



Caracterización de variables fisicoquímicas en carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) raza Bufalipso, San Carlos, Costa Rica

Characterization of physicochemical variables of meat from water buffalo (*Bubalus bubalis*), San Carlos, Costa Rica

Alejandra Fernández-Quesada¹, Julio Rodríguez-González²

Palabras clave

Búfalo de agua, ácidos grasos, análisis proximal, longitud de sarcómero.

Resumen

Con el objetivo de caracterizar variables fisicoquímicas presentes en carne de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) criados en un sistema de pastoreo en La Vega de Florencia, San Carlos, Costa Rica, se analizaron muestras de lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*) de doce machos Bufalipso cosechados a los 18 meses de edad y 419 ± 40 kg de peso vivo para determinar la composición bioquímica (cenizas, grasas, humedad y proteína) y el perfil de ácidos grasos de la carne, así como la longitud del sarcómero a los cinco días de maduración en húmedo. Los datos se analizaron mediante análisis multivariado, y se determinaron tres grupos de animales con características similares. Cada grupo o conglomerado se conformó por cuatro animales. Se determinó diferencias ($p \leq 0,05$) entre conglomerados para las variables: porcentaje de cenizas, grasa, humedad y PUFA en rangos de 1,1 a 1,3%, 4,1 a 6,3%, 71,3 a 73,1% y 6,3 a 8,3% respectivamente. Se obtuvo una media de 21,5% en la composición proteica de la carne, 48,9% de SFA, 48,6%, de UFA, 41,6% de MUFA, una relación UFA/SFA de 0,99 y longitud del sarcómero de 1,62 μm . Los ácidos grasos encontrados en mayor proporción fueron el oleico (31%), esteárico (23%), palmítico (21%) y linoleico (3%). En general, los valores obtenidos corresponden a la literatura consultada y se concluye que la carne de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) alimentado con forraje y cosechado entre 12 y 18 meses de edad, presenta una composición química que la hace saludable para el consumo humano. Lo anterior debido a que el porcentaje de grasa intramuscular y su composición favorecen la presencia de PUFA, ácido oleico y omega 3, deseables en la dieta debido a beneficios como la regulación de colesterol y triglicéridos o la disminución del riesgo de cáncer.

Key words

Water buffalo, fatty acids, proximate analysis, sarcomere length.

Abstract

With the aim to characterize physical and chemical variables in water buffalo (*Bubalus bubalis*) meat, twelve loin samples (*Longissimus dorsi lumborum*) from Bufalipso males harvested at 18 months of age and 419 ± 40 kg live weight, were analyzed. The animals were raised in a grazing system in La Vega, Florencia, San Carlos, Costa Rica. Biochemical composition (ashes, fat, water content and protein percentage) and fatty acid profile of the meat was determined, as well as sarcomere length at five days of wet aging. A multivariate analysis was made and three groups of animals with similar characteristics were determined. Each group or conglomerate was composed by four animals; differences ($p \leq 0,05$) were identified between the conglomerates on the variables: percentage of ash, fat, moisture and PUFA in ranges of 1,1 to 1,3%, 4,1 to 6,3%, 71,3 to 73,1% and 6,3 to 8,3% respectively. An average of 21,5% was measured in protein composition of the meat, 48,9% of SFA, 48,6%, of UFA, 41,6% MUFA, an UFA/SFA ratio of 0,99 and sarcomere length of 1,62 μm . The fatty acids found in greater proportion were the oleic (31%), stearic (23%), palmitic (21%) and linoleic (3%). In general, the results agree with the consulted literature, and it is concluded that grass-fed water buffalo (*Bubalus bubalis*), harvested between 12 and 18 months of age, has a chemical composition that makes its meat healthy for human consumption. The above because the percentage of intramuscular fat and its composition favors the presence of PUFA, oleic acid and omega 3, all desirable in human diet due to benefits such as regulation of cholesterol and triglycerides and reduction in the risk of cancer.

1 Ing. Agrónomo. Jefe de Finca CIISA-Costa Rica.
✉ alejandra.fernandez@grupociisa.com.

2 Ing. Agrónomo. Gerente de Ganadería CR-Nic, CIISA.
julio.rodriguez@grupociisa.com. Profesor, Escuela de Agronomía ITCR,
jurodriguez@itcr.ac.cr

Introducción

Se estima que el consumo de carne de res incrementará 3,6% para 2027 debido al aumento de la población y los ingresos per cápita, siendo China el mercado con mayor potencial de crecimiento [1]. Para suplir la demanda es necesario buscar sistemas de producción que ofrezcan beneficios tanto a productores como consumidores y que se adapten a condiciones ambientales deterioradas. El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) es una especie que ha ganado importancia a nivel mundial debido a su interesante capacidad de producción en condiciones adversas [2]. Naveena y Kiran [2] destacan que se debe invertir menos dinero/kg de peso vivo en la finalización de búfalos, comparado al ganado vacuno. Se ha demostrado que los búfalos producen gran cantidad de carne debido a su excelente capacidad de conversión alimenticia y ganancia de peso, lo que, aunado a su longevidad y ritmo de crecimiento, los hace una especie sostenible en el tiempo [2, 3]. A pesar de provenir de especies diferentes la carne de búfalo se asemeja a la de res, con la diferencia de ser más magra y presentar una capa de grasa subcutánea más delgada; de todas las especies usadas para la producción de carne roja, el búfalo destaca por proveer la de menor contenido calórico y colesterol [4].

En 1974 Costa Rica importó el primer hato de búfalos de agua, un total 20 animales raza Bufalipso. Desde entonces el sector mantuvo un perfil bajo y poco desarrollado en el país [5]. En 2014 se registraron 247 fincas que incluían la producción de búfalos como actividad principal o secundaria (equivalente a 4 380 animales, el 60% ubicados en Alajuela), cantidad menor comparada a las 37 200 fincas y 1 279 000 cabezas de ganado vacuno en el mismo año [6]. Sin embargo, se estima que hubo un incremento importante de la actividad bufalina entre 2015 y 2019, por lo que se está trabajando en la actualización del inventario nacional [7]. A pesar de los esfuerzos que realizan productores y técnicos, el sector enfrenta obstáculos que ralentizan su desarrollo, el principal de ellos en materia organizacional. Además, existen estigmas asociados al consumo de carne, leche y derivados del búfalo; es necesario divulgar beneficios asociados a la ingesta de esos alimentos y se debe educar a los productores para ofrecer productos de calidad. Las metas están claras; sin embargo,

la información referente en Costa Rica es escasa, por lo que se debe involucrar más a la academia y reforzar los grupos organizados para realizar más investigación en el tema [7]. Atendiendo a la necesidad del sector, el objetivo de este trabajo fue caracterizar variables fisicoquímicas presentes en carne de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) raza Bufalipso, criados en un sistema de pastoreo en La Vega de Florencia, San Carlos, Costa Rica.

Materiales y métodos

El desarrollo y engorde de los animales se realizó en Finca La Vega, propiedad del Tecnológico de Costa Rica. El lugar se ubica aproximadamente a 82 msnm en La Vega de Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica (10°25'18"N y 84°31'19"O). El periodo de esta etapa fue de 10 meses, comprendidos entre abril de 2018 y febrero de 2019, tiempo en el cual la temperatura y precipitación acumulada en la zona fueron $25,2 \pm 4,7^{\circ}\text{C}$ y 384 mm, respectivamente [8].

La cosecha y extracción de muestras se realizó en la planta de procesamiento de Coopemontecillos R.L, en San Antonio del Tejar, Alajuela, Costa Rica (10°00'18"N y 84°13'55"O). Las muestras se almacenaron 76 días en el Laboratorio Nacional de la Carne, en Santa Clara de San Carlos, Alajuela, Costa Rica (10°21'41" N y 84°30'48" O). El análisis de las muestras se ejecutó en el Loeffel Meat Laboratory (LML) de la Universidad de Nebraska-Lincoln, Lincoln, Nebraska, Estados Unidos (40°49'55"N y 96°39'55"O).

Se seleccionaron doce machos Bufalipso cosechados entre 12 y 18 meses de edad, castrados quirúrgicamente a los 18 días de nacidos y provenientes del mismo hato, desarrollados bajo el mismo plan de manejo y alimentación. Durante diez meses previo a la faena se les ofreció sal mineral y agua *ad libitum* y una ración diaria de 60 g de urea + 1 kg de Citropulpa + 0,5 kg de melaza por animal. El grupo se mantuvo en un sistema de pastoreo rotacional con pasturas compuestas por Ratana (*Ischaemum indicum*), Tanner (*Brachiaria arrecta*) y Toledo (*Brachiaria brizantha*).

Cuando los animales alcanzaron $418,9 \pm 39,7$ kg de peso vivo se transportaron de la finca a la planta de procesamiento, donde estuvieron en corrales alrededor de 19 h en ayuno previo al sacrificio. Las canales ingresaron a un cuarto de frío ($4,5 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$) y 24 h *post mortem* se recolectó de cada media

canal izquierda una sección del extremo caudal de lomo ancho (*Longissimus dorsi lumborum*, LD) a partir de la cual se obtuvo un bistec de 148,8 ± 29,2 g. Cada muestra se etiquetó y empacó individualmente al vacío y fueron transportadas en frío al Laboratorio Nacional de la Carne del CIDASTH, en el Campus Tecnológico Local San Carlos para su congelación a -50°C (Thermo Fisher Scientific, ULT1790-10-A). Luego de 76 días las muestras se retiraron y transportaron en frío al LML (Figura 1); el proceso de exportación tuvo una duración de 72 h. Al llegar al LML fueron colocadas a -20 ± 1°C y se retiraron 14 días después para su pulverización. Considerando lo anterior, la maduración en húmedo de las muestras correspondió a un periodo de 96 h (cuatro días).

Las muestras fueron desempacadas para el proceso de pulverización. Se retiró mediante un cuchillo la grasa de subcutánea o de cobertura y se obtuvo tejido muscular magro. Por cada pieza, el tejido se seccionó en cubos de 1 ± 1 cm³ y se colocó en nitrógeno líquido por aproximadamente 20 segundos. Cada muestra se procesó en una licuadora de metal (Waring Commercial, WF2212112) (Figura 2). Las muestras pulverizadas fueron empacadas en bolsas plásticas, etiquetadas y puestas en congelación a -80 ± 1°C (Thermo Fisher Scientific, EXF40086A) hasta ser utilizadas para cada análisis.

Se midió la longitud del sarcómero con el protocolo de difracción por láser helio-neón [9, 10] iniciando a partir de la colocación de la solución de sacarosa 0,25 M. Se realizaron siete mediciones por muestra para obtener un promedio del valor T (Ecuación 1).

$$\text{Longitud del sarcómero } (\mu\text{m}) = \frac{0,6328XD\sqrt{\left(\frac{T}{D}\right)^2 + 1}}{T}$$

(Ecuación 1)

Donde:

0,6328 = Longitud de onda del láser (632,8) × 10⁻³

D = Distancia de la muestra a salida del láser (100 mm)

T = ½ distancia entre las bandas de difracción (mm)

Además, se realizó un análisis proximal para determinar el porcentaje de cenizas, grasa y humedad de las muestras. La humedad y cenizas se cuantificaron por duplicado con un Analizador Termogravimétrico (LECO Corporation, TGA-701). La grasa se cuantificó por triplicado mediante el procedimiento Soxhlet de extracción con éter y el porcentaje de proteína se calculó por diferencia [11].

También se determinó el perfil de ácidos grasos. Para ello, los ácidos grasos se extrajeron de las muestras con el protocolo Cloroformo-Metanol [12] y se realizó su metilación según lo descrito por Morrison y Smith [13] y Metcalfe *et al.* [14]. Se realizó la separación y análisis de los ácidos grasos mediante cromatografía de gases (Thermo Fisher Scientific, TRACE™ 1310); para su identificación se comparó los tiempos de retención obtenidos en el gráfico de cromatografía contra estándares comerciales (NU-Check Prep. Inc).

Se ejecutó un Análisis de Componentes Principales (ACP) para explorar las variables longitud de sarcómero, ácidos grasos saturados (SFA),



Figura 1. Embalaje de muestras de carne de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) para exportación al Loeffel Meat Laboratory, Nebraska, Estados Unidos.

Figure 1. Water buffalo (*Bubalus bubalis*) meat sample packaging for export to Loeffel Meat Laboratory, University of Nebraska.

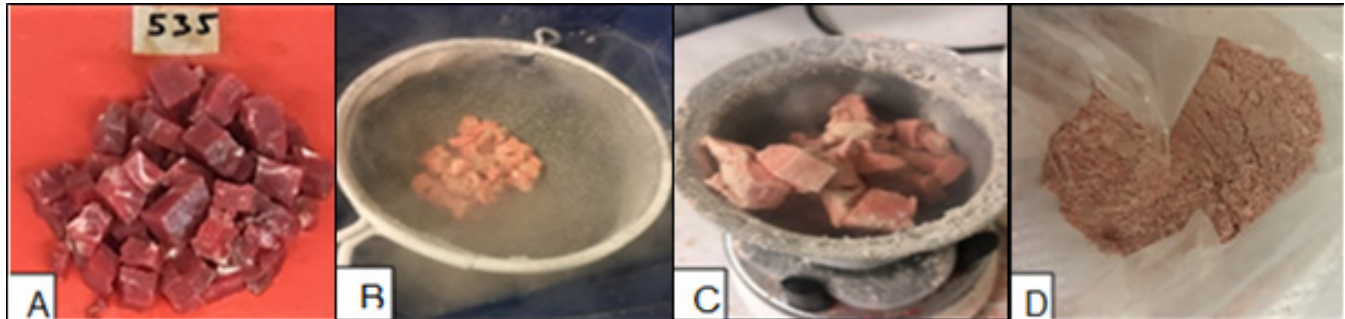


Figura 2. Proceso de pulverización para muestras de carne. A. Picar la carne en trozos, B. Sumergir en nitrógeno líquido, C. Pulverizar en licuadora, D. Producto pulverizado.

Figure 2. Pulverization process of meat samples. A. Chop meat in pieces, B. Immerse pieces in liquid nitrogen, C. Pulverize pieces in blender, D. Pulverized product.

insaturados (UFA), monoinsaturados (MUFA) y poliinsaturados (PUFA) y porcentajes de humedad, cenizas y proteína. También se realizó un Análisis de Conglomerados (AC) para agrupar los animales que mostraban valores medios similares entre sí y se ejecutó un Análisis de Discriminante (AD) para determinar el sesgo entre los grupos conformados. Sobre los conglomerados se utilizó la técnica de Modelos Lineales Generales y Mixtos (MLGM) para determinar diferencias significativas entre cada variable evaluada; se utilizó la prueba de comparación múltiple DGC y para las variables porcentaje de humedad y PUFA se aplicó la función Varident para corregir la heterocedasticidad. El análisis se realizó con el software estadístico InfoStat/P [15] con un nivel de significancia de 0,05.

Resultados y discusión

Mediante el ACP se determinó que el conjunto de las variables analizadas explicó el 71% de la variabilidad con los dos primeros ejes principales. Además, se determinó una relación directa entre los ácidos grasos saturados (SFA) y el porcentaje de grasa ($r= 0,77$, $p= 0,0035$) e inversa entre ácidos grasos insaturados (UFA) y porcentaje de grasa ($r= -0,74$, $p= 0,0064$). Mediante el AC se determinaron tres grupos de animales con características similares. El grupo 1 se conformó por los animales con número de arete 533, 534, 537 y 540, el grupo 2 por los animales 536, 538, 539 y 542 y el grupo 3 por los animales 535, 541, 543 y 544. Utilizando el AD se determinó que el sesgo en la conformación de los grupos fue 0%, lo que

indica la homogeneidad de cada conglomerado. En el Cuadro 1 se resumen los resultados para cada variable según los grupos obtenidos.

De acuerdo con lo observado en el Cuadro 1, los grupos conformados mostraron diferencias estadísticas únicamente en las variables porcentaje de cenizas, grasa, humedad y ácidos grasos poliinsaturados (PUFA). Así, el grupo 1 tuvo mayor porcentaje de grasa y menor porcentaje de humedad que los demás; el grupo 2 mostró valores superiores para porcentaje de cenizas y PUFA, mientras que el grupo 3 se caracterizó por presentar valores intermedios entre los grupos 1 y 2.

Longitud del sarcómero

El sarcómero es la unidad básica encargada de la contracción muscular, es un arreglo estructural de actina y miosina (las proteínas miofibrilares más abundantes en el tejido) y su estado influye directamente sobre la terneza de la carne [16]. Así, cuando el sarcómero está contraído la carne es más dura debido a la superposición de las proteínas que lo componen [16, 17].

En su estudio con machos cosechados de 15 meses de edad, López [18] midió valores de 1,36 μm a los siete días de maduración y encontró diferencias hasta los 28 días de maduración (1,61 μm), valor semejante al resultado de este estudio a los cuatro días de maduración (1,62 μm). Kandeepan *et al.* [4] evaluaron muestras recolectadas 6 h post mortem y mantenidas a 4°C durante 24 h y determinaron que el sarcómero de machos adultos es más corto que el de machos cosechados a los 18 meses de

Cuadro 1. Caracterización fisicoquímica del lomo ancho (*Longissimus dorsi*) de ganado bufalino, según grupos. San Carlos, Costa Rica.

Table 1. Physicochemical characterization of water buffalo loin (*Longissimus dorsi*), according to groups. San Carlos, Costa Rica.

Variable	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	p-valor
Longitud de sarcómero (μm)	1,61 \pm 0,04	1,58 \pm 0,03	1,69 \pm 0,02	0,0933
Cenizas (%)	1,12 \pm 0,03 ^b	1,28 \pm 0,02 ^a	1,16 \pm 0,02 ^b	0,0021
Grasa (%)	6,30 \pm 0,32 ^a	4,11 \pm 0,44 ^b	3,98 \pm 0,19 ^b	0,0013
Humedad (%)	71,26 \pm 0,28 ^b	73,25 \pm 0,40 ^a	72,88 \pm 0,22 ^a	0,0021
Proteína (%)	21,20 \pm 0,62	21,36 \pm 0,54	22,09 \pm 0,02	0,4104
Ácidos grasos saturados (SFA)	51,14 \pm 0,44	48,16 \pm 0,93	47,40 \pm 1,39	0,0597
Ácidos grasos insaturados (UFA)	46,49 \pm 0,64	49,16 \pm 0,96	50,15 \pm 1,22	0,0630
Ácidos grasos monoinsaturados (MUFA)	40,42 \pm 0,68	40,85 \pm 1,09	43,55 \pm 0,91	0,0764
Ácidos grasos poliinsaturados (PUFA)	6,06 \pm 0,37 ^b	8,31 \pm 0,31 ^a	6,61 \pm 1,00 ^b	0,0036

Medias con letra diferente en la misma fila son significativamente diferentes ($p > 0,05$), según prueba DGC.

edad (1,51 y 1,83 μm respectivamente), indicativo de que a mayor edad mayor dureza de la carne. En este estudio se obtuvo una longitud de sarcómero inferior a lo hallado por Kandeepan *et al.* [4] en animales de semejante edad. Chacón [16] y López [18] indican que el periodo de maduración de la carne es un factor importante que puede modificar la longitud del sarcómero.

De acuerdo con Chacón [16] y Smulders *et al.* [19], la longitud del sarcómero se asocia con la terneza de la carne. Smulders *et al.* [19] encontraron que sarcómeros de 1,79 μm obtuvieron puntuaciones de 4,8 en panel sensorial (1: extremadamente dura, 8: extremadamente suave) y valores de 5,16 kg en pruebas de Warner-Braztler Shear Force (WBSF). Por su parte, López [18] indica que entre mayor es la longitud del sarcómero, mayor será la terneza de la pieza de carne. Considerando lo anterior, la carne evaluada en este estudio posiblemente rondaría percepciones de entre “ligera o moderadamente dura” en un panel sensorial.

Factores como edad de cosecha, estado sexual, raza y manejo en finca influyen sobre la terneza de la carne [16]. Sin embargo, situaciones como estrés ante mortem, el colgado de las canales, el proceso de congelación en frigorífico, la ruptura miofibrilar, la cantidad de tejido conectivo y la

longitud del sarcómero también pueden modificar la tensión de los músculos y consecuentemente la terneza de la carne [17, 20]. Como explica Chacón [16], es necesario que el animal tenga reservas energéticas justo antes de la cosecha para que el proceso de contracción y relajación muscular posterior a su deceso resulte en carnes tiernas.

En el Cuadro 2 se indican los valores promedio obtenidos del análisis de composición química ejecutado sobre las muestras y la comparación con valores encontrados en otros estudios.

En general, los resultados de este ensayo se asemejan con la literatura consultada, a excepción del porcentaje de grasa intramuscular o de marmoleo. Giuffrida *et al.* [23] determinaron 1,5% de contenido graso del *Longissimus dorsi thoracis* en búfalos castrados a los 7 meses y cosechados a los 19 meses de edad; valor inferior a lo encontrado en este ensayo. Además, Fundora [3] determinó 1,1% de grasa intramuscular en animales de raza Bufalipso engordados en un sistema de pastoreo y cosechados a los 24 meses de edad, edad superior a los animales del presente estudio. León [22] evaluó hembras Murra \times Mediterráneo cosechadas entre los 18 y 22 meses de edad y sus resultados de composición química de la carne mantienen similitud con lo encontrado en este ensayo (Cuadro

Cuadro 2. Comparación de la composición química del músculo *Longissimus dorsi* en búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en este estudio y con otros autores.

Table 2. Chemical composition comparison of *Longissimus dorsi* muscle of water buffalo (*Bubalus bubalis*) according to different authors.

	Cenizas (%)	Grasa (%)	Humedad (%)	Proteína (%)
Presente ensayo*	1,21	5,18	72,17	21,55
Naveena y Kiran [2]	0,98	1,37	76,3	20,39
Juárez <i>et al.</i> [21]	1,13	1,72	73,54	18,33
León [22]	1,05	0,33	74,23	22,53
Kandeepan <i>et al.</i> [4]	NR	2,67	74,99	21,2

* Como el promedio de los tres grupos conformados por AC. NR= No Reportado.

2). ABIC [24] indica que la carne de búfalo es naturalmente muy baja en grasa ($\leq 2\%$), lo cual la clasifica como un producto saludable para el consumo humano.

Respecto a la composición de la carne de acuerdo con el sexo o condición sexual, León [22] no observó diferencias entre machos y hembras de la especie y Giuffrida *et al.* [23] concluyeron que los búfalos castrados a los 19 o 24 meses de edad no presentan diferencias de contenido graso, comparados con búfalos enteros; caso contrario a lo que acontece en la raza Brahman, donde los animales castrados engrasan más que los enteros. Respecto a otras características de composición de la carne, ABIC [24] indica que la carne de búfalo aporta de manera importante proteína, hierro y zinc. Por ejemplo, por cada 100 g de carne de búfalo 3,3 g son de hierro; mientras que la carne de res y el pollo aportan 2,2 g y 1,1 g respectivamente [24].

Ácidos grasos

Se logró identificar 97,6% de los ácidos grasos presentes en el tejido muscular. En el Cuadro 3 se detallan los resultados obtenidos y se muestra lo encontrado por Arguedas [25] y López [18], quienes estudiaron hatos provenientes del mismo pie de cría y criados en la misma área de pasturas que los animales evaluados en este estudio; también se detallan los resultados de Juárez *et al.* [21] para machos de 380 kg. Se encontró menor porcentaje de ácidos grasos saturados (SFA) y mayor proporción de ácidos grasos insaturados

(UFA), así como relaciones UFA/SFA y PUFA/SFA más altas. Juárez *et al.* [21] destacan que los SFA y los PUFA disminuyen e incrementan respectivamente una vez cocinada la carne, lo cual es ideal.

Cabezas *et al.*, citado por López [18] indican que los alimentos deben presentar la mayor cantidad de UFA respecto a los MUFA (índice UFA/MUFA) debido a que los últimos se asocian con problemas de colesterol y cáncer. La relación UFA/SFA obtenida en este ensayo se considera muy buena debido a que la literatura presenta valores entre 0,92 y 1,8 [2, 18, 26].

Los ácidos grasos predominantes fueron el oleico (31,13%, MUFA), esteárico (23,13%, SFA), palmítico (21,03%, SFA) y linoleico (3,18%, PUFA). Arguedas [25] halló mayor proporción de ácido oleico (31,6%), palmítico (27,09%) y esteárico (24,86%) en machos castrados, mestizos y cosechados entre 12 y 14 meses de edad (450 kg PV), menores que los animales del presente estudio. En el ensayo de Arguedas [25] se ofreció una suplementación con menos aporte energético que en el presente (0,15 kg de melaza/animal/día vs. 0,5 kg de melaza/animal/día) y únicamente le ofreció 1 kg/animal/día de Citrocom (86,5% MS, 2,850 kcal/kg ED y 5,5% PC) durante el último mes de pastoreo, a diferencia del presente estudio. Los resultados de este ensayo también concuerdan con Juárez *et al.* [21], quienes reportaron el ácido oleico (33,6%), esteárico (29,1%), palmítico (23,3%) y linoleico (5,8%) como los principales en carne de búfalo cruda, y con Kesava y Kowale [27], quienes

Cuadro 3. Comparación del perfil lipídico del músculo *Longissimus dorsi* de machos bufalinos cosechados entre los 380 y 419 kg de peso vivo (PV) de este estudio con otros autores.

Table 3. Lipid profile comparison of the of the *Longissimus dorsi* muscle of buffalo males harvested between 380 and 419 kg of live weight (LW) in this study with other authors.

Ácidos grasos (%)	SFA	UFA	MUFA	PUFA	Otros	UFA/SFA	PUFA/SFA
Presente ensayo*	48,9	48,6	41,6	7,33	2,5	0,99	0,15
Juárez <i>et al.</i> [21]	54,6	45,3	37,3	7,95	NR	0,83	0,14
López [18]	59,19	36,1	34,56	1,52	5,43	0,61	0,02
Arguedas [25]	63,63	36,4	33,58	2,79	NR	0,6	0,04

SFA: Saturados; UFA: Insaturados; MUFA: Monoinsaturados; PUFA: Poliinsaturados; NR: no reportado.

* Como el promedio de los tres grupos conformados por AC. NR= No Reportado.

reportaron los mismos cuatro ácidos grasos como predominantes en los fosfolípidos que componen la membrana celular en carne de búfalo. En el músculo *Longissimus dorsi thoracis* de búfalos cosechados de 19 meses de edad, Giuffrida-Mendoza *et al.* [23] determinaron mayores niveles de ácido oleico (31,6%), palmítico (20,71%) y esteárico (13,24%), mismos encontrados predominantemente en este estudio para el músculo *Longissimus dorsi lumborum*.

ABIC [24] indica que la grasa encontrada en la carne de búfalo tiene mayor proporción de PUFA y omega 3 ($\omega 3$) que el pollo, cordero o res. Los PUFA son esenciales en la dieta del ser humano debido a que este no puede sintetizarlos. La carne de animales criados en pastoreo ofrece cantidades suficientes de este tipo de ácidos (principalmente $\omega 3$) para regular la relación $\omega 3:\omega 6$ [28]. Los $\omega 3$ tienen numerosos beneficios para el organismo, destacando su relación con menores niveles de colesterol y triglicéridos, por esta razón es importante que los alimentos posean niveles altos de PUFA [28]. Por su parte, el oleico es de los MUFA más importantes ya que ha demostrado disminuir el riesgo de distintos tipos de cáncer. Al contrario, animales alimentados con dietas basadas en granos generan carnes con mayor proporción de SFA, los cuales tienen implicaciones negativas a la salud ya que se relacionan con riesgo de cáncer y elevados niveles de colesterol en sangre. El ácido palmítico y el esteárico son los SFA más abundantes en la carne de rumiantes, siendo el palmítico el menos saludable de la familia debido

al incremento de colesterol en sangre que provoca. FAO y FUNIFUT [28] indican que el ganado bufalino produce menos MUFA y ácido palmítico y más ácido esteárico que el bovino (machos Murrah y Murrah \times Jafarabadi de 17-23 meses de edad, alimentados en pastoreo vs. novillos *Bos indicus*). Otros factores que influyen sobre la composición lipídica de la carne son la edad de cosecha, genética y el corte de carne [28].

Conclusiones

Se encontró una longitud de sarcómero asociada a carnes Ligera o Moderadamente duras para el músculo *Longissimus dorsi lumborum* de machos raza Bufalipso madurado en húmedo por cuatro días y cosechados a los 18 meses de edad ($418,9 \pm 39,7$ kg de peso vivo), castrados quirúrgicamente a los 18 días de nacidos y engordados bajo un sistema de pastoreo con suplementación. Respecto a la composición química y lipídica de las muestras los valores obtenidos corresponden con la literatura consultada, destacando positivamente el índice UFA/MUFA.

La carne de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) alimentado con forraje más suplementación y cosechado entre 12 y 18 meses de edad, presenta una composición química que la hace saludable para el consumo humano. Lo anterior debido a que el porcentaje de grasa intramuscular y su composición favorecen la presencia de PUFA, ácido oleico y omega 3, deseables en la dieta debido a

beneficios como la regulación de colesterol y triglicéridos o la disminución del riesgo de cáncer.

Bibliografía

- [1] OECD, FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), "OECD-FAO: Agricultural Outlook 2018-2027", OECD, 2018.
- [2] B.M. Naveena, M. Kiran, "Buffalo meat quality, composition, and processing characteristics: Contribution to the global economy and nutritional security", *Animal Frontiers*, vol. 4, no. 4, pp. 18-24. 2014.
- [3] O. Fundora, "Comportamiento de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) de la raza Buffalypso en sistemas de alimentación basados en pastoreo: quince años de investigaciones en el Instituto de Ciencia Animal", *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, no. 2, pp. 161-171. 2015.
- [4] G. Kandeepan, A.S.R. Anjaneyulu, N. Kondaiah, S.K. Mendiratta, V. Lakshmanan, "Effect of age and gender on the processing characteristics of buffalo meat", *Meat Science*, vol. 83, pp. 10-14. 2009.
- [5] R. Rosales, "Situación del búfalo de agua en Costa Rica", *Tecnología en Marcha*, vol. 24, no. 5, pp. 19-24. 2011.
- [6] INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos), VI Censo Nacional Agropecuario: Actividades pecuarias, prácticas y servicios agropecuarios, San José: INEC, 2015.
- [7] L.F. Alvarado, "RE: Producción de carne de búfalo en Costa Rica", Correo personal (23 abril, 2019).
- [8] IMN (Instituto Meteorológico Nacional), "Boletín meteorológico mensual", 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.imn.ac.cr/web/imn/boletin-meteorologico> [Accesado: 3 May. 2019].
- [9] H.R. Cross, R.L. West, T.R. Dutton, "Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef *Semitendinosus* muscle", *Meat Science*, vol. 5, pp. 261-266. 1981.
- [10] R.M. Dolazza, C.L. Lorenzen, "Can samples be powdered to determine sarcomere length?", *Journal of Animal Science*, vol. 92, no. 2, pp. 129-130. 2014.
- [11] AOAC (Association of Official Analytical Chemists), Official methods of analysis. Arlington, VA, 1990.
- [12] J. Folch, M. Lees, G.H. Stanley, "A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues", *Journal of Biological Chemistry*, vol. 226, no. 1, pp. 497-509. 1957.
- [13] W.R. Morrison, L.M. Smith, "Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol", *Journal of Lipid Research*, vol. 5, pp. 600-608. 1964.
- [14] L.D. Metcalfe, A.A. Schmitz, J.R. Pelka, "Rapid separation of fatty acid esters from lipids for gas chromatography analysis", *Analytical Chemistry*, vol. 38, no. 3, pp. 514-515. 1966. H.R.
- [15] J.A. Di Rienzo, F. Casanoves, M. Balzarini, L. González, M. Tablada, C. Robledo, InfoStat versión 2018. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, 2018.
- [16] A. Chacón, "La suavidad de la carne: Implicaciones físicas y bioquímicas asociadas al manejo y proceso agroindustrial", *Agronomía Mesoamericana*, vol. 15, no. 2, pp. 225-243. 2004.
- [17] D. Braña, E. Ramírez, M. Rubio, A. Sánchez, G. Torrescano, M. Arenas, J. Partida, E. Ponce, F. Ríos, Manual de análisis de calidad en muestras de carne, Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal, 2011.
- [18] L. López, "Evaluación del crecimiento, composición de la canal y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en La Vega de Florencia, San Carlos", Tesis Lic., Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela. 2019.
- [19] F.J. Smulders, B.B. Marsh, D.R. Swartz, "Beef tenderness and sarcomere length", *Meat Science*, vol. 28, pp. 349-363. 1990.
- [20] P. Strydom, J. Lüh, C. Kahl, L.C. Hoffman, "Comparison of shear force tenderness, drip and cooking loss, and ultimate muscle pH of the loin muscle among grass-fed steers of four major beef crosses slaughtered in Namibia", *South African Journal of Animal Science*, vol. 46, no. 4, pp. 348-359. 2016.
- [21] M. Juárez, S. Failla, A. Ficco, F. Peña, C. Avilés, O. Polvillo, "Buffalo meat composition as affected by different cooking methods", *Food and Bioprocess Processing*, vol. 88, pp. 145-148. 2010.
- [22] N. León, "Caracterización físico-química del lomo (*Longissimus dorsi*) de búfalas de agua Murrah x Mediterráneo", Tesis Lic., Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José. 2010.
- [23] M. Giuffrida-Mendoza, L. Arenas, N. Huerta-Leidenz, S. Uzcáte-Bracho, K. Valero-Leal, S. Romero, A. Rodas-González, "Cholesterol and fatty acid composition of *Longissimus thoracis* from water buffalo (*Bubalus bubalis*) and Brahman-influenced cattle raised under savannah conditions", *Meat Science*, vol. 106, pp. 44-49. 2015.
- [24] ABIC (Australian Buffalo Industry Council Inc.), "Australian water buffalo: Selected meat cuts and information", ABIC, 2002.
- [25] K. Arguedas, "Características de la canal, el rendimiento y calidad de la carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) en La Vega de Florencia, San Carlos", Tesis Lic., Instituto Tecnológico de Costa Rica, San Carlos, Alajuela. 2017.
- [26] A. Rodrigues, "Características qualitativas e quantitativas do músculo *Longissimus* de bubalinos e bovinos terminados em confinamento", Tesis Med. Vet.,

- Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, Brasil. 2014.
- [27] V. Kesava, B.N. Kowale. “Changes in phospholipids of buffalo meat during processing and storage”, *Meat ScienceK*, vol.30, pp. 115-129.
- [28] FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), FUNIFUT (Fundación Iberoamericana de Nutrición), “Grasas y ácidos grasos en nutrición humana: Consulta de expertos”, FAO, 2012.

De acuerdo con la norma IEEE, este documento debe citarse:

A Fernández-Quesada, J. Rodríguez-González, “Caracterización de variables fisicoquímicas en carne de búfalos de agua (*Bubalus bubalis*) raza Bufalipso, San Carlos, Costa Rica”, *Revista AgrolInnovación en el Trópico Húmedo*, vol. 3 no. 2, pp.57-65, 2022. DOI: 10.18845/rath.v3i2.6616.