

Caracterización físico-química y perfil de ácidos grasos y minerales de muestras de carne bovina obtenida de toretes alimentados con dos sistemas de engorde

Physicochemical characterization and profile of fatty acids and minerals of beef samples obtained from steers fed with two fattening systems

Santa Dalia Terrazas Pérez ¹, Héctor Manuel Zumbado Fernández ^{2*},

Manuel Genovevo Roca Argüelles ³, Gabriela Corral Flores ⁴

¹ Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Cuba. terrazassanty@gmail.com,

² Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Cuba.

³ Instituto de Farmacia y Alimentos. Universidad de La Habana. Cuba. mgrocaa@gmail.com,

⁴ Facultad de Zootecnia y Ecología. Universidad Autónoma de Chihuahua. México. gcorral@uach.mx,

*Autor de correspondencia: hzumbadof@gmail.com



RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue realizar una caracterización físico-química y determinar el perfil de ácidos grasos y minerales, en muestras de carne bovina obtenida de toretes engordados con el sistema de corral de engorda (ST) y el sistema silvopastoril intensivo (SSPi). Se emplearon muestras de carne de toretes alimentados mediante ST, con una dieta basada en una concentración de cereales y carne de toretes alimentados mediante SSPi, a libre acceso, con una base proteica de *Leucaena leucocephala* y una energética de pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*). Se determinó el contenido de proteínas, grasa, humedad, colágeno, cenizas, pH, color, textura y pérdida de agua por goteo, así como el perfil de ácidos grasos y el perfil de minerales. Los resultados se procesaron mediante la prueba t de student con un nivel de significación de 0,05. Se obtuvo que las muestras de carne bovina obtenidas de toretes alimentados en SSPi mostraron mejores características físico-químicas, tecnológicas y nutricionales que la carne de ganado alimentado con ST. Se evidenció un menor contenido de grasa, mayor capacidad de retención de agua, menor pérdida de agua por goteo y mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega 3, mientras su composición en minerales también resultó superior en hierro, sodio y magnesio

Palabras clave: alimentación animal, sistema silvopastoril, propiedades fisicoquímicas, perfil de ácidos grasos, perfil de minerales

ABSTRACT

The objective of the present study was to perform a physicochemical characterization and determine the fatty acid and mineral profile of beef samples obtained from steers fattened with the feedlot system (ST) and the intensive silvopastoral system (SSPi).. Meat samples from bulls fed by ST were used, with a diet based on a concentration of cereals and meat from bulls fed by SSPi, with free access, with a protein base of *Leucaena leucocephala* and an energy base of Tanzania grass (*Panicum maximum*) and African starfish (*Cynodon plectostachyus*). The content of protein, fat, moisture, collagen, ash, pH, color, texture, and drip water loss, as well as the fatty acid profile and the mineral profile, were determined. The results were processed using the student's t-test with a significance level 0.05. It was obtained that beef samples obtained from bulls fed on SSPi showed better physical-chemical, technological, and nutritional characteristics than meat from cattle fed with ST. A lower fat content, greater water retention capacity, less water loss through dripping, and higher polyunsaturated fatty acids of the omega 3 type were evident, while its mineral composition was also higher in iron, sodium, and magnesium.

Keywords: animal nutrition, silvopastoral system, physicochemical properties, fatty acid profile, mineral profile

INTRODUCCIÓN

Los principales problemas de salud a nivel mundial son la obesidad y las enfermedades crónicas como la diabetes, el cáncer y los problemas cardiovasculares, los cuales están relacionados etiológicamente con la reducción del consumo de frutas y verduras y el aumento de la ingesta de sal, grasas de origen animal, ácidos grasos trans, azúcares y bebidas azucaradas¹.

La carne ha jugado un papel crucial en la evolución humana y es un componente importante de una dieta sana y equilibrada debido a su riqueza nutricional. Es una valiosa fuente de proteínas de alto valor biológico, hierro, vitamina B₁₂ y otras vitaminas del complejo B, zinc, selenio y fósforo². El contenido de grasa y el perfil de ácidos grasos, un motivo de preocupación constante cuando se refiere al consumo de carne, depende en gran medida de la especie, el sistema de alimentación y el corte utilizado^{3,4}.

En las zonas ganaderas del trópico de México se pueden encontrar tres sistemas de producción: 1) el extensivo, que se caracteriza porque el ganado se alimenta con pastos nativos de baja calidad forrajera en áreas desprovistas de árboles⁵; 2) el sistema en corral de engorda o tradicional (ST), donde el ganado se engorda con grandes cantidades de suplementos a base de granos⁶ y es sujeto a un régimen de prevención de enfermedades que se apoya en el uso riguroso de medicamentos, desparasitantes y vacunas que afectan la economía del productor⁵⁻⁷, y 3) el sistema Silvopastoril intensivo (SSPi), que es una opción de producción pecuaria sustentable y su gran ventaja es que, en una hectárea de superficie se pueden desarrollar tres cultivos o estratos vegetativos, que en conjunto contribuyen a mejorar el confort animal y son fuente segura de proteína con alto valor nutricional para la alimentación y desarrollo de rumiantes^{8,9}.

Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi) integran árboles y/o arbustos forrajeros en áreas ocupadas por pastos destinadas a la cría de bovinos. En estos sistemas, el ganado se alimenta con mayor libertad, aprovechando forrajes de alta calidad, lo que permite mantener cargas animales elevadas por hectárea¹⁰, favoreciendo la producción de carne en condiciones naturales y reduciendo el uso de productos veterinarios y agroquímicos. Por otra parte, diversas investigaciones indican que los bovinos engordados en este sistema presentan menor acumulación de grasa y un mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados en el tejido muscular^{11,12}.

En este contexto, el objetivo de la presente investigación, es realizar una caracterización físico-química y determinar el perfil de ácidos grasos y minerales, en muestras de carne bovina obtenida de toretes (*Bos indicus*) engordados con el sistema de corral de engorda (ST) y el sistema silvopastoril intensivo (SSPi)

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Laboratorio de Nutrición Animal, en la Facultad de Zootecnia de la Universidad Autónoma de Chihuahua, con muestras de carne obtenidas de un grupo de bovinos engordados en una parcela demostrativa, dividida en dos grupos de tratamiento: 1) formado por 15 toretes de la raza cebú alimentados mediante un sistema de engorda tradicional de corral (ST), con una dieta basada en una concentración de cereales y 2) formado por 15 toretes de la raza cebú alimentados mediante un sistema de engorda silvopastoril intensivo (SSPi), empleando como fuente de alimentación forraje a libre acceso, con una base proteica de *Leucaena leucocephala* y una energética de pasto Tanzania (*Panicum maximum*) y estrella africana (*Cynodon plectostachyus*)

Las muestras se obtuvieron directamente de la canal del corte de los músculos *Longissimus dorsi* (LD) entre

la 12va y 13va costilla (Ld), de 13 toretes de cada grupo, sacrificados a un peso vivo (PV) de 415 ± 10.1 kg. Se molió cada recorte cárnico en un molino marca Torrey modelo M-12 FS, con un cedazo 1/8" (CI12-1/8"-29) y se almacenaron a temperatura de 4 °C hasta la realización de los análisis siguientes:

Análisis proximal. Se determinó el contenido de proteínas, grasa, humedad y colágeno por análisis NIR (Near Infrared Reflectance) empleando un equipo Foss ScanTM 2, con un rango espectral entre 850-1050 nm y se realizó además la determinación del contenido de cenizas¹³. Todos los análisis se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en porcentaje

Potencial de hidrogeno (pH). Se empleó un potenciómetro de punción marca Hanna, previamente calibrado a pH 4.0 y 7.0, realizando el análisis directamente en el músculo.

Color. Se analizó con un espectrofotómetro MINOLTA, modelo CM 2002, midiendo L* (luminosidad), a* (tendencia a rojo) y b* (tendencia a amarillo), realizando la medición bajo el sistema de referencia CIE (Commission Internationale de l'Éclairage).

Capacidad de Retención de Agua (CRA). Se realizó siguiendo la técnica propuesta por Tsai y Ockerman (1981)¹⁴, colocando una porción de ensayo de 0,3 g entre dos papeles de filtro de forma rectangular, y esta a su vez entre dos placas de pexiglas de 20x20 cm, conformando un "sándwich", sobre el que se ejerce una presión de 10 kg por 20 min. Se calculó la diferencia de pesada y los resultados se expresaron en porcentaje

Textura. Se utilizó un texturómetro con cuchillas de tipo cizalla Warner-Blatzer, posicionando las muestras tomadas previamente con un sacabocados, de 1x1 cm². Los parámetros a utilizar fueron, velocidad pre-prueba de 2 mm^{s⁻¹} y post-prueba de 10 mm^{s⁻¹} a una distancia de 30 mm, expresando los resultados en términos de kilogramo-fuerza (kgf).

Pérdida de agua por goteo (PG). Se realizó siguiendo la metodología descrita por Morón y Zamorano (2004)¹⁵. A las 72 h *post mortem*, se tomó una porción de ensayo de 3 g, la cual fue suspendida con un hilo dentro de un recipiente de plástico por 48 horas a una temperatura de 4°C. Al término de la prueba se registró el peso final de la muestra, para determinar la PG con la fórmula sugerida por el autor. Los resultados se expresaron en porcentaje.

Perfil de ácidos grasos. La grasa se extrajo por el método de extracción en frío¹⁶ y los esteres metílicos de ácidos grasos, obtenidos por la metodología propuesta por la AOAC (1997)¹⁷, se determinaron por cromatografía de gases con un equipo Perkin Elmer Precisely Claurus 400, USA, con un detector de flama ionizable, empleando una columna analítica de sílica fundida SPTM 2380 de 30 m de longitud, 0.25 mm de diámetro interno y 0.2 µm de grosor de película y un estándar SupelcoTM 37 FAMEmix. La temperatura inicial del horno fue configurada a 140 °C, aumentándose 4° C cada 8 min hasta llegar a 240 °C, con un tiempo de espera por 30 min; la temperatura del puerto de inyección fue de 220 °C a 12 psi de presión y la temperatura del detector fue 220 °C. Se inyectó 1 µl de muestra de los ésteres de los ácidos grasos en un puerto splitless-split, con un tiempo de corrida de 36 min por cada inyección, utilizando Helio (He) como gas portador con un caudal de 1 mL/min. La identificación de los ácidos grasos obtenidos en la muestra se realizó de acuerdo a los tiempos de retención y al patrón de elución SupelcoTM 37 FAMEmix, mientras que para la cuantificación se empleó la metodología descrita por Castillo et al (2011)¹⁸.

Perfil de Minerales. La determinación del perfil de minerales (Ca, Mg, Na, Cu, Fe, Mn y Zn), se realizó por espectrometría de emisión atómica con digestión por microondas en un espectrómetro de emisión óptica 8300 ICP OES (Perkin Elmer Instruments Inc., USA)). Las condiciones de operación empleadas fueron las siguientes: longitud de onda de 248,33 nm, slit de 1,8/1,35 mm, flujo de aire de 10 L/min y flujo de acetileno 2,5 L/min. Se preparó una solución madre de 50 mg/L de a partir del estándar de cada mineral de referencia de 1000 mg/L, a partir de las cuales se construyeron las curvas de calibración para la cuantificación¹⁹.

Análisis estadístico

Se comprobó el supuesto de normalidad, mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov y la homocedasticidad de varianza utilizando el test de Bartlett. Para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre los dos tipos de engorde se empleó la prueba de comparación de medias t de Student con un nivel de significación de 0,05. Los análisis se realizaron empleando el paquete SPSS versión 22.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis proximal

En la figura 1 se muestran los resultados del análisis proximal correspondiente a los dos tipos de carnes evaluadas.

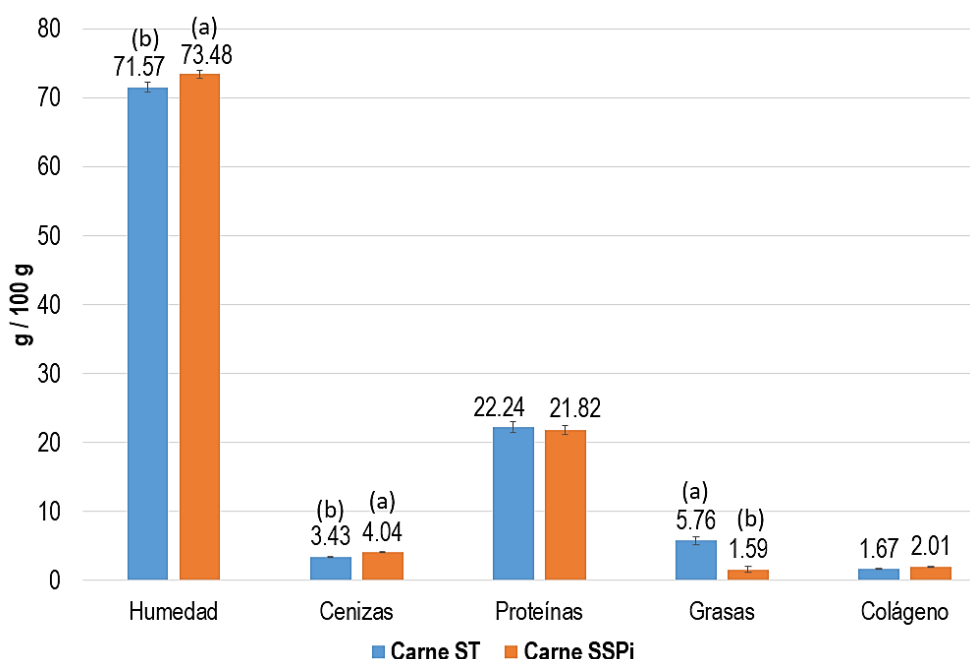


Figura 1. Análisis proximal de muestras de carne bovina en los dos sistemas de engorda. ST; carne de toretes alimentados con el sistema de corral de engorda, SSPi: carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo. Letras diferentes para el mismo componente denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos sistemas de engorda.

Con referencia al contenido de humedad se obtuvo un valor significativamente mayor para la carne SSPi, aunque desde el punto de vista práctico esta diferencia no es suficientemente importante. En este sentido, los resultados coinciden con los reportados por otros investigadores en muestras del músculo *L. dorsi* de novillos alimentados con pastos (71 %) ¹¹, así como también con los valores resultantes de la caracterización de la calidad de la carne mexicana en tres zonas ganaderas (Norte, Centro y Sur) donde el contenido de humedad de los tres sitios promedió 73% ^{20,21}.

El contenido de ceniza fue significativamente superior en la carne SSPi (4,04 vs 3,43 %); ambos valores son mayores a los obtenidos por otros investigadores que reportan porcentajes de 1 % ^{11,20}. Estas diferencias pudieran ser resultado del efecto del forraje utilizado en la alimentación del ganado, ya que se ha encontrado que las plantas tienen la capacidad de fijar Ca, K y P del suelo ²² y si estos elementos están presentes en la planta entonces pueden ser consumidos y acumulados en la carne, lo cual podría ser una ventaja de SSPi, por ser el calcio y fósforo elementos indispensables en la dieta humana.

Respecto al contenido de grasa, se denota una menor concentración en la carne SSPi (1,59 %). Estos resultados son inferiores a los reportados por otros investigadores en carnes SSPi que obtuvieron valores de 4,36 %^{11,23}, sin embargo, se acercan a los obtenidos en otro estudio, en el que se encontró que el ganado sacrificado en la región sur de México, produjo 2,7 % de grasa y los muestreados en la región norte 3,6 %²¹.

De cualquier manera, el comportamiento observado guarda relación con el hecho de que los bovinos engordados con forrajes verdes, presentan menor contenido de grasa de cobertura y grasa intermuscular e intramuscular, debido a su mayor actividad física^{20,24}. Así mismo, la carne producida en el sistema silvopastoril intensivo es magra y se encuentra dentro de los parámetros de calidad promedio siendo su consumo recomendable para personas con problemas de obesidad y sobrepeso²⁵.

Finalmente, no se obtuvieron diferencias significativas en cuanto a los contenidos de proteínas y colágeno, los cuales se encuentra dentro del rango registrado en carne fresca y coincide con los valores reportados por otros investigadores^{11,20,21,26} en ambos sistemas.

Caracterización físico-química

Los resultados de la caracterización físico-química de las muestras de carne se muestran en la tabla 1.

Parámetros	Carne Bovina			
	ST		SSPi	
pH	5,43 ± 0,04		5,53 ± 0,04	
Capacidad de retención de agua (CRA) (%)	53,24 ± 0,88	b	68,32 ± 0,80	a
Pérdida de agua por goteo (PG) (%)	11,23 ± 0,55	a	5,66 ± 0,50	b
Textura (kg/f)	2,9 ± 0,22	a	1,80 ± 0,2	b
Color				
L*	29,89 ± 1,11	a	26,16 ± 0,72	b
a*	11,54 ± 0,61		11,45 ± 0,79	
b*	10,04 ± 0,58	b	12,39 ± 0,45	a

ST; carne de toretes alimentados con el sistema de corral de engorda, SSPi: carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 1. Características físico-químicas de muestras de carne bovina en dos sistemas de engorda

El pH no registró diferencias significativas entre los tipos de carne y fue del orden a los descritos en la literatura²⁷. El rango de pH encontrado indica que la carne del presente estudio no presenta problemas asociados a carnes de calidad deficiente²⁸ o a otros procesos anómalos durante la glucólisis post-mortem del tejido muscular^{29,30}. Rubio et al (2005)²¹, obtuvieron valores de 5,71 para la carne de la región centro y 5,73 para la de región sur. Lo mismo sucede al comparar con carne evaluada en otros países; donde se reportaron valores de 5,91³¹ y 5,57³² en carne de *Bos indicus*.

Debe señalarse que el pH de la carne es un valor relativamente constante, que depende del manejo del ganado antes, durante y después del sacrificio: en este sentido un manejo inadecuado puede provocar variaciones en el pH produciendo una carne de menor calidad sensorial y tecnológica afectando la capacidad de retención de agua (CRA) y la pérdida de agua por goteo (PG).

Con respecto a la CRA, la carne SSPi mostró valores significativamente mayores de este parámetro (68,32 vs 58,24) lo que resulta en un beneficio tecnológico a favor de esta carne, dado que juega un papel determinante en el rendimiento de muchos procesos de elaboración como, por ejemplo, la cocción. Paralelamente, la CRA condiciona también las propiedades sensoriales y de textura del producto, como la ternura, jugosidad y el color³³. Consecuentemente, la PG fue significativamente superior en la carne ST (11,23 vs 5,66).

Referente a la textura se encontraron diferencias significativas ($p < 0,05$), entre ambas muestras evidenciándose menores valores para la carne SSPi, lo que indica que esta es más tierna. La suavidad, textura o ternura, es la

capacidad que atribuye la carne para ser cortada y/o masticada³⁴, generando mayor facilidad al masticar con menos residuos y buena sensación al paladar, por lo que es un atributo muy valorado por el consumidor^{35,36}. Existen diversos factores que intervienen con la terneza de la carne, como es la edad de animal, la raza, el tipo de alimentación e incluso el estado de estrés antes del sacrificio por el consumo de glucógeno en el músculo³⁷, además del contenido y solubilidad del tejido conectivo, la composición y la condición contráctil de las fibras musculares y el grado del *rigor mortis*³⁸.

Estos resultados contrastan con los obtenidos en otros estudios que reportan que los animales alimentados con concentrados producen carne más tierna y con mejor sabor que los animales alimentados con forrajes^{39,40}. Sin embargo, otros autores plantean que los efectos dietéticos en muchos de estos experimentos se ven confundidos por diferencias en la edad de los animales, el peso de la canal en el momento del sacrificio y el manejo de los animales durante el sacrificio⁴¹. En este sentido, variables como la edad de los bovinos y las condiciones de sacrificio, pudieron influir en los resultados obtenidos.

Con relación al color, la carne procedente del modelo de producción SSPi presentó valores significativamente más bajos de L* (menor luminosidad) que la carne procedente de ST. Esta observación apunta a la idea de que un menor contenido de grasa de la carne puede estar relacionado con menores valores de luminosidad de la misma y, como se ha mostrado en la tabla 1, el contenido de grasa de la carne de los animales del modelo SSPi fue inferior al que presentó la carne de los animales de ST. En este sentido, estudios señalan que el valor de L* es menor en la carne de los animales criados a base de pasto en comparación al ganado alimentado con alimento concentrado⁴². Se plantea que las dietas basadas en pasto promueven el metabolismo oxidativo a favor de las fibras musculares rojas en lugar del metabolismo anaeróbico, produciendo menor grado de luminosidad de la carne⁴³.

En intensidad a rojo (a*) se observa que no hubo diferencias significativas lo que concuerda con los resultados de otros estudios que reportaron valores similares para carnes frescas^{21,32,44}, mientras que la carne obtenida de los animales criados en SSPi mostró mayor componente amarillo (mayor índice de b*) que la carne procedente de ST. Resultados de otros trabajos refieren que la carne de los animales de producción ecológica basada en el aprovechamiento de los pastos presenta mayor pigmentación amarilla que la de los animales criados en sistemas basados en el aporte de cereales, debido a la alta concentración de carotenos de la grasa⁴⁵. Generalmente, a la grasa se le atribuye un color más amarillo por la acumulación de pigmentos carotenoides de carácter lipófilo que provienen del forraje consumido^{46,47}.

Perfil de ácidos grasos

El contenido de los ácidos grasos en las muestras de carne de ST y SSPi se muestra en la tabla 2, en la que se denota que no existieron diferencias significativas entre los contenidos de los ácidos grasos saturados mirístico y palmítico, no siendo así para el esteárico, el cual se encontró en mayor proporción en la carne ST.

Ácidos Grasos	Carne Bovina			
	ST		SSPi	
Mirístico C_{14:0}	0,76 ± 0,21		0,71 ± 0,30	
Palmítico C_{16:0}	25,3 ± 2,11		24,81 ± 1,89	
Esteárico C_{18:0}	26,21 ± 2,22		a	19,32 ± 2,13
Miristoleico C_{14:1}	0,14 ± 0,09		a	0,11 ± 0,03
Palmitoleico C_{16:1}	0,92 ± 0,56		a	0,56 ± 0,49
Oleico C_{18:1 n-9}	25,13 ± 2,95		b	40,69 ± 3,15
Linoleico C_{18:2 n-6}	1,15 ± 0,23		b	3,11 ± 0,97
Linolénico C_{18:3 n-3}	4,21 ± 0,25		b	6,10 ± 0,56
Eicosapentaenoico C_{20:5 n-3}	0,24 ± 0,12		b	0,93 ± 0,20
Araquidónico C_{20:4 n-6}	0,32 ± 0,10		b	0,49 ± 0,11
Docosaheptaenoico C_{22:6 n-3}	0,29 ± 0,12		b	0,45 ± 0,13

ST; carne de toretes alimentados con el sistema de corral de engorda, SSPi: carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo. Letras diferentes en la misma fila denotan diferencias significativas ($p < 0.05$).

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos de muestras de carne bovina en los dos sistemas de engorda.

De acuerdo a la bibliografía consultada, se plantea que hay ácidos grasos saturados que siempre están en la misma concentración sin importar la alimentación, el tipo y raza de ganado, lo que motiva a pensar que su presencia en la carne es por causas fisiológicas del rumiante^{11,48,49}.

En el caso de los ácidos grasos insaturados (AGI) si se encontraron diferencias significativas en todos los casos. Si bien el contenido de miristoleico y palmítoleico favorece a la carne ST, el resto de los AGI fue significativamente superior en la carne SSPi. En este sentido cabe destacar los altos contenidos de oleico, linoleico, linoléico, eicosapentaenoico y docosahexaenoico, los cuales son muy importantes para el consumidor por su esencialidad en nutrición humana y su presencia es típica del ganado que se alimenta exclusivamente con forrajes verdes en comparación con el sistema de corral de engorda que emplea concentrados de cereales^{8,20,24,50}.

Los ácidos grasos omega-3 son reconocidos por sus propiedades antiinflamatorias y su papel en la salud cardiovascular y cerebral⁵¹. El envejecimiento fisiológico y su asociación con la calidad de vida son foco de investigaciones, donde los omega-3 se reconocen como nutrientes clave para prevenir condiciones patológicas asociadas al proceso de envejecimiento⁵².

En este sentido, varios estudios respaldan el potencial terapéutico de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3, principalmente docosahexaenoico (DHA) y eicosapentaenoico (EPA), en enfermedades metabólicas debido a sus propiedades antioxidantes y antiinflamatorias⁵³, así como su efecto en la reducción del riesgo de muerte súbita causada por arritmias cardíacas y en el tratamiento de la hiperlipidemia y la hipertensión⁵⁴.

Perfil de minerales

El perfil de minerales de muestras de carne bovina en los dos sistemas de engorda evaluados se muestra en la figura 2.

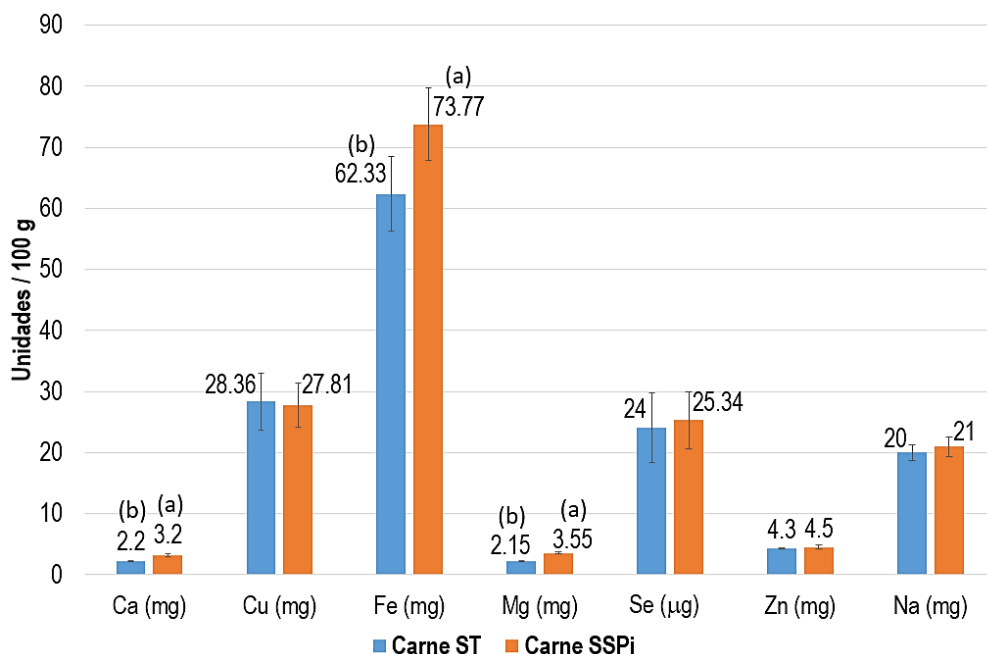


Figura 2. Perfil de minerales de las muestras de carne bovina en los dos sistemas de engorda. ST; carne de toretes alimentados con el sistema de corral de engorda, SSPi: carne de toretes alimentados con el sistema silvopastoril intensivo. Letras diferentes para el mismo componente denotan diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los dos sistemas de engorda.

Los contenidos de Cu, Se, Zn y Na, no evidenciaron diferencias significativas entre las muestras de carne; sin embargo, la carne SSPi mostró valores significativamente superiores de Ca, Fe y Mg.

El contenido de calcio en los forrajes varía de acuerdo a las especies, tipo de riego, suelo, clima, estado vegetativo o grado de madurez, por lo que forrajes son, normalmente, una buena fuente de calcio a diferencia de los granos de cereal⁵⁵. Así mismo, casi todos los forrajes contienen el doble de magnesio que los granos, sin embargo, el contenido va a depender de la especie de planta, estado de crecimiento, cantidad de magnesio en el suelo, estación del año y medio ambiente⁵⁶.

En lo referente a los resultados para el hierro, los granos de cereal contienen aproximadamente de 30 a 60 mg de Fe/kg, sin embargo, la cantidad de hierro en los forrajes es generalmente superior y se mueve en el orden de 70 a 500 mg/kg de Fe⁵⁰, lo que pudiera justificar los mayores contenidos de este mineral en la carne SSPi,

El contenido de hierro en las carnes es un elemento importante dado que el mismo se destaca no solo por su cantidad, sino también por su biodisponibilidad (no alterada por el cocinado). Dos terceras partes del hierro de la carne se encuentra en forma hemo (presente en la hemoglobina y mioglobina), cuya eficacia de absorción es de 2 a 3 veces mayor que la del hierro no hemo (de los vegetales). En términos generales, un 15-30% del hierro *hemo* es bien absorbido⁵⁷.

CONCLUSIONES

Las muestras de carne bovina obtenidas de toretes alimentados en el sistema silvopastoril intensivo (SSPi) mostraron mejores características físico-químicas y mejores perfiles de ácidos grasos y minerales que la carne de ganado alimentado con el sistema de corral de engorda (ST). Se evidenció un menor contenido de grasa, mayor capacidad de retención de agua, menor pérdida de agua por goteo y mayor contenido de ácidos grasos poliinsaturados del tipo omega 3, mientras su composición en minerales también resultó superior en hierro, sodio y magnesio.

REFERENCIAS

1. Bursać Kovačević D, Brdar D, Fabečić P, Barba FJ, Lorenzo JM, Putnik P. Chapter 2 - Strategies to achieve a healthy and balanced diet: fruits and vegetables as a natural source of bioactive compounds. En: Barba FJ, Putnik P, Kovačević DB, editores. Agri-Food Industry Strategies for Healthy Diets and Sustainability [Internet]. Academic Press; 2020. p. 51-88. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128172261000023>
2. Saadoun A. Nutritional quality of beef: from oxidizability to health promoting value. Lat Am Arch Anim Prod [Internet]. 30 de septiembre de 2016;24(4). Disponible en: http://ojs.alpa.uy/index.php/ojs_files/article/view/2545
3. Arshad MS. Meat Science and Nutrition. London. United Kindom: IntechOpen; 2018. 88 p.
4. Pereira PM de CC, Vicente AF dos RB. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. Meat Sci [Internet]. 1 de marzo de 2013;93(3):586-92. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012003385>
5. Aguilar C. Producción y calidad de leche y carne en Sistemas Silvopastoriles. En Tepalcatepec. Michoacan. México; 2009.
6. Solorio S. Estrategia regional del modelo de consenso silvopastoril intensivo para la ganadería sostenible del trópico michoacano. En Tepalcatepec. Michoacan. México; 2009.
7. Shelton M, Dalzell S. Production, economic and environmental benefits of Leucaena pastures. Trop Grassl. 2007;41:174-90.
8. Chará J, Reyes E, Peri P, Otte J, Arce E, Schneider F. Silvopastoral systems and their contribution to improved resource use and Sustainable Development Goals: evidence from Latin America [Internet]. FAO/CIPAV/Agri Benchmark; 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/3/ca2792en/ca2792en.pdf>

9. Pezzopane JRM, Nicodemo MLF, Bosi C, Garcia AR, Lulu J. Animal thermal comfort indexes in silvopastoral systems with different tree arrangements. *J Therm Biol* [Internet]. 1 de enero de 2019;79:103-11. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306456518303723>
10. Murgueitio E, Barahona R, Chará JD, Flores MX, Mauricio RM, Molina JJ. The intensive silvopastoral systems in Latin America sustainable alternative to face climatic change in animal husbandry. *Cuban J Agric Sci* [Internet]. 30 de marzo de 2016;49(4). Disponible en: <http://cjascience.com/index.php/CJAS/article/view/500>
11. French P, Stanton C, Lawless F, O’Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, et al. Fatty acid composition, including conjugated linoleic acid, of intramuscular fat from steers offered grazed grass, grass silage, or concentrate-based diets. *J Anim Sci* [Internet]. 1 de noviembre de 2000;78(11):2849-55. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/2000.78112849x>
12. Jaturasitha S, Norkeaw R, Vearasilp T, Wicke M, Kreuzer M. Carcass and meat quality of Thai native cattle fattened on Guinea grass (*Panicum maxima*) or Guinea grass–legume (*Stylosanthes guianensis*) pastures. *Meat Sci* [Internet]. 1 de enero de 2009;81(1):155-62. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174008002362>
13. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Method 942.05 Ash of Animal Feed. 2013.
14. Tsai TC, Ockerman HW. Water Binding Measurement of Meat. *J Food Sci* [Internet]. 1981;46(3):697-701. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1981.tb15328.x>
15. Morón-Fuenmayor O, Zamorano-García L. Pérdida por goteo en carne cruda de diferentes tipos de animales. *Rev Científica* [Internet]. 2004;14(1). Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/959/95911219006.pdf>
16. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J Biochem Physiol* [Internet]. agosto de 1959;37(8):911-7. Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.1139/o59-099>
17. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Method 969.33 Fatty acids in oils and fats preparation of methyl esters. 1997.
18. Castillo F, Díaz Y, Islas A, Martínez F, Dupas N, Soto I. Effect of level of dry distillers grains plus soluble and supplementation of organic copper on fatty acid composition in feedlot lambs. *J Anim Sci*. 2011;(E-SUPPL. 2):196.
19. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). Official Method 999.11 Determination of Lead, Cadmium, Copper, Iron, and Zinc in Foods. 2016.
20. Padre R das G, Aricetti JA, Moreira FB, Mizubuti IY, do Prado IN, Visentainer JV, et al. Fatty acid profile, and chemical composition of Longissimus muscle of bovine steers and bulls finished in pasture system. *Meat Sci* [Internet]. 1 de octubre de 2006;74(2):242-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917400600057X>
21. Rubio M, Delgado E, Iturbe F, Méndez R, Cassis L, Rosiles R. Composición y calidad de la carne nacional e importada en el mercado formal de México. En León. Guanajuato; 2005.
22. Ramírez-Avilés L, Solorio-Sánchez FJ, Aguilar-Pérez CF, Ayala-Burgos AJ, Ku-Vera JC. Leucaena leucocephala feeding systems for cattle production in Mexico. *Trop Grassl-Forrajes Trop* [Internet]. 3 de septiembre de 2019;7(4):375-80. Disponible en: <http://www.tropicalgrasslands.info/index.php/tgft/article/view/602>
23. Mandell IB, Buchanan-Smith JG, Campbell CP. Effects of forage vs grain feeding on carcass characteristics, fatty acid composition, and beef quality in Limousin-cross steers when time on feed is

- controlled1. J Anim Sci [Internet]. 1 de octubre de 1998;76(10):2619-30. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/1998.76102619x>
24. Teira G, Perlo F, Bonato P, Tisocco O. Calidad de carnes bovinas: Aspectos nutritivos y organolépticos relacionados con sistemas de alimentación y prácticas de elaboración. Cienc Docencia Tecnol [Internet]. 2006;(33):173-93. Disponible en: http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1851-17162006000200008&lng=es&nrm=iso&tlng=en
25. Obregón MJ. Obesidad, termogénesis y hormonas tiroideas. Rev Esp Obes [Internet]. 2007;5(1):27-38. Disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/81814>
26. Faucitano L, Chouinard PY, Fortin J, Mandell IB, Lafrenière C, Girard CL, et al. Comparison of alternative beef production systems based on forage finishing or grain-forage diets with or without growth promotants: 2. Meat quality, fatty acid composition, and overall palatability. J Anim Sci [Internet]. 1 de julio de 2008;86(7):1678-89. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/jas.2007-0756>
27. Avilés C, Martínez AL, Domenech V, Peña F. Effect of feeding system and breed on growth performance, and carcass and meat quality traits in two continental beef breeds. Meat Sci [Internet]. 1 de septiembre de 2015;107:94-103. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015001138>
28. Miranda-de la Lama GC, Pascual-Alonso M, Guerrero A, Alberti P, Alierta S, Sans P, et al. Influence of social dominance on production, welfare and the quality of meat from beef bulls. Meat Sci [Internet]. 1 de agosto de 2013;94(4):432-7. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174013001046>
29. Florek M, Domaradzki P, Stanek P, Litwińczuk Z, Skąlecki P. Longissimus lumborum quality of Limousin suckler beef in relation to age and postmortem vacuum ageing. Ann Anim Sci [Internet]. 30 de junio de 2015;15(3):785-98. Disponible en: <https://sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174015001019>
30. Ripoll G, Albertí P, Casasús I, Blanco M. Instrumental meat quality of veal calves reared under three management systems and color evolution of meat stored in three packaging systems. Meat Sci [Internet]. 1 de febrero de 2013;93(2):336-43. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012003294>
31. Nuernberg K, Dannenberger D, Nuernberg G, Ender K, Voigt J, Scollan ND, et al. Effect of a grass-based and a concentrate feeding system on meat quality characteristics and fatty acid composition of longissimus muscle in different cattle breeds. Livest Prod Sci [Internet]. 1 de junio de 2005;94(1):137-47. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301622604002738>
32. Plessis I, Hoffman L. Effect of slaughter age and breed on the carcass traits and meat quality of beef steers finished on natural pastures in the arid subtropics of South Africa. South Afr J Anim Sci [Internet]. 2007;37(3):143-53. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/sajas/article/view/4084>
33. Aberle ED. Principles of meat science. Dubuque, IA: Kendall/Hunt Publishing Company; 2001.
34. Santrich D. Evaluación de la calidad y composición química de la carne de res proveniente de animales de dos grupos de edad en Puerto Rico [Tesis Doctoral]. Universidad de Puerto Rico; 2006.
35. Gonzalez JM, Phelps KJ. United States beef quality as chronicled by the National Beef Quality Audits, Beef Consumer Satisfaction Projects, and National Beef Tenderness Surveys — A review. Asian-Australas J Anim Sci [Internet]. julio de 2018;31(7):1036-42. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6039333/>
36. Hocquette JF, Ellies-Oury MP, Legrand I, Pethick D, Gardner G, Wierzbicki J, et al. Research in Beef Tenderness and Palatability in the Era of Big Data. Meat Muscle Biol [Internet]. 28 de julio de 2020;4(2). Disponible en: <https://www.iastatedigitalpress.com/mmb/article/id/9488/>

37. Ijaz M, Li X, Zhang D, Hussain Z, Ren C, Bai Y, et al. Association between meat color of DFD beef and other quality attributes. *Meat Sci* [Internet]. 1 de marzo de 2020;161. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174019303419>
38. Picard B, Gagaoua M. Muscle Fiber Properties in Cattle and Their Relationships with Meat Qualities: An Overview. *J Agric Food Chem* [Internet]. 3 de junio de 2020;68(22):6021-39. Disponible en: <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c02086>
39. Larick DK, Hedrick HB, Bailey ME, Williams JE, Hancock DL, Garner GB, et al. Flavor Constituents of Beef as Influenced by Forage- and Grain-Feeding. *J Food Sci* [Internet]. 1987;52(2):245-51. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06585.x>
40. Medeiros L c., Field R a., Menkhaus D j., Russell W c. Evaluation of Range-Grazed and Concentrate-Fedbeef by a Trained Sensory Panel, a Household Panel and a Laboratory Test Market Group. *J Sens Stud* [Internet]. 1987;2(4):259-72. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1745-459X.1987.tb00421.x>
41. French P, O'Riordan EG, Monahan FJ, Caffrey PJ, Vidal M, Mooney MT, et al. Meat quality of steers finished on autumn grass, grass silage or concentrate-based diets. *Meat Sci* [Internet]. 1 de octubre de 2000;56(2):173-80. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174000000371>
42. Priolo A, Micol D, Agabriel J. Effects of grass feeding systems on ruminant meat colour and flavour. A review. *Anim Res* [Internet]. 1 de mayo de 2001;50(3):185-200. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1051/animres:2001125>
43. Vestergaard M, Therkildsen M, Henckel P, Jensen LR, Andersen HR, Sejrsen K. Influence of feeding intensity, grazing and finishing feeding on meat and eating quality of young bulls and the relationship between muscle fibre characteristics, fibre fragmentation and meat tenderness. *Meat Sci* [Internet]. 1 de febrero de 2000;54(2):187-95. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174099000984>
44. Duynisveld JL, Charmley E, Mir P. Meat quality and fatty acid composition of pasture-finished beef steers fed barley and soybeans. *Can J Anim Sci* [Internet]. diciembre de 2006;86(4):535-45. Disponible en: <https://cdnsiencepub.com/doi/abs/10.4141/A06-004>
45. Casasús I, Ripoll G, Albertí P. Use of maize silage in beef heifers fattening diets: effects on performance, carcass and meat quality. *ITEA* [Internet]. 2012;108(2):191-206. Disponible en: <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20123253850>
46. Dunne PG, Rogalski J, Moreno T, Monahan FJ, French P, Moloney AP. Colour, composition and quality of *M. longissimus dorsi* and *M. extensor carpi radialis* of steers housed on straw or concrete slats or accommodated outdoors on wood-chips. *Meat Sci* [Internet]. 1 de agosto de 2008;79(4):700-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174007003592>
47. Nozière P, Graulet B, Lucas A, Martin B, Grolier P, Doreau M. Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Anim Feed Sci Technol* [Internet]. 15 de diciembre de 2006;131(3):418-50. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377840106002719>
48. Castaño V, Mora O, Gutiérrez S, Shimada A. La pigmentación amarilla del tejido adiposo de bovinos finalizados en pastoreo y su relación con su concentración de carotenoides y el perfil de ácidos grasos. *Téc Pecu En México* [Internet]. 2006;44(2):231-40. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2030798>
49. Rule DC, Broughton KS, Shellito SM, Maiorano G. Comparison of muscle fatty acid profiles and cholesterol concentrations of bison, beef cattle, elk, and chicken. *J Anim Sci* [Internet]. 1 de mayo de 2002;80(5):1202-11. Disponible en: <https://doi.org/10.2527/2002.8051202x>

50. Rodríguez-Echevarria M, Corral-Flores G, Solorio-Sánchez B, Alarcón-Rojo A, Grado-Ahuir J, Rodríguez-Muela C, et al. Meat quality from cattle fattened in intensive silvopastoril system in two seasons of the year. Trop Subtrop Agroecosystems [Internet]. 21 de agosto de 2013;16(2). Disponible en: <https://www.revista.ccba.uady.mx/ojs/index.php/TSA/article/view/1557>
51. Popescu Radu DV. Efecto de los ácidos grasos omega-3 en la prevención de la sarcopenia en adultos mayores: Revisión sistemática. RESPYN Revista Salud Pública y Nutrición [Internet]. 21 de marzo de 2024;23(1):12-9. Disponible en: <https://respyn.uanl.mx/index.php/respyn/article/view/775>
52. Úbeda N, Achón M, Varela-Moreiras G. Omega 3 fatty acids in the elderly. British Journal of Nutrition [Internet]. junio de 2012;107(S2):S137-51. Disponible en: <https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-of-nutrition/article/omega-3-fatty-acids-in-the-elderly/7F39F0A262107FC3CDCA6BEAC6148E30>
53. Yang J, Fernández-Galilea M, Martínez-Fernández L, González-Muniesa P, Pérez-Chávez A, Martínez JA, et al. Oxidative Stress and Non-Alcoholic Fatty Liver Disease: Effects of Omega-3 Fatty Acid Supplementation. Nutrients [Internet]. abril de 2019;11(4):872. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2072-6643/11/4/872>
54. Jain A, Aggarwal K, Zhang P. Omega-3 fatty acids and cardiovascular disease. Eur Rev Med Pharmacol Sci. 2015;19(3):441-5
55. Corral-Flores G, Rodríguez-Muela C, Ramírez J. Calidad de carne producida en sistema silvopastoril (SSPi) y su diferenciación en el mercado. En Morelia. Michoacan. México; 2011.
56. Muñoz C, Córdoba C, Barahona R. Estimación y comparación del consumo de bovinos pastoreando en sistemas silvopastoriles intensivos y potreros remanentes del cultivo de arroz mediante el método de alcanos. Rev Colomb Cienc Pecu. 2009;22(3):532-3.
57. Suárez A. Evaluación de los porcentajes de retención de hierro, cobre y zinc en carne vacuna según su modo de cocción y posibles modificaciones de hierro biodisponible (hierro hemo) [Internet] [Tesis de Maestría]. [Montevideo. Uruguay]: Universidad de la República; 2021]. Disponible en: <https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/30035>

Received: March 1, 2024 / Accepted: July 17, 2024 / Published: September 15, 2024.

Citation: Terrazas Pérez S D, Zumbado Fernández H M, Roca Argüelles M G, Corral Flores G.

Caracterización físico-química y perfil de ácidos grasos y minerales de muestras de carne bovina obtenida de toretos alimentados con dos sistemas de engorde. Bionatura Journal 2024; 1 (3) 11. <http://dx.doi.org/10.70099/BJ/2024.01.03.11>

Additional information

ISSN 3020-7886

Correspondence should be addressed to hzumbadof@gmail.com

Peer review information. Bionatura Journal thanks the anonymous reviewers for their contribution to the peer review of this paper using <https://reviewerlocator.webofscience.com/>.

All articles published by Bionatura Journal are freely and permanently accessible online immediately upon publication, with no subscription fees or registration barriers.

Editor's note: Bionatura Journal remains neutral regarding jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

Copyright: © 2024 by the authors. Submitted for possible open-access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).