servirá para favorecer el consumo informado por parte de los mexicanos, así como fungir como una herramienta de orientación para los productores, dependiendo de los objetivos de su producción y del nicho de mercado que atienden.

III. Antecedentes

En México, el consumo de carne de res ha sido muy variable, en 2010, el consumo per-cápita anual fue de 17 kg,⁶ por debajo de la carne de pollo cuyo consumo per-cápita fue de 28 kg. Lo que significa que la carne de res mexicana es la segunda más consumida por los mexicanos. El consumo de carne de res está dado por diversos factores, entre ellos los hábitos alimenticios, el nivel socioeconómico, la disponibilidad y el precio de la carne.

En 2012 se alcanzó una producción de 1 819 826 toneladas de carne en canal de bovino,⁷ con un crecimiento marginal inferior al 1%, en comparación con 2011. Los mayores productores de carne de ganado de bovino en México son los estados de Veracruz, Jalisco, Chiapas, Chihuahua y Baja California,⁸ este conjunto de entidades representan el 37% de la producción del 2012, el otro 63% se divide en el resto de las entidades del país.

En México se cuenta con 39 plantas Tipo Inspección Federal (TIF) de acuerdo con la SAGARPA (2007).⁹ Los rastros TIF se manejan con estrictas normas sanitarias, prácticas de aturdimiento del bovino antes del sacrificio, y con la presencia de la cadena fría durante el procesamiento y transporte de la carne, lo que garantiza al consumidor sanidad e inocuidad en la carne.¹⁰ Algunas plantas TIF están acreditadas por la USDA/FSIS (United States Department of Agriculture/ Food Safety and Inspección Service), lo cual les permite la exportación de carne. Todas las muestras adquiridas para este estudio tienen procedencia TIF.

III.a. Composición química de la carne de res

Los componentes esenciales de la carne de res son las proteínas que son polímeros de aminoácidos los cuales forman una estructura cuaternaria, unida por enlaces peptídicos, esto forman una amida.¹¹ Las proteínas forman parte de la estructura básica de los tejidos blandos del organismo; otras sirven como enzimas, ayudando a catalizar los procesos bioquímicos que se llevan en el organismo de las diferentes especies. En el músculo hay diversas proteínas, una de las más importantes es la miosina que se encuentra en él músculo, la cual es una proteína grande, formada por una gran cantidad de aminoácidos aspárticos, glutámico y lisina, formada por dos cadenas proteicas enrolladas entre sí. La miosina se une a la proteína actina para poder provocar la contracción y relajación muscular.¹²

La miosina es la proteína del músculo que tiene mayor capacidad de retención de agua, esta propiedad es funcional en la tecnología de los alimentos. La actina ayuda a transportar a una molécula de ATP que será desdoblada por la miosina, transformando la energía química en mecánica.¹¹

También existen proteínas reguladoras, las cuales ayudan a la contracción – relajación muscular como la tropomiosina y la troponina; la primera está formada de manera similar a la miosina y la segunda carece de prolina y triptófano.¹¹

III.a.2. Grasa intramuscular

La calidad nutricional de la carne es uno de los aspectos que más preocupa al consumidor a la hora de incluir este producto en su dieta, siendo la grasa la mayor preocupación. En México, el consumidor rechaza la carne con grandes cantidades de grasa entre otras cosas por la relación que le han atribuido con ciertas enfermedades. Por ello se ha buscado genéticamente que la carne de los animales sea magra. La carne es fuente de energía por medio de su grasa, ya que pueden aportar más energía que los carbohidratos y las proteínas; esta grasa es indispensable para la formación de la membrana celular, para el sistema nervioso, para la formación de hormonas y para fabricar la bilis. La carne de res contiene aproximadamente un 3% de grasa total de las cuales, un 50% de grasas saturadas, un 42% de grasas monoinsaturadas y un 4% de grasas poliinsaturadas, también la carne contiene entre 50 a 80 mg de colesterol por cada 100 g de carne cruda. La carne de res aporta 4 ácidos grasos importantes: el palmítico, esteárico, oleico y linoleico.¹² Se busca tener animales jóvenes, ya que estos tendrán una mejor aceptación por el consumidor por su baja cantidad de grasa.¹³

III.a.3. Cenizas

Los minerales permiten el mantenimiento de la presión osmótica de las células. El hierro, magnesio, fosforo y zinc^{2,14} tienen diversas funciones metabólicas; el hierro es el componente esencial de la hemoglobina¹⁴ y hierro transporta oxígeno de los pulmones a los órganos del cuerpo, también forma parte de la mioglobina y en algunas enzimas como los citocromos. El resto del hierro es almacenado por ferritina y hemosiderina en hígado, bazo y médula ósea.^{14,15} El magnesio se une a las proteínas movilizándose en la sangre. El magnesio tiene como actividad importante la de activar las enzimas, estimular el crecimiento y ayudar a sacar calcio de los huesos. Una deficiencia de magnesio afecta el metabolismo del calcio, sodio y potasio.¹⁶ El fosforo se encuentra presente en huesos y dientes (aproximadamente el 85%), y ayuda en la fabricación de proteínas (está presente en los ácidos nucleicos).^{14,15} El zinc refuerza el sistema inmunológico,¹⁵ ayuda a la activación de proteínas, interviene en la liberación del bióxido de carbono de la sangre venosa que pasa por los pulmones; todo esto gracias a que forma parte de la enzima anhidrasa carbónica.¹⁴ La carne contiene un 1% aproximadamente de minerales principalmente hierro y zinc.¹¹

III.a.4. Energía

El ser humano depende del aporte periódico y permanente de alimentos. La carne de res mexicana es una fuente de energía muy importante, la cual puede dar a la nutrición del ser humano importantes cantidades de calorías que son necesarias para su alimentación.³ Las proteínas dan un aporte energético importante ya que son ricas en sustancias esenciales para el organismo.¹⁷ La carne posee todos los aminoácidos requeridos para la vida. La grasa en la carne de res es la mejor fuente de energía, es la de mayor aporte energético ya que aportan 2.25 veces más energía por unidad de masa que los carbohidratos y las proteínas,¹⁷ los triglicéridos son almacenados en tejido adiposo y pueden ser oxidados cuando el cuerpo necesite esta energía.

III.b. Factores que influyen en la composición de la carne

Los factores que influyen en la composición de la carne pueden ser intrínsecos como la influencia del tipo genético, el sexo, o la edad, también pueden existir factores extrínsecos como la aplicación o no de promotores de crecimiento, entre otros,¹⁸ en este estudio se tomaron solo algunos factores que a continuación se describirán.

III.b.1. Influencia de la raza

En México existe una gran diversidad genética en el ganado bovino, esto debido a las diferentes condiciones climáticas existentes en nuestro país. Las razas que manejan los ganaderos son parte de dos grandes troncos genéticos *B. indicus* y los *B. taurus*. Estudios de Méndez et al.¹⁹ reportan que el 90% de las canales de bovinos que se van para el abasto tienen algún componente de *B. indicus*. Las razas incluidas en el tronco *B. indicus* tienen una conformación angulosa, sus extremidades son largas, poseen una gran papada y una delgada capa de grasa subcutánea, ya que estos están en las zonas cálidas, a comparación de los *B. taurus* que se encuentran en zonas templadas, poseen más grasa y son más robustos.² La combinación genética de ambas razas ha ayudado a tener animales con mayor rendimiento y resistentes a climas tropicales. La influencia de la raza es uno de los factores más importantes que determinan la calidad de la carne, además es importante mencionar que las razas *B. taurus* son más especializada en producción de carne que las razas *B. indicus*, por esto la carne de *B. taurus* es más suave y con mayor cantidad de grasa, en comparación con la que proveniente de *B. indicus* que tienen un menor porcentaje de grasa.^{5, 20} Esto es un factor que al realizar cruza ayuda a que tengan menor cantidad de grasa para una mejor aceptación por el consumidor.¹³ La influencia de la raza no afecta la cantidad de proteína al igual que no influye en la cantidad de minerales.

III.b.2. Influencia del sexo

El sexo influye en la conformación corporal. Los machos crecen más rápido y llegan al rastro con un mayor peso,¹⁹ en comparación con las hembras que tienen un crecimiento más lento y esto hace que lleguen con un menor peso. En México se tiene predilección a producir machos enteros en lugar de hembras, ya que si llegan con un peso mayor al rastro, los machos tendrán una ventaja económica mayor sobre las hembras. Además la carne de las hembras tiene una mayor cantidad de grasa, ya que les es más fácil depositar grasa intramuscular (mayor grado de marmoleo), mayor cantidad de grasa subcutánea y un menor rendimiento en la canal,¹⁹ mientras los machos tienen una mayor rendimiento en la canal y menor grasa.¹⁹ La influencia del sexo no afecta la cantidad de proteína al igual que no influye en la cantidad de minerales.

III.b.3. Influencia de los días en corral con dietas de alta energía

Los días de engorda influyen en la cantidad de grasa y esta cantidad modifica la calidad final de la carne. Miller et al.²¹ reportan que la suavidad de la carne es mejor cuando aumentan los días de engorda. Schnell et al.²² describen que al incrementarse los días de finalización en corral el tejido graso se incrementa. Los días en corrales de dietas en alta energía, no afecta la cantidad de proteína al igual que no influye en la cantidad de minerales.

III.b.4.Influencia del clorhidrato de zilpaterol

El clorhidrato de zilpaterol es un agonistas β -adrenérgicos. El clorhidrato de zilpaterol fue aprobado por los EE.UU. en agosto de 2006,²³ su uso es por vía oral para mejorar la eficiencia alimentaria y mejorar el rendimiento en canal. Se alimenta al ganado de engorda a una tasa de 8.3 mg/kg durante el último periodo de 20 a 40 días seguido de un periodo de 3 días de retirada.^{23,24,25}

Se ha demostrado que el clorhidrato de zilpaterol mejora la producción de carne magra, aumenta la tasa de ganancia de peso, mejorar la eficiencia de la alimentación todo esto en ganado alimentado en sistemas de confinamiento.^{23,24,25,26,27} La influencia del zilpaterol no afecta la cantidad de proteína al igual que no influye en la cantidad de minerales.

El clorhidrato de zilpaterol está disponible en el mercado para los dueños de los corrales de engorda, se ha demostrado que esté promotor de crecimiento es más seguro que otros agonistas β -adrenérgicos como el clenbuterol.²⁵

IV. Objetivo General

El objetivo del presente trabajo fue determinar en función del tipo racial, del tiempo en dietas de alta energía, categoría sexual y el uso o no de zilpaterol en la composición química proximal (proteína, grasa intramuscular, humedad, cenizas totales y energía) de la carne cruda de res de rastros TIF de la República Mexicana.

V. Material y métodos

El estudio se llevó a cabo en diferentes Rastros TIF del Norte, Centro y Sureste de la República Mexicana. De mil canales muestreadas por todo el país se seleccionaron 194 muestras al azar (número determinado por disponibilidad económica) para determinar la composición química proximal de la misma. En el rastro, se tomaron los datos de tipo racial, edad, días de finalización en dietas de alta energía, sexo y la aplicación o no del zilpaterol. La muestra fue una chuleta (entre la 10ma y la 12ava) de 2.5 cm de grosor, la cual se empacó al vacío y se transportó a la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM en el Distrito Federal, donde se mantuvieron en refrigeración por 14 días. A continuación, las muestras fueron recortadas de la grasa subcutánea, se cortaron en pequeños pedazos de aproximadamente 2 cm y se molieron dos veces en un procesador de alimentos marca Foss Homogenizer 2094, Based on Tecator Technology made in Hoganas Sweden. Después de este proceso, la carne molida se guardó en bolsas por duplicado (previamente identificadas y pesadas) en un congelador a $-22^{\circ} (\pm 2^{\circ}\text{C})$. La humedad se determinó por la metodología de Liofilización.^{28,29} Posteriormente, se determinaron los contenidos de proteína, grasa y cenizas totales siguiendo la metodología de la AOAC.³⁰

El contenido de energía se determinó por la metodología ASTM.³¹ A continuación se describen los métodos con las ligeras modificaciones llevadas a cabo en el laboratorio donde se realizaron las pruebas de 194 muestras por duplicado.

V.a. Descripción de la muestra

La muestra seleccionada tiene características peculiares. En el Cuadro 1 se muestra el número de animales en cada uno de los rubros en los que se seleccionaron las muestras. De los animales evaluados, el 66.50% fueron machos enteros y el 33.50% fueron hembras. En México, son preferidos los machos enteros porque producen una mayor cantidad de músculo y como consecuencia mayor cantidad de carne.¹⁹ También se observa que la mayor cantidad de animales se concentran en los grupos genéticos $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$ Cebú. Esto debido a que se comercializan muy poco las razas puras, ya que los sistemas de producción en México tienden a cruzar razas cárnicas con las razas bien adaptadas a los climas mexicanos como son los Cebús, esto coincide con lo encontrado por Méndez et al.¹⁹ quienes reportan que el 90% de la población de bovinos para el abasto de carne en México tienen algún grado de *Bos indicus*.

Todos los animales evaluados son menores de 30 meses, ya que los productores buscan obtener animales jóvenes para contar con la ventaja de la suavidad y la carne baja en grasa, con el avance de la edad la carne se hace más dura y acumula más grasa. Autores como Méndez et al.¹⁹ reportan que la mayor cantidad de los animales, en un 79%, que van al abasto son animales jóvenes. El 66.5% de los animales de abasto son toretes pues el consumidor desea comprar una carne con un contenido bajo en grasa.¹³

En el Cuadro 1 también observamos que la mayor cantidad de animales son alimentados con más de 100 días de engorda; Méndez et al.¹⁹ confirman que debe de haber un periodo en corral de engorda para tener un mayor rendimiento y una mejor calidad. Por otro lado, la mayor parte de los productores del país utilizan promotores del crecimiento, esto se hace ya que se conoce que influye positivamente en el rendimiento de la canal.³² En el presente estudio, se obtuvo un 77.84% de muestras procedentes de animales que habían sido administrados con clorhidrato de zilpaterol y solo el 22.16% que no lo habían sido.

Cuadro 1. Descripción de la muestra

Variable		N 194
Sexo	Machos	129
	Hembras	65
Grupo genético	¼ Cebú	21
	½ Cebú	75
	¾ Cebú	80
	Cebú	18
Días de engorda	< 100	40
	> 100	154
Promotor crecimiento	Si	151
	No	43

V.b. Determinación del contenido de humedad^{28,29}

La muestra fue pesada por duplicado en bolsas de plástico, se congeló (-22°C) y se introdujo a la liofilizadora, (Edwards modelo Freeze dryer) por 5 días. Al término de los 5 días se sacaron las muestras y se pesaron nuevamente para obtener por diferencia el porcentaje de humedad. Posteriormente se molieron. El porcentaje de humedad se calculó según la siguiente fórmula:

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

V.c. Determinación del contenido de proteínas³³

La muestra deshidratada y molida fue homogenizada, se pesó 0.5 g por duplicado de la muestra liofilizada en una balanza Sartorius BL 1250 máx. 120g con un error de 0.0001 en un tubo de digestión Kjeldahl, previamente identificado. Se añadió un gramo de catalizador (compuesta por sulfato de potasio en un 88.88%, sulfato de cobre 5H₂O 8.88% y selenio en un 2.24%) y 20 mL de ácido sulfúrico concentrado. Los tubos se colocaron en el digestor precalentado, la digestión duró 60 minutos. La finalización de la digestión se observó por la aparición de un color verde –esmeralda limpio. Terminada la digestión, se dejaron enfriar los tubos aproximadamente 20 minutos a temperatura ambiente, se colocaron tubos en el equipo Kjelflex K 360 para llevar a cabo la destilación. Luego, una vez recolectado el destilado en el matraz Erlenmeyer se obtuvo un color azul, se tituló con una solución valorada de HCl 0.1 N hasta que hubo vire de color, en este caso de azul a verde. Se

registró el volumen utilizado y se calculó la cantidad de nitrógeno total. El porcentaje de proteína cruda total se calculó multiplicando la cantidad de nitrógeno por 6.25.

$$\% \text{ Nitrógeno (BS)} = \frac{\text{mL HCl} * 0.1 * 0.014 *}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Nitrógeno (BH)} = \% \text{ Nitrógeno (BS)} \times \% \text{ MS} / 100$$

$$\% \text{ PC (BH)} = \% \text{ Nitrógeno} * 6.25$$

Dónde:

mL HCl = mL de HCl 0.1 N gastados en la titulación

0.1 = Normalidad de HCl

%MS = Porcentaje de materia seca de la muestra (%MS = 100 - %Humedad)

0.0014 = constante (meq de N/100)

6.25 = constante (gramos de proteína que contiene 1g de N)

BH = Base húmeda

BS = Base seca

V.d. Determinación del contenido de grasa³⁴

Se utilizaron cartuchos de celulosa identificados, se colocaron a desecar en un horno a 50°C por 24 hrs. Transcurridas se retiraron los cartuchos del horno y se dejaron enfriar en un desecador por 20 minutos, posteriormente fueron pesadas. A continuación se homogenizó la muestra deshidratada y se pesaron 2 gramos por duplicado, se colocaron en el cartucho,

el cartucho fue colocado en el extractor Soxhlet. Por otra parte se añadieron 200mL de éter etílico en los matraces de bola de fondo plano y 3 perlas de vidrio. Se acoplaron los matraces con los extractores que ya contienen los cartuchos, y se mantuvo la extracción durante 4 horas. Una vez concluida la extracción se retiraron los cartuchos, dejando el cartucho en la campana de extracción 30 minutos para evaporar el exceso de éter. Una vez secos los cartuchos, se colocaron en el horno a 50 °C donde permanecieron 24 hrs. Transcurrido el día se retiraron del horno y se colocaron en un desecador por 20 minutos, se pesaron los cartuchos y se registraron los datos para calcular el porcentaje de grasa total de la muestra con la siguiente formula: (FMVZ³⁵ calcula la cantidad de grasa por diferencia de peso en los cartuchos en vez de los matraces y se resta el cartucho con la muestra ya desengrasada).

$$\% \text{ GRASA TOTAL (BS)} = \frac{\text{PCM-PCMD}}{\text{Peso muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ GRASA TOTAL (BH)} = \% \text{Grasa total (BS)} \times \% \text{MS}/100$$

Dónde:

PCM= Peso del cartucho con la muestra deshidratada (gramos)

PCMD= Peso del cartucho con la muestra desengrasada (gramos)

%MS= Porcentaje de materia seca de la muestra (%MS= 100-%Humedad)

BH= Base húmeda

BS= Base seca

V.e. Determinación del contenido de cenizas³⁶

Se utilizaron crisoles de porcelana conforme a la identificación de las muestras, en duplicado, y fueron deshidratados en el horno de 50°C durante 24 horas. Pasado el tiempo, se retiraron los crisoles del horno y se colocaron en el desecador dejándolos enfriar durante 20 minutos hasta igualar la temperatura ambiente, para después pesarlos y registrar los pesos. Posteriormente, se homogenizó la muestra deshidratada pesando 0.5 gramos por duplicado y colocando la muestra en el crisol. Se realizó una primera incineración en una platina, hasta que la muestra adquirió una coloración blanquecina, posteriormente se colocaron los crisoles en la mufla a una temperatura a 500°C durante 24 horas, pasado el tiempo se apagó la mufla dejando transcurrir una hora para dejar enfriar el crisol, una vez fríos se colocaron en el horno de 50°C, después de 24 horas se colocaron en un desecador por 20 minutos, posteriormente se pesaron, con los datos se obtuvo el porcentaje de cenizas. El porcentaje de cenizas se sacó con la siguiente formula:

$$\% \text{ CENIZAS (BH)} = ((CC - C) / W) * MS$$

Dónde:

CC= Peso del crisol más la ceniza

C= Peso del crisol vacío

W= Peso de la muestra deshidratada

BH= Base húmeda

V.f. Determinación del contenido de energía³¹

El equipo que se utilizó fue el Calorimeter Parr 6400 modelo A1435DDEB del año 2008. Antes de iniciar con la determinación, el equipo fue calibrado con una tableta de ácido benzoico. Se pesaron las muestras por duplicado en cápsulas de gel, en cada cápsula se pesaron 0.250g y se identificaron; posteriormente se colocó la muestra en el crisol para combustión sujeta con un hilo de ignición, ya teniendo la muestra sujeta se introdujo una por una en la Bomba de combustión. El equipo inició la combustión en una atmósfera compuesta solo de oxígeno, al final del proceso el equipo reportó la cantidad de cal/g de la muestra. Las kcal/g se sacarán con la siguiente formula:

$$\mathbf{kcal/g = \frac{cal/g}{1000}}$$

Dónde:

kcal/gr= Kilocalorías por gramo

cal/gr= calorías por gramo

1000= número constante

V.g. Análisis estadístico de los datos

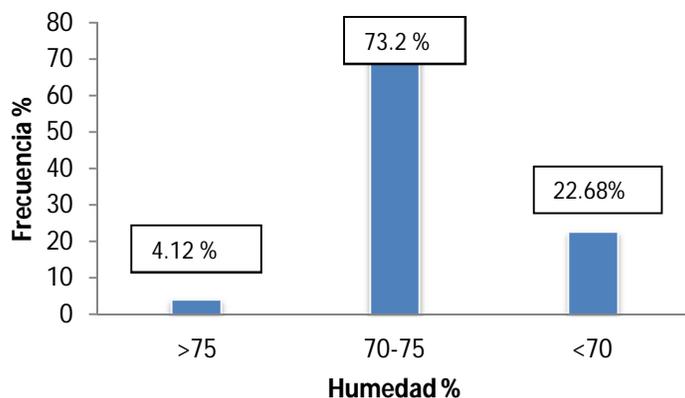
Los resultados se analizaron por medio del programa estadístico STATA 11 mediante modelos de ANOVA para medir los efectos de los factores explicativos (tipo racial, días de finalización en dietas de alta energía, sexo de los animales y el uso o no de zilpaterol), sobre las variables dependientes de composición química de la carne (%proteína, %grasa intramuscular, %humedad, %cenizas y kcal). Para la diferencia de medias se utilizó el cociente de verosimilitud con un $\alpha=0.05$. Con la finalidad de observar la interacción de los factores sobre las variables dependientes se utilizó un factorial completo 4x2x2x2 (4 tipos raciales: $\frac{1}{4}$ cebú, $\frac{1}{2}$ cebú, $\frac{3}{4}$ cebú y cebú; 2 regímenes de alimentación en dietas de alta energía: <100 días, y >100 días; sexo: hembras y machos; zilpaterol: si y no).

VI. Resultados

VI.a. Variables de composición

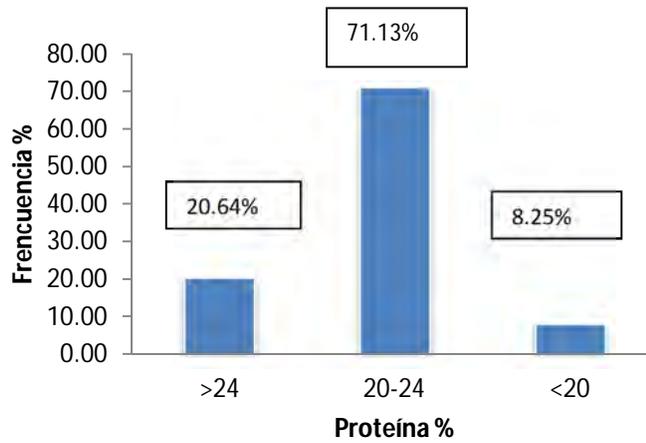
El contenido de humedad en la carne de bovino se encuentra entre 70 y 75%.^{5,37,38,39,40,41} La Figura 1 muestra que el 73.2% de las muestras en este estudio estuvo dentro de ese intervalo, siendo el promedio de 71.49 ± 1.98 .

Figura 1. Distribución de frecuencia del contenido de humedad de carne cruda de res mexicana .



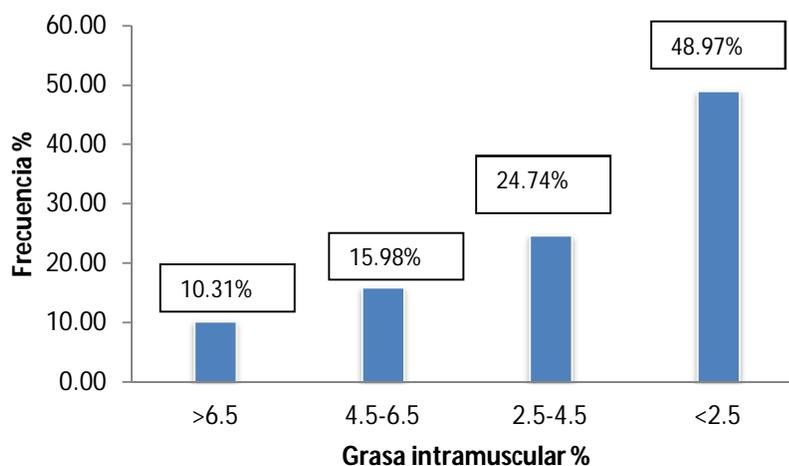
El porcentaje promedio de proteína se encuentra entre 20 y 24%.^{5,37,38,39,40} En la Figura 2 se muestra la distribución de frecuencia, el 71.13% de las muestras estuvo dentro de ese intervalo, siendo el promedio de $22.20 \pm 0.20\%$. La proporción proteica es el componente en los productos cárnicos más importante¹¹.

Figura 2. Distribución de frecuencia del contenido de proteína de carne cruda de res mexicana.



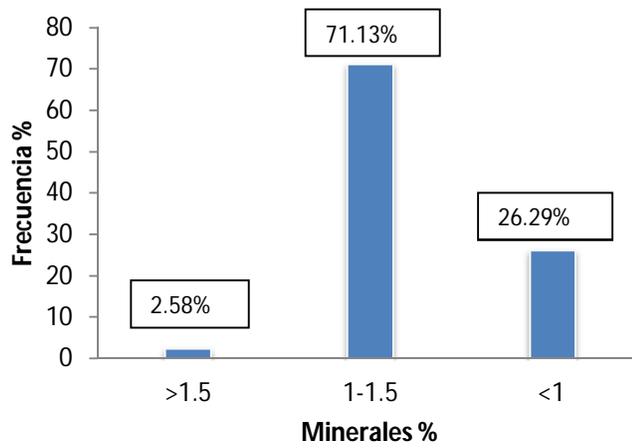
El contenido de grasa intramuscular en un 48.97% de las muestras fue menor a un 2.5%, mientras el 10.31% de las muestras fue mayor a 6.5% (Figura 3), siendo el promedio nacional de 2.87 ± 0.25 . Se observa que los porcentajes de grasa son menores a los típicos de la carne de EE.UU.^{5,37} En México, la carne magra es preferida a la carne con una mayor cantidad de grasa¹³ por el beneficio a la salud, estos porcentajes de grasa en la carne de res mexicana abren puertas a la comercialización ya que otros países, al igual que México, prefieren carne magra.

Figura 3. Distribución de frecuencia del contenido de Grasa intramuscular de carne cruda de res mexicana.



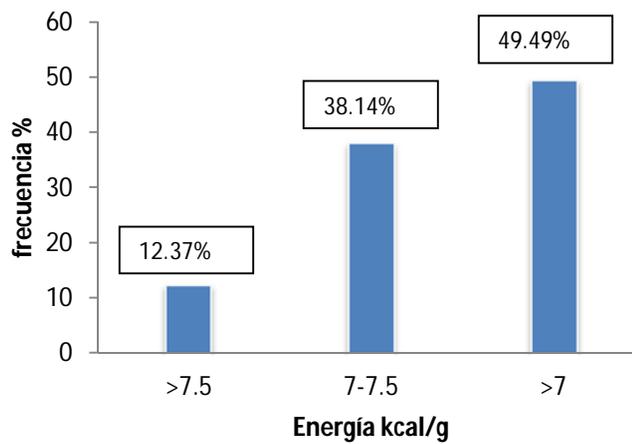
El contenido de cenizas en un 71.13% de las muestras se encuentran entre el 1 y 1.5% (Figura 4) valores que se están dentro del rango de minerales que contiene la carne,¹¹ siendo el promedio de 1.09 ± 0.02 . El contenido de cenizas aporta información importante para la nutrición del ser humano ya que la carne proporciona hierro, magnesio, fósforo y zinc^{3,14} para llevar a cabo las diversas funciones metabólicas del cuerpo.

Figura 4. Distribución de frecuencia del contenido de minerales de carne cruda de res mexicana.



Por último, el 49.49% de las muestras tuvo un contenido energetico mayor a 7kcal/g (Figura 5), siendo el promedio de 7.11 ± 0.04 .

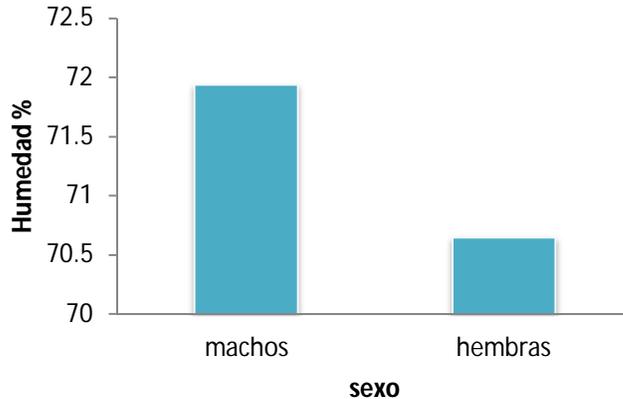
Figura 5. Distribución de frecuencia del contenido de Energía de carne cruda de res mexicana.



VI.b. Influencia del sexo, genética, días de engorda y utilización de promotores de crecimiento sobre las variables de composición.

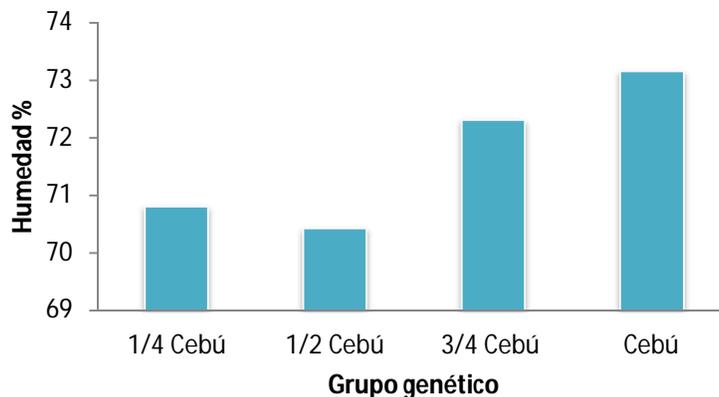
La descripción de la composición de la carne de las 194 muestras en función a los factores (sexo, grupo genético, días de engorda y promotor de crecimiento) que la afectan se presenta a continuación. Se observa que la humedad es afectada por los cuatro factores (sexo, grupo genético, días de engorda y por el promotor de crecimiento). La carne procedente de hembras tiene un 1.29% menos de humedad que la de los machos con un promedio de 71.94 ± 0.22 (Figura 6), siendo el promedio 70.65 ± 0.31 ; esto puede deberse a que las hembras almacenan en menor tiempo, una mayor cantidad de grasa intramuscular.³⁷

Figura 6. Influencia del sexo en el porcentaje de humedad.



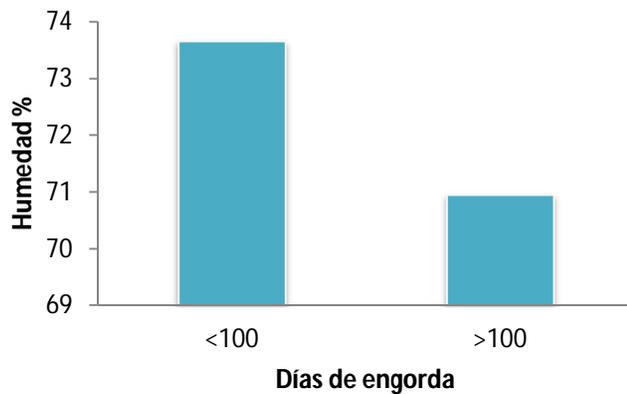
Por otra parte, carne procedente de $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Cebú tiene un porcentaje menor de humedad (70.82 ± 0.51 , 70.44 ± 0.27 , respectivamente) que el $\frac{3}{4}$ o Cebú puro (72.32 ± 0.26 , 73.16 ± 0.56 , respectivamente) (Figura 7); esto puede deberse a que carne que proviene de animales con mayor porcentaje de *B. taurus* tienen la habilidad de depositar una mayor cantidad de grasa.^{5,20} Y en consecuencia los animales con un porcentaje mayor de *B. taurus* tendrán un menor porcentaje de humedad.

Figura 7. Influencia del grupo genético en el porcentaje de humedad



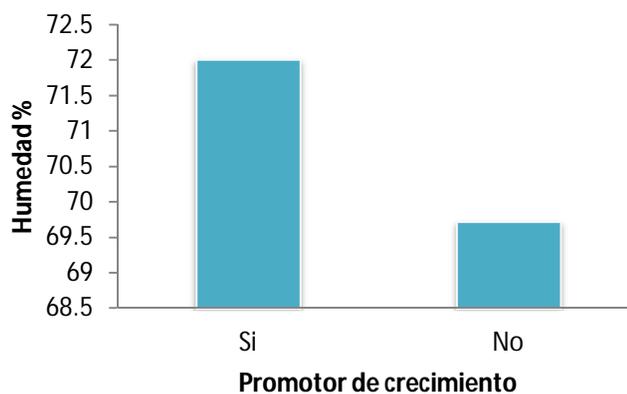
Cuando los animales son sometidos a dietas de alta energía por menos de 100 días el porcentaje de humedad (73.65 ± 0.36) será mayor ($P < 0.05$) un 2.70% (Figura 8), en comparación con la carne de animales sometidos a más de 100 días de engorda (70.95 ± 0.18) con un promedio de 70.95% esto es estadísticamente significativo pues estos últimos tienen mayor porcentaje de grasa intramuscular, y por lo tanto un menor porcentaje de humedad.

Figura 8. Influencia de los días de engorda en el porcentaje de humedad



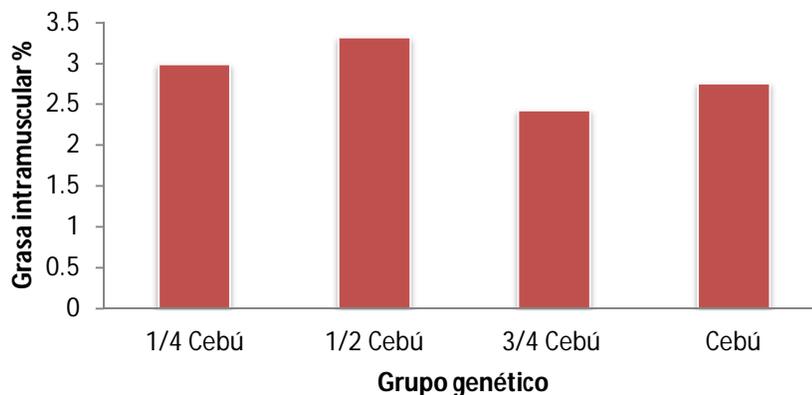
Quando a los animales se les administra clorhidrato de zilpaterol el porcentaje de humedad (72.01 ± 1.19) (Figura 9) es mayor ($P < 0.05$) un 2.28%, en comparación a los animales que no se les suministro el clorhidrato de zilpaterol (69.73 ± 0.36), esto debido a que el promotor de crecimiento sirve como estimulador del crecimiento y por tanto los animales administrados con este producto tendrán un menor porcentaje de grasa intramuscular.^{42,43,35,24,25,26,23,27}

Figura 9. Influencia del promotor de crecimiento en el porcentaje de humedad



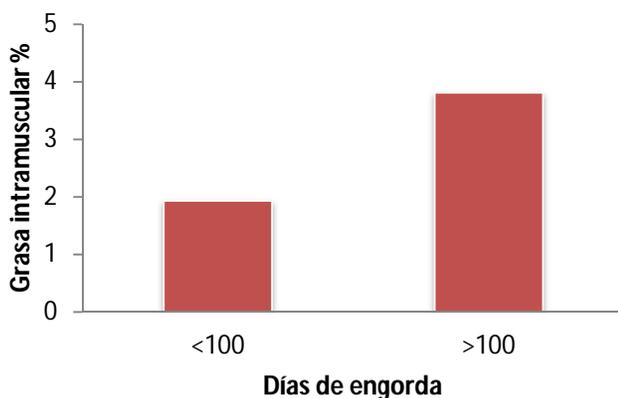
La grasa intramuscular no se vio afectada por el sexo; sin embargo, según el grupo genético se encontraron diferencias estadísticas. La carne proveniente de animales $\frac{1}{2}$ cebú (3.32 ± 0.31) tiene mayor ($P < 0.05$) porcentaje de grasa intramuscular que las $\frac{3}{4}$ cebú (2.43 ± 0.36) (Figura 10). El cebú, a diferencia de las razas europeas, tiene una menor deposición de grasa intramuscular.¹³ Sin embargo, no se encuentran diferencias entre Cebú puro (2.76 ± 0.45) con los otros tipos genéticos (incluyendo el $\frac{1}{4}$ Cebú 2.99 ± 0.68); esto se puede deber al poco tiempo de engorda y al uso del zilpaterol. Cuanto menor sea el porcentaje de cebú en los animales mayor es el porcentaje de grasa intramuscular¹³.

Figura 10. Influencia del grupo genético en el porcentaje de grasa



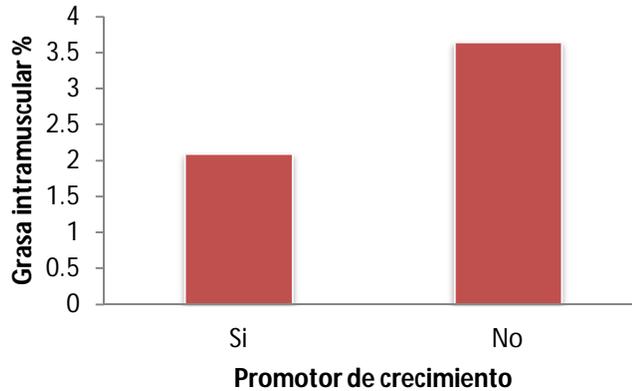
Cuando los animales tienen más de 100 días de engorda (3.81 ± 0.26) el promedio de grasa intramuscular es significativamente ($P < 0.05$) mayor por un 1.87% que cuando los animales están menos de 100 días (1.94 ± 0.41) (Figura 11). Es obvio que cuando el animal está con una dieta alta en energía por más de 100 días, éste acumula mayor cantidad de grasa intramuscular.¹⁹

Figura 11. Influencia de los días de engorda en el porcentaje de grasa



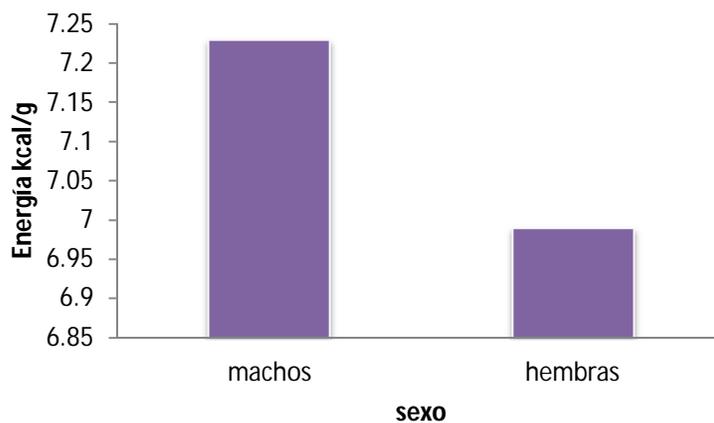
Al aplicar el zilpaterol (Figura 12), el promedio de grasa intramuscular (2.09 ± 0.25) desciende ($P < 0.05$) un 1.55%, comparado con aquellos animales sin promotor (3.64 ± 0.42), cuyo promedio es 3.64%. El zilpaterol estimula el crecimiento muscular y disminuye el acumulo de grasa.^{19,23,24,25,26,27,32,42,43}

Figura 12. Influencia del promotor de crecimiento en el porcentaje de grasa



La variable proteína y cenizas no fueron afectadas por el sexo, grupo genético, promotor de crecimiento, ni por los días de engorda. La energía fue diferente ($P < 0.05$) según el sexo de los animales (Figura 13), teniendo los machos mayor promedio (7.23 ± 0.05) que las hembras (6.99 ± 0.04), a pesar de no haber diferencias en el porcentaje de grasa intramuscular.

Figura 13. Influencia del sexo en el aporte energético

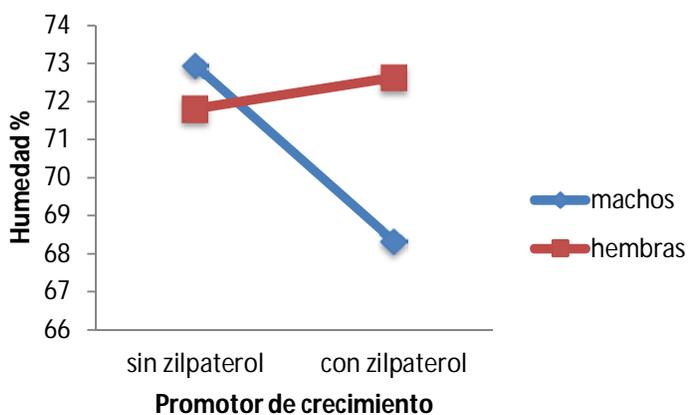


VI.c. Interacciones de segundo orden

Ninguna interacción de cuarto o tercer orden fue significativa ($P>0.05$). Solamente las que se muestran a continuación de segundo orden fueron significativas.

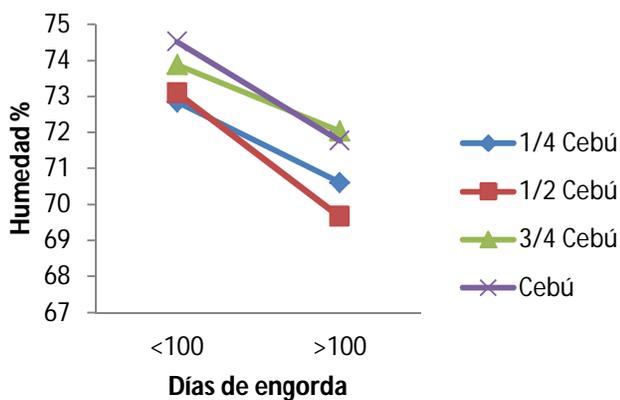
Al analizar la variable humedad, se encontraron tres interacciones de segundo grado; la primera interacción “sexo x zilpaterol” significativa ($P<0.05$) se muestra en la Figura 14. Se observa que cuando no es administrado el zilpaterol en machos, el porcentaje de humedad es menor (68.34 ± 0.39) ($P<0.05$) que cuando es aplicado (72.96 ± 0.60), sin embargo en el caso de las hembras, al aplicar el zilpaterol (72.63 ± 0.36) el porcentaje de humedad no cambiara estadísticamente (71.82 ± 0.20).

Figura 14. Interacción “sexo x zilpaterol” sobre el porcentaje de humedad de la carne.



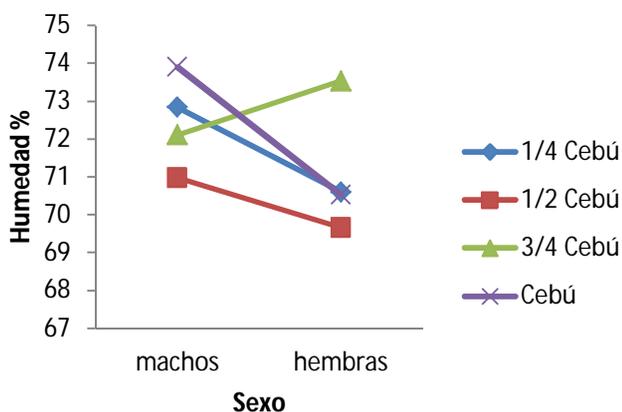
La segunda interacción significativa ($P < 0.0001$) encontrada es “genética x días de engorda” sobre el porcentaje de humedad de la carne. La Figura 15 nos muestra que los animales Cebú y $\frac{3}{4}$ Cebú tienen un porcentaje de humedad mayor (74.53 ± 0.71 y 73.89 ± 0.61 respectivamente) en comparación a los animales $\frac{1}{2}$ Cebú y $\frac{1}{4}$ Cebú, (73.10 ± 0.51 y 72.85 ± 1.51 respectivamente). La interacción muestra que al aumentar los días de engorda (mayor a 100 días), los porcentajes de humedad se intercambiaron en cada grupo los animales Cebú (71.78 ± 0.71) ahora tendrán menor porcentaje de humedad que los $\frac{3}{4}$ Cebú (72.04 ± 0.25), al igual el otro grupo intercambiarán las cantidades de humedad, los animales $\frac{1}{2}$ Cebú (69.66 ± 0.28) tendrán un menor porcentaje que los animales $\frac{1}{4}$ Cebú (70.61 ± 0.49).

Figura 15. Interacción “días de engorda x genética” sobre el porcentaje de humedad de la carne.



Por último, se encontró la interacción significativa ($P<0.05$) “genética x sexo” sobre el porcentaje de humedad de la carne. En esta interacción se observa que cuando los animales son $\frac{3}{4}$ Cebú, el porcentaje de humedad es mayor (73.55 ± 0.69) en hembras que en machos (72.12 ± 0.61), a diferencia del comportamiento de los demás tipos genéticos (Figura 16).^{23,24,25,26,27,42,43}

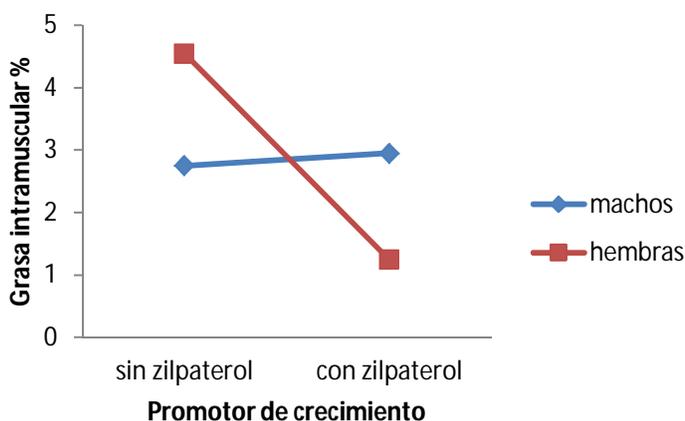
Figura 16. Interacción “sexo x genética” sobre el porcentaje de humedad de las muestras de carne.



Se encontraron para la variable grasa, dos interacciones de segundo grado; la primera fue la interacción “zilpaterol x sexo” ($P<0.05$) y la segunda “genética x días de engorda” ($P<0.0001$). En la Figura 17 se presenta la interacción “zilpaterol x sexo” ($P<0.05$) sobre el porcentaje de grasa intramuscular. Las hembras a las que no se les aplicó el clorhidrato de zilpaterol tuvieron un promedio de grasa de 4.55 ± 0.44 , en cambio cuando es aplicado el promotor de crecimiento el porcentaje de grasa disminuye a 1.25 ± 0.37 , esto

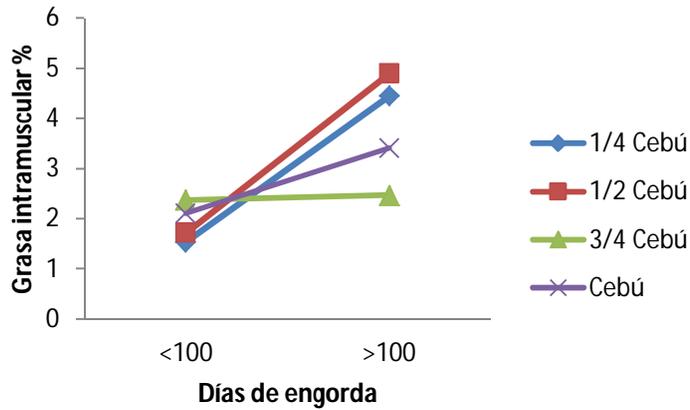
se debe a que cuando es aplicado el zilpaterol sirve como estimulador del crecimiento, teniendo una mejor conversión alimentaria, aumentando la masa muscular y dando un mayor rendimiento en canal y finalmente reduciendo el contenido de grasa;^{23,24,25,26,27,32,42,43} en hembras (4.55 ± 0.44 disminuye a 1.25 ± 0.37) es más evidente la disminución de grasa a contrario que en machos sin el zilpaterol el promedio es de 2.75 ± 0.69 aplicando el zilpaterol el porcentaje de grasa aumenta a 2.95 ± 0.28 .

Figura 17. Interacción “zilpaterol x sexo” sobre el porcentaje de grasa intramuscular.



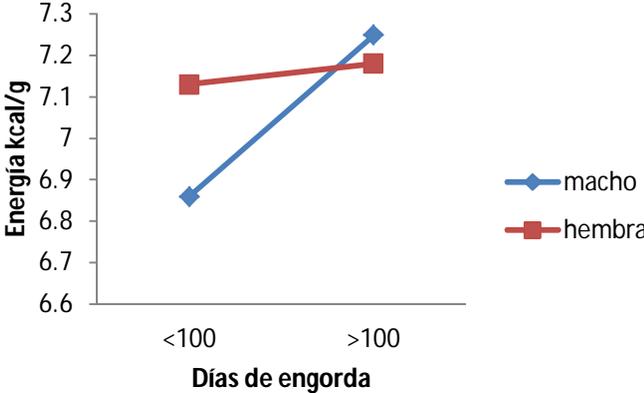
La interacción “genética x días de engorda” sobre el porcentaje de grasa intramuscular resulto significativa ($P < 0.0001$). Esta interacción se observa en la Figura 18, cuando los días de engorda son menores a 100 días, para cualquier grupo genético, el porcentaje de grasa no tienen diferencia estadística en comparación a cuando los días aumentan a más de 100 días, los animales $\frac{3}{4}$ Cebú y Cebú puro tienen una cantidad de grasa intramuscular en la carne que no rebasa el 4% de grasa (2.47 ± 0.36 y 3.41 ± 0.63 respectivamente), mientras que en carne proveniente de animales $\frac{1}{4}$ y $\frac{1}{2}$ Cebú, la grasa intramuscular rebasa el 4% (4.45 ± 0.47 y 4.90 ± 0.26 respectivamente).

Figura 18. Interacción “días de engorda x genética” sobre el porcentaje de grasa intramuscular de la carne.



Al hacer las interacciones de la variable energía, se encontró con una interacción significativa ($P < 0.0001$) de segundo grado “sexo x días de engorda”. En la Figura 19 se observa que los días de engorda afectan el aporte energético de la carne; esto se ve estadísticamente afectado en los machos, cuando los animales se encuentran en el corral de engorda más de 100 días el aporte energético de su carne será mayor (7.25 ± 0.04) a comparación de animales con menos de 100 días de engorda (6.86 ± 0.05), mientras que en las hembras el aporte energético no cambiara significativamente cuando los días son menores a 100 días el aporte será de 7.13 ± 0.10 y cuando los días son mayores a 100 días el aporte aumentara a 7.18 ± 0.04 .²²

Figura 19. Interacción “días de engorda x sexo” sobre el aporte energetico de la carne.



VII. Conclusiones

La población muestreada para este estudio es una representación de los bovinos de abasto en México. Encontramos que la mayor cantidad de carne proviene de animales machos (66.50%) y que alrededor del 40% son de procedencia $\frac{3}{4}$ Cebú. En general, el 79.38% de los animales han pasado más de 100 días de engorda y a un 77.84% se les aplicó un promotor de crecimiento. Este estudio describió la composición química de la carne res mexicana, la cual tuvo un 71.49% de humedad, 22.20% de proteína, 2.87% de grasa, 1.09% de cenizas y aporta un 7.11 kcal/g.

El grupo genético afectó el porcentaje de grasa intramuscular de manera que animales $\frac{1}{4}$ Cebú tuvieron un mayor porcentaje de grasa intramuscular a comparación de tener animales $\frac{3}{4}$ Cebú que son los animales que tienen un menor porcentaje (2.43%). Cuando se mantienen a los animales por más de 100 días en dieta de alta energía se provoca una mayor (1.90%) deposición de grasa intramuscular. En general, la aplicación del clorhidrato de zilpaterol disminuye la grasa intramuscular en un 1.55%.

El porcentaje de grasa intramuscular no se ve afectada en machos cuando hay aplicación de zilpaterol, sin embargo la disminución de grasa intramuscular es muy severa en hembras cuando a estas se les aplica dicho promotor. Por otra parte, la grasa intramuscular se incrementa significativamente en machos que han recibido más de 100 días en dieta de alta energía, en contraste con las hembras, las cuales no tienen tal variación.

En conclusión, la carne cruda de res mexicana cuenta con un bajo contenido de grasa, lo que la hace competitiva para mercados interesados en la salud. Los productores e industriales de la carne pueden manejar la genética, el sexo, los días de engorda y hasta la utilización de promotores de crecimiento para obtener carne con más o menos grasa intramuscular dependiendo de las necesidades de su mercados.

VII. Agradecimientos

Los autores de esta investigación agradecen a programa de apoyo Sagarpa-Conacyt a través del proyecto denominado “Indicadores de calidad de la carne mexicana” por el financiamiento de este proyecto. También se agradece al Departamento de Nutrición Animal de la FMVZ -UNAM por su apoyo.

VIII. Referencias

1. Financiera Rural. [página Web en Internet].México: Carne de Bovino [Citado 5 Mayo 2013]. Disponible en URL: [http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino\(feb2012\).pdf](http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Documents/Monografias/Monograf%C3%ADaCarneBovino(feb2012).pdf)
2. Sánchez GJI. Introducción a la zootecnia. Zootecnia de bovinos producción de carne. 3^{ra} reimpresión. México: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, 2009: 90-124.
3. Shimada AM, Nutrición animal. 2^{da} ed. México: Trillas, 2010: 319-335.
4. Ledesma et al. “Composición de los alimentos, Valor nutritivo de los alimentos de mayor consumo”.2da ed. Editorial: Mc-Graw-Hill, 2010: 98-103
5. Delgado EJ, Rubio MS, Iturbe FA, Méndez RD, Cassís L, Rosíles R. Composition and quality of Mexican and imported retail beef in México, Meat Science 2005; 69: 465–471
6. FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. [página Web en Internet].México: Consumo Per cápita de carne de res [Citado 25 Febrero 2013]. Disponible en URL: <http://www.fao.org/home/es/>

7. SIAP. Servicio de información Agroalimentaria y Pesquera [página Web en Internet]. México: Carne en canal de bovino [Citado 25 Febrero 2013]. Disponible en URL:
http://www.siap.gob.mx/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=362
8. DISEMINA. Estadísticas del Sector Agroalimentario y Pesquero [página Web en Internet]. México: Principales estados productores en canal de res [Actualizado 12 septiembre 2011] [Citado Febrero 25, 2013]. Disponible en URL:
<http://www.siap.gob.mx/opt/123/47/46.html>
9. SAGARPA. Directorio nacional de centros de sacrificio de especies pecuarias de los Estados Unidos Mexicanos [página Web en Internet]. México: Directorio nacional de centros de sacrificio de especies pecuarias [Citado Abril 23, 2013]. Disponible en URL: <http://www.cmp.org/apoyos/DNCSEP.pdf>
10. Trueta, SR. Crónica de una muerte anunciada, Impacto del TLC en la Ganadería Bovina Mexicana. En: Memorias. XVII Congreso Nacional de Buiatría. Villahermosa, Tabasco. México. 2003; pp 57-87.
11. Carballo B., López G. Manual de bioquímica y tecnología de la carne. España: Madrid Vicentes, 1991:18-31.

12. Knipe L. Ciencia básica del procesado de la carne. Departamento de ciencia animal, tecnología y ciencia de la comida [página Web en Internet]. Departamento de zootecnia de la universidad del estado de Ohio: 2005 [Citado Mayo 9, 2013]. Disponible en URL: meatsci.osu.edu/SpanishBasic.doc
13. Núñez G.F.A., García M.J.A., Hernández B.J., Jiménez C.J.A. 2005. Caracterización de canales de ganado bovino en los valles centrales de Oaxaca. Técnica Pecuaria México 43: 219-228.
14. Fox BA., Cameron AG. Ciencia de los alimentos, nutrición y salud. Editorial Limusa 1997:253-271.
15. Baver D., Rush I., Rasby R. Minerales y vitaminas en bovinos de carne capítulo IV En: Curso de Producción Bovina de Carne [página Web en Internet]. Argentina: Facultad de Agronomía y Veterinaria. Universidad Nacional de Río Cuarto [Citado Abril 24, 2013]. Disponible en URL:http://www.produccion-animal.com.ar/suplementacion_mineral/118-minerales_vitaminas-Nebraska.pdf
16. ITESCAM. Análisis de cenizas [página Web en Internet]. Instituto Tecnológico Superior de Calkiní en el Estado de Campeche [Citado Mayo 8, 2013]. Disponible en URL: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r22447.DOC

17. Carvajal SG., Valor nutricional de la carne de res, cerdo y pollo [página Web en Internet]. Corporación de fomento ganadero San José-Costa Rica [Citado Mayo 5, 2013]. Disponible en URL: <http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/Corfoga2001.pdf>
18. Prändl O, Fischer A, Schmidhofer T, Sinell HJ. Tecnología e higiene de la carne. Editorial Acribia, 1994: 101-111.
19. Méndez R.D., Meza C.O., Berruecos J.M., Garcés P., Delgado E.J., Rubio M.S. 2009. A survey of beef quality and quantity attributes in México. J. Anim. Sci. 87: 3782-3790.
20. O'Connor S.F., J.D. Tatum, D.M. Wulf, R.D. Green y G.C. Smith. 1997. Genetic effects of beef tenderness in *Bos indicus* composite and *Bos taurus* cattle. J. Anim. Sci. 75:1822-1830.
21. Miller, M.F., Carr, M.F., Ramsey, C.B., Crockett, K.L., y Hoover, L.C. 2001. Consumer thresholds for establishing the value of beef tenderness. Journal of Animal Sci, 79:3062-3068.
22. Schnell TD., Belk KE., Tatum JD., Miller RK.,Smith GC. 1997. Performance, carcass, and palatability traits for cull cows fed high-energy concentrate diets for 0,14,28, 42 and 56 days. J. Anim. Sci. 75: 1195-1202.

23. Montgomery JL., Krehbiel CR., Cranston JJ., Yates DA., Hutcheson JP., Nichols WT., Streeter MN., Bechtol DT., Johnson E., TerHune T., Montgomery TH. 2009.
24. Dietary zilpaterol hydrochloride. I. Feedlot performance and carcass traits of steers and heifers. *Anim Sci* 87: 1374-1383
25. Rathmann RJ., Bernhard BC., Swingle RS., Lawrence TE., Nichols WT., Yates DA., Hutcheson JP., Streeter MN., Brooks JC., Miller MF., Johnson BJ. 2012. Effects of zilpaterol hydrochloride and days on the finishing diet on feedlot performance, carcass characteristics, and tenderness in beef heifers. *Anim Sci* 90: 3301-3311
26. Vasconcelos JT., Rathmann RJ., Reuter RR., Leibovich J., McMeniman JP., Hales KE., Covey TL., Miller MF., Nichols WT., Galyean ML. 2008. Effects of duration of zilpaterol hydrochloride feeding and days on the finishing diet on feedlot cattle performance and carcass traits. *J. Anim. Sci.* 86:2005–2015.
27. Hilton GG., Garmyn AJ., Lawrence TE., Miller MF., Brooks JC., Montgomery TH., Griffin DB., VanOverbeke DL., Elam NA., Nichols WT., Streeter MN., Hutcheson JP., Allen DM., Yates DA. 2010. Effect of zilpaterol hydrochloride supplementation on cutability and subprimal yield of beef steer carcasses. *Anim Sci* 88: 1817-1822

28. Elam NA., Vasconcelos JT., Hilton GG., VanOverbeke DL., Lawrence TE., Montgomery TH., Nichols WT., Streeter MN, Hutcheson JP., Yates DA., Galyean ML. 2009. Effect of zilpaterol hydrochloride duration of feeding on performance and carcass characteristics of feedlot cattle. *Anim Sci* 87: 2133-2141
29. Cuper O, 1965. Deshidratación artificial- Liofilización Alimentaria. Tomo 1: bases Generales. Tecnología Industrial. Buenos Aires, Consejo Nacional de Desarrollo.
30. Ramírez N, 2006. Liofilización; Estado de Arte. Universidad del Valle. Programa Doctoral en Ingeniería, Ingeniería de Alimentos, Cali, Colombia.
31. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. USA: Association of Analytical Chemists, 1990
32. ASTM, Standards for Bomb Calorimetry and Combustion Methods, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., USA.1974
33. Strydom, PE., Frylinck, L., Montgomery JL., Smith MF. 2009. The comparison of three β -agonists for growth performance, carcass characteristics and meat quality of feedlot cattle. *Meat Sci.* 81(3):557-564.
34. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. USA: Association of Analytical Chemists, 1990, 954.01
35. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. USA: Association of Analytical Chemists, 1990, 920.39

36. Prácticas de Profundización en Alimentos y Alimentación [página Web en Internet] México:Departamento de Nutrición Animal y Bioquímica FMVZ-UNAM [Citado 25 Febrero 2013]. Disponible en URL: www.fmvz.unam.mx/fmvz/.../Manuales/49_ALIMENTOS
37. AOAC. Official Methods of Analysis. 15th ed. USA: Association of Analytical Chemists, 1990, 942.05
38. Rubio M.S., Méndez R.D., Huerta-Leidenz N. 2007. Characterization of beef semimembranosus and adductor muscles from US and Mexican origin. Meat Sci. 76: 438-443.
39. Riley DG., Chase CC., Hammond AC., West RL., Johnson DD., Olson TA., Coleman SW. 2003. Estimated genetic parameters for palatability traits of steaks from Brahman cattle. J Anim Sci 81: 54-60.
40. das Gracias RP., Aparecida JA., Barros FM., Yurika IM., Nunes IP., Vergílio JV., Evelázio NS., Matsushita M. 2006. Fatty acid profile, and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. Meat Sci 74: 242-248
41. Serra X., Guerrero L., Guardia MD., Gil M., Sañudo C., Panea B., Campo MM., Olleta JL., García-Cachán MD., Piedrafita J., Oliver MA. 2008. Eating quality of young bulls from three Spanish beef breed-production systems and its relationships with chemical and instrumental meat quality. Meat Sci 79: 98-104

42. Chávez A., Pérez E., Rubio MS., Méndez RD., Delgado EJ., Díaz D. 2012. Chemical composition and cooking properties of beef forequarter muscles of Mexican cattle from different genotypes. *Meat Sci* 91: 160-164
43. Shook JN., VanOverbeker DL., Kinman LA., Krehbiel CR., Holland BP., Streeter MN., Yates DA., HiltonGG. 2009. Effects of zilpaterol hydrochloride and zilpaterol hydrochloride withdrawal time on beef carcass cutability, composition, and tenderness. *Anim Sci* 87: 3677-3685
44. Delmore RJ., Hodgen JM., Johnson BJ. 2010. Perspectives on the application of zilpaterol hydrochloride in the United States beef industry. *Anim Sci*.88:2825-2828.