

CONTENIDO DE ÁCIDOS GRASOS EN CARNE DE BOVINOS CEBADOS EN DIFERENTES SISTEMAS DE PRODUCCIÓN EN EL TRÓPICO COLOMBIANO

FATTY ACIDS IN MEAT FROM CATTLE FATTENED IN DIFFERENT PRODUCTION SYSTEMS IN THE COLOMBIAN TROPICS

Catalina MONTOYA, Zootecnista¹; José Fernando GARCÍA Lic², Rolando BARAHONA PhD³

Recibido: Mayo 19 de 2015 Enero 28 de 2016

RESUMEN

Antecedentes: La carne es un alimento altamente nutritivo y un componente principal de la canasta básica familiar. Los consumidores seleccionan alimentos no solo por su gusto y satisfacción, sino por sus efectos en la nutrición y en la salud humana. Además se conoce muy poco sobre la calidad de carne producida en los sistemas colombianos y su contenido de ácidos grasos. **Objetivo:** Determinar el contenido y la composición de ácidos grasos en carne de bovinos cebados en distintos sistemas de producción colombianos. **Métodos:** Se obtuvieron lomos (*Longissimus dorsi*) de bovinos Cebú provenientes de cuatro sistemas de producción del trópico colombiano: Dos arreglos silvopastoriles (Centro Experimental Cotové, Universidad Nacional de Colombia y Montenegro, Quindío), una pradera mejorada (Montenegro, Quindío) y un sistema de pastoreo tradicional (Montería, Córdoba). Se extrajo grasa de 64 muestras de carne (dos por lomo) en el laboratorio de Química Analítica de la Universidad Nacional de Colombia, en la que se realizó un análisis cuantitativo de ácidos grasos por cromatografía de gases en el laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Los resultados se evaluaron siguiendo un diseño completamente al azar y la separación de medias se realizó por Duncan. **Resultados:** Hubo diferencias significativas en el contenido de ácido mirístico y palmítico entre el sistema tradicional y la pastura mejorada, siendo ambos mayores en el sistema tradicional. Hubo diferencias significativas en el contenido de ácidos insaturados, siendo el sistema silvopastoril del Quindío y la pradera mejorada, los de mayor relación de ácidos grasos polisaturados: insaturados (0,19). En la relación linoleico: α -linolénico no hubo diferencias entre los sistemas. **Conclusión:** La composición y el contenido de ácidos grasos variaron en la carne de los sistemas evaluados. Los principales componentes de la grasa fueron el ácido palmítico y el ácido oleico (30,73 y 35, 62 g/100 g de ácidos grasos).

Palabras clave: Ácido linoleico, carne, grasas insaturadas, perfil lipídico, sistema de producción.

ABSTRACT

Background: Meat is a highly nutritious food and a major component of the basic food basket. Consumers select foods not only for taste and satisfaction, but also for their effects on human nutrition and health. In addition there is very little knowledge about the quality of meat produced in the Colombian systems and their fatty acid content which undoubtedly affect human health. **Objective:** To determine

¹ Estudiante de Maestría en Ciencias Agrarias, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

² Técnico Operativo de Química General, Escuela de Química, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

³ Profesor Titular, Departamento de Producción Animal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

* Autor a quien debe dirigirse la entrega: cmontoyr@unal.edu.co

the content and composition of fatty acids in meat from steers managed in different Colombian systems. **Methods:** Meat (*Longissimus dorsi*) samples were obtained from Zebu cattle from four production systems in the Colombian tropics: Two silvopastoral arrangements (Cotové Research Center, National University of Colombia and Montenegro, Quindío), improved pastures (Montenegro, Quindío) and a traditional grazing system (Monteria, Córdoba). Fat was extracted from 64 meat samples in the laboratory of Analytical Chemistry of the National University of Colombia, and a quantitative analysis of fatty acids was performed by gas chromatography in the laboratory of Instrumental Analysis of the National University of Colombia in Medellín. The results were evaluated following a complete randomized design and means were separated by the Duncan test. **Results:** There were significant differences in the content of myristic and palmitic acids between meat from the traditional and improved pasture system, with both acids being higher in the traditional system. There were also differences in the content of linoleic and linolenic acid, being lower in the Cotové silvopastoral system. There were significant differences in the content of unsaturated acids, with the meat from silvopastoral system Quindío and the improved pastures showing the highest fatty acid saturated: polyunsaturated ratio (0.19). In the linoleic: α -linolenic ratio there were no differences. **Conclusions:** Although the composition and the fatty acid content in beef varied between systems evaluated, the main components of such systems fat were palmitic acid and oleic acid (30.73 and 35.62 g/100 g fatty acid).

Keywords: Linoleic acid, lipid profile, meat, production system, unsaturated fat.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los consumidores han venido dándole mayor importancia a los aportes nutricionales y de salud de los alimentos (1). En carne bovina, uno de los criterios de selección es el contenido de grasa, dado que ésta es una fuente importante de grasas saturadas, que se asocian con enfermedades cardiovasculares y obesidad, entre otros problemas (2). En Colombia, a partir del 2007, se ha incrementado el consumo de carne de pollo, una carne considerada como baja en grasa, sobrepasando el consumo de carne de res. Así, en el año 2012, el consumo per cápita de carne de pollo fue 23,9 Kg, y el de carne de res fue de 20,2 Kg (3).

Además del alto aporte de proteína, la carne es fuente importante de grasa, la cual viene de tres depósitos: grasa intramembranal en la forma de fosfolípidos, grasa subcutánea y grasa intermuscular (IMF). Esta última relacionada con cantidades importantes de ácidos grasos (2), de los cuales existen dos tipos: los ácidos saturados y los insaturados, los que a su vez se clasifican como monoinsaturados y poliinsaturados. Y estos últimos se subdividen en ácidos omega 3 y omega 6, que no son sintetizados por el organismo humano y que han sido asociados con prevención de enfermedades (4).

El perfil lipídico de la carne es influenciado por diversos factores que incluyen la dieta y el sistema de producción, donde bovinos manejados bajo pas-

toreo presentan mayores cantidades de los ácidos α -linolénico y eicosapentanoico, precursores del ácido linoleico conjugado, mientras que aquellos en confinamiento presentan mayor proporción de ácidos monoinsaturados (5). Los ácidos conjugados son una mezcla de isómeros cuyos dobles enlaces cambian de posición de la cadena o en la forma isomérica "cis" o "trans", siendo los isómeros más abundantes el 9-cis, 11-trans, el 10-trans y 12-cis. En la carne de rumiantes, el 9-cis y el 11-trans son los isómeros predominantes (6).

Los sistemas de producción bovina han venido cambiando, existiendo varios esquemas entre los que se encuentran los silvopastoriles intensivos (SSPi), los cuales son una estrategia que aumenta la productividad del sistema (7), contribuye al bienestar animal y disminuye el impacto ambiental de la ganadería (8). El perfil lipídico de la carne producida bajo pastoreo con especies forrajeras tropicales no ha sido adecuadamente caracterizado, con lo que se desconoce si éstos son afectados por sistemas de producción como los SSPi, los cuales pueden modificar las propiedades nutricionales y el marmoreo en la carne (9). El objetivo del presente trabajo fue determinar el perfil lipídico (composición y cantidad), así como las relaciones entre ácidos grasos saturados: insaturados, ácidos grasos saturados: poliinsaturados y ácido linoleico: ácido linolénico en la carne de bovinos cebados en diferentes sistemas de producción en el trópico colombiano.

MATERIALES Y MÉTODOS

Animales y sistemas de producción

A partir de cuatro sistemas de producción: un SSPi ubicado en el Centro Experimental Cotové, Santa Fé de Antioquia de la Universidad Nacional de Colombia, (5 animales); un SSPi en el Quindío, (8 animales); un sistema de pradera mejorada en el Quindío (5 animales) y un sistema de pastoreo tradicional en Montería, Córdoba, (14 animales). En total se evaluaron 32 reses Cebú comercial. Las características de los sistemas y de los animales manejados se muestran en la Tabla 1. El número de animales dependió o de la cantidad disponible

al momento de la investigación o de la decisión del productor y su criterio para la salida de los animales.

Seguimiento de animales, canales y fraccionamiento de muestras

Se estableció un protocolo de seguimiento en planta de beneficio y de desposte, a fin de asegurar la correcta identificación de las muestras de *Longissimus dorsi* obtenidas. Las muestras se fraccionaron (10) en el laboratorio de Alimentos Cárnicos de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Se obtuvieron muestras de carne de la sexta costilla entre 100 y 200 gramos, las cuales fueron empacadas al vacío.

Tabla 1. Características de los sistemas y animales evaluados

Ítem	SSP Quindío	Pastura Mejorada	SSP Cotové	Tradicional
Ubicación	Montenegro, Quindío		Santa Fé de Antioquia	Montería, Córdoba
Temperatura, °C	21,0		27,3	31,0
Altura, msnm	1924		625	18
Precipitación anual, mm	1600		1100	1156
Clasificación ecológica	Bosque muy húmedo premontano		Bosque seco tropical	Bosque seco tropical
Extensión, ha	76		121	150
Pastos predominantes	Leucaena, estrella y guinea	Estrella y matarratón	Leucaena, estrella y guinea	Ángleton
Suplementación	No			
Número de animales	8	5	5	14
Sexo	Machos sin castrar		Machos castrados	Machos sin castrar
Raza	Cebú comercial			
Edad promedio, años	3,5		3,0	4,0
Peso al Sacrificio, Kg	502,1	458,1	420,4	462,1
Ganancia diaria de peso, g	597	440	481	289

Abreviaturas: °C: Grados centígrados; msnm: metros sobre el nivel del mar; mm: milímetros; Kg: kilogramos; g: Gramos

Extracción de grasa

La extracción de grasa (11) consistió en someter las muestras de carne a un proceso de molido y secado en un horno a 60 °C durante 24 horas. Se pesaron 8 gramos adicionando 40 ml de una solución 1:1 de cloroformo y metanol, agitando durante un minuto y llevando a ebullición con reflujo durante 20 minutos, controlando la temperatura. Luego se adicionaron otros 20 ml de cloroformo, agitando

durante un minuto y filtrando para eliminar el componente sólido. A la fracción filtrada se le adicionaron 20 ml de cloruro de potasio (KCl) 1 molar. La mezcla se dejó toda la noche a 4 °C para permitir la separación de las fases inorgánica y orgánica, siendo esta última la que contiene los ácidos grasos. La fase orgánica fue extraída en un embudo de separación, recuperando solo la fase densa que correspondía a la grasa. Esta grasa fue sometida a rotaevaporación a 45 °C para eliminar el cloroformo.

Determinación de ácidos grasos

Se realizó en el Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Dicho proceso consta de dos etapas: La preparación de ésteres metílicos, utilizando el método del Hidróxido de Trimetilsulfonio (HTMS), sin estándar interno, debido a que en esta metodología solo se usa el estándar para ácidos grasos de cadena corta (C4-C8). El procedimiento se basa en NTC 4967 (12), el cual consiste en tomar la muestra de grasa líquida extraída anteriormente de la porción de carne y secarla con Sulfato de Sodio anhidro durante 30 minutos, para luego retirar el agente secante por papel filtro y eliminar el solvente por rotaevaporador. Posteriormente la muestra se disuelve en 500 μ l de HTMS y se agita durante 30 sg.

De esta solución se toman 0.2 μ l y se inyectan al cromatógrafo de ionización de llama (FID) para ejecutar la segunda etapa de la determinación de ácidos grasos. Esta etapa se basa en la NTC 5013 (13). Las condiciones de esta metodología fueron: tipo de columna, capilar de 60 m de longitud; fase estacionaria, polar; fase móvil o gas transportador, Hidrógeno; temperatura del inyector, superior a 50 °C; temperatura de la columna, 260 °C; y el flujo de gas portador, 2 ml/min.

Para el análisis cuantitativo de los ácidos grasos, se identificaron los ésteres metílicos para la muestra de ensayo, por comparación de los tiempos de retención de cada componente con los tiempos de los ésteres patrón obtenidos en el mercado (SIGMA ME10-1KT), compuesto de C10 (cáprico), C12 (láurico), C14 (mirístico), C16 (palmítico), C18 (esteárico), C18:1 (oleico), C18:2 (linoleico) y C18:3 (linolénico). Además se utilizó para este análisis, el método de normalización interna, es decir, se asumió que la totalidad de componentes de la muestra están representados en el cromatograma arrojado, de manera que el total de áreas bajo los picos represente el 100 % de los constituyentes, suponiendo que el factor de respuesta es el mismo

para cada constituyente (13). Tanto para la extracción de grasa como para la determinación de ácidos grasos por cromatografía, se utilizaron dos réplicas por animal, para un total de 64 muestras evaluadas.

Análisis Estadístico

Los resultados se evaluaron siguiendo un diseño completamente al azar por medio del análisis de varianza (ANOVA) de un solo factor en la ecuación 1:

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ik} \quad (\text{Ecuación 1})$$

Donde,

X_{ijk} = K-ésima repetición del ij-ésimo tratamiento.

Indica las réplicas del experimento evaluadas en cada sistema.

μ = Media general de la población.

α_i = Efecto del tratamiento. Indica el efecto del sistema de producción en la cantidad de ácidos grasos. Cada tratamiento corresponde a cada sistema productivo.

ε_{ik} = Error entre tratamientos. Indica el efecto de la variabilidad de los sistemas de producción, en los resultados obtenidos.

En la separación de medias se usó el método Duncan.

Además se realizó una correlación entre el contenido de grasa total en carne con el contenido de ácidos grasos. Se utilizó el programa de Excel para dichas correlaciones y el programa estadístico R versión 2.15.1 (2012-06-22)- "RoastedMarshmallows" Copyright© 2012, para el análisis de varianza.

RESULTADOS

Para efectos de este estudio la composición de ácidos grasos se define como la contribución en porcentaje de cada ácido graso al total de ácidos grasos de la carne (14).

En cuanto al ácido mirístico, la carne del sistema de pradera mejorada presentó menor composición de este ácido que la carne del sistema tradicional y del silvopastoril del Quindío, ($P < 0,05$; Tabla 2).

Tabla 2. Composición de ácidos grasos

Ácido graso g/100 g de ácidos grasos	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
Mirístico (C14)	3,50 ^a	3,13 ^{ab}	2,82 ^b	3,65 ^a	0,0045
Palmítico (C16)	32,04 ^a	29,35 ^b	28,89 ^b	32,62 ^a	7,8 E-06
Esteárico (C18:0)	23,27	22,98	23,56	22,00	0,2444
Oleico (C18:1)	35,92	36,31	33,53	34,63	0,0933
Linoleico (C18:2)	5,03	6,53	8,87	6,12	0,0683
Linolénico (C18:3)	0,53 ^c	1,68 ^{ab}	2,30 ^a	0,96 ^{bc}	5,4E-07

Abreviaturas: g: Gramos; a,b,c: medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes (p<0,05)

Las mayores composiciones de ácido palmítico se observaron en carne del sistema tradicional y del SSPi Cotové, ambos mayores a los del SSPi Quindío y la pradera mejorada (P <0,05). La carne del SSPi Cotové presentó menor composición de ácido linolénico que la de los otros sistemas de producción (P <0,05). La carne de la pradera mejorada mostró la más alta composición de este ácido, mayor a la del sistema tradicional y del silvopastoril Cotové. La composición de esteárico, oleico y linolénico no presentó diferencias entre sistemas.

La cantidad de ácidos grasos se define como la concentración de estos ácidos en una porción determinada de músculo y/o carne (14) y en este estudio, dicha porción es de 100 gramos, una medida muy

utilizada en este tipo de investigaciones (15; 14; 16; 17). Hubo diferencias significativas en la cantidad de todos los ácidos determinados, entre las cuales se destaca la del SSPi Quindío con el sistema de la pradera mejorada, (Tabla 3) donde el primero tuvo no solo la mayor cantidad de ácidos totales, sino también de ácido mirístico, palmítico, esteárico y oleico (P <0,05). En cuanto al ácido linoleico, únicamente los dos SSPi presentaron diferencias estadísticas importantes entre sí, teniendo la carne del SSPi Quindío la mayor cantidad de este ácido. Igualmente, en cuanto al ácido α -linolénico, la carne del SSPi Quindío tuvo mayor cantidad de este ácido que la del sistema tradicional y que la del SSPi Cotové (P < 0.05).

Tabla 3. Cantidad de ácidos grasos en 100 gramos de carne

Cantidad de Ácido graso g/100 g de carne	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
Ácidos grasos totales	0,87 ^{ab}	1,26 ^a	0,66 ^b	1,15 ^a	0,0124
Mirístico (C14)	0,03 ^{ab}	0,04 ^a	0,02 ^b	0,04 ^a	0,0057
Palmítico (C16)	0,28 ^{ab}	0,37 ^a	0,19 ^b	0,38 ^a	0,0080
Esteárico (C18:0)	0,20 ^{ab}	0,29 ^a	0,16 ^b	0,25 ^{ab}	0,0335
Oleico (C18:1)	0,32 ^{ab}	0,46 ^a	0,23 ^b	0,40 ^a	0,0110
Linoleico (C18:2)	0,04 ^b	0,08 ^a	0,05 ^{ab}	0,06 ^{ab}	0,0294
Linolénico (C18:3)	0,01 ^b	0,02 ^a	0,02 ^{ab}	0,01 ^b	0,0070

Abreviaturas: g: Gramos; a,b,c: medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes (p<0,05)

Entre los ácidos grasos evaluados, el mirístico, palmítico y esteárico son saturados (AGS), el oleico es monoinsaturado y, el linoleico y α -linolénico son poliinsaturados (AGPI). Hubo diferencias en la cantidad de AGS, AGI, AGPI, la relación AGS: AGI y la relación AGPI: AGS (P < 0,05; Tabla 4).

Hubo menor cantidad de AGS en la pastura mejorada comparada con el SSPi Quindío y el sistema tradicional (P < 0,05). La carne del SSPi Quindío tuvo mayores contenidos de ácidos grasos insaturados que la de la pradera mejorada y del SSPi Cotové (P < 0,05).

Tabla 4. Relación de ácidos grasos en la carne de los diferentes sistemas.

Ácido graso	Silvopastoril Cotové	Silvopastoril Quindío	Pradera Mejorada Quindío	Tradicional Montería	P≤0,05
Total de AGS	0,52 ^{ab}	0,69 ^a	0,36 ^b	0,67 ^a	0,0146
Total de AGI	0,36 ^b	0,57 ^a	0,29 ^b	0,47 ^{ab}	0,0092
Total AGPI	0,04 ^b	0,10 ^a	0,07 ^{ab}	0,07 ^{ab}	0,0086
Relación AGS:AGI	1,44 ^a	1,25 ^b	1,25 ^b	1,41 ^a	0,0048
Relación AGPI: AGS	0,08 ^b	0,15 ^{ab}	0,19 ^a	0,11 ^b	0,0101
Linoleico: linoléico	3,63	3,90	3,71	7,88	0,4936

Abreviaturas: g: Gramos; a,b,c: medias en una fila con diferentes letras son estadísticamente diferentes ($p < 0,05$)

Las carnes del SSPi Cotové y del sistema tradicional tuvieron mayor relación AGS: AGI (Tabla 4), que las del SSPi Quindío y la pradera mejorada ($P < 0,05$). Hubo diferencia entre los dos SSPi en la cantidad de AGPI, siendo la carne del SSPi Quindío la de mayor contenido. Hubo también diferencias en la relación AGPI: AGS, la que fue mayor en la carne de la pradera mejorada que en la del SSPi Cotové y del sistema tradicional. No hubo diferencias entre la relación linoleico: linoléico, aunque el sistema con mayor relación numérica es el sistema tradicional.

La cantidad de grasa en la carne estuvo positivamente correlacionada con la cantidad de ácidos grasos, siendo la correlación más fuerte con los ácidos grasos saturados y con oleico, que con los AGPI (Tabla 5). En general, la cantidad de AGPI individuales y totales, particularmente el ácido linoléico ($r = 0,16$ a $0,54$), tuvo una correlación débil con la cantidad de los AGS, individuales y totales, a la vez que la correlación entre sí mismos fue mucho más alta ($r = 0,82$ a $0,99$).

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre las cantidades de grasa y de ácidos grasos en la carne.

	% de grasa	C14	C16	C18	C18:1	C18:2	C18:3	Totales	AGS	AGPI
C14	0,87									
C16	0,95	0,98								
C18	0,95	0,87	0,93							
C18:1	0,95	0,90	0,96	0,92						
C18:2	0,78	0,49	0,60	0,72	0,65					
C18:3	0,52	0,16	0,30	0,53	0,42	0,82				
Totales	0,98	0,93	0,98	0,97	0,98	0,71	0,46			
AGS	0,96	0,96	0,99	0,97	0,96	0,65	0,38	0,99		
AGPI	0,74	0,43	0,55	0,70	0,61	0,99	0,89	0,67	0,61	
AGI	0,97	0,87	0,94	0,94	0,99	0,76	0,54	0,98	0,95	0,73

DISCUSIÓN

De los resultados evidenciados en este estudio, se destaca que los sistemas de producción son uno de los aspectos relevantes que pueden afectar tanto la composición como la cantidad de ácidos grasos de la carne de bovinos, concordando con otro estudio realizado, en el cual se comparó la composición lipídica de la carne producida bajo pastoreo de gramíneas con la producida en un sistema de confinamiento, encontrando que la dieta puede afectar el 75 % de los niveles de ácidos grasos, incluyendo

mirístico, palmítico, esteárico, oleico y linoléico (17). Igualmente se evidencia que en el sistema extensivo tradicional predominan el ácido mirístico y el palmítico, coincidiendo con algunos estudios publicados en la literatura, (18). Sin embargo, otros investigadores no han encontrado diferencias en estos dos ácidos en novillos manejados bajo pastoreo tradicional con Ángleton (19), inclusive se ha afirmado que los contenidos de los ácidos mirístico y palmítico pueden ser disminuidos cuando el animal es finalizado con pasturas (20).

No hubo diferencias en contenido de ácido linoleico (Tabla 3), distinto a lo publicado por otros reportes científicos, donde se observó, que el porcentaje de linoleico en animales alimentados con pastura y forrajes fue el segundo más abundante después del oleico (21). Además el forraje es una fuente importante de linoleico, lo que influye en el contenido del mismo en carne. El ácido α -linolénico fue el ácido graso que presentó las mayores diferencias significativas entre los sistemas, principalmente cuando se comparó los sistemas del Quindío con el tradicional. Estos resultados pueden estar asociados al consumo de pasto estrella (*C. plectostachium*), una gramínea rica en ácido α -linolénico (20), y que fue uno de los ingredientes básicos tanto del sistema pradera mejorada como del SSPi Quindío. Asimismo, los forrajes presentan una proporción alta, entre 50 % a 70 % de α -linolénico, lo que afecta la deposición de este ácido en carne (2). La cantidad de este ácido poliinsaturado en carne tiende a aumentar cuando los animales son alimentados con pasturas (22).

En cuanto a los contenidos relacionados con la composición de ácidos grasos saturados, en este estudio, dichos valores se muestran por encima de los mencionados en la literatura. En bovinos alimentados con forraje se reportan valores de 2,66, 25,0 y 13,4 g/100 g de ácidos grasos para mirístico, palmítico y esteárico respectivamente (14). Para el linoleico y α -linolénico se presentan mayores concentraciones que las reportadas: 2,4 y 0,70 g/100 g de ácidos grasos, respectivamente (14). Los contenidos de estos ácidos poliinsaturados son muy importantes en la nutrición humana (23).

Otro resultado significativo, es la cantidad importante del ácido α -linolénico en el SSPi del Quindío. Pocos estudios han reportado el perfil lipídico de la carne producida en estos novedosos sistemas. Según diversas evaluaciones, dietas y sistemas de producción con alta diversidad botánica de forrajes como sucede en los SSPi afectan no solo el metabolismo de lípidos, sino también la composición de ácidos grasos en carne (24). Igualmente, se ha concluido que la carne de animales manejados bajo SSPi adquiere una composición lipídica deseable (25). De acuerdo a lo reportado, el α -linolénico es un ácido poliinsaturado importante no solo por sus beneficios para la salud humana, sino también porque puede ser endógenamente transformado por desaturación a ácidos grasos *n*-3 de cadena larga, los cuales son aún más benéficos (26), estando un

consumo alto de ácidos poliinsaturados relacionado con baja mortalidad cardiovascular (27).

En esta investigación, la cantidad de grasa en la carne fue de 1,96 g/100 g de carne, un valor bajo si se compara con otros estudios, que reportaron valores desde 2,5 % hasta de 5,58 % de grasa (28). Sin embargo, otros autores encontraron valores mucho más bajos, (0,57 %) en carne de animales Cebú comercial y de sus cruces con razas europeas, indicando que el componente racial *Boss Indicus* se caracteriza por tener una carne más magra (29).

En lo referente al contenido de ácidos grasos, en casi todos los sistemas evaluados en este trabajo, los ácidos estuvieron por debajo de los valores publicados en otros estudios, excepto palmítico y linoleico del SSPi Quindío (Tabla 3). las cantidades reportadas de ácidos mirístico palmítico, esteárico, oleico, linoleico y α -linolénico en carne de bovinos alimentados con pasturas fueron 0,065, 0,042, 0,46, 1,006, 0,064 y 0,007, respectivamente (14). Muchos factores afectan la deposición de grasa en carne, que incluyen la raza, el peso, la edad del animal, el tipo de alimentación, así como la clase de pasturas ofrecidas al animal (15) y el corte evaluado (14). La carne de bovinos alimentados a base de leguminosas como la Leucaena puede tener menores cantidades de grasa (30). Esto se observa en el SSPi Cotové, que tuvo los valores más bajos para la mayoría de ácidos grasos.

El valor de las relaciones de AGS: AGI reportadas en otras investigaciones es de 1,79 g/100g de carne bovina (31). En el presente estudio no se evaluaron todos los ácidos grasos saturados e insaturados que analizados estos autores, debido a que los estándares manejados no contenían todos los ácidos grasos que permitieran cuantificarlos. Las cantidades de ácidos grasos poliinsaturados son altas en la carne de animales manejados a base de forrajes (16), lo que cobra importancia, ya que estos ácidos podrían contribuir a prevenir enfermedades cardiovasculares y el cáncer (4).

Se han encontrado diferencias en las cantidades de ácidos saturados e insaturados en carne si a los animales se finalizan con pasturas frescas o con ensilaje, observándose mayor la cantidad en animales alimentados con pasturas frescas, debido a que los ácidos grasos de los forrajes verdes tienen mayor protección por las paredes celulares de la biohidrogenación, lo que aumenta su deposición en carne (32).

La relación AGPI: AGS de los diferentes sistemas evaluados fue baja (Tabla 4), siendo recomendable que esté por encima de 0,4. Normalmente, en carne bovina esta relación es de 0,1, siendo necesario aumentarla para obtener un óptimo equilibrio de ácidos poliinsaturados y saturados en la dieta humana (15). A pesar que esta relación fue baja, en sistemas como la pradera mejorada y el SSPi Quindío, dichos valores son un poco mayores a los normalmente encontrados (Tabla 4).

Un factor que influye en el perfil lipídico de la carne (composición, cantidad y relaciones de ácidos grasos) es el peso al sacrificio. Al aumentar esta variable se incrementa la cantidad de ácidos grasos debido al aumento de la deposición de grasa en el músculo (33). Esto se evidencia en el SSPi del Quindío, que produjo animales con un peso mayor a 450 Kg (502,06 Kg, tabla 1) y mostró a su vez los valores más altos de ácidos grasos totales, oleico, linoleico, linolénico, AGS y AGPI (tablas 2, 3 y 4).

Se ha concluido que con un peso al sacrificio alto, la cantidad de oleico y ácido linolénico se incrementa, mientras la de mirístico disminuye (34), como se observó en este estudio (Tabla 2). Otras investigaciones, sin embargo han afirmado que un peso al sacrificio alto (igual o mayor a 600 Kg) se aumentan las concentraciones de los ácidos mirístico, palmítico, oleico, linoleico en carne (35), mientras que en términos de composición lipídica disminuye el total de AGPI, particularmente los ácidos omega 3 y omegas 6 (36). No obstante, los efectos significativos encontrados del peso sobre el perfil lipídico de la carne, son pocos, por lo que es importante seguir realizando estudios en esta área.

La relación linoleico: linolénico, estuvo entre 3,6 y 7,9 (Tabla 4). La reportada en la literatura es de 5,7 (37). Dicha relación se ve afectada por la raza, siendo mayor en animales *Boss Indicus* que en *Boss Taurus*. Además en la carne de los animales alimentados con pasturas esta relación es mayor a la de los animales finalizados en confinamiento (38). También se ha encontrado que el comportamiento en los niveles de ambos ácidos grasos es inverso (39). No existen muchos reportes del efecto de tipo de gramínea forrajera sobre estos parámetros. Al comparar entre distintas variedades de *Brachiaria*, (40) no se hallan diferencias importantes, concordando con lo encontrado en este trabajo (Tabla 5).

Si se desea obtener carnes más saludables, es necesario incrementar el ácido linolénico, pues este es

un precursor de ácidos de cadenas largas, los cuales previenen enfermedades como las cardiovasculares

Con el presente trabajo se ha obtenido nueva e importante información, que puede ser base para generar nuevos estudios, donde se pueda tener en cuenta las limitaciones que no permiten hacer una óptima generalización de los resultados encontrados, como por ejemplo los pocos animales evaluados y la falta de homogeneidad de algunas características de la población estudiada, refiriéndose a igualdad de peso, edad y manejo de castración. Por tal razón se recomienda realizar nuevos estudios para evaluar la relación del peso al sacrificio con la composición y cantidad de ácidos grasos, a fin de identificar el peso de sacrificio en el que se obtengan los contenidos más deseables de ácidos grasos en carne. Además dado que la edad y el manejo de castración afectan la deposición de grasa intramuscular, lo que posiblemente afectó los resultados de este estudio, se aconseja realizar investigaciones donde se evalúe el efecto de estas variables sobre el contenido y composición de grasa de la carne.

Por último, se recomienda realizar mayores experimentos donde se pueda evaluar distintos ácidos grasos, como por ejemplo el ácido linoléico Conjugado (CLA), el cual es un ácido que ha venido generando un valor agregado tanto en carne y leche por sus beneficios en la salud humana.

CONCLUSIONES

Aunque la composición y el contenido de ácidos grasos en la carne bovina varió entre los sistemas evaluados, los principales componentes de la grasa de dichos sistemas fueron el ácido palmítico y el oleico. La carne de los animales cebados en un sistema silvopastoril y sacrificados con pesos vivos superiores a 400 Kg fue la de mayor contenido de ácidos grasos, de ácido oleico y ácido α -linolénico. Dichos resultados obtenidos sugieren por tanto que la composición y cantidad de ácidos grasos pueden ser mejoradas cuando se sacrifican animales cebados en un SSPi con pesos superiores a 400 Kg. La relación linoleico: α -linolénico en animales pastoreando en praderas en monocultivos fue muy alta, mientras que en los demás sistemas se obtuvo una relación aceptable para la salud humana.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio fue realizado dentro de los proyectos “Análisis comparativo de la Producción de Carne de Novillos Cebú en Sistema Silvopastoril Intensivo o en Confinamiento” financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural e “Investigaciones para el incremento de la productividad silvopastoril y los servicios ambientales” financiado por COLCIENCIAS y El Patrimonio Autónomo Fondo Nacional de Financiamiento para la Ciencia, la Tecnología y la Innovación Francisco José de Caldas, ambos ejecutados por CIPAV y la Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín. Los autores agradecen a la Escuela de Química, al profesor Diego Restrepo del Laboratorio de Productos Cárnicos y al profesor Jhair Gaviria del Laboratorio de Análisis Instrumental de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín donde se realizaron los diferentes análisis. Los autores agradecen también al señor Nicolás Gonzales, propietario de la finca San Diego, por la colaboración recibida durante la ejecución de este proyecto.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores no declaran ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS

- Hocquette JF, Botreau R, Picard B, Jacquet A, Pethick DW, Scollan ND. Opportunities for predicting and manipulating beef quality. *Meat. Sci.* 2012 Nov; 92(3): 197-183.
- Scollan N, Hocquette JF, Nuernberg K, Dirk D, Ian R, Aidan M. Innovations in beef production systems that enhance the nutritional and health value of beef lipids and their relationship with meat quality. *Meat. Sci.* 2006 May; 74: 17-33.
- Federación Nacional de Avicultores de Colombia (FENAVI). Programa de estudios económicos. Consumo Per Cápita de las carnes (2007 y 2012). [Internet]. Colombia: Federación Nacional de Avicultores de Colombia. 2012 [Actualizado 17 de Julio del 2012; citado el 6 de Febrero del 2013]. Disponible en: http://www.fenavi.org/index.php?option=com_content&view=article&id=2160&Itemid=556
- Castañeda RD, Peñuela LM. Ácidos grasos en la carne bovina: Confinamiento vs Pastoreo. [Internet]. Brasil: Sitio Argentino de Producción Animal. 2010[Actualizado 27 de Octubre 2010; citado 15 de Noviembre de 2013]. Disponible en: http://www.produccionanimal.com.ar/información_tecnica7carne_y_subproductos/122-acidos-grasos.pdf
- Bressan MC, Rossato LV, Rodrigues EC, Alves SP, Bessa RJB, et al. Genotype x environment interactions for fatty acid profiles, in *Bos Indicus* and *Bos Taurus* finished on pasture or grain. *J. Anim. Sci.* 2011 Aug; 89(1): 221-232.
- Chin SF, Enser M, Wood JD, Scollan ND. Effect of breed on the deposition in beef muscle and adipose tissue of dietary n-3 polyunsaturated fatty acids. *J. Anim. Sci.* 1992 Apr; 71: 509-519.
- Murgueitio E, Chará JD, Barahona R, Cuartas CA, Naranjo JF. Los sistemas silvopastoriles intensivos (SSPi), herramienta de mitigación y adaptación al cambio climático. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 2014 Ago; 17(3):501-507.
- Naranjo JF, Cuartas CA, Murgueitio E, Chará J, Barahona R. Balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles intensivos con *Leucaena leucocephala* en Colombia. *Livest. Res Rural. Develop.* 2012 Ago; 24(8).
- Ku JC, Briceño EG, Ruiz A, Mayo R, Ayala AJ, et al. Manipulation of energy metabolism of ruminants in the tropics. Options to improve production and quality of meat and milk. *Cuban J. Agri. Sci.* 2014 Sep; 48(1): 43-53.
- Cañeque V, Sañudo C. Metodología para el estudio de la calidad de la canal y de la carne en rumiantes. Barcelona, España: Ministerio de Agricultura, alimentación y Medio Ambiente 2000. 254p.
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GHA. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* 1957 May; 226(1): 497-509.
- NTC 4967. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Preparación de esteres metílicos de ácidos grasos. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC 2001.
- NTC 5013. Alimento para humanos. Grasas y aceites vegetales y animales. Análisis de los esteres metílicos de los ácidos grasos por cromatografía de gases. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. ICONTEC 2001.
- Enser M, Hallett KG, Hewett B, Fursey GAJ, Wood D, Harrington G. Fatty acid content and composition of UK beef and lamb muscle in relation to production system and implications for human nutrition. *Meat. Sci.* 1998 Jul; 49(3): 329-341.
- Wood JD, Enser M, Fisher AV, Nute GR, Sheard PR, Richardson RI, Hughes SI, Whittington FM. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. *Meat Sci.* 2008 Jul; 78: 343-358.
- Warren HE, Scollan ND, Enser M, Hughes SI, Richardson RI, Wood JD. Effects of breed and a concentrate or grass silage diet on beef quality in cattle of 3 ages. I: Animal performance, carcass quality and muscle fatty acid composition. *Meat. Sci.* 2008 Jun; 78: 256-269.
- Alfai C, Alves S, Martins S, Costa A, Fontes C, lemos J, Bessa R, Prates J. Effect of the feeding system on intramuscular fatty acids and conjugated linoleic acid isomers of beef cattle, with emphasis on their nutritional value and discriminatory ability. *Food. Chem.* 2009. Oct; 111: 939-946.
- Marqués, A.F. Efectos del sistema de terminación en el perfil lipídico de bovinos de la raza bovina Marismeña. [Tesis de Maestría]. [Córdoba, España]: Universidad de Córdoba. 2011. 20 p.
- Vásquez RE, Abadía B, Arreaza LC, Ballesteros HH, Muñoz CA. Factores asociados con la calidad de la carne. II parte: perfil de ácidos grasos de la carne bovina en 40 empresas ganaderas de la región Caribe y el Magdalena Medio. *Corpoica Cienc. Tecnol. Agropecu.* 2007 Dic; 8(2): 66-73.
- Montero M, Juárez FI, García HS. Perfil de ácidos grasos en carne de toretes Europeo x Cebú finalizados en pastoreo y en corral. *Rev. Mex. Cienc. Pecu.* 2011 Dic; 2(2):137-149.
- Aldai N, Dugan ME, Kramer JK, Martínez A, Lopez-Campo O, Mantecón AR, Osorio K. Length of concentrate finishing affects the fatty acid composition of grass-fed and genetically lean beef: an emphasis on trans-18:1 and conjugated linoleic acid profiles. *J. Anim. Sci.* 2011 Mar; 5(10): 1643-1652.
- Costa EC, Restle J, Brondani IL, Perottoni J, Faturi C, y Menezes LFG. Composição física da carcaça, qualidade da carne e conteúdo de colesterol no músculo *Longissimus dorsi* de novillos Red Angus superprecoces, terminados em confinamento e abatidos com diferentes pesos. *R. Bras. Zootec.* 2002 Jun; 31:417-428.

23. McNiven MA, Duynisveld JL, Turner T, Mitchell AW. Ration of n6/n3 in the diets of beef cattle: Effect on growth, fatty acids composition and taste of beef. *Anim. Feed Sci. Technol.* 2008 Sep; 170:171-181.
24. Lourenco MG, Van Ranst B, Vlaeminck S, De Smet S, Fievez V. Influence of different dietary forages on the fatty acid composition of rumen digesta as well as ruminant meat and milk. *Anim. Feed. Sci. Technol.* 2008 Aug; 145(4):418-437.
25. Rodríguez ME, Corral G, Solorio B, Alarcón, AD, Grado JA, et al. *Trop. Subtrop. Agroecosyst.* 2013 Jul; 16: 235-241.
26. Razminowicz RH Kreuzer M, Leuenberger H, Scheeder MRL. Efficiency of extruded linseed for the finishing of grass-fed steers to counteract a decline of omega-3 fatty acids in the beef. *Livest. Res.* 2011 Apr; 114: 150-163.
27. Fontecha J. Contribución al estudio de la fracción lipídica de la leche de oveja. [tesis doctoral]. [Madrid, España]: Universidad Autónoma de Madrid. 2001. 55 p.
28. Dikeman M, Crouse J. Chemical Composition of carcass from Hereford and Simmental Crossbreed Cattle as related to growth and meat palatability. *J Anim. Sci.*, vol. 1975 Aug; 40(3): 120-127.
29. Carvajal G. Valor nutricional de la carne de: res, cerdo y pollo. [Internet]. Costa Rica: Corporación de Fomento Ganadero, CORFOGA. 2001 [Actualizado 23 de Agosto del 2001; citado el 18 de marzo del 2013]. Disponible en: http://www.corfoga.org/images/public/documentos/pdf/valor_nutricional_de_la_carne_de_res_cerdo_y_pollo.pdf.
30. Pérez A, Carlos F. Producción y calidad de leche y carne en los sistemas Silvopastoriles, Memorias del II Congreso sobre Sistemas Silvopastoriles Intensivos. 2013 Sep: 1-10.
31. Uzcátegui S, Huerta-Leindenz N, Arena L, Colona G, Jerez-Timaure N. Contenido de humedad, lípidos totales y ácidos grasos del músculo Longissimus crudo de bovinos en Venezuela. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 1999 Mar;49(2): 171-179.
32. Fredriksson S, Pickova J. Fatty acids and tocopherol levels in *M. Longissimus dorsi* of beef cattle in Sweden — a comparison between seasonal diets. *Meat. Sci.* 2007. 76: 746754.
33. Cifuni GF, Napolitano F, Pacelli C, Riviezzi A.M, Girolamo A. Effect of age at slaughter on carcass traits, fatty acid composition and lipid oxidation of Apulian lambs. *Small. Rumin. Res.* 2000. May; 35: 65-70.
34. Okeudo NJ, Moss BW. Intramuscular lipid and fatty acid profile of sheep comprising four sex-types and seven slaughter weights produced following commercial procedure. *Meat. Sci.* 2007. Aug; 76: 195.200
35. Moreno T, Keane MG, Noci F, Moloney AP. Fatty acid composition of *M. Longissimus dorsi* from Holstein-Friesian steers of New Zealand and European/American descent and from Belgian Blue x Holstein Friesian steers, slaughtered at two weights/age. *Meat. Sci.* 2008. May; 78: 157-169.
36. Peña F, Bonvillani A, Freire B, Juárez M, Prea J, Gómez G. Effects of genotype and slaughter weight on the meat quality of criollo Cordobes and Anglonubian kids produced under extensive feeding conditions. *Meat. Sci.* 2009. Jun; 83: 417-422.
37. Vercezi L, Bressan MC, Rodrigues EC, Alves MI, Branquinho, RJ, Pereira, SP. Composição lipídica de carne bovina de grupos genéticos taurinos ezebuínos terminados em confinamento. *R. Bras. Zootec.* 2009. 38(9): Nov; 1841-1846.
38. Medeiros, FS. Perfil de ácidos graxos e qualidade da carne de novilhos terminados em confinamento e em pastagem. [tese doutoral]. [Porto Alegre, Brasil]: Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2008. 44p.
39. Simopoulos AP. Fatty acids and human health: defining strategies for public policy. A review en: *Lipids.* 2001. 9: 36-83.
40. Freitas AK. Características da carcaça, da carne e perfil dos ácidos graxos de novilhos Nelore inteiros ou castrados em duasidades. [Tese Mestrado]. [Goiânia, Brazil]: Universidade Federal de Goiás. 2006. 35p.