



Composición nutricional de la carne equina y grado de sustitución de la carne bovina por equina en expendios de la Ciudad de México



Guillermo Reséndiz González ^a

Baldomero Alarcón Zúñiga ^a

Itzel Villegas Velázquez ^b

Samuel Albores Moreno ^c

Gilberto Aranda Osorio ^{a*}

^a Universidad Autónoma Chapingo. Posgrado en Producción Animal, Km. 38.5 Carretera México-Texcoco, 56230, Chapingo, México.

^b Colegio de Posgraduados. Campus Montecillo. Montecillo, México.

^c Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. Facultad de Ingeniería, Villa Corzo, Chiapas, México.

* Autor de correspondencia: garanda@correo.chapingo.mx, gilberto.aranda@gmail.com

Resumen:

Se evaluó el grado de sustitución de carne bovina por carne equina en distintos puntos de venta de las diferentes Alcaldías de la Ciudad de México, y se identificó las bondades o similitudes con la carne bovina como una fuerte alternativa de nutrientes. Se colectaron 161 muestras de carne de bovino que fueron sometidas a espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR´s – Food Scan) para determinar composición nutricional (contenido de humedad, proteína, grasa y colágeno), color de la carne (Hunter Lab L*, a* y b*) y polimorfismo de secuencias repetidas para caracterizar el origen bovino o equino por reacción en cadena de la polimerasa en geles de agarosa (PCR). Las variables de composición nutricional y color de la carne se analizaron en un diseño completamente al azar. Se encontró que nueve de las muestras dieron positivas para carne de equino y 152 muestras fueron

positivas para carne de bovino; resultando que la carne de bovino fue sustituida el 5.59 % por carne equina en los centros de comercialización en la Ciudad de México. Asimismo, el contenido de humedad, proteína, grasa y colágeno fluctuó entre las muestras de 73.1 a 75.1 %, de 22.0 a 23.5 %, de 2.0 a 2.3 %, y de 1.3 a 1.4 mg g⁻¹, respectivamente; observando un ligero incremento ($P<0.05$) en la concentración de humedad y proteína en la carne de bovino respecto a la carne equina. La L* (luminosidad) de la carne entre las especies animal fue diferente ($P<0.05$); mientras que en los indicadores del color de la carne a* (de rojo a verde) y b* (de amarillo a azul) fluctuó de 29.80 a 37.50 y 15.00 a 16.20 ($P>0.05$). Se concluye que el porcentaje de sustitución de la carne de bovino por carne equina (5.59 %) se considera bajo y constituye un fraude al consumidor. Sin embargo, la carne equina tiene un potencial de ser una alternativa viable para el consumo humano, ya que la composición nutricional fue similar a la carne de bovino.

Palabras clave: Carne, Bovino, Equino, PCR, Sustitución.

Recibido: 25/07/2019

Aceptado: 23/09/2020

Introducción

En los últimos años se han desarrollado técnicas moleculares para la identificación de la especie origen de la carne y sus subproductos^(1,2). Especialmente, el empleo de técnicas de polimorfismo de secuencias repetidas y la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) que han sido efectivas para diferenciar entre carne de asno asiático salvaje (*Equus hemionus*) y el caballo doméstico (*Equus domesticus*) provenientes de mercados en la ciudad de Ulaanbatar, Mongolia⁽³⁾. También, la técnica de PCR se ha utilizado para determinar el origen de diferentes especies animales en concentrados, harinas o subproductos cárnicos destinados a la alimentación animal o humana^(4,5,6).

Por lo anterior, es importante señalar que la carne es considerada una de las principales fuentes de nutrientes para satisfacer los requerimientos nutricionales en la alimentación humana; debido a su alto contenido de proteína de elevado valor biológico, su aporte de minerales, vitaminas⁽⁷⁾, ácidos grasos esenciales y vitaminas liposolubles⁽⁸⁾. En este sentido, la carne para consumo humano proviene mayormente de las especies bovina, porcina y aviar, y en una menor cantidad la carne de ovinos, caprinos, piscícola y algunas especies silvestres⁽⁹⁾. Pero, las tendencias socioeconómicas, ambientales y nutricionales, han generado en la última década un creciente interés en alternativas para sustitución de carne de bovino⁽¹⁰⁾.

Respecto a lo anterior, una alternativa que se ha utilizado para sustituir la carne de bovino, es la carne equina, la cual abastece el 0.25 % de la producción mundial de carne⁽¹¹⁾.

México es uno de los principales países productores de carne equina y durante el 2013 aportó 11.2 % (83,500 t) de la producción mundial (745,966 t), exportando el 17.3 % de la producción nacional⁽¹²⁾. Mientras que el 82.7 % de la producción de carne equina se queda en el país y se utiliza principalmente para abastecer la industria de alimentos para mascotas y para animales de zoológicos. No obstante, el nivel de aceptación y consumo de carne equina para los seres humanos no es favorable, debido a que su comercialización no es del conocimiento del consumidor⁽¹³⁾. Esto permite una vía de comercialización fraudulenta que podría promover la sustitución de carne bovina por equina y un sobre precio, ya que el costo económico de venta de la carne equina está muy por debajo de la carne bovina en las carnicerías, y expendios de este rubro en las grandes ciudades del país⁽¹⁴⁾.

Por otra parte, la carne equina cuenta con valores nutricionales equivalentes a otras carnes convencionales⁽¹⁵⁾. Sin embargo, puede presentar riesgos claros a la salud humana, ya que no son criados para la producción de alimento, son tratados o inyectados con varias sustancias químicas, peligrosas para los humanos, muchas de las cuales se encuentran prohibidas para su uso en animales de crianza⁽¹⁶⁾. Por ello, es importante que el consumidor esté informado sobre la procedencia de la carne, calidad nutrimental y el precio en el mercado. Por lo tanto, es importante evaluar el grado de sustitución de carne bovina por carne equina en distintos puntos de venta de las diferentes delegaciones de la Ciudad de México e identificar las bondades o similitudes con la carne bovina como una fuerte alternativa de nutrientes.

Material y métodos

Sitios de muestreo

Las muestras de carne se colectaron en 69 centros de comercialización incluidos los principales centros de distribución como son la Merced, Calle 7, Rastro Viejo, Central de Abastos y Ferrería, ubicados en las diferentes delegaciones de la Ciudad de México.

Diseño de Muestreo

Se colectaron 161 muestras de carne de bovino; 23 muestras fueron de carnicerías de grandes centros de distribución y 138 de mercados delegacionales, muestreando un total de 69 carnicerías que corresponde al 22.5 % del total de carnicerías de la Ciudad de México (307). Los puntos de comercialización de carne bovina muestreados fueron identificados en el portal del Instituto de Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales (IPDDP) de la Ciudad de México. Considerando los siguientes supuestos: (a) el nivel

económico (alto, medio y bajo) de la región y (b) que el muestreo se realizará de forma al azar distribuidas de manera homogénea en todas las regiones de las Alcaldías (Norte, Sur, Este y Oeste). La cantidad de muestras se determinaron con el teorema de límite central (TLC) con una desviación estándar de 8.9 % de acuerdo a las pruebas preliminares⁽¹⁷⁾, siendo aleatoria la selección del mercado. Asimismo, el de los establecimientos, se seleccionaron dos mercados por cada delegación (Cuadro 1), siendo representativos del número total de puntos de venta bajo el TLC a una desviación estándar de 7.3 % en las variables de muestreo.

Cuadro 1: Número de mercados, mercados muestreados y número de muestras por Alcaldía de la ciudad de México

Alcaldía	Carnicería		Muestras colectadas
	Total	Muestreadas	
Álvaro Obregón	15	3	6
Azcapotzalco	20	5	10
Benito Juárez	16	4	8
Coyoacán	17	4	8
Cuajimalpa	5	1	2
Cuauhtémoc	34	8	16
Gustavo A. Madero	49	11	22
Iztacalco	17	4	8
Iztapalapa	20	5	10
La Magdalena	5	1	2
Miguel Hidalgo	19	4	8
Milpa Alta	9	1	2
Tláhuac	19	4	8
Tlalpan	18	4	8
Venustiano Carranza	33	8	16
Xochimilco	11	2	4
Centros de comercialización	-	-	23

Tamaño de muestras

La muestra de carne cruda fue de 250 g obtenida del corte llamado bistec de aguayón (*Biceps femoris*) y simulando las condiciones habituales de los consumidores. Para disminuir el riesgo de contaminación durante el período de obtención de muestras, éstas se conservaron en bolsas de plástico identificadas y selladas, las cuales se mantuvieron dentro de un envase isotérmico a una temperatura de 4 °C. Una vez colectadas las muestras de un día de muestreo se llevaron al Laboratorio del Posgrado en Producción Animal para su separación en

submuestras para los diferentes análisis y almacenaje en congelación a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta su análisis.

Composición nutrimental de la carne

Los contenidos de humedad, proteína, grasa, y colágeno de la carne se determinaron por espectroscopia de reflectancia en el infrarrojo cercano (NIR´s) en el Foodscan Meat Analyzer (FOSS®, Dinamarca). Se pesaron 180 g de muestra y se realizó una molienda con un procesador de alimentos Picalica (Moulinex®, Francia) durante 30 seg (dos series de 15 seg) de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC⁽¹⁸⁾.

Determinación del color de la carne

El color de la muestra de carne se determinó en el Miniscan (Hunterlab®, USA), realizando cinco lecturas por muestra en un cuadrante superior, inferior, derecho, izquierdo y centro de acuerdo a la metodología propuesta por la Comisión Internacional de L'Eclairage (1976)⁽¹⁹⁾.

Extracción de ADN de tejido cárnico

Para la identificación de especie de la carne bovino o equino se realizó la extracción del ácido desoxirribonucleico (ADN) de la muestra inicial de 250 g, se tomaron 500 mg de carne que se colocaron en microtubos y se congelaron a $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 48 h en ultracongelación (ThermoScientific®, modelo 2186). Posteriormente, las muestras se liofilizaron (Labconco®, modelo Freezone 4.5) durante cinco días y se molió el tejido seco con la ayuda del disruptor celular TissueLyser II® (Qiagen, Alemania). Una vez molida la muestra, se realizó procedimiento de extracción de ADN, colocando en cada microtubo 1 ml de solución lisis [Tris base ($\text{C}_4\text{H}_{11}\text{NO}_3$) 50mM pH8, EDTA ($\text{C}_{10}\text{H}_{16}\text{N}_2\text{O}_8$) 0.1M, SDS ($\text{NaC}_{12}\text{H}_{25}\text{SO}_4$) 0.5%, 7 μl de proteinasa K] y se incubaron a $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ por 2 h continuas. Después, se agregaron 500 μl de Fenol:Cloroformo:Isoamílico ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}:\text{CHCl}_3:\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}$) (12:24:1) y se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min (Centrifuge eppendorf 5810 R). El sobrenadante se transfirió a otro microtubo, adicionando 1 ml de etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) al 70% a una temperatura de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, mezclándose por inversión hasta que el ADN precipitó. Por último, se centrifugó a 10,000 rpm durante 10 min, se formó un pellet y se secó en una centrífuga de vacío (Vacufuge plus). Para re-suspender el pellet de ADN se utilizaron 50 μl de H_2O grado molecular.

Prueba de PCR para determinación de especie de la carne

Previo a la amplificación del ADN por PCR, se comprobó que el ADN extraído fuera lo suficientemente puro y libre de contaminaciones de proteínas. Para medir la concentración del ADN se utilizó un espectrofotómetro Nanodrop® (Thermo Scientific, modelo ND-100) bajo los siguientes indicadores: el ADN presenta un máximo de absorbancia a 260 nm (50 µg/ml tienen una OD a 260=1), mientras que las proteínas lo tienen a 280 nm. La pureza del ADN se calculó, tomando en cuenta la absorción entre A260/A280 (1.9 y 1.7).

En el Cuadro 2 se muestran las secuencias seleccionadas a partir de la literatura de los oligonucleótidos utilizados para la amplificación de fragmentos de ADN específicos por especie animal⁽¹⁴⁾; estos consistieron en un primer forward universal y los oligonucleótidos reverse específicos de especie equina y bovina. La amplificación de los fragmentos específicos se realizó por PCR convencional. La amplificación del ADN por PCR, se llevó a cabo considerando un volumen final de 50 µl [5µl de 10x PCR buffer, 1µl de 20µM de dNTPs, 2 µl de oligonucleótido universal [10 pmol/µl], 2 µl de oligonucleótido equino [10 pmol/µl], 2 µl de oligonucleótido bovino [10 pmol/µl], 0.25 µl de Taq polimerasa (Roche®), 250 ng de ADN y 32.75 µl de agua grado PCR libre de nucleasas]. Para la amplificación de las secuencias seleccionadas se utilizó un programa de termociclado Maxygen (Axygene®) el cual consistió en: una etapa de desnaturalización inicial, en la que se mantuvo la mezcla de reacción a 94 °C durante 30 seg para que las dos cadenas de ADN molde se separaran. Posteriormente se sometieron las mezclas de reacción a 35 ciclos de tres etapas cada uno [alineamiento (60 °C durante 30 seg), extensión (72 °C durante 30 seg) y refrigeración (4 °C)].

Cuadro 2: Secuencia de los pares de oligonucleótidos para la determinación cortes de carne fresca para bovino y equino de diferentes mercados delegacionales de la ciudad de México

Especie	Primer	Secuencia	Tamaño
Universal	Forward	GAC CTC CCA GCT CCA TCA AAC ATC TCA TCT	NA
Bovino	Reverse	CTA GAA AAG TGT AAG ACC CGT AAT ATA AG	274bp
Equino	Reverse	CTC AGA TTC ACT CGA CGA GGG TAG TA	439bp

NA=No reportado

Gel de electroforesis

Finalizado las reacciones, se procedió a tomar 5 µl fragmentos amplificados (amplicones) de los productos PCR de las muestras para ser analizados por electroforesis convencional. Se mezclaron 5 µl del amplicon con 3 µl de buffer de carga 5x, colocando 8 µl en cada pozo del gel de agarosa [Seakem (Lonza®) al 3% (P/V) en 1,500 ml TAE 1x, con 25 µl de Bromuro de Etidio (Invitrogen®)]. Se corrió a 100 Volts durante 45 min para posteriormente realizar la lectura de amplicones en un fotodocumentador de luz UV. La similitud de las secuencias seleccionadas se analizó aplicando el programa informático BLAST® (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST>).

Análisis estadístico

Las variables de calidad nutritiva de la carne de bovino y equino (humedad, proteína, grasa, colágeno y color) se analizaron mediante un diseño completamente al azar⁽²⁰⁾, los tratamientos fueron el factor tipo de carne, la carne equina tuvo 9 repeticiones y la carne de bovino 152 repeticiones. Se utilizó un modelo lineal general con el paquete estadístico SAS⁽²¹⁾. Las medias de los tratamientos se analizaron mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, y los resultados se consideraron significativos cuando $P < 0.05$ ⁽²⁰⁾. Se utilizó el siguiente modelo matemático: $Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij}$

Donde:

Y_{ij} fueron las características nutritivas;

μ corresponde al valor de la media de las respectivas variables;

T_j representa el efecto de la especie;

E_{ij} representa el error experimental.

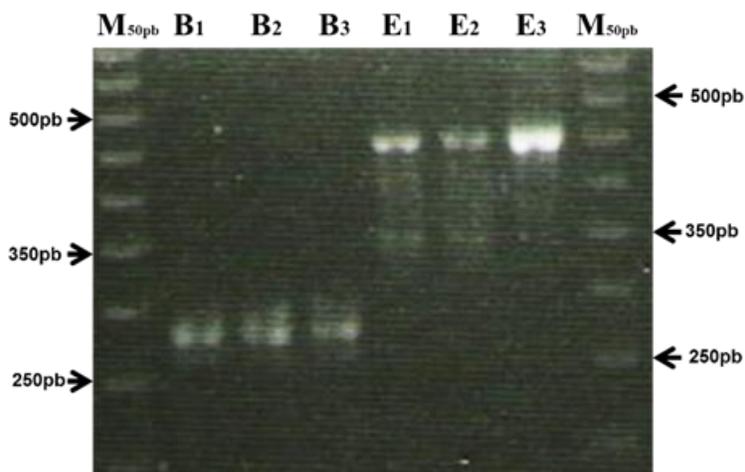
También, se realizó una prueba de Ji-cuadrada (X^2) con la finalidad de comparar los resultados de los amplicones de ADN de carne respecto a los esperados, por lo que la hipótesis que todas las muestras de carne adquiridas de carnicerías serán de la especie bovina.

Resultados

Identificación de especie

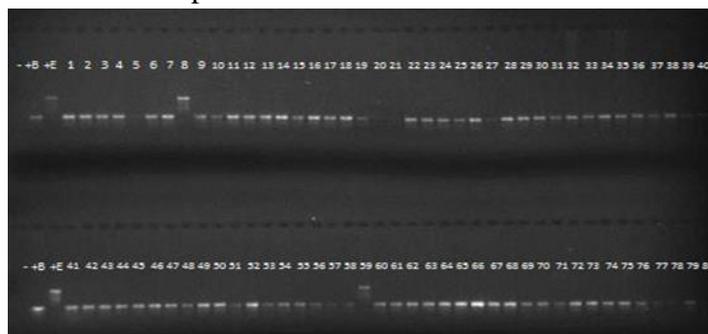
Los amplicones, producto de las pruebas de PCR convencional tuvieron fragmentos de 439 y 274 pares de bases (pb) que corresponden al peso molecular del ADN de la carne de bovino y equino, respectivamente (Figura 1). Resultando, un total de 152 muestras positivas para carne de bovino y 9 de las muestras fueron positivas para carne de equino (Figura 2).

Figura 1: Gel de electroforesis de la prueba de PCR de muestras de carne de bovino y equino de expendios de la Ciudad de México



M_{50pb} = Estandar de 50pb; +B₁₋₃ Control positivo de bovino (274pb); +E₁₋₃ Control positivo de equino (439pb).

Figura 2: Gel de electroforesis de la prueba de PCR de muestras de carne bovina y equina de expendios de la Ciudad de México



- Control negativo, +B Control positivo de Bovino, +E Control positivo de equino, y número de muestra.

Composición nutrimental

Se observó un ligero incremento ($P < 0.05$) en la concentración de humedad y proteína en la carne de bovino respecto a la carne de equino (Cuadro 3). Mientras que el contenido de grasa y colágeno no mostró diferencias ($P > 0.05$) entre las especies y fluctuaron de 22.0 a 23.5 %, de 2.0 a 2.3 %, de 73.1 a 75.1 % y de 1.3 a 1.4 mg g⁻¹. Por otra parte, el color de la carne de bovino fue mayor ($P < 0.05$) respecto a la carne equina en cuanto a la luminosidad (L) (Cuadro 4); mientras que no se observó diferencias ($P > 0.05$) en los colores de la carne de a* (rojo a verde) y b* (amarillo a azul) y fluctuaron de 29.80 a 37.50 y 15.00 a 16.20, respectivamente.

Cuadro 3: Composición química nutricional de las muestras de carne de equino y bovinos de expendios de la ciudad de México

Especie	Proteína^a	Grasa^a	Humedad^a	Colágeno^b
Bovino	23.51 ± 0.11	2.3 ± 0.05	75.13 ± 0.19	1.46 ± 0.02
Equino	22.00 ± 0.50	2.0 ± 0.44	73.16 ± 0.69	1.38 ± 0.09
Pr>F	0.001	0.25	0.01	0.32

^a Valores expresados en porcentaje; ^b valores expresados en mg g⁻¹.

Cuadro 4: Indicadores de color (L, a y b) de las muestras de carne de equino y bovinos de expendios de la ciudad de México

Especie	L	a	b
Bovino	37.50 ± 0.22	16.20 ± 0.01	14.90 ± 0.01
Equino	29.80 ± 0.88	15.00 ± 0.11	13.40 ± 0.11
Pr>F	0.0001	0.27	0.26

L=luminosidad; A= color rojo/ verde; B=color amarillo/azul.

Discusión

Identificación de carne equina en diferentes puntos de venta de la Ciudad de México

La técnica de PCR y la secuencia de los pares de oligonucleótidos reportados por Matsunaga⁽⁴⁾ fueron útiles para la identificación en cortes de carne fresca para bovino y equino en el presente estudio⁽²²⁾, y detectar que el 5.59 % de la carne muestreada en expendios de la Ciudad de México perteneció a la especie equina. La sustitución de la carne bovina por carne equina representa un fraude para el consumidor, ya que el precio de una carne y otra a nivel nacional difiere en casi un 100 %, lo cual no es aceptable desde el punto de vista ético, ni comercial⁽²³⁾. Aunque, la carne equina resulta una alternativa viable para el consumo humano, similar a otros tipos de carne obtenidas de especies tradicionales como la bovina, porcina y aviar⁽¹⁰⁾, su aceptación en México es limitada debido a razones de índole cultural⁽⁹⁾, ya que en otros países como Italia, Bélgica, Rusia y Alemania es perfectamente aceptada. Por otro lado, la venta de carne equina en el mercado nacional representa un riesgo potencial a la salud, ya que esta actividad no está regulada por las instancias gubernamentales, y puede haber presencia de fármacos utilizados en producción que pueden dejar residuos peligrosos en carne, como lo demuestra el estudio de Rubio⁽²³⁾ en donde encontraron que un 9.93 % de muestras de carne analizadas en diferentes estados de México dieron positivas para carne de caballo y el 93.10 % de las muestras seleccionadas excedieron los límites máximos de residuos (LMR) para el clenbuterol –establecido por la FAO⁽²⁴⁾– y 100% –según el límite de

tolerancia cero de las leyes mexicanas, lo que confirma que si hay un riesgo latente en salud para los consumidores nacionales.

Composición nutrimental de la carne de bovino y equino

La composición nutricional de la carne equina es similar a la carne bovina^(25,26). La humedad constituye cerca del 70 %, la proteína 22 %, la grasa intramuscular oscila entre 0.5 y 6 %, y los minerales representan cerca del 1.5 %⁽²⁷⁾. En este sentido, los hallazgos sobre el contenido de humedad fueron mayores ($P<0.05$) para la carne de bovino comparados a la carne de equina, y podría estar relacionado al tipo de músculo, la edad al sacrificio y el sexo de los animales⁽⁹⁾. El tipo de músculo influye significativamente en el contenido de humedad de la carne bovina y equina, siendo mayor en el músculo semimembranoso⁽²⁷⁾. Estos resultados fueron similares a los reportados por Lorenzo y Pateiro⁽²⁸⁾ quienes, al evaluar la influencia del tipo de músculos sobre el valor nutricional de la carne de ternero, observaron valores de contenido de humedad de 53 a 77 %, respectivamente. Mientras que Tateo *et al*⁽²⁹⁾ presentaron muestras de carne de machos y hembras de raza “Heavy Draft Italian” con valores de humedad similares a los reportados en el presente estudio (70 y 73 %, respectivamente).

Por otra parte, la concentración de proteína en la carne de bovino y equino se encuentran en los valores reportados como ideales (15 a 23 %) para el consumo humano^(11,29). La carne de bovino mostró un incremento en la concentración de proteína que podría relacionarse principalmente a los factores como el sexo, edad, tipo de músculo y sistema de producción^(8,9). Mientras que la concentración de proteína de la carne de equino fue similar a los reportados por otros autores^(9,27,29), que observaron niveles que varían entre 20 y 22 % y que concluyen que los factores que influyen en la concentración de proteína son similares a los que afectan el ganado bovino.

Es importante señalar que la relación grasa / proteína es una característica clave de las cualidades saludables de la carne para consumo humano⁽³⁰⁾. El bajo contenido de grasa intramuscular de la carne equina, es debido a que presentan tendencia a almacenar tejido adiposo de forma subcutánea⁽³¹⁾. Por ello, algunos autores la denominan “carne saludable”⁽³²⁾. Esta característica es incluida en las estrategias de comercialización. Principalmente para las personas que intentan mantener su peso bajo control⁽³³⁾; ya que la Organización Mundial de la Salud⁽³⁴⁾, recomienda que sólo el 30 % de la ingesta diaria de energía del ser humano proveniente de la dieta debe de ser originada por la concentración de grasa, por lo que la carne de equino parece ser una buena fuente de proteínas con bajo contenido de grasa⁽¹⁰⁾.

La importancia del color como una característica de valoración física y de calidad de la carne, permite mostrar las variaciones del estado químico (grado de oxidación) del pigmento de un determinado momento de la carne y el estado físico de la carne, la estructura de las fibras

musculares y la cantidad de luz reflejada (L^*a^*b)⁽¹⁹⁾. En este sentido, la menor luminosidad (L) de la carne equina puede ser debido a la cantidad de oxigenación de la mioglobina que está relacionada con el valor de a^* ⁽³⁵⁾. En este sentido, la carne de equino tiene mayor concentración de mioglobina en su vida adulta⁽³⁶⁾. Además, aumenta el valor de a^* y se reduce el valor de L^* , y tiende a un color más oscuro⁽³⁷⁾, lo que explica los valores de similitud del color de la carne para las especies en el presente estudio.

Conclusiones e implicaciones

El grado de sustitución de la carne bovina por la carne equina (5.59 %) en los centros de comercialización en la Ciudad de México es bajo. Sin embargo, si la carne equina es producida y se maneja de acuerdo a la normatividad aplicada para la carne bovina, tiene un gran potencial como carne alternativa para el consumidor nacional, ya que la composición nutricional fue similar a la carne bovina.

Agradecimientos

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por la beca otorgada al primer autor y al proyecto financiado por la Dirección General de Investigación y Posgrado de la Universidad Autónoma Chapingo (Folio 135502006).

Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de interés por la publicación del presente artículo científico.

Literatura citada:

1. Moreno RMA. Contribución al estudio de la frecuencia de cecina elaborada con carne de equino que se expide en el Distrito Federal [tesis profesional]. México, DF: Universidad Nacional Autónoma de México; 1972.
2. García MJG, Erosa VE, Prieto C, Núñez GYF. Identificación del origen de especie animal en carne fresca utilizando inmunodifusión doble. *Téc Pecu Méx* 2000;38(3):231-237.
3. Kuehn R, Kaczensky P, Lkhagvasuren V, Pietsch S, Walzer C. Differentiation of meat samples from domestic horses (*Equus caballus*) and asiatic wild asses (*Equus hemionus*) using a species-specific restriction site in the mitochondrial cytochrome b region. *Mong J Biol Sci* 2006;4(2):57-62.

4. Matsunaga T, Chikuni K, Tanabe R, Muroya S, Shibata K, Yamada J, Shinmura Y. A quick and simple method for the identification of meat species and meat products by PCR assay. *Meat Sci* 1999;51(2):143-148.
5. Corona B, Lleonard R, Carpio Y, Uffo O, Martínez S. Short communication. PCR detection of DNA of bovine, ovine-caprine and porcine origin in feed as part of a bovine spongiform encephalopathy control program. *Span J Agric Res* 2007;5(3):312-317.
6. Kesmen Z, Yetim H, Şahin F. Identification of different meat species used in sucuk production by PCR assay. *GIDA: J Food* 2010;35(2):81-87.
7. Pereira PMDCC, Vicente AFDRB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci* 2013;93(3):586-592.
8. Cabrera MC, Saadoun A. An overview of the nutritional value of beef and lamb meat from South America. *Meat Sci* 2014;98(3):435-44.
9. Vanegas AAM, Gutiérrez LF. Horse meat: production, consumption and nutritional value. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia* 2016;11(3):86-103.
10. Poławska E, Cooper RG, Józwick A, Pomianowski J. Meat from alternative species—nutritive and dietetic value, and its benefit for human health—a review. *CyTA Food* 2013;11(1):37-42.
11. FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Food and Agriculture data. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QL/S> 2015. Accessed Jun 27, 2015.
12. FAO. FAOSTAT Producción Agrícola. 2017 disponible en: <http://www.fao.org/faostat/es/#data/QL>.
13. Kane DE, Hellberg RS. Identification of species in ground meat products sold on the U.S. commercial market using DNA-based methods. *Food Cont* 2016;(59):58-163.
14. Premanandh J. Horse meat scandal – A wake-up call for regulatory authorities. *Food Cont* 2013;(34):568-569.
15. Seong PN, Park KM, Kang GH, Cho SH, Park BY, Chae HS, Ba HV. The differences in chemical composition, physical quality traits and nutritional values of horse meat as affected by vario retail cut types. *Asian-Australas J Anim Sci* 2016;29(1):89-99.
16. González HG, Mota RD, Becerril HM, Casas GC, Zermeño M, Ramírez-NR, *et al.* Horse meat for human consumption in México: Slaughter performance and carcass morphometry. *J Food Technol*;2006:106-110.

17. Miller I, Miller M, John E. Friends mathematical statistics. 6th ed. London UKA: Prentice Hall Int; 1999.
18. AOAC. Official methods of analysis. 18th ed. Washington. USA: Association of Official Analytical Chemists. 2007.
19. Sañudo AC, Gonzales C. Aspectos estratégicos para obtener carne ovina de calidad en el cono sur americano. Buenos Aires ed: Buenos Aires, Argentina; 2008.
20. Montgomery DC. Design and analysis of experiments. Eighth ed, New Jersey, USA: Wiley & Sons; 2013.
21. SAS. Institute Inc., SAS/STAT. Software, Ver. 9.00. SAS, Cary, NC, USA. 2006.
22. Iwobi A, Sebah D, Spielmann G, Maggipinto M, Schrempp M, Kraemer I, *et al.* A multiplex real-time PCR method for the quantitative determination of equine (horse) fractions in meat products. *Food Cont* 2017;(74):89-97.
23. Rubio LMS, Ruíz LAF, Medina MR, Espinosa P. Estudio del mercado de carne de caballo en México y pruebas de ADN. Reporte convenio HSI-UNAM DGEL/3817/15. Laboratorio de Ciencia de la Carne. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Universidad Nacional Autónoma de México 2017;1-39.
24. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Codex Alimentarius Commission. Maximum residue limits for veterinary drugs in foods (Updated as at the 35th Session of the Codex Alimentarius Commission), Roma, Julio de 2012. ftp://ftp.fao.org/codex/weblinks/MRL2_e_2012.pdf.
25. Lanza M, Landi C, Scerra M, Galofaro V, Pennisi P. Meat quality and intramuscular fatty acid composition of Sanfratellano and Haflinger foals. *Meat Sci* 2009;81(1):142-149.
26. Franco D, Rodríguez E, Purriños L, Crecente S, Bermúdez R, Lorenzo JM. Meat quality of “Galician Mountain” foals breed. Effect of sex, slaughter age and livestock production system. *Meat Sci* 2011;88(2):292-298.
27. Lorenzo JM, Sarriés MV, Tateo A, Polidori P, Franco D, Lanza M. Carcass characteristics, meat quality and nutritional value of horsemeat: A review. *Meat Sci* 2014;96(4):1478-1488.
28. Lorenzo JM, Pateiro M. Influence of type of muscles on nutritional value of foal meat. *Meat Sci* 2013;93(3):630-638.

29. Tateo A, De Palo P, Ceci E, Centoducati P. Physicochemical properties of meat of Italian Heavy Draft horses slaughtered at the age of eleven months. *J Anim Sci* 2008;86(5):1205-1214.
30. Paleari MA, Soncini G, Beretta G, Rossi MT. Microbiological and chemical aspects of corned, cooked and vacuum-packed horsemeat. *Ital J Food Sci* 1992;(4):205-212.
31. De Palo P, Maggiolino A, Centoducati P, Tateo A. Colour changes in meat of foals as affected by slaughtering age and post-thawing time. *Asian Australas J Anim Sci* 2012;25(12):1775-1779.
32. Badiani A, Nanni N, Gatta PP, Tolomelli B, Manfredini M. Nutrient profile of horsemeat. *J Food Composition Analysis* 1997;10(3):254-269.
33. Cooper RG. Ostrich meat, an important product of the ostrich industry: A southern African perspective. *World's Poultry Sci J* 1999;(55):389-402.
34. Organización Mundial de la Salud (OMS), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Dieta, nutrición y prevención de enfermedades crónicas. En: Informe de una Consulta Mixta de Expertos. Serie de Informes Técnicos, 916. Ginebra 2003; <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2003/pr20/es/>.
35. Segato S, Cozzi G, Andrighetto I. Effect of animal morphotype, sex and age on quality of horsemeat imported from Poland. Proceedings of the A.S.P.A. XIII Congress, Piacenza 1999:21-24.
36. Badiani A, Manfredini M. The production of horsemeat. *Italian J Anim Sci* 1994;(20): 35-43.
36. Rossier E, Berger C. La viande de cheval: des qualités indiscutables et pourtant méconnues. *Cahiers de Nutrition et de Diétologie* 1988;(23):35-40.