

Efecto del tiempo en reposo pre sacrificio como indicador de bienestar animal sobre la calidad de carne de ovinos

Effect of the pre slaughter lairage time as an animal welfare indicator on the meat quality of sheep

Martínez Esmeralda Desdémona¹

¹Universidad Autónoma de Chihuahua - Facultad de Zootecnia y Ecología - Egresada del Programa de Posgrado en Producción Animal - Chihuahua - México

RESUMEN. Con el objetivo de evaluar el efecto de los tiempos de reposo pre sacrificio sobre la calidad de la carne de ovino, se analizaron 108 canales por grupos de edades de 5 a 7 meses; E1 (n=67), 8 a 11 meses; E2 (n=41), anidados en los fenotipos Katahdin (KA; n=46), Dorper (DO; n=20), Blackbelly (BB; n=26) y Pelibuey (PE; n=16), con 0 (n=23), 6 (n=24), 12 (n=14), 18 (n=21) y 24 (n=26) h de reposo pre sacrificio. Las variables evaluadas fueron potencial hidrógeno (pH), capacidad de retención de agua (CRA), color de la carne (CC) y fuerza de corte (FC). Los datos fueron analizados bajo un modelo estadístico anidado. Todos los fenotipos de 0 y 6 h de reposo, presentaron valores altos de pH (6.15 a 6.45) y valores bajos de a* y b*, característico de carne oscura, firme y seca (OFS). Por el contrario, los ovinos reposados por 18 y 24 h tuvieron valores normales de pH <6.0, a* y b*. La CRA fue mayor (63.21%) en E1 y 12 h de reposo en todos los fenotipos. En conclusión, los tiempos de reposo en los corrales de espera deben establecerse de acuerdo al fenotipo y edad de sacrificio.

Palabras clave: potencial hidrógeno, color de la carne, capacidad de retención de agua, fenotipo, edad.

ABSTRACT. With the objective to evaluate the effect of pre slaughter lairage time on the meat quality of sheep, where analyzed 108 carcasses by age group from 5 to 7 months MO1 (n=67), 8 to 11 months MO2 (n=41), to the phenotypes Katahdin KA (n=46), Dorper DO (n=20), Blackbelly BB (n=26) and Pelibuey PE (n=16), with 0 (n=23), 6 (n=24), 12 (n=14), 18 (n=21) and 24 (n=26) pre-slaughter lairage time. The variables evaluated were potential of hydrogen (pH), water holding capacity (WHC), meat color (MC) and shear force (SF). The data were analyzed with a nested statistical model. All the phenotypes of the lamb without and 6 lairage time showed greater pH values (6.15 to 6.45), lower a* and b* values. This is characteristic of dark, firm and dry meat (DFD). On the contrary, the sheep with 18 lairage time had a normal pH values (5.8 to 5.9), a* and b* values. The WHC was greater (63.21%) from MO1 and 12 h of lairage time. In conclusion the lairage time in the pens before to the slaughter should be established due to the phenotype and the age of slaughtering.

Key words: Potential of hydrogen, meat color, water holding capacity, phenotype, age.

doi: 10.18004/compend.cienc.vet.2020.10.01.33

Dirección para correspondencia: Martínez Esmeralda Desdémona - Universidad Autónoma de Chihuahua - Facultad de Zootecnia y Ecología - Egresada del Programa de Posgrado en Producción Animal - Chihuahua - México

E-Mail: desdemona_esme@yahoo.com.mx

Recibido: 13 de febrero de 2020 / **Aceptado:** 24 de mayo de 2020

INTRODUCCIÓN

El 93% de consumo de carne de borrego en México es en forma de barbacoa, mixiote y birria, estos son consumidos como platillo de fin de semana, plazas municipales y fiestas familiares. También 5% se consume en cortes comerciales que son expendidos en los supermercados (chuleta, shoulder, rack francés y medallones). El 2% se consume en productos procesados (1). La calidad de estos productos depende de las buenas prácticas de manejo de los ovinos pre sacrificio, decisiones y correcciones implementadas en cada punto de la cadena de producción y comercialización.

En el sistema productivo la calidad de la carne depende de la alimentación, promotores de crecimiento, sanidad, raza, estado hormonal (fotoperiodo), edad y sexo (2,3,4,5,6,7). Pero también, el bienestar animal y la calidad de la carne dependen del manejo de los ovinos durante el traslado de los animales de la granja al rastro, las condiciones del sistema de transporte, diseño del vehículo, temperatura y humedad relativa, vibraciones, liderazgo, amontonamiento, condición de la carretera, ventilación y tiempo de recorrido, método de descarga (arreador eléctrico), tiempos de reposo y ayuno, contención, ruido, sistema de aturdimiento y desangrado (8,9,10,11,12).

Periodos por más de 12 h de descanso después del transporte son benéficos para el restablecimiento de los ovinos, por la disminución de la frecuencia respiratoria, taquicardias e incremento de la temperatura corporal (10,13,14). En México la Norma Oficial Mexicana 009-ZOO-1994 (9), estableció que los ovinos deben dejarse reposar por lo menos 24 h y un máximo de 72 h pre sacrificio, durante su estancia en los corrales de espera, los animales deben tener agua en abundancia para beber y deben ser alimentados cuando el periodo de descanso sea superior a 24 h.

De esta forma, se mejoran las buenas prácticas de manufactura en el proceso de sacrificio de los ovinos; disminuye el traslado de las bacterias del contenido gastrointestinal a la carne durante el eviscerado, se facilita la estimulación eléctrica, el sangrado, la remoción de la piel y la carne presenta mejor color. Young et al (11) mencionaron que los animales estresados son deficientes en glucógeno, tienen mayor actividad de la adenosina mono fosfato cíclica (AMP cíclico) en el sarcolema que rodea a la fibra muscular después de la muerte, presentan una lenta y limitada glucólisis, el pH permanece alto; 6.0 a 6.4 y el músculo refleja una menor cantidad de luz,

debido a cambios estructurales miofibrilares y la carne tiene un color oscuro o púrpura, firme y seca (OFS) que pone en detrimento la apariencia de la carne en el centro comercial, tiene poca aceptación por el consumidor y el precio disminuye hasta un 15% (15,16). Ferguson y Warner (17) mencionaron que los niveles normales de glucógeno almacenado en el músculo de borregos son de 75 y 120 mmol por kg. Blokhuis et al (13) reportaron valores críticos de glucógeno 45 a 57 mmol por kg de músculo y pH bajos 5.5 a 5.6. Otros autores, reportaron 131 $\mu\text{mol/g}$ de glucógeno hepático en corderos de similares sistemas productivos, edad y raza sin transporte previo al sacrificio y sin ayuno. Jacob et al (18) y Gallo et al (19) mencionaron que la medición de pH 24 h después de la matanza puede ser un buen indicativo de estrés pre sacrificio en el ovino, y es considerado como punto crítico de control de importancia económica en las plantas procesadoras. Esta característica tiene efecto sobre la terneza, color, jugosidad, capacidad de retención de agua y la vida útil de la carne (13, 20). Las implicaciones que conlleva el bienestar animal de los tiempos cortos de reposo han sido muy discutidas.

Por lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue evaluar el efecto de los tiempos de reposo pre sacrificio como indicador de bienestar animal sobre la calidad de la carne de ovino.

MATERIALES Y MÉTODOS

Característica de la Población Muestreada

Un total de 108 ovinos fueron evaluados en dos grupos de edades 5 a 7 meses E1 (n=67) y 8 a 11 meses E2 (n=41), anidados en los fenotipo Katahdin KA (n=46), Dorper DO (n=20), Blackbelly BB (n=26) y Pelibuey PE (n=16), con 0 h (n=23), 6 h (n=24), 12 h (n=14), 18 h (n=21) y 24 h (n=26) h de reposo previos al sacrificio, provenientes de ranchos aledaños al rastro a una distancia no mayor de 105 km y un tiempo máximo de 1:45 h.

Los animales fueron sacrificados en los meses de febrero, marzo y abril, en un rastro Tipo Inspección Federal (TIF) de México, siguiendo las buenas prácticas de sacrificio establecidas por la Norma Oficial Mexicana 033-ZOO-1995 (21). El clima de los meses de muestreo fueron 14°C, 16°C y 18°C respectivamente, y la humedad relativa varió de 80 a 83%. La precipitación pluvial fue de 508 milímetros por año y una altitud de 2,320 msnm. Los ovinos con pesos de 38 a 48 kg se transportaron al rastro en camionetas de tres toneladas de doble piso y fueron descargados, pesados en forma individual e identificados con arete metálico. Estos se dejaron

descansar al azar en cinco lotes (0, 6, 12, 18 y 24 h de reposo). Los ovinos de 0 h de reposo, se les condujeron directamente a la línea de sacrificio.

Proceso de Sacrificio

En el sacrificio los corderos fueron llevados al cajón de noqueo e insensibilizados por medio de un choque eléctrico con dos electrodos aplicados en la base de las orejas de forma horizontal al nivel del morro, con un insensibilizador Modelo JR03/H, marca AGACHEN, brasileña. La descarga eléctrica fue de 5 s, 250V y 0.5-1 A. Posteriormente fueron desangrados, despielados y eviscerados de acuerdo al protocolo de la planta procesadora. Las canales fueron pesadas con una báscula de línea, de capacidad máxima de 100 kilogramos, modelo T1-500 SL, marca ESHER TRANCELL, americana. Estas fueron lavadas y refrigeradas por 24 h.

Determinación de la calidad de la carne

La calidad de la carne fue evaluada por la medición de pH 24 h después del sacrificio, con un pH metro portátil con electrodo metálico de inserción 101 Marca SENTRON, americano, en el músculo Semimembranoso de la pierna izquierda. El pH metro fue calibrado previo a su uso con soluciones control (tampones pH 4 y 7) y cepillado de la punta con agua destilada cada 10 a 15 canales, terminada la jornada de muestreo la punta del equipo se dejó sumergida en una solución desproteinizadora para su uso posterior.

El color de la carne (CC) se midió a las 24 h después del sacrificio, con un espectrofotómetro Minolta (CM-2002, Minolta Camera), japonesa y se determinaron las coordenadas L^* , a^* y b^* CIELAB en el músculo Obliquus Internus Abdominis en la media canal izquierda (2, 22). El valor de L^* , expresa la claridad. El valor a^* representa el color rojo cuando es máximo y verde cuando es mínimo. El valor b^* representa el color amarillo cuando es máximo y azul cuando es mínimo.

En la determinación de la capacidad de retención de agua (CRA) se modificó la técnica de laboratorio empleada por Grau y Hamm (23). Del músculo Semimembranoso se tomó una porción de aproximadamente 5 g y se colocaron en bolsitas de polietileno y se guardaron en una hielera con capacidad de 1 kg, después se refrigeraron por 1 h a una temperatura de 4°C, posteriormente se pesaron 0.3 g de muestra en una báscula analítica Marca OHAUS, con un máximo de peso de 210 g y con una diferencia en peso de 0.1 mg. Las muestras se

colocaron entre dos hojas de papel filtro con porosidad de 0.5 μ , se dejaron entre dos placas plexiglás de 12 cm² y se les puso un peso constante de 10 kg por 15 min, por diferencia de peso y multiplicado por 100 se calculó la CRA % (24).

La fuerza de corte, se determinó en muestras de carne descongeladas de 4 cm de longitud, 1.5 cm grosor y 2 cm de ancho no cocinada, con la navaja de Warner Bratzler y una carga de 50 kg, las condiciones de programación del equipo fueron de una velocidad durante la prueba de 1mm/s.

Análisis Estadístico

Los resultados de los datos se obtuvieron del análisis de varianza (ANOVA) bajo un modelo de comparación múltiple de medias para datos anidados, utilizando el software Minitab (25). El modelo estadístico fue el siguiente: $Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \gamma_k + \delta_{ik} + \phi_{jk} + \epsilon_{ijk}$, donde: μ = es la media general de los valores de pH, CC, CRA y FC; α_i = es el efecto del i -ésimo tiempo de reposo; β_j = es el efecto de la j -ésima edad anidada en fenotipo; γ_k = efecto del k -ésimo fenotipo; $\alpha\beta_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i = ésimo tiempo de reposo y la j = ésima edad, anidada dentro de los fenotipos; δ_{ik} = efecto de la interacción entre el i = ésimo tiempo de reposo y el k -ésimo fenotipo; ϕ_{jk} = efecto de la interacción entre la j =ésima edad y el k = ésimo fenotipo; ϵ_{ijk} = Son las variables aleatorias que representan las diferencias de los valores obtenidos en las propiedades de pH, CC, CRA y FC en las diferentes edades anidadas en cada fenotipo y tiempo de reposo NID (0, σ^2).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El resultado del ANOVA F- test indicó que el efecto de la interacción triple tiempos de reposo*fenotipo*edad fue importante (P 0.01) sobre los valores de pH 24 h y los valores de a^* y b^* del color de la carne. El estudio mostró que el pH 24 h fue alto 6.36 en todos los fenotipos de ovinos sin y con 6 h de reposo. Los fenotipos DO, BB y PE con 12 h de reposo también presentaron valores altos 6.15 de pH 24 h, todos indicativos de carne OFS (Gráfica 1), atribuido al estrés y bienestar de los ovinos por la falta de reposo. Ferguson y Warner (17) mencionaron que los cambios fisiológicos y bioquímicos del bienestar ocurridos en los corderos estresados son taquicardia, incremento en la velocidad de respiración, por el mayor flujo sanguíneo de la sangre en volumen a nivel visceral hacia el músculo esquelético y el cerebro. Es claro que el ganado sin reposo previo al sacrificio presenta mayor número de canales clasificadas como cortes oscuros por bajo

glucógeno muscular, pH 6 (26) y la carne tiene serios problemas microbiológicos (18). Existe dependencia entre el nivel de estrés, sobre el sistema inmunológico de los animales de abasto previos al sacrificio (27,28). Debido al deterioro bacteriano de la carne, la vida de anaquel se acorta considerablemente de 17 días a 5 días y representa un factor de riesgo para la salud humana, por el crecimiento probable de coliformes totales, fecales, salmonela y E. Coli. Los ovinos sin suministro de agua durante periodos largos de transporte, deben permanecer más tiempo en reposo con acceso a agua y si permanecen por más de 24 h en los corrales de espera se les debe proporcionar alimento (20). Valores altos de pH; 6.17 fueron reportados en canales de corderos con 46 h de transporte y reposados por 6 a 12 h con acceso únicamente a agua, que aquellos corderos (pH; 6.04) transportados por 12 h y reposados de 2 a 4 h. Valores de pH final de 6.1 se reportaron en ovinos transportados por 16 h y descansados por 12 h, todos fueron reportados como carne OFS (26), esta característica es atribuida al estrés de los animales por un descenso del glucógeno almacenado en el músculo y mayor actividad de la adenosina monofosfato cíclica (AMP cíclico) en el sarcolema que rodea a la fibra muscular y deja altos los valores de pH a las 24 h (11). Menores valores de pH; 5.7 y carne normal fueron reportados en animales con 3 h de transporte y 12 h de reposo (27).

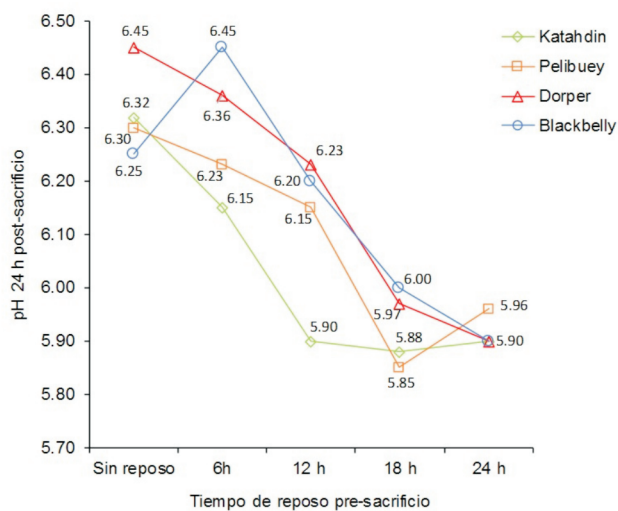


Gráfico 1. Medias de mínimos cuadrados de pH 24 h pos-sacrificio en ovinos de diferente fenotipo y tiempo de reposo

En el presente trabajo los animales reposados por 18 y 24 h y transportados por menos de 2 h presentaron valores de pH < 6.0, por mayores reservas de glucógeno muscular y un descenso normal de pH durante las primeras 24 h. Visualmente los ovinos no reposados estudiados en el presente trabajo, mostraron mayor excitación, fatiga y se

notaban con miedo e inquietos en el momento de llevarlos al área de contención previo al sacrificio.

El glucógeno almacenado en el músculo de los animales sacrificados en estas condiciones se encuentra como piruvato hasta en un 2% y se escinde por el ortofosfato en presencia de Acetil Co.A y ATP (28). En la inducción de la condición de carne oscura, bajo ambientes controlados, se ha reportado que los mecanismos responsables de esta condición está regulada por la actividad de la enzima acetil Co.A y se activa por un incremento en los niveles de catecolaminas secretadas en la corteza adrenal (29). Las especies dependientes presentan una excesiva glucólisis y subsecuente formación de la condición en la carne oscura. La carne con esta característica tiene menor cantidad de oximioglobina debido al gasto de oxígeno por una mayor respiración y consecuentemente menor profundidad de O₂ en los músculos (18). En los animales no estresados el sistema circulatorio provee suficiente oxígeno al organismo.

La carne oscura presenta valores bajos de a* y b* que la carne normal con valores de pH; 5.6-5.9. Los ovinos KA y DO sin reposo tuvieron bajos valores de a*; 9.55 y 9.58 y b*; 4.23 y 6.67 respectivamente. Por el contrario, los BB, PE y KA reposados por 6 h tuvieron mayores valores de a*; 12.33, 13.61 y 12.18 y b*; 15.46 y 15.04 y 13.93 respectivamente (Gráfica 2 y 3), atribuido a la recuperación de los ovinos en los corrales de espera por la normalidad de la frecuencia cardíaca, respiración y temperatura del cuerpo.

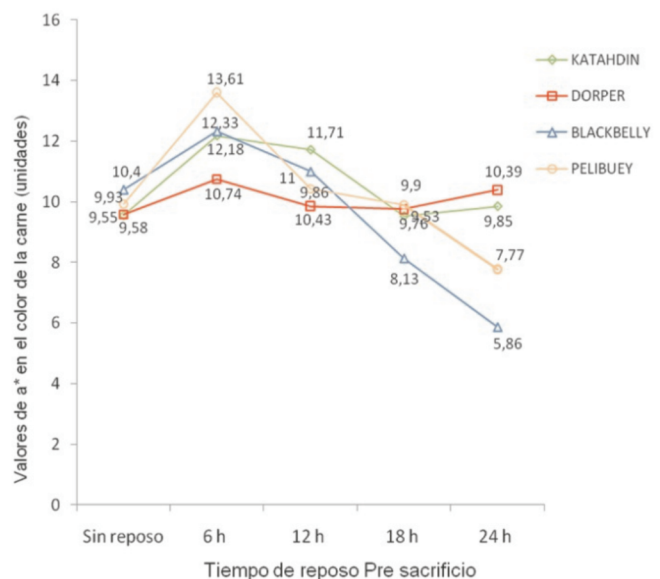


Gráfico 2. Medias de mínimos cuadrados del valor de a* del color de la carne de ovinos de diferente fenotipo y tiempos de reposo previos al sacrificio.

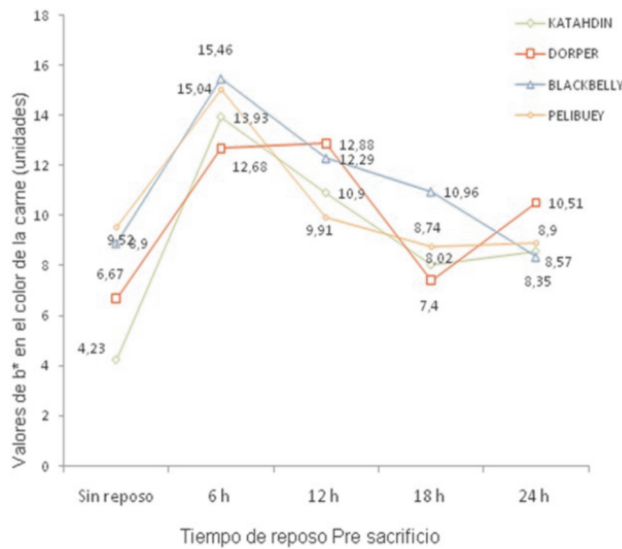


Gráfico 3. Medias de mínimos cuadrados del valor de b* del color de la carne de ovinos de diferente fenotipo y tiempos de reposo previos al sacrificio.

También se ha reportado que la carne oscura y con bajos valores de a* y b* es atribuida al uso excesivo de promotores de crecimiento en la ración durante la etapa final de alimentación, por la reflectancia de la capa acuosa que se forma en la superficie del músculo (30). Valores de a*; 17.5 y 16.8 y b*; 16.8 y 14.4 fueron reportados en corderos Dorper y Katahdin de 7 meses de edad pastoreando en Rye grass anual y complemento alimenticio con maíz, soya, melaza y sales minerales y con apropiado manejo antemorten aprobado por el comité de servicios de investigación en producción animal y agricultura USDA (7). Estos valores estuvieron por encima del presente trabajo. Sin embargo, en corderos Dorset fueron reportados valores de a*= 7.71 y b*= 4.33 y en Texel a* = 7.31 y b* = 4.39 respectivamente (31).

La interacción tiempos de reposo*edad influyó sobre la CRA y FC de la carne. La CRA fue mayor 59.5% en los ovinos reposados por 6, 12 y 24 h en todos los fenotipos que aquellos reposados por 18 h 56.5% en los fenotipos PE, BB y KA (Gráfica 4), una CRA alta es deseable para el procesado y cocinado de la carne siempre y cuando no sea carne OFS. A las 12 h de reposo la CRA fue mayor en los corderos PE (64.11%) y menor en los KA (60.86%). En carneros de la India se reportaron valores de CRA; 59.50% alimentados 50:50 pasto *Zizyphus nummularia* y dieta integral (32). Los ovinos de menor edad E1 tuvieron mayor (P<0.05) CRA; 63.21% con 12 h de reposo. Sin embargo, los ovinos de mayor edad E2 tuvieron mayor CRA; 63.38% con 24 h de reposo (Gráfica 5), probablemente por el mayor crecimiento alcanzado de los músculos al sacrificio. Bernardini et al (33) mencionaron que los ovinos jóvenes son especialmente vulnerables al estrés asociado con el manejo previo al sacrificio que para los animales adultos.

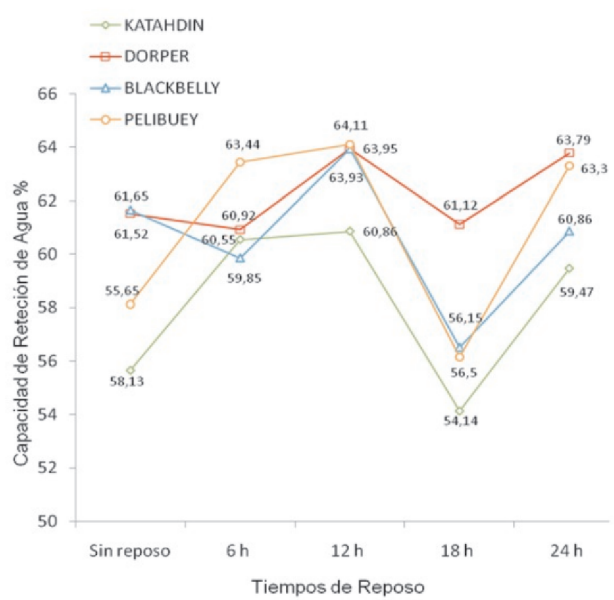


Gráfico 4. CRA en la carne de ovinos de diferente fenotipo y tiempo de reposo y con una edad de 5 a 7

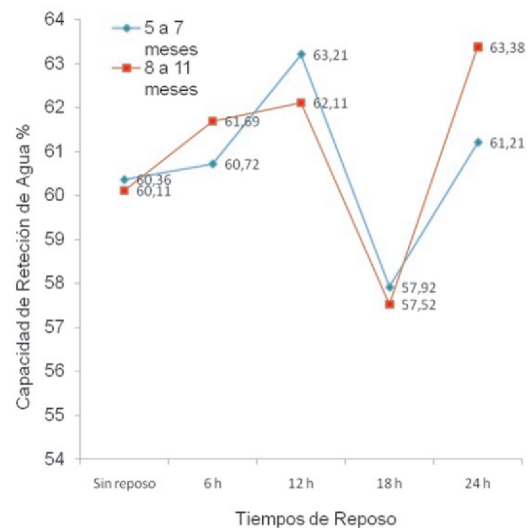


Gráfico 5. CRA en la carne de ovinos de diferente edad (E1 y E2) y tiempo de reposo.

La FC fue mayor 4.52 kgf en los corderos DO sin reposo y de mayor edad E2, que los PE; 3.81 kgf (P<0.05), estos mismos valores se encontraron en los DO con 12 h de reposo, pero en animales de menor edad E1 (Tabla 1). La FC de los ovinos con 18 h de reposo fue igual entre los KA de mayor edad E2; 3.44 kgf y los DO de menor edad E1; 3.12 kgf (P>0.05), este último fenotipo de menor edad E1, también presentó altos valores de FC; 4.35 kgf con 24 h de reposo. Estos valores estuvieron por encima que lo reportado en carne medianamente tierna de bovino 3.6 kgf (34) y en corderos Dorper 2.80 y Suffolk 3.98 kgf (35). Esta característica en el fenotipo DO posiblemente se atribuya a la localización 18-cromosomal del autosomal locus callipige al final de la región telomérica. Los ovinos con esta característica tienen altas tasas de

Tabla 1. Valores de fuerza de corte (kgf) en ovinos de diferente fenotipo,

Tiempos de Reposo	fenotipo de ovinos							
	Katahdin n=46		Dorper n=20		Blackbelly n=26		Pelibuey n=16	
	E1 5-7	E2 8-11	E1 5-7	E2 8-11	E1 5-7	E2 8-11	E1 5-7	E2 8-11
0 h n=23	2.57 ^a ± 0.25	-	3.88 ^{ab} ± 1.22	4.52 ^b ± 0.27	3.54 ^c ± 1.05	-	3.47 ^b ± 0.04	3.81 ^b ± 0.23
6 h n=24	2.86 ^a ± 0.50	2.36 ^a ± 0.19	2.79 ^a ± 0.48	3.19 ^a ± 0.33	-	-	-	-
12 h n=14	2.81 ^a ± 0.45	4.11 ^c ± 0.42	4.52 ^c ± 0.23	-	3.26 ^c ± 0.58	4.89 ^b ± 0.33	3.43 ^b ± 0.47	3.19 ^b ± 0.60
18 h n=21	-	3.44 ^{bc} ± 0.68	3.12 ^a ± 0.34	2.83 ^a ± 0.36	1.87 ^a ± 0.61	1.94 ^a ± 0.35	2.85 ^a ± 0.61	1.80 ^a ± 0.56
24 h n=21	2.09 ^a ± 0.72	3.26 ^{ab} ± 0.77	4.35 ^c ± 0.25	-	2.81 ^{ab} ± 0.45	4.11 ^b ± 0.42	3.60 ^b ± 0.47	3.26 ^b ± 0.45

Medias error estándar

abc Medias en una columna con diferente literal son estadísticamente diferentes (P<0.05)

E1= n= 67 ovinos de 5 a 7 meses

E2= n= 41 ovinos de 8 a 11 meses

crecimiento en los sistemas productivos, presentan buen desarrollo muscular, atribuido a un incremento en la proporción y diámetro de fibras de contracción rápida. Los músculos se aprecian hipertrofiados cuando son evaluadas y clasificadas las canales. Pero tienen un efecto negativo sobre la terneza y jugosidad de la carne (36,37,38). Aunque futuros trabajos de investigación en biología molecular deben de realizarse.

CONCLUSIÓN E IMPLICACIÓN

El trabajo mostró que el 53% de los ovinos muestreados presentaron valores de pH 24 h 6.15, indicativos de carne oscura firme y seca, lo que pone en detrimento el valor tecnológico y comercial de la carne. Los ovinos reposados por 6, 12 y 24 h tuvieron mayor CRA 59.5% en todos los fenotipos. Los ovinos de menor edad tuvieron mayor CRA 63.21% con 12 h de reposo y los ovinos de mayor edad tuvieron mayor CRA 63.38% con 24 h de reposo. Los DO sin reposo y de mayor edad presentaron mayor dureza que se reflejó en los valores obtenidos de la FC 4.52 kgf, aunque también podríamos suponer que fue atribuida a la localización 18-cromosomal del autosomal locus callipige al final de la región telomérica por músculos más desarrollados e hipertrofiados en este fenotipo

Para mejorar el bienestar y la calidad de la carne de ovinos, estos deben transportarse adecuadamente a los corrales de reposo previos al sacrificio y separarse y dejarse descansar (tiempo) en lotes de acuerdo al fenotipo y edad en los rastros o mataderos.

BIBLIOGRAFÍA

- Martínez ED. Características de canales de ovinos en la Región Centro de México. *Rev Mex Agroecosistemas* (Mex.) 2019; 6(2):675-682.
- Boggs LD, Merkel AR, Doumit EM. *Livestock and carcasses. An Integrated approach to evaluation, grading and selection.* 6th ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company; 2006.
- Snowder GD, Glimp HA, Field RA. Carcass characteristics and optimal slaughter weights in four breeds of sheep. *J Anim Sci.* 1994; 72: 932-937.
- Borton RJ, Loerch SC, McClure KE, Wolf DM. Comparison of characteristics of lambs fed concentrate or grazed on ryegrass to traditional or heavy slaughter weights. I. Production, carcass, and organoleptic characteristics. *J Anim Sci.* 2005; 83: 679-685.
- García ASS, Walter RP, Tawfik IK, Yamamoto SM. Características da qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *Rev Bras Zootec* (Brasil). 2005; 34(3):1070-1078.
- Cruz-Colín L, Torres HG, Núñez DR, Becerril PC. Evaluación de las características productivas de corderos Hampshire, Dorset y Suffolk, en pruebas de comportamiento en Hidalgo. *Rev Agrociencia* (Mex.). 2006; 40:59-69.
- Burke JM, Apple JK. Growth performance and carcass traits of forage-fed hair sheep weathers. *Small Rumin Res* (Booneville). 2007; 67(2):264-270.
- NOM-051-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana. Trato humanitario en la movilización de animales. [Citado el 8 abril de 2008]. Disponible en: <http://www.senasica.gob.mx/&doc=531>.
- NOM-009-ZOO-1994. Norma Oficial Mexicana. Proceso sanitario de la carne. Modificación 12-nov-1996. [Citado el 2 enero de 2020]. Disponible en: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/203871/Mod_NOM-009-ZOO-1994_121196.pdf.
- Kent JE. Stress in Transported Sheep. *Comparative Hematology International.* 1997; 7:163-166.
- Young OA, Hopkins DL, Pethick DW. Critical control points for meat quality in the Australian sheep meat supply chain. *Aust J Exp Agric.* 2005; 45(5):593-601.

12. Grandin T. Auditing animal welfare at slaughter plants. *Meat Sci.* (Colorado State University).2010; 86: 56-65.
13. Blokhuis HJ, Hopster H, Geversink NA, Korte SM, Van Reenen CG. Studies of stress in farm animals. *Comparative Hematology International* (Barcelona).1998;8: 94-101.
14. Dantzer R, Morméde P. El estrés en la producción intensiva del Ganado. 2a ed. Zaragoza, España: Acribia; 2002.
15. March N, Bach A, Velarde M. Association between animal, transportation, slaughterhouse practices, and meat pH in beef. *Meat Sci.* (Barcelona). 2008; 78:232-238.
16. Jacob RH, Gardner GE, Pethick DW. Repletion of glycogen in muscle is preceded by repletion of glycogen in the liver of Merino hoggest. *Anim Prod Sci.* 2009; 49:131-138.
17. Ferguson DM, Warner RD. Review. Have we underestimated the impact of pre-slaughter stress on meat quality in ruminants? *Meat Sci.* 2008;80:12-19.
18. Jacob RH, Pethick DW, Champman HM. Muscle glycogen concentrations in commercial consignments of Australian lamb measured on farm and post-slaughter after three different lairs age periods. *Aust J Exp Agric.* (Basel).2005; 45:543-552.
19. Gallo C, Taruman J, Larrondo C. Main factors affecting animal welfare and meat quality in lambs for slaughter in Chile. *Animals* (Basel). 2018; 8(10):165-185.
20. Warris PD. *Meat Science. In: An introductory text in post mortem changes in muscle and its conversion into meat.* 2th ed. Bristol, UK: Publishing Company; 2009.
21. NOM-033-ZOO-1995. Norma Oficial Mexicana. Sacrificio humanitario de los animales domésticos. [Citado el 14 enero de 2020]. Disponible en: <http://www.cuautitlan.unam.mx/descargas/cicuae/normas/Norma033.pdf>.
22. Martínez ED. Evaluación de corderos en pie y en canal. México: Tillas; 2014.
23. Grau R, Hamm R, Eine E. Methode zur bestimmung der wasserbindung im Mukel. *Naturwissenschaften.* 1953; 40:29-32.
24. Boakye K, Mittal GS. Changes in pH and water holding properties of Longissimus dorsi during beef ageing. *Meat Sc.* 1993; 34(3):335-349.
25. MINITAB. User's guide: version 15 ed. Pennsylvania USA: MINITAB Inst. Inc 2007.
26. Gallo C, Lizondo G, Knowles TG. Effects of journey and lairage time on steers transported to slaughter in Chile. *The veterinary Record.* 2003; 152: 361-364.
27. Carter LM, Gallo CB. Efectos del transporte prolongado por vía terrestre y cruce marítimo en transbordador sobre pérdidas de peso vivo y características de la canal en corderos. *Arch Med Vet* (Barcelona). 2008; 40(3):259-266.
28. Riegel RE. Bioquímica do músculo e do exercício físico. 2a ed. Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Basil: UNICINOS;1999.
29. Apple JK, Dikeman JE, Minton RM, McMurphy MR, Fedde DE, Unruh JA. Effects of restraint and isolation stress and epidural blockade on endocrine and blood metabolite status, muscle glycogen metabolism and incidence of dark-cutting longissimus muscle of sheep. *J Anim Sci.* 1995; 73:2295-2307.
30. Reiling BA, Johnson DD. Effects of implant regimens (trembolone acetate-estradiol administered alone or in combination with zeranol) and vitamin D3 on fresh beef color and quality. *J Anim Sci.* 2003; 81:135-142.
31. Garcia SSA, Walter PR, Tawfik KI, Yamamoto MS. Características de qualidade da carne de ovinos de diferentes genótipos e idades ao abate. *R. Bras. Zootec* (Barcelona) 2005; 34(3): 1070-1078.
32. Sen AR, Santra A, Karim SA. Carcass yield, composition and meat quality attributes of sheep and goat under semiarid conditions. *Meat Sci.* 2004; 66: 757-763.
33. Bernardini D, Gerardi G, Peli A, Nanni C, Amadori M, Segato S. The effects of different environmental conditions on thermoregulation and clinical and hematological variables in long-distance road-transported calves. *J Anim Sci.* 2012; 90: 1183-1191.
34. Hilton GG, Gentry JG, Allen DM, Miller M.F. Utilization of beef from different cattle phenotypes to produce a guaranteed tender beef product. *J Anim Sci.* 2004; 82:1190-1194.
35. Snowden GD, Duckett, SK. 2003. Evaluations of the South African Dorper as a terminal sire breed for growth, carcass, and palatability characteristics. *J. Anim. Sci.* 81:368-375.
36. Freking BA, Murphy SK, Wylie AA. Identification of the single base change causing the Callipyge muscle hypertrophy phenotype, the only known example of polar overdominance in mammals. *Genome Res.* 2002; 12:1496-1506.
37. Hopkins DL, Walker PJ, Thompson JM, Pethick DW.

Martínez ED.

Effect of sheep type on meat and eating quality of sheep meat. *Aust J of Exp Agric (Barcelona)*. 2005; 45: 499-507.

38. Garrido MD, Bañón S, Pedauye J, Laencina J. Objective meat quality measurements of ham: a practical classification method on the slaughter line. *MeatSci*. 1994; 37:421-429.24.