



La suplementación con DL-ácido málico mejora las características de la canal de borregos Pelibuey en finalización



José Lenin Loya-Olguin^{a,c}

Fidel Ávila Ramos^b

Sergio Martínez Gonzalez^c

Iván Adrián García Galicia^d

Alma Delia Alarcón Rojo^d

Francisco Escalera Valente^{a,c*}

^a Universidad Autónoma de Nayarit. Posgrado en Ciencias Biológico Agropecuarias, Tepic, Nayarit, México.

^b Universidad de Guanajuato. Programa de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Guanajuato, México.

^c Universidad Autónoma de Nayarit. Unidad Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Compostela Nayarit, México.

^d Universidad Autónoma de Chihuahua. Facultad de Zootecnia y Ecología, Chihuahua, Chih. México.

*Autor de correspondencia: franescalera@hotmail.com

Resumen:

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de la adición de DL-ácido málico en dietas de borregos Pelibuey en finalización sobre ganancia diaria de peso, características de la canal y componentes que no son parte de la canal. Se utilizaron 16 corderos machos de 27 ± 1.92 kg de peso vivo durante los 48 d de la prueba de alimentación. Los animales fueron alimentados con una dieta alta en energía que contenía rastrojo de maíz, como la única fuente de forraje, con y sin DL-ácido málico (MA). Los animales fueron asignados

al azar a uno de los dos tratamientos con 8 borregos cada uno: 1) 4 g de MA por kilogramo de alimento y 2) Control (sin MA). Cuatro borregos de cada tratamiento fueron sacrificados, después de la prueba de alimentación, para medir las características de la canal y los componentes que no son parte de la canal. Los borregos alimentados con MA presentaron una mayor ($P < 0.05$) área del músculo *Longissimus lumborum*. Sin embargo, no hubo efecto ($P > 0.05$) del MA sobre la ganancia diaria de peso y peso de los componentes que no son parte de la canal. En conclusión, la adición de 4 g de DL-ácido málico, en alimento con alto contenido energético, promueve el crecimiento muscular lo que mejora la calidad de la canal de los borregos en finalización.

Palabras clave: Acido málico, Comportamiento animal, Características de la canal.

Recibido: 30/03/2017

Aceptado: 08/05/2018

En muchas regiones del mundo, la producción de carne es el principal propósito⁽¹⁾ de las explotaciones de ovinos. Mientras que la calidad de la carne de ovino puede ser mejorada bajo sistemas de alimentación intensiva utilizando dietas altas en grano⁽²⁾, los costos del alimento y desórdenes ruminales, principalmente acidosis, los incrementan. Es necesario encontrar alternativas de estrategias de alimentación que mejoren la eficiencia de la utilización de la energía de las raciones y prevengan los desórdenes metabólicos. Existen estudios sobre el ácido málico (MA) que reportan su habilidad para estimular la utilización de lactato por *Selenomonas ruminantium*⁽³⁾, la cual puede representar el 51 % del total de bacterias viables en el rumen^(4,5). También, MA ha mostrado que incrementa el pH⁽⁶⁾, la proteína microbiana⁽³⁾ y la producción total de ácidos grasos volátiles⁽⁷⁾. Los incrementos del pH, el total de ácidos grasos volátiles y ácido propiónico han sido observados al utilizar grano de maíz molido y almidón soluble para alimentar a los microorganismos *in vitro*⁽⁸⁾ debido a que el hidrogeno es utilizado para convertir el ácido málico a propionato⁽⁹⁾; la disminución de la disponibilidad de hidrógeno reduce la producción de metano⁽¹⁰⁾.

Los resultados obtenidos de la suplementación con MA no son constantes⁽¹¹⁾. Las proporciones de forraje y concentrado en las raciones influye en el éxito de este aditivo⁽¹²⁾, con más resultados favorables con dietas con niveles más bajo de forraje⁽¹³⁾ en el cual MA está presente de manera natural^(14,15). Es limitada la investigación *in vivo* que se ha llevado a cabo para evaluar el efecto de MA sobre el comportamiento de los rumiantes^(9,16). Por lo tanto, los investigadores recomiendan más estudios para probar su efecto en el comportamiento de los ovinos⁽²⁾.

Respecto a la influencia de MA sobre las características de la canal, existe evidencia que incrementa el peso de la canal caliente por la mayor ganancia diaria de peso con la inclusión de ácido málico en el concentrado de corderos machos cruzados⁽¹⁷⁾, sin embargo, algunos autores no encontraron efecto en el peso de la canal de vaquillas⁽¹⁸⁾. Los autores de este estudio no encontraron información relacionada con los efectos del DL-ácido málico sobre el comportamiento productivo y características de la canal del Pelibuey, la cual es una raza de pelo.

El número de ovinos de razas de pelo se ha incrementado en varios países de América Latina por su facilidad de manejo y su resistencia a los parásitos⁽¹⁹⁾, temperatura y humedad ambiental elevadas. Sin embargo las razas de pelo han mostrado ganancias diarias y calidad de la carne menores que las razas de lana⁽²⁰⁾. Se debe resaltar que la demanda del consumidor por carne magra está incrementado⁽²¹⁾. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición DL- ácido málico en la dieta concentrada de finalización de corderos machos Pelibuey sobre la ganancia diaria de peso, características de la canal y componentes que no son parte de la canal.

Los procedimientos con animales vivos se realizaron de acuerdo a los lineamientos oficiales aprobados para el uso y cuidado de los animales (NOM-051-ZOO-1995; cuidado humanitario de los animales durante su movilización; NOM-062-ZOO-1995: Especificaciones técnicas para el cuidado y uso de animales de laboratorio, explotaciones ganaderas, granjas, centros de producción, reproducción y cría, zoológicos y exhibiciones que deben de cubrir los principios básicos de bienestar animal; NOM-024-ZOO-1995; cumplimiento de las estipulaciones de sanidad animal y las condiciones durante el transporte de los animales.

Este experimento se llevó a cabo en una granja comercial de ovinos Pelibuey denominada Los Limones, localizada en Nayarit, México (21° 03' 48.11" N y 104° 31' 34.76" W). Se utilizaron 16 corderos con un peso corporal promedio de 27 ± 1.92 kg. Los animales se dividieron al azar en dos grupos de ocho animales cada uno y se alojaron en jaulas elevadas con piso plástico de rejilla equipadas con sombras, comederos y bebederos automáticos. Cada grupo recibió uno de los dos tratamientos: 4 g de DL-ácido málico por kilo de alimento (MA) o control; la misma dieta del grupo MA pero sin el aditivo. El DL-ácido málico provino de la compañía Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA). Los animales se alimentaron *ad libitum* a las 0800 h todos los días. Los primeros siete días fueron de adaptación de los animales a las dietas experimentales seguidos de los 48 días de la prueba de alimentación. La composición y los ingredientes de las dietas experimentales se muestran en el Cuadro 1. La dieta basal se preparó cada semana la cual se dividió en dos partes para agregarle MA a una de éstas, mezclando MA en 20 kg de alimento antes de incorporarlo con el resto del alimento.

Cuadro 1: Ingredientes y composición química de las dietas experimentales¹

Ingrediente, %	Control²	MA²
Grano de maíz quebrado	12.48	12.43
Grano de sorgo	53.05	52.84
Pasta de canola	9.82	9.78
Pasta de soya	4.91	4.89
Melaza de caña	7.66	7.63
Rastrojo de maíz	6.48	6.46
Minerales	2.95	2.94
Calcio	0.98	0.98
Bicarbonato de sodio	0.69	0.68
Sebo	0.98	0.98
DL-ácido málico	-	0.39
Composición química, %		
Materia seca	88.70	89.09
Proteína cruda	14.01	13.95
EN g, Mcal/kg	1.14	1.13
EN m, Mcal/kg	1.77	1.76
Fibra cruda	4.12	4.10
Fibra detergente neutro	16.44	16.37
Fibra detergente ácido	5.76	5.74
Extracto etéreo	3.88	3.87

¹Expresado en base seca.

EN g = Energía neta de la ganancia.

EN m = Energía neta de mantenimiento.

La cantidad de alimento ofrecido a cada corral se ajustó para permitir un rechazo mínimo (<5 %) en el comedero. Los ajustes diarios se llevaron a cabo incrementando o disminuyendo el alimento ofrecido y se registró el consumo de alimento por semana. Se tomó una muestra del alimento ofrecido por semana para la determinación del contenido de materia seca (método 930,15) de acuerdo con el AOAC⁽²²⁾.

El peso corporal inicial y final de los animales se obtuvo después de la alimentación utilizando una báscula electrónica (TOR REY TIL/S:107-2691, TORREY electronics Inc, Houston TX, USA). Las ganancias de peso corporal se obtuvieron sustrayendo el peso inicial del peso final, mientras que las ganancias promedio diarias de peso fueron calculadas dividiendo la ganancia de peso entre el número de días entre el número de días transcurridos entre los pesajes.

Cuatro corderos de cada tratamiento fueron sacrificados en un rastro para ovinos (Asociación de Ovinocultores del Centro de Nayarit) después de la prueba de alimentación. Después del sacrificio se registró el peso de la canal caliente. Las canales se cubrieron con plástico para evitar pérdidas del enfriado y se refrigeraron por 24 h a -4 °C. Las canales se cortaron entre la doceava y treceava costilla y el grosor de la grasa dorsal

se midió con una regla métrica metálica. El músculo *Longissimus lumborum* se dibujó en un acetato para después medir el área del músculo con una plantilla plástica.

Los datos se analizaron utilizando un diseño completamente al azar. La significancia de las diferencias ($P < 0.05$) entre las medias de los tratamientos se determinaron utilizando la prueba de t-student para muestras independientes con el paquete estadístico SPSS⁽²³⁾.

El comportamiento productivo de los corderos en finalización se muestra en el Cuadro 2. En este estudio, los corderos suplementados con DL-ácido málico (MA) presentaron similares ($P > 0.05$) ganancias diarias de peso, consumo de alimento, eficiencia alimenticia y pesos corporales iniciales y finales comparados con los que no recibieron el aditivo.

Cuadro 2: Comportamiento productivo de corderos Pelibuey en finalización

Variable	Control ¹	MA	SEM	P
Días, n	48	48		
Corderos, n	8	8		
Peso inicial, kg	27.80	25.90	1.92	0.69
Peso final, kg	38.25	38.50	0.94	0.75
CMS, g/d	983	1022	64.75	0.69
GDP, g/d	218	263	58.05	0.87
EF, g/g	0.233	0.247	0.6	0.89

¹ Control = sin suplementación con DL-ácido málico.

MA= 4 g de DL-ácido málico /kg de alimento; SEM= Desviación estándar de la media.
CMS= Consumo de material seco; GDP= Ganancia diaria de peso; EF= eficiencia alimenticia.

La influencia de MA sobre las características de la canal de los corderos se muestra en el Cuadro 3. La adición del ácido málico en la dieta de finalización no alteró ($P > 0.05$) el peso de la canal caliente, grosor de la grasa dorsal (FT) o rendimiento de la canal. El área del músculo *Longissimus* (LMA) fue mayor ($P < 0.01$) en los animales suplementados, mientras que MA no afectó los componentes que no son parte de la canal (Cuadro 4).

Cuadro 3: Características de la canal de corderos Pelibuey en finalización

Variable	Control ¹	MA	SEM	P-value
PCC, kg	21.5	21.3	0.67	0.87
RCC ² , %	56.2	55.3	0.81	0.23
ALL, cm ²	11.8	13.0	0.42	0.002
Grosor de la grasa, cm	0.105	0.125	0.03	0.67

¹ Control = sin suplementación con DL-ácido málico.

MA= 4 g de DL-ácido málico /kg de alimento; SEM= Desviación estándar de la media.

PCC= peso de la canal caliente; ALL= área del músculo *Longissimus lumborum*.

² Rendimiento de la canal caliente = (PCC/peso final)*100.

Cuadro 4: Componentes que no son parte de la canal de corderos Pelibuey en finalización

Variable ¹	Control ²	MA	SEM	P-value
Piel	11.04	12.16	0.52	0.08
Patas	2.15	2.19	0.66	0.77
Corazón	0.48	0.51	0.05	0.60
Hígado	2.25	2.26	0.15	0.92
Pulmones	1.99	2.01	0.90	0.15
Bazo	0.30	0.38	0.01	0.06

¹ Expresado como porcentaje del peso final.

² Control= sin suplementación con DL-ácido málico.

MA= 4 g de DL-ácido málico /kg de alimento; SEM= Desviación estándar de la media.

El consumo de alimento fue similar entre tratamientos, 0.983 and 1.022 kg con el control y MA, respectivamente. Los resultados de otros autores muestran que el ácido málico no altera el consumo de materia seca de los corderos en finalización⁽²⁾, borregas lactantes Pelibuey⁽²⁴⁾, cabras lecheras⁽¹⁵⁾, vacas lecheras^(8,25,26) y ganado de engorda⁽²⁷⁾. Algunos autores mencionan que dosis de MA menores del 2.6 % no afectan el consumo de materia seca⁽²⁸⁾. En este experimento, se evaluó el nivel de 0.4 % porque dosis similares fueron usadas en investigación previa con la misma raza^(2,24) y con razas diferentes⁽¹¹⁾.

Las ganancias diarias de peso observadas con MA corresponden al promedio de ganancia de corderos Pelibuey alimentados con dietas altas en energía^(29,30). La ausencia de efecto de MA sobre la ganancia de peso en este experimento coincide con otros trabajos sobre la suplementación de MA en corderos^(11;31) y becerros⁽⁸⁾ alimentados con dietas altas en concentrado. Sin embargo, algunos estudios han reportado efecto positivo de MA sobre la ganancia diaria de peso de ganado alimentado con dietas con niveles altos de concentrado⁽¹⁶⁾. El contenido en las plantas varía con la edad (madura < joven) y tipo de planta (gramínea < leguminosa)⁽³²⁾. Por lo tanto, se esperaba un aumento significativo de

peso, ya que los corderos se alimentaron con una dieta alta en concentrado que contenía rastrojo de maíz (con un contenido bajo de malato) como la única fuente de forraje. La incorporación de DL-malato en fermentaciones de almidón soluble y maíz quebrado con mezclas de microorganismos ruminales ha modificado el pH, CH₄ y ácidos grasos volátiles de una forma análoga al efecto de los ionoforos⁽³³⁾. Sin embargo, de acuerdo con este experimento, otros factores tales como el número de días en alimentación puede influir sobre el efecto del MA, no solo la proporción de forraje o tipo de grano se deben usar como criterio para obtener efectos positivos de este aditivo sobre la ganancia de peso. El grado al que MA influye sobre la ganancia puede depender de la composición de la dieta⁽¹¹⁾, como el tipo de grano, dosis, la forma química del malato (sal o ácido libre) o la etapa de producción del animal⁽⁸⁾. Niveles de MA entre 0.6 y 1.1 % ha mejorado la ganancia de novillos con dietas altas en energía a base de maíz⁽³⁴⁾. También, la ganancia se ha incrementado linealmente cuando DL-malato se ha agregado a dietas energéticas con maíz roado⁽¹⁶⁾. Este estudio utilizó un nivel menor al 0.06 %⁽³⁴⁾ debido a que se obtuvieron resultados favorables en un experimento previo con hembras Pelibuey alimentadas con una dieta similar⁽²⁴⁾. Probablemente se hubieran encontrado diferencias significativas si el experimento de alimentación se hubiera prolongado, ya que la diferencia entre los tratamientos tendió a ser mayor con los días del experimento. Sin embargo, en la región de México donde se llevó a cabo el presente trabajo, el consumidor busca canales magras, prefiere animales con un peso final entre 35 y 40 kg.

El peso de la canal caliente y el porcentaje de rendimiento no fueron influenciados por la suplementación con MA. De igual manera, algunos investigadores reportaron efecto nulo del MA sobre el rendimiento de la canal y el peso de la canal caliente y fría cuando adicionaron las dietas de corderos Merino con 0.4 y 0.8 % de MA⁽¹¹⁾.

La suplementación con MA a corderos en finalización incrementó ($P=0.002$) el área de musculo *L. lumbrorum* (LMA). Mayores LMA se asocian aumentos de rendimientos y de cortes de la canal⁽³⁵⁾. La suplementación con malato ha incrementado la retención de nitrógeno en borregos y novillos⁽³⁴⁾. El mayor crecimiento muscular puede ser atribuido al incremento de la producción de proteína microbiana^(3,36), o a la alta disponibilidad de propionato por la adición de MA que se deriva del aprovechamiento del H₂ reduciendo la metanogénesis en el rumen^(7,37). Niveles altos de nitrógeno y propionato en el rumen podrían incrementar la talla muscular por la mayor deposición de nitrógeno y por la mayor biodisponibilidad de alanina producida por el metabolismo del propionato a través de la gluconeogénesis en el rumen⁽³⁸⁾. Además, las mayores cantidades de propionato conducen a la hipertrofia de los adipocitos intramusculares⁽³⁹⁾ y musculo del bovino⁽⁴⁰⁾. La utilización del propionato, como precursor primario de la gluconeogénesis para la energía de producción, ha sido documentada para la producción de leche, principalmente. Se ha encontrado un efecto significativo de MA sobre la producción de proteína en leche en borregas Pelibuey⁽²⁴⁾ en lactación temprana y vacas lecheras⁽²⁸⁾ en lactación temprana y media⁽²⁵⁾. Este efecto puede ser atribuido al incremento de la eficiencia microbiana que resulta del mayor uso de carbohidratos para la producción de N microbiana⁽²⁵⁾. Sin embargo, el propionato también podría ser utilizado para incrementar la ganancia de

músculo, por lo observado en el presente estudio. Además, el porcentaje de cada tejido puede variar considerablemente entre las canales de un mismo peso, dependiendo de la raza y tipo de alimentación⁽⁴¹⁾.

El grosor de la grasa dorsal (FT) no fue diferente entre los tratamientos. Probablemente MA no afectó FT de los borregos Pelibuey porque las razas de pelo depositan pequeñas cantidades de grasa subcutánea⁽⁴²⁾ y, más importante, porque los animales se sacrificaron jóvenes, cuando la deposición de grasa en los adipocitos subcutáneos preformados no está completa. En este caso, las cantidades más altas de propionato ruminal y subsecuentemente glucosa en el tejido, no promueve la formación de adipocitos subcutáneos como sucede con los adipocitos intramusculares⁽³⁹⁾. En general, la grasa corporal incrementa conforme el peso al sacrificio es mayor^(43,44). Se han reportado grosores más anchos de grasa subcutánea en corderos Pelibuey con pesos finales más pesados (>43 kg)⁽⁴⁵⁾.

El crecimiento del músculo liso no fue afectado por la suplementación con MA, ya que los componentes que no son parte de la canal, expresados como porcentaje de peso corporal final, fueron similares entre ambos tratamientos. Estos resultados de la investigación están de acuerdo con otros autores, que encontraron aumentos similares en el tejido esplácnico total en la fase de finalización que fueron consistentes con las tasas de ganancia de peso vivo y de la canal observadas en otros estudios⁽⁴⁶⁾. Existe una relación negativa entre los residuos de la canal (órganos y despojos) y el rendimiento de la canal⁽⁴⁷⁾. Por lo tanto, serían necesarias mayores diferencias en la ingesta de nutrientes para influir en el peso de los órganos⁽⁴⁸⁾.

La suplementación con ácido DL-málico (4 g por kilogramo de alimento) en corderos Pelibuey en finalización no mejora significativamente la ganancia diaria promedio. Si bien la suplementación con ácido DL-málico mejora el área muscular de *Longissimus*, no afecta los componentes que no son de la canal. Un área muscular *Longissimus* más grande podría tener un impacto económico positivo ya que implica una mayor proporción muscular.

Agradecimientos

Este trabajo fue realizado gracias al financiamiento de CONACyT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología) al proyecto # 147693.

Literatura citada:

1. König EZ, Ojango JMK, Audho J, Mirkena T, Strandberg E, Okeyo AM, *et al.* Live weight, conformation, carcass traits and economic values of ram lambs of Red Maasai and Dorper sheep and their crosses. *Trop Anim Health Prod* 2017;(49):121-129.
2. González-Momita MI, Kawas JR, García-Castillo R, González-Morteo C, Aguirre-Ortega J, Hernández-Vidal G, *et al.* Nutrient intake, digestibility, mastication and ruminal fermentation of Pelibuey lambs fed finishing diets with ionophore (monensin lasalocid) and sodium malate. *Small Ruminant Res* 2009;(83):1-6.
3. Evans J, Martin SA. Factors affecting lactate and malate utilization by *Selenomonas ruminantium*. *Appl Environ Microbiol* 1997;(63):4853-4858.
4. Caldwell DR, Bryant MP. Medium without rumen fluid for nonselective enumeration and isolation of rumen bacteria. *Appl Microbiol* 1966;(14):794-801.
5. Nisbet DJ, Martin SA. Effect of a *Saccharomyces cerevisiae* culture on lactate utilization by the ruminal bacterium *Selenomonas ruminantium*. *J Anim Sci* 1991;(69):4628-4633.
6. Callaway TR, Martin SA. Effects of organic acid and monensin treatment on in vitro mixed ruminal microorganism fermentation of cracked corn. *J Anim Sci* 1996;(74):1982-1989.
7. Kung LJr, Huber JT, Krummrey JD, Allison L, Cook RM. Influence of adding malic acid to dairy cattle rations on milk production, rumen volatile acids, digestibility, and nitrogen utilization. *J Dairy Sci* 1982;(65):1170-1174.
8. Khampa S, Wanapat M. Supplementation of urea level and malate in concentrate containing high cassava chip on rumen ecology and milk production in lactating cows. *Pak J Nutr* 2006;(5):530-535.
9. Castillo C, Benedito JL, Pereira V, Vazquez P, Lopez AM, Mendez J, *et al.* Malic acid supplementation in growing/finishing feedlot bull calves: Influence of chemical form on blood acid-base balance and productive performance. *Anim Feed Sci Tech* 2007;(135):222-235.
10. Sarkar S, Mohini M, Nampoothiri VM, Mondal G, Pandita S. Effect of tree leaves and malic acid supplementation to wheat straw based substrates on *in vitro* rumen fermentation parameters. *Indian J Anim Nutr* 2016;(33):421-426.
11. Carro MD, Ranilla MJ, Giraldez FJ, Mantecon AR. Effects of malate on diet digestibility, microbial protein synthesis, plasma metabolites, and performance of growing lambs fed a high-concentrate diet. *J Anim Sci* 2006;(84):405-410.

12. Sirohi SK, Pandey P, Sinhi B, Goel N, Mohini M. Effect of malic acid supplementation on rumen fermentation, digestibility and methanogenesis in wheat straw sorghum based total mixed diets *in vitro*. Indian J Anim Sci 2012;(82):1038-1045.
13. Foley PA, Kenny DA, Lovett DK, Callan JJ, Boland TM, O Mara FP. Effect of DL-malic acid supplementation on feed intake, methane emissions, and performance of lactating dairy cows at pasture. J Dairy Sci 2009;(92):3258-3264.
14. Muck RE, Wilson RK, O'Kiely P. Organic acid content of permanent pasture grasses. Irish J Agr Res 1991;(30):143-152.
15. Salama AAK, Caja G, Gardin D, Albanell E, Such X, Casals R. Effects of adding a mixture of malate and yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on milk production of Murciano-Granadina dairy goats. Anim Res 2002;(51):295-303.
16. Martin SA, Streeter MN, Nisbet DJ, Hill GM, Williams SE. Effects of DL- malate on ruminal metabolism and performance of cattle fed a high concentrate diet. J Anim Sci 1999;(77):1008-1015.
17. Díaz-Royón F, Arroyo JM, Alvir MR, Sánchez S, González J. Effects of protein protection with orthophosphoric or malic acids and heat on fattening lamb diets. Small Ruminant Res 2016;(134):58-61.
18. Carrasco C, Medel P, Fuentetaja A, Ranilla MJ, Carro MD. Effect of disodium/calcium malate or *Saccharomyces cerevisiae* supplementation on growth performance, carcass quality, ruminal fermentation products, and blood metabolites of heifers. J Anim Sci 2016;(94):4315-4325.
19. Avendaño-Reyes L, Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Águila-Tepato E, Torrentera-Olivera NG, Soto-Navarro SA. Effects of zilpaterol hydrochloride on growth performance, carcass characteristics, and wholesale cut yield of hair-breed ewe lambs consuming feedlot diets under moderate environmental conditions. J Anim Sci 2011;(89):4188-4194.
20. Notter DR. Potential for hair sheep in the United States. J Anim Sci 2000;(77):1-8.
21. Dwyer CM, Lawrence AB, Bishop SC. The effects of selection for lean tissue content on maternal and neonatal lamb behaviors in Scottish Blackface sheep. Anim Sci 2001;(72):555-571.
22. AOAC. Official Methods of Analysis. 17th ed. Washington, DC, USA: Association of Official Analytical Chemists. 2000.
23. SPSS. Statistical Package for the Social Sciences for Windows (Version 20.0). Armonk, NY: IBM Corp. 2011.

24. Martínez-González S, Escalera-Valente F, Gómez-Danés AA, Plascencia A, Loya-Olguin JL, Ramírez-Ramírez JC, *et al.* Influence of levels of DL-malic acid supplementation on milk production and composition in lactating Pelibuey ewes and pre-weaning weight gain of their suckling kids. *J Appl Anim Res* 2015;(43):92-96.
25. Sniffen CJ, Ballard CS, Carter MP, Cotanch KW, Dann HM, Grant RJ, *et al.* Effects of malic acid on microbial efficiency and metabolism in continuous culture of rumen contents and on performance of mid-lactation dairy cows. *Anim Feed Sci Technol* 2006;(127):13-31.
26. Khampa S. Effects of malate level and cassava hay in high-quality feed block on rumen ecology and digestibility of nutrients in lactating dairy cows raised under tropical condition. *Int J Livest Prod* 2009;(1):6-11.
27. Montaña MF, Chai W, Zinn-Ware TE, Zinn RA. Influence of malic acid supplementation on ruminal pH, lactic acid utilization, and digestive function in steers fed high-concentrate finishing diets. *J Anim Sci* 1999;(77):780-784.
28. Wang C, Liu Q, Yang WZ, Dong Q, Yang XM, He DC, *et al.* Effects of malic acid on feed intake, milk yield, milk components and metabolites in early lactation Holstein dairy cows. *Livest Sci* 2009;(124):182-188.
29. Macías-Cruz U, Álvarez-Valenzuela FD, Rodríguez-García J, Correa-Calderón A, Torrentera-Olivera NG, Molina-Ramírez L, *et al.* Crecimiento y características de canal en corderos Pelibuey puros y cruzados F1 con razas Dorper y Katahdin en confinamiento. *Arch Med Vet* 2010;(42):147-154.
30. Plata FX, Hernandez PA, Mendoza GD, Martínez JA. Efecto de una α amilasa (ec 3.2.1.1) en el patrón de consumo y eficiencia productiva de corderos alimentados con una dieta alta en concentrado. *Arch Med Vet* 2015;(47):161-166.
31. Aksu ED, Sahin T, Kaya I, Unal Y. Effects of supplementation with different amounts of malic acid to Tuj lambs diets on fattening performance, rumen parameters and digestibility. *Rev Med Vet* 2012;(2):70-75.
32. Callaway TR, Martin SA, Wampler JL, Hill NS, Hill GM. Malate content of forage varieties commonly fed to cattle. *J Dairy Sci* 1997;(80):1651-1655.
33. Martin SA. Manipulation of ruminal fermentation with organic acids: a review. *J Anim Sci* 1998;(76):3123-3132.
34. Sanson DW, Stallcup OT. Growth response and serum constituents of Holstein bulls fed malic acid. *Nutr Rep Int* 1984;(30):1261-1267.
35. Shackelford SD, Cundiff LV, Gregory KE, Koohmaraie M. Predicting beef carcass cutability. *J Anim Sci* 1995;(73):406-413.

36. Khampa S, Wanapat M, Wachirapakorn C, Nontaso N, Wattiaux MA, Rowilson P. Effect of Levels of Sodium DL-malate Supplementation on Ruminal Fermentation Efficiency of Concentrates Containing High Levels of Cassava Chip in Dairy Steers. *Asian Australasian J Anim Sci* 2006;(19):368–375.
37. Khampa S, Chaowarat P, Singhalert R, Wanapat M. Manipulation of rumen ecology by yeast and malate in dairy heifer. *Pak J Nutr* 2009;(8):787-791.
38. Ortigues I, Visseiche AL. Whole-body fuel selection in ruminants: nutrient supply and utilization by major tissues. *P Nutr Soc* 1995;(54):235–251.
39. Wan R, Du J, Ren L, Meng Q. Selective adipogenic effects of propionate on bovine intramuscular and subcutaneous preadipocytes. *Meat Sci* 2009;(82):372–378.
40. Hosseini A, Behrendt C, Regenhard P, Sauerwein H, Mielenz M. Differential effects of propionate or β -hydroxybutyrate on genes related to energy balance and insulin sensitivity in bovine white adipose tissue explants from a subcutaneous and a visceral depot. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 2012;(96):570-580.
41. Ríos-Rincón FG, Bernal BH, Cerrillo SMA, Estrada AE, Juárez RAS, Obregon JF, *et al.* Carcass characteristics, primal cuts yields and tissue composition of Katahdin x Pelibuey lambs fed cull-chickpeas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2012;(3):357-371.
42. Castellanos-Ruelas AF. Técnicas para estimar la composición corporal. En: *Técnicas de Investigación en Rumiología*. Primera ed. México DF. México. Consultores en producción animal. 1990:257-267.
43. Owens FN, Gill DR, Secrist DS, Coleman SW. Review of some aspects of growth and development of feedlot cattle. *J Anim Sci* 1995;(73):3152-3172.
44. Partida PJA, Martínez RL. Body composition in Pelibuey lambs in terms of feed energy concentration and slaughter weight. *Vet México* 2010;(41):177-190.
45. Ríos-Rincón FG, Estrada-Angulo A, Plascencia A, López-Soto MA, Castro-Pérez BI, Portillo-Loera JJ, *et al.* Influence of protein and energy level in finishing diets for feedlot hair lambs: growth performance, dietary energetics and carcass characteristics. *Asian Austral J Anim Sci* 2014;(27):55-61.
46. Hersom MJ, Krehbiel CR, Horn GW, Hersom MJ, Horn GW, Krehbiel CR, *et al.* Effect of live weight gain of steers during winter grazing: II. Visceral organ mass, cellularity, and oxygen consumption. *J Anim Sci* 2004;(82):184-197.
47. Ruiz-Ramos J, Chay-Canul AJ, Ku-Vera JC, Magaña-Monforte JG, Gómez-Vázquez A, Cruz-Hernández A, *et al.* Carcass and non-carcass components of pelibuey ewes subjected to three levels of metabolizable energy intake. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 2016;(3):21-31.

48. Martins SR, Chizzotti ML, Yamamoto SM, Rodrigues RTS, Busato KC, Silva TS. Carcass and non-carcass component yields of crossbred Boer and Brazilian semiarid indigenous goats subjected to different feeding levels. *Trop Anim Health Prod* 2014;(46):647-653.