



Respuesta productiva, características de la canal y calidad de la carne de ovinos alimentados con niveles crecientes de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*



Miguel Ángel Zarza-Albarrán ^a

Agustín Olmedo-Juárez ^{b*}

Pedro Mendoza- de Gives ^b

Jaime Ancelmo-Mondragón ^a

Javier Arece-García ^c

Francisca Aviles-Nova ^a

Benito Albarrán-Portillo ^a

Rolando Rojo-Rubio ^{a*}

^a Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, km 67.5. Carretera Federal Toluca-Tejupilco, Temascaltepec, 51300, Estado de México. México.

^b Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Forestales y Pecuarias. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Salud Animal e Inocuidad. Morelos, México.

^c Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Universidad de Matanzas, Central España Republicana, Matanzas, Cuba.

*Autor de correspondencia: olmedo.agustin@inifap.gob.mx; aolmedoj@gmail.com

Resumen:

La presente investigación evaluó la respuesta productiva, características de la canal y calidad de la carne de ovinos alimentados con niveles crecientes de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana* (FSTAf). Se utilizaron 32 ovinos (20 ± 2.5 kg y edad de 70 ± 15 días). Se evaluaron cuatro niveles de FSTAf (T0=0.0, T1=1.5, T2=3.0 y T3=4.5 %). Se evaluó el crecimiento (21 días) y finalización (49 días). Se midió el peso vivo inicial y

final (PVI y PVF), consumo de materia seca (CMS), ganancia diaria y total de peso (GDP y GTP) y eficiencia alimenticia (EA). En el día 70, los animales se sacrificaron para determinar las características de la canal (CCa), morfometría de la canal (MCA), peso de cortes primarios (PCPr), pesos de vísceras (PVi) y parámetros de calidad de la carne (CCr). La adición de FSTAf no afectó el CMS, tuvo efecto positivo sobre la GDP y GTP en la etapa de crecimiento ($P < 0.05$). Durante la finalización no se encontraron diferencias ($P > 0.05$) en las variables productivas. Los PCPr resultaron diferentes ($P < 0.05$) entre sí, T1 y T3 registraron los mayores pesos en lomo y cuello, respectivamente. Los CCr, muestran diferencias significativas sobre la fuerza de corte y capacidad de retención de agua a las 24 y 72 h. En el T1 se observó mejor terneza en la carne y en el T3 se observó una mayor pérdida de agua y mayor fuerza al corte. Se concluye que FSTAf mejora la ganancia de peso y el rendimiento de los cortes primarios.

Palabras clave: Ovinos, Inocuidad, Calidad de carne, Huizache.

Recibido: 13/10/2022

Aceptado: 28/06/2024

Introducción

En la actualidad, los sistemas intensivos de producción ovina se ven afectados, debido al incremento en el costo de los insumos utilizados en la alimentación, como los ingredientes energéticos (maíz y sorgo) y proteínicos tales como soya y canola⁽¹⁾; situación que repercute en los costos de producción de los sistemas ovinos a pequeña escala⁽²⁾. Ante esta situación, es necesario incorporar estrategias nutricionales que disminuyan el uso de insumos externos, como es el uso de recursos forrajeros locales provenientes de árboles⁽³⁾ y arbustos leguminosos, los cuales tienen propiedades nutraceuticas (proteína y compuestos bioactivos) que a bajas concentraciones (50 g/kg de MS) en la dieta se podría mejorar la respuesta productiva de los animales. Las plantas forrajeras que presentan dentro de su materia seca alta concentración de taninos condensados, flavonoides, saponinas, compuestos órgano sulfurados y aceites esenciales tienen la capacidad de modificar favorablemente la fermentación ruminal disminuyendo la oxidación de los aminoácidos⁽⁴⁾, acción antimicrobiana sobre algunos microorganismos intestinales, mejorar la salud intestinal y por consecuencia la absorción de nutrientes, aumento de la producción de ácido propiónico⁽⁵⁾, aumento de la palatabilidad de los alimentos y estímulo de la ingestión al disminuir la oxidación de los lípidos⁽⁶⁾. Aunado a esto estas plantas son capaces de seguir produciendo biomasa en condiciones de bajo contenido de humedad en el suelo⁽⁵⁾. *Acacia farnesiana* es una leguminosa arbustiva distribuida en climas tropicales y subtropicales de México, y una de sus mejores bondades agronómicas adaptativas es que es una de las primeras plantas que aparece en los suelos, una vez que los mismos han sido degradados por actividades antropogénicas, dando lugar a la

sucesión ecológica a plantas más exigentes en nutrientes⁽⁷⁾. Esta especie vegetal representa una fuente de nutrientes principalmente de origen proteico (hasta 20 % de PC)⁽⁸⁾ y alta digestibilidad de la materia orgánica⁽⁷⁾; sus frutos son ricos en metabolitos secundarios (taninos condensados, flavonoides y compuestos polifenólicos), compuestos químicos que benefician la salud animal, al mejorar su rendimiento productivo y calidad de la carne⁽⁸⁻¹³⁾. Así mismo, se ha reportado que algunos metabolitos secundarios presentes en *A. farnesiana* tales como flavonoides y taninos contienen propiedades antimicrobianas, antiinflamatorios, antioxidantes y antihelmínticas⁽¹¹⁻¹⁶⁾. Existen evidencias que al adicionar niveles de inclusión de hasta 12 % de frutos secos de *A. farnesiana* en dietas (base seca) para ovinos no se afectan los parámetros productivos⁽⁷⁾. Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue evaluar la inclusión de niveles crecientes en función de la cantidad de una fracción orgánica (F-AcOEt) presentes en frutos secos triturados de *A. farnesiana* en la alimentación ovinos durante el crecimiento y finalización en corral sobre los parámetros productivos, características de la canal, cortes primarios, calidad de la canal y cambios de peso en vísceras.

Material y métodos

Sitio experimental

El estudio se realizó en la Unidad Metabólica del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, localizado a 19° 2' 40" N y -100° 2' 42" O, a 1,800 msnm, en Temascaltepec de González, Estado de México, México. Con presencia de lluvias en verano y temperatura media anual de 18 °C⁽¹⁷⁾.

Material vegetal

Frutos maduros de *A. farnesiana* se colectaron en siete localidades diferentes (7 arbustos por sitio) en el municipio de Tejupilco (latitud 18°90' 58" N y longitud -100°15'27" O), en la zona sur poniente del Estado de México, México, durante la primavera. Los frutos se colectaron entre las 0600 a 0700 h y se trasladaron al Laboratorio de Nutrición Animal del Centro Universitario UAEM Temascaltepec, donde se secaron a la sombra hasta alcanzar peso constante y posteriormente se molieron en un molino de martillos (New Holland, 2315) a un tamaño de partícula de 5 mm. La actividad antihelmíntica e identificación de los principales metabolitos secundarios del material vegetal usado en el presente estudio fue previamente reportado en anteriores trabajos de investigación^(14,15).

Animales y alimentación

Se utilizaron 32 ovinos machos cruzados (Katahdin x Charollais; PV 20 ± 2.5 kg y edad 70 ± 15 días), a su llegada a la Unidad Metabólica del Centro Universitario UAEM-Temascaltepec, se pesaron para agruparlos de acuerdo a su peso de mayor a menor y formar ocho bloques homogéneos de cuatro animales cada uno. Cada animal se alojó en

una corraleta individual (0.8 x 1 m) la cual estaba equipada con comedero y bebedero. En cada bloque los tratamientos se asignaron de manera aleatoria. Posterior a esto, los ovinos recibieron intramuscularmente un mililitro de complejo vitamínico ADE (Vigantol ®), equivalente a 250,000 UI de vitamina A, 37,500 UI de vitamina D3 y 25 mg de vitamina E y 2.5 ml de bacterina de 8 vías (BOBACT 8 ®) para la prevención de clostridiosis y neumonías.

Todos los animales recibieron dietas experimentales (Cuadro 1) para la etapa de crecimiento (15 % PC y 2.9 Mcal/kg) y otra para finalización (14 % de PC y 3.0 Mcal/kg), de acuerdo a sus requerimientos nutricionales⁽¹⁸⁾. A ambas dietas se les realizó el análisis químico proximal⁽¹⁹⁾ y fraccionamiento de fibras⁽²⁰⁾ (Cuadro 2). La dieta se suministró a tres frecuencias: 0700, 1300 y 1900 h, bajo la siguiente proporción 30, 30 y 40 %. A todos los animales se les alimentó durante todo el experimento considerando su consumo voluntario, recibieron agua limpia y fresca a voluntad.

Cuadro 1: Dietas experimentales para ovinos en crecimiento y finalización adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Ingredientes (%)	Crecimiento				Finalización			
	¥Testigo	T1	T2	T3	¥Testigo	T1	T2	T3
Maíz rolado	37.8	37.1	36.3	35.3	50.0	50.0	50.0	50.0
Pasta de soya	9.0	9.0	9.0	9.0	7.0	7.0	7.0	7.0
Pasta de canola	6.0	6.0	6.0	6.0	7.5	7.5	7.5	7.5
Sorgo entero	9.0	9.0	9.0	9.0	9.3	8.5	7.5	6.5
FSTAf [¥]	0.0	1.5	3.0	4.5	0.0	1.5	3.0	4.5
Melaza	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0
Urea	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Heno de alfalfa	22.5	21.7	21	20.5	10.0	9.3	8.8	8.3
Rastrojo de maíz	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
Premezcla mineral	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
Carbonato de calcio					0.5	0.5	0.5	0.5
Sal común	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2

¥ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, ¥FSTAf, frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*.

Cuadro 2: Composición química (%) de dietas experimentales y de los frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Nutriente (%)	Crecimiento			Finalización				A. <i>farnesiana</i>	
	‡Testigo	T1	T2	T3	‡Testigo	T1	T2		T3
MS	91.89	91.99	91.95	91.84	91.65	91.39	91.64	91.03	87.54
PC	15.17	15.45	15.35	15.06	14.32	14.04	14.12	14.08	12.52
EE	3.81	3.85	3.38	3.96	4.06	4.36	4.14	4.04	3.27
FDN	25.08	29.31	33.06	34.62	19.12	20.08	20.46	22.37	38.80
FDA	21.25	24.86	26.67	28.76	16.31	17.43	16.87	18.46	34.22
MO	89.80	90.20	90.05	90.20	91.10	91.40	91.10	90.60	91.30
Minerales	10.20	9.80	9.95	9.80	8.90	8.60	8.90	9.40	8.70

‡ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta; MS= materia seca, PC= proteína cruda, EE= extracto etéreo, FDN= fibra detergente neutro, FDA= fibra detergente ácido; MO= materia orgánica.

Prueba experimental

La prueba de alimentación duró 80 días, de los cuales 10 fueron de adaptación al corral y dietas; y se realizaron dos periodos experimentales, etapa de crecimiento por 21 días y finalización por 49 días de alimentación. Los tratamientos fueron diferentes niveles de frutos secos triturados de *A. farnesiana* (FSTAf): Testigo: 0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 %, de la dieta basal (BS) tanto en crecimiento como en finalización. Para los niveles de inclusión de los FSTAf fueron basados considerando los compuestos bioactivos de una fracción orgánica (F-AcOEt), usando el mismo lote de vainas a las del presente estudio. Los compuestos químicos específicos dentro de tal fracción fueron: ácido gálico, etil galato, naringina y naringenina⁽¹⁵⁾. El rendimiento de la F-AcOEt fue del 3.75 % lo que equivalió a 562, 1,125 y 1,687 mg de F-AcOEt en T1, T2 y T3; respectivamente.

Evaluación de la respuesta productiva

Después de los 10 días de adaptación a las corraletas y alimentación individual, los animales se pesaron durante tres días consecutivos (previo ayuno) para conocer el peso vivo inicial (PVI), posteriormente se pesaron al día 21 (fase de crecimiento) y día 70 (periodo de finalización). Durante toda la fase experimental se registró el consumo de materia seca, ganancia de peso total, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y eficiencia alimenticia.

Variables *post mortem*

Al día 70 del periodo experimental los animales se trasladaron a un rastro particular del municipio de Capulhuac, Estado de México, para sacrificarlos de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014 y Colomer-Rocher *et al*⁽²¹⁾. Se registró el peso vivo (PV) de los animales a la salida de la granja y llegada al rastro, para estimar el rendimiento en granja (rendimiento en granja, % = (PV llegada en rastro, kg/PV salida a granja, kg)*100. Doce (12) horas después de la llegada al rastro se sacrificaron, registrando previamente el PV,

para determinar el rendimiento comercial (%)= (canal caliente, kg/PV al sacrificio, kg)*100

Vísceras y subproductos

Una vez sacrificado el animal, se registró peso de la sangre, piel, cabeza y patas, vísceras rojas (corazón, hígado, pulmones y tráquea) y vísceras verdes vacías (rumen, retículo, omaso y abomaso, intestinos grueso y delgado). También se registró el peso de algunos órganos del sistema reproductor (testículos y pene), así como el peso de la grasa interna total de la cavidad torácica y abdominal.

Características y calidad de la canal

A los 45 min *post mortem* se registró el peso de la canal caliente (báscula digital portátil, Rhino), pH y temperatura (potenciómetro marca Hanna) del músculo *Longissimus thoracis* entre 12.^a y 13.^a costilla⁽²²⁾. Después la canal se llevó a la cámara fría (4 °C) y a las 24 h se registró el peso de la canal fría, pH y temperatura. Se midió el color del músculo *Pectoralis profundus* y color de la grasa superficial del músculo *Gluteus medius*, dicha variable fue evaluada por el sistema L* (luminosidad), a* (rojizo) y b* (amarillento)⁽²³⁾ con un colorímetro Minolta (Chroma Metro CR-200, Minolta Camera C., Osaka, Japón)⁽²²⁾. También se midieron los grados GR, que indica la profundidad total del tejido (mm) entre la superficie de la canal y la costilla, sobre la región de la 12.^a costilla y en un punto de 11 cm de la línea media; este indicador estima la grasa subcutánea: escasa o nula cobertura de grasa (GR de 0 a 4 mm), moderada cobertura de grasa (GR de 5 a 9 mm), abundante cobertura de grasa (GR de 10 a 15 mm), excesiva cobertura de grasa (GR >15 mm)⁽²⁴⁾. Entre la 12.^a y 13.^a costilla, se determinó el área del músculo *Longissimus thoracis*; el área bajo la chuleta, se midió en la 12.^a costilla mediante el uso de una rejilla de plástico o trazando el ojo en papel acetato y a continuación, utilizando una cuadrícula (GRID-USDA) para determinar el área en centímetros⁽²⁵⁾.

Características morfométricas y cortes primarios de la canal

Utilizando la metodología de Cañeque *et al*⁽²²⁾ y Colomer-Rocher *et al*⁽²¹⁾ se midió (cinta métrica) la longitud de la canal, perímetro de la grupa, largo y perímetro de las piernas, ancho mayor y menor del tórax (compás métrico). Se fraccionó la canal completa para registrar peso (báscula digital marca Torrey con precisión de 0.05 g) de piezas comerciales: piernas, cuello, espaldilla, rack, costillar y lomo⁽²⁶⁾.

Pérdida de agua, fuerza de corte y color de la carne

Para el análisis de calidad de la carne, se tomaron 350 g de carne del músculo *Longissimus thoracis* desde la 6.^a hasta la 3.^a costilla de la canal fría. La muestra se depositó en una hielera para transportarla a laboratorio de calidad de la carne del Centro Universitario

UAEM Temascaltepec, misma que se utilizó para determinar las variables: pérdida de agua por goteo, fuerza de corte y color de la carne (24, 48 y 72 h). Para determinar la pérdida de agua por goteo, se utilizó la técnica de Honikel⁽²⁷⁾. Se tomaron dos muestras libres de grasa de 50 g cada una con un espesor de 1.5 cm. A cada muestra se les colocó un anzuelo y fueron introducidas en una bolsa hermética, de tal manera que la carne quedara suspendida dentro de la bolsa. De esta forma todas las muestras se colgaron dentro de un refrigerador a 4 °C. Se registraron pesos a las 24, 48 y 72 h posteriores (báscula analítica, Ohaus ± 0.05 g). La pérdida de agua por goteo se calculó utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Pérdida de agua por goteo (\%)} = \frac{\text{Peso final de la muestra (g)}}{\text{Peso inicial de la muestra (g)}} \times 100$$

En fuerza de corte de la carne se usó la metodología de Bratzler⁽²⁸⁾. Muestras de 4 cm largo x 4 cm de ancho y de 2.5 cm de grosor; estas muestras previamente fueron empacadas al vacío y puestas en refrigeración a 4 °C durante tres días, con la finalidad de alcanzar el 80 % de ablandamiento. Después de ese periodo a las muestras se le retiró el empaque al vacío y se colocaron en una bolsa de plástico, se sellaron y sometidas a cocción a baño maría (70-75 °C) durante hora y media; al final se les registró la temperatura interna, se dejó enfriar (30 min en agua limpia), y se determinó la fuerza de corte (kg) paralelo a las fibras musculares, con la ayuda un texturómetro (TAXT2, Stable Microsystems Corp, NY, EE. UU.) equipado con Cuchillas de cizalla, WarnerBrazler a una velocidad de 50 mm/min.

El color de la carne se realizó con un colorímetro Minolta serie CR-20 Konica Minolta, Osaka Japón, utilizando la metodología de CIE⁽²⁹⁾. Donde el color es medido por el sistema Hunter: valores altos de L* valores altos se asocian colores pálidos: 0 (negro), 100 (blanco); a*, valores altos determinan una mayor intensidad de color rojo: a*>0 (rojo), a*<0 (verde); b* valores altos se asocia una tonalidad más amarillenta de la carne: b*>0 (amarillo), b*<0 (azul). Estas mediciones se realizaron durante las 24 h *post mortem*, utilizando una muestra de 4 x 4 cm, con 2.5 cm de grosor. Esa misma muestra fue refrigerada a 4 °C para las determinaciones a las 48 y 72 h. Las lecturas se realizaron en tres sitios de la muestra libres de exceso de grasa intramuscular y manchas de sangre.

Diseño experimental y análisis de resultados

Los resultados obtenidos fueron sujetos a un análisis de varianza usando el procedimiento GLM del SAS⁽³⁰⁾, bajo un diseño de bloques completos al azar, tomando como factor de bloqueo el peso vivo inicial (PVI) de los animales, mismo que se utilizó como covariable en los análisis estadísticos. La comparación de medias entre tratamientos se determinó con la prueba de Tukey, se declararon diferencias significativas cuando $P \leq 0.05$ y tendencias cuando $0.05 < P \leq 0.1$.

Resultados

Respuesta productiva

El consumo de materia seca no fue afectado ($P \geq 0.05$) por la adición de los diferentes niveles de frutos secos triturados de *A. farnesiana* (FSTAf) en ambos periodos de evaluación. Durante el periodo de crecimiento de los animales el FSTAf, aumentó ($P \leq 0.05$) la GDP, GTP y PVF, mientras que la EA tendió ($P = 0.1$) a mejorarse (Cuadro 3). Durante la etapa de finalización no se encontraron diferencias significativas o tendencias ($P > 0.1$) entre tratamientos.

Cuadro 3: Comportamiento productivo de ovinos durante el crecimiento y finalización recibiendo diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Etapa/Variable	Tratamientos				EEM	Valor de P	
	Testigo	T1	T2	T3			
Crecimiento	PVI, kg	22.87	22.94	22.79	22.76		
	PVF, kg	28.36 ^b	29.95 ^{ab}	29.83 ^{ab}	30.43 ^a	0.44	0.02
	CMS, kg/día	1.50	1.53	1.49	1.62	0.17	0.45
	GDP, kg/día	0.26 ^b	0.33 ^{ab}	0.33 ^{ab}	0.36 ^a	0.05	0.02
	GTP, kg	5.52 ^b	7.10 ^{ab}	6.99 ^{ab}	7.59 ^a	1.25	0.02
	EA, kg	0.17 ^b	0.22 ^a	0.22 ^a	0.22 ^a	0.04	0.10
Finalización	PVI, kg	28.05	29.28	29.65	30.91		
	PVF, kg	45.69	45.70	46.88	46.23	2.79	0.81
	CMS, kg/día	1.52	1.50	1.50	1.63	0.17	0.52
	GDP, kg/día	0.33	0.33	0.35	0.34	0.05	0.82
	GTP, kg	16.29	16.28	17.45	16.82	2.78	0.82
	EA, kg	0.21	0.21	0.23	0.21	0.30	0.06

[¥] Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta PVI= peso vivo inicial, PVF= peso vivo final, CMS= consumo de materia seca, GDP= ganancia diaria de peso, GTP= ganancia total de peso, EA= eficiencia alimenticia. EEM= error estándar de la media.

^{ab} Diferente literal en el mismo renglón indica diferencias ($P \leq 0.05$).

Características de la canal, cortes primarios y peso de las vísceras

Las características de la canal (Cuadro 4) y morfometría (Cuadro 5) no fueron afectadas ($P > 0.05$) por la adición de FSTAf. En los cortes primarios comerciales (Cuadro 6), el T3 tendió a mejorar ($P = 0.09$) el peso del cuello. La adición FSTAf al nivel de 1.5 % mejoró ($P \leq 0.01$) el peso del lomo. En los componentes no cárnicos no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los tratamientos evaluados.

Cuadro 4: Características de la canal de ovinos finalizados en corral adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Variable	Tratamientos				EEM	Valor de P
	‡Testigo	T1	T2	T3		
RG, %	46.63	48.35	48.37	48.50	2.03	0.24
RC, %	50.93	52.70	52.87	52.81	1.95	0.17
L* canal	38.72	39.22	40.17	41.52	2.90	0.26
a* canal	10.45	12.43	10.42	10.20	2.03	0.13
b* canal	8.15	9.94	6.02	7.24	2.90	0.09
L* grasa	70.92	69.62	69.62	70.65	3.05	0.75
a* grasa	1.72	1.68	2.18	2.20	0.82	0.45
b* grasa	10.39	10.67	10.97	11.03	1.25	0.73
pH45	6.61	6.62	6.60	6.49	0.17	0.44
pH24	5.83	5.66	5.65	5.80	0.21	0.26
T°45	28.34	29.18	28.82	29.60	1.48	0.39
T°24	1.72	2.43	2.06	2.31	1.03	0.54
Grasa dorsal, mm	2.43	2.79	3.26	2.92	0.88	0.34
Grados GR	10.94	12.06	12.75	12.48	2.89	0.62
AOCh, cm ²	21.9	23.7	23.0	22.7	2.71	0.64

‡ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta, RG= rendimiento de la granja, RC= rendimiento comercial, AOCh= área del ojo de la chuleta.

Cuadro 5: Morfometría de canales de ovinos finalizados en corral adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Variables	Tratamientos				EEM	Valor de P
	‡Testigo	T1	T2	T3		
PCC, kg	21.75	23.11	23.29	23.29	1.65	0.22
PCF, kg	21.19	22.44	22.65	22.61	1.67	0.27
LC, cm	66.27	65.07	66.52	66.69	2.01	0.39
LP, cm	35.56	34.58	36.23	34.89	1.81	0.30
DP, cm	41.14	41.49	43.33	42.33	1.97	0.16
PG, cm	61.62	62.18	63.18	59.49	5.12	0.54
AG, cm	21.34	22.05	21.85	22.00	1.04	0.52
AMT, cm	23.47	24.45	23.59	24.51	1.73	0.50
ANT, cm	19.23	19.67	19.54	19.53	0.91	0.80

‡ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta. EEM= error estándar de la media. PCC= peso de la canal caliente, PCF= Peso de la canal fría, LC= largo de la canal, LP= largo de la pierna, DP= diámetro de la pierna, PG= perímetro de la grupa, AG= ancho de la grupa, AMT= ancho mayor del tórax y ANT= ancho menor del tórax.

Cuadro 6: Peso de los cortes primarios (kg) de corderos adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Variable (kg)	Tratamientos				EEM	Valor de P
	Testigo	T1	T2	T3		
Piernas	6.74	7.09	6.65	7.18	1.14	0.75
Cuello	1.01 ^b	0.98 ^b	1.02 ^b	1.3 ^a	0.18	0.09
Espaldilla	6.07	6.44	7.01	6.91	1.24	0.43
Rack	1.98	2.11	2.12	2.12	0.33	0.82
Costillas	3.51	3.34	3.29	3.26	0.50	0.75
Lomo	1.88 ^b	2.32 ^a	2.17 ^{ab}	2.16 ^{ab}	0.25	0.01

‡ Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta. EEM= error estándar de la media.

^{ab} Diferente literal en el mismo renglón indica diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

Calidad de la carne

En las variables de la calidad de la carne (Cuadro 7) se observaron diferencias ($P < 0.05$) sobre la pérdida de agua por goteo a las 24 y 72 h, resultando con una menor pérdida de agua T1 con 6.76 %, mientras que T2 presentó el mayor escurrimiento con 8.99 % a las 72 h. La fuerza de corte también mostró diferencias significativas ($P < 0.05$), donde el grupo testigo obtuvo una menor fuerza de corte en comparación de los demás tratamientos.

Cuadro 7: Parámetros de calidad de la carne de ovinos finalizados en corral adicionadas con diferentes niveles de frutos secos triturados de *Acacia farnesiana*

Variable/Trat	Hora	Tratamientos				EEM	Valor de P
		Testigo	T1	T2	T3		
L* carne		29.45	28.93	28.29	28.00	2.42	0.64
a* carne	H0	8.45	8.03	8.29	7.68	1.20	0.60
b* carne		9.04	8.70	8.80	8.36	1.19	0.72
L* carne		33.22	32.69	32.6	31.134	2.87	0.51
a* carne	H24	8.35	9.06	9.13	8.80	1.59	0.75
b* carne		10.90	11.10	10.20	9.80	2.38	0.67
L* carne		32.83	32.96	32.45	32.15	2.35	0.90
a* carne	H48	9.61	10.26	10.67	10.31	1.27	0.42
b* carne		11.27	11.59	12.17	11.71	1.54	0.71
L* carne		32.03	32.30	30.93	31.33	1.88	0.48
a* carne	H72	9.61	10.26	10.67	10.31	1.01	0.13
b* carne		12.56	12.49	13.17	12.36	1.38	0.66
PAG (%)	H24	2.19 ^{ab}	2.34 ^{ab}	3.28 ^a	1.75 ^b	0.911	0.02
	H48	4.71	4.39	5.55	3.88	1.38	0.14
	H72	7.95 ^{ab}	6.76 ^b	8.99 ^a	7.61 ^{ab}	1.19	0.01

FC (kg)	3.07 ^b	3.60 ^{ab}	4.79 ^a	3.74 ^{ab}	0.93	0.01
---------	-------------------	--------------------	-------------------	--------------------	------	------

[‡] Tratamientos: Testigo: 0.0, T1: 1.5, T2: 3.0 y T3: 4.5 como % de inclusión (BS) de la dieta. EEM= error estándar de la media, PAG= pérdida de agua por goteo, FC= fuerza de corte.

^{ab} Diferente literal en el mismo renglón indica diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

Discusión

Comportamiento productivo

Consumo de materia seca (CMS). El CMS es uno de los parámetros más críticos cuando se utilizan ingredientes ricos en compuestos fenólicos (taninos condensados, taninos hidrolizables y flavonoides) como parte de la dieta de los animales. Estudios previos realizados por este grupo de investigación a las mismas muestras de los FSTAf se encontró que contienen compuestos fenólicos como galato de etilo, galato de metilo, ácido gálico, naringina y naringenina^(14,15). Estos compuestos podrían estar interactuando en el metabolismo de los nutrientes de la dieta y modificar la respuesta productiva de los animales; esto coincide con otros estudios donde se ha reportado que los fenoles totales de los frutos de *A. farnesiana* pueden estar en el orden de 397.5 g/kg de materia seca⁽³¹⁾. En general los compuestos fenólicos presentan diferentes efectos bioactivos al ser consumidos por los animales, por ejemplo, los flavonoides como la naringina y naringenina que se encontraron en las misma vainas secas de *A. farnesiana* que se utilizaron en el presente estudio y la de estudios previos^(14,15), podrían incrementar la digestión de los carbohidratos estructurales (celulosa y hemicelulosa) de las paredes de la célula vegetal, y también podrían modificar la síntesis de proteína microbiana favoreciendo las especies celulolíticas e inhibiendo la metanogénicas⁽³²⁾. Biológicamente, esto se puede explicar a que los compuestos fenólicos como los flavonoides y los taninos condensados por su peso molecular, pueden formar complejos con las proteínas y carbohidratos dietarios, a través de cuatro reacciones químicas: a) puentes de hidrogeno entre los radicales hidroxilos de los grupos fenólicos y el oxígeno de los grupos amida de los enlaces peptídicos de las proteínas, mismos que pueden ser reversibles dependiendo del pH del medio, b) interacciones hidrofóbicas entre el anillo aromático de los compuestos fenólicos y las regiones hidrofóbicas de la proteína, c) enlaces iónicos entre el ion fenolato del ácido gálico y el sitio catiónico de la proteína; este tipo de complejos son exclusivos de los taninos hidrolizables y son reversibles⁽³³⁾. El ácido gálico encontrado en las FSTAf, es parte de la estructura química de los taninos hidrolizables y podría formar complejos con las proteínas dietéticas modificando el sitio de digestión y absorción de nutrientes, y finalmente, d) al oxidarse los polifenoles a quinonas, éstas pueden formar complejos con las proteínas dietéticas mediante enlaces covalentes; este tipo de complejos son reversibles⁽³³⁾. Si se considera que el nivel de inclusión más alto de los FSTAf del presente estudio fue de 45 g/kg MS y el 39.7 % de dicha cantidad son fenoles totales, se estima que la dieta solo tuvo 17.86 g de compuestos bioactivos, concentración que podría tener un efecto sinérgico con el metabolismo de los nutrientes de la dieta. Adicionalmente en el presente estudio la adición de FSTAf no mostró diferencias entre tratamientos para el consumo de materia seca en ambas etapas

productivas (Cuadro 2) lo que podría estar relacionado con los niveles de inclusión en la dieta de los compuestos bioactivos que se utilizaron al estar por debajo de los 50 g/ kg de MS, concentración que se ha considerado benéfica al no presentar efecto negativo en el consumo voluntario de los animales. Ingestas mayores a dicha cantidad pueden afectar negativamente el consumo de materia seca y por consecuencia la respuesta productiva de los animales⁽³³⁾. Existen investigaciones donde tampoco se ha reportado efecto negativo de la inclusión de *A. farnesiana* en la dieta cuando se usaron de 120 a 240 g/kg de MS, por el contrario cuando la inclusión fue de 300 g/kg de MS, se aumentó el consumo en ovinos^(7,34). Es importante considerar que en este tipo de estudios se debe determinar los compuestos bioactivos específicos que se encuentran en la MS de las plantas, porque dependiendo de la naturaleza química y concentración de cada uno de ellos será la respuesta biológica en los animales. En este sentido Quiroz-Cardoso *et al*⁽⁹⁾ mencionan que los taninos condensados en frutos de *A. farnesiana* no influye sobre el consumo ni el índice de palatabilidad, pero la cantidad de fenoles totales sí afecta este parámetro. La concentración de compuestos secundarios en *A. farnesiana* puede ser variable y depende del estado de madurez de los frutos, condiciones edafológicas y ambientales en que éstas se desarrollan, naturaleza morfológica y química del tipo de compuesto^(9,10,35). Por lo tanto, para futuras investigaciones se debería considerar el estado de madurez de los frutos y la cuantificación de los compuestos bioactivos específicos.

Ganancia de peso. Tanto la ganancia diaria de peso (GDP) como ganancia total de peso (GTP) en la etapa de crecimiento, fueron afectados positivamente por los tratamientos con inclusión de FSTAf, mismos que fueron reflejados en el peso vivo final (PVF) de los animales. La GDP encontrados en este estudio fueron de 260, 330, 330, 360 g/día para el periodo de crecimiento y 330, 330, 350, 340 g/día en la etapa de finalización para Testigo, T1, T2, T3 respectivamente. El incremento de las variables productivas, durante la etapa de crecimiento se podría atribuir a que los animales consumieron una dieta más alta en proteína, y si se considera que los compuestos fenólicos (galato de etilo, galato de metilo, ácido gálico, naringina y naringenina) presentes en los FSTAf son compuestos químicos de alto peso molecular⁽⁴⁾, de estructura química compleja con una gran cantidad de grupos hidroxilos, mismos que pueden formar complejos⁽³⁶⁾ con las proteínas aminoácidos y polisacáridos de reserva y estructurales de la dieta⁽⁶⁾, los cuales a pH neutros son insolubles, que al pasar al abomaso por efecto del pH ácido^(37,38), se disocian aumentando el pool de proteína metabolizable a duodeno, por lo tanto se incrementa la disponibilidad de aminoácidos para la síntesis proteína muscular, que se traduce en una mayor ganancia de peso, como sucedió en los animales que recibieron FSTAf de la presente investigación.

Un mecanismo más puede ser la alteración que estos generan sobre las poblaciones bacterianas del rumen, ya que pueden inhibir el crecimiento de protozoarios y bacterias fibrolíticas, a su vez estimular la proliferación de bacterias amilolíticas tales como, *Succinimonas amylolytica* y *Selenomonas ruminantium* productoras de propionato⁽³⁹⁾. Además, las adiciones de saponinas de algunas especies mejoran la eficiencia de síntesis de proteína microbiana conduciendo a un proceso de fermentación energéticamente de mayor eficiencia⁽³⁹⁾. En este contexto, futuros estudios sobre parámetros de fermentación

ruminal, conteo de bacterias y metabolitos secundarios en rumen serán considerados. En muchas regiones tropicales y subtropicales de México y del mundo se encuentran diversos árboles y arbustos ricos en estos compuestos bioactivos, que podrían ser utilizados como estrategia nutraceútica para la mejora de productividad animal de las zonas rurales del mundo, donde el uso de alimentos concentrados proteicos o energéticos son poco disponibles. Existen otros estudios que ha incluido forrajes de árboles y arbustos en la alimentación animal, de manera particular cuando *Guazuma ulmifolia*⁽⁴⁰⁾ fue incluida existió una mejora en la ganancia de peso, lo mismo sucedió en la investigación de García-Winder *et al*⁽⁷⁾ cuando incluyó 12 % de frutos de *A. farnesiana* en la dieta de corderas Pelibuey en crecimiento.

Características de la canal, cortes primarios y peso de las vísceras

La calidad de la canal es uno de los parámetros de mayor importancia a evaluar en los procesos de producción y comercialización de ovinos, ya que determina en gran medida el precio de venta.

Color de la canal. En el presente estudio el color de la canal resultó similar a lo reportado por Jaborek *et al*⁽⁴¹⁾ para L* con 40.91; en este sentido los valores de L* se ven afectados por la concentración de mioglobina, misma que varía con la edad de los animales⁽⁴¹⁾, por el contrario, los valores de a* y b* difieren con lo reportado por Jaborek *et al*⁽⁴¹⁾. Esta variación en los resultados encontrados en este estudio y estudios previos se debe posiblemente a la edad de los animales y el tipo de alimentación⁽²⁶⁾.

Color de la grasa. El color de la grasa en este estudio no mostró diferencias significativas entre tratamientos con respecto al testigo; los valores encontrados para L* coinciden con lo reportado en otros estudios⁽⁴¹⁾, mientras que los valores de a* de los mismos autores (8.63) fueron mayores a los encontrados en este estudio, efecto atribuido al tipo y nivel de energía en la dieta, edad y sexo de los animales evaluados; aunque también mencionan que el manejo durante el sacrificio puede ser importante. Respecto a los valores de b*, los encontrados en el presente estudio fueron ligeramente mayor a los de Jaborek *et al*⁽⁴¹⁾; este color amarillento podría atribuirse a los carotenoides y xantofilas presentes de manera común en todos forrajes verdes que provocan color amarillento en la grasa, dichos compuestos pudieron estar presentes en las FSTAf que se utilizaron en el presente estudio.

PH. Los valores de pH (5.65-5.83) de la canal obtenidos en este estudio a las 24 h para todos los tratamientos, fueron similares a los reportados por otras investigaciones⁽⁴¹⁾ para ovinos de cruce Dorset x Hampshire. Mientras que resultaron ligeramente superiores a los observados por Partida de la Peña *et al*⁽²⁴⁾, quienes reportaron valores de pH promedio de 5.5 a las 24 h del sacrificio. La variación en este parámetro depende de diferentes factores como el manejo de los animales al momento del sacrificio, así como, la edad de los animales⁽⁴²⁻⁴⁴⁾. Del mismo modo, algunos autores han reportado variación debido al tipo de dieta, ya que canales provenientes de animales finalizados con dietas altas en

grano pueden presentar valores más altos en comparación con animales que su dieta estuvo basada en forraje⁽⁴¹⁾.

Grasa dorsal. La cobertura de grasa en la canal es el principal factor que determina su valor comercial, ya que evita la desecación de la canal, influye sobre la terneza y jugosidad de la carne, así como en el caso de ovinos interfiere en el aroma y sabor de la carne⁽²⁶⁾. La grasa dorsal obtenida en este experimento fue baja (2.43, 2.79, 3.26, 2.92 mm, respectivamente) en comparación con lo reportado en otra investigación⁽⁴⁵⁾, donde obtuvieron 6.33 mm. Esta característica es debida al peso de salida de los animales, lo que indica que se puede incrementar los pesos al sacrificio⁽⁴⁵⁾. En este sentido, la norma mexicana para la clasificación de las canales permite hasta 6.9 mm de cobertura de grasa subcutánea en corderos pesados para poder ser considerado en la clasificación “MEX EXT”.

Grados GR. El espesor de la grasa subcutánea dorsal es un parámetro objetivo altamente correlacionado con la mayoría de los tejidos tisulares de la canal, principalmente las tres piezas de mayor valor comercial⁽²⁶⁾. En este sentido, las mediciones del punto GR es otra alternativa que se relaciona con la cantidad de grasa en toda la canal, y que además se facilita su implementación sin interferir en la línea de sacrificio de los animales⁽⁴⁶⁾. En este estudio no se encontraron diferencias ($P>0.05$) para esta variable debido al efecto de los tratamientos (10.94, 12.06, 12.75, 12.48) para T0, T1, T2, T3, respectivamente, estos resultados se encuentran dentro de los rangos propuestos por Bianchi⁽⁴⁷⁾ para canales con peso de 18.5 a 22 kg.

Área del ojo de la chuleta. El músculo *Longissimus dorsi* es una variable importante para determinar la calidad de la canal, ya que está altamente correlacionado con la cantidad total de músculo de la misma, y corresponde con el rack y el lomo, que son las piezas de mayor valor económico⁽⁴⁵⁾. En este estudio a pesar de que no se encontraron diferencias ($P>0.05$), se observa un aumento en los tratamientos en comparación con el testigo (Cuadro 4). Asimismo, los valores encontrados en el presente estudio para este parámetro son mayores a los reportados en un trabajo con ovinos de raza Katahdin (17.4 cm²), así como a los datos promedio que reporta Partida de la Peña *et al*⁽²⁴⁾ para ovinos finalizados de forma intensiva, esto debido al genotipo de los animales estudiados.

Rendimientos de la canal. Los rendimientos encontrados en este estudio concuerdan en gran medida con Partida de la Peña *et al*⁽²⁴⁾ quienes reportaron un promedio del 50.9 % de rendimientos de la canal para ovinos finalizados en sistemas intensivos, lo que coincide con lo encontrado en este estudio para el T0, los rendimientos de T1, T2 y T3 fueron superiores a lo reportado por estos autores.

Cortes primarios. El rendimiento de los cortes primarios es un factor importante para la comercialización de la carne de ovinos cuando de cortes se trata, ya que cada uno de ellos recibe un valor diferente. En este estudio los pesos de los cortes primarios fueron similares ($P>0.05$) para piernas, cuello, espaldilla, rack y costillas (Cuadro 6), lo que coincide con

lo reportado en ovinos Pelibuey alimentados con garbanzo de desecho⁽⁴⁸⁾ y en ovinos de pelo alimentados con diversas proporciones de *Tithonia diversifolia*⁽⁴⁹⁾. Sin embargo, en el peso del lomo se observaron diferencias estadísticas ($P < 0.05$) (Cuadro 6). El peso y el rendimiento de los cortes primarios se asocia con el peso al sacrificio y el sistema de alimentación⁽⁴⁹⁾.

Morfometría. Las mediciones correspondientes a este rubro concuerdan con lo reportado por otros autores⁽⁴⁵⁾ para canales de cruce de Katahdin-Charollais y con Partida de la Peña *et al*⁽²⁴⁾ en canales de ovinos finalizados de forma intensiva. En este sentido estas variables no se vieron afectadas por los niveles de inclusión de vainas de *A. farnesiana*, ya que éstas dependen en gran medida de la raza y edad de los animales⁽²⁴⁾.

Visceras. Se cree que la carga de trabajo por la absorción más que la cantidad o las características de la digesta en el intestino delgado, tiene un impacto importante en la masa intestinal, así como el peso, la textura o la composición química de la digesta afectan la masa del tracto gastrointestinal⁽⁵⁰⁾. En este estudio no se vio afectado el peso de las diferentes componentes del tracto digestivo, lo que concuerda con diferentes estudios que incluyeron suplementación con frutos de leguminosas^(42,51). El peso de los diferentes órganos (corazón, hígado, pulmones), no se afectó por la inclusión de harina de frutos de *A. farnesiana*, lo que nos indica que es un suplemento apto para el consumo de los animales. El peso de la grasa total resultó elevado, esto debido a que se utilizaron dietas isoenergéticas e isoproteicas, lo que resultó en la acumulación de grasa en los riñones y pericardio⁽⁵²⁾.

Calidad de la carne

Color de la carne. En este estudio no se observaron diferencias significativas ($P > 0.05$) en los valores de L*, a* y b* por los tratamientos que contenían frutos de *A. farnesiana*. Sin embargo, los valores de color L* fueron menores a los reportados por Smeti *et al*⁽⁵³⁾, los valores de a* por debajo de los patrones mencionado por Alberti *et al*⁽⁵⁴⁾ y b* estuvieron dentro de los estándares⁽²⁹⁾ de los patrones de la norma UNE 48-103-94, donde señalan que los umbrales del color de la carne rosada L* 44.0- 51.6, a* 11.6-15.1, b* 9.8-17.6, y carne DFD (oscura – firme – seca, por sus siglas en inglés) L*25.1-32.8, a* 17.0-21.3, b* 7.2-16.9. Estos cambios de color después del corte (hora 0) irá variando al entrar en contacto con el oxígeno y alcanzará sus valores máximos a los 48 h⁽⁵⁴⁾. Otros autores, señalan que el estándar aceptable para el color de la carne de cordero equivalentes a un valor L* 34-35 y a* < 19; estos umbrales de color indican que la carne de cordero con un valor cromático L entre 34 y 35 (que muestra luminosidad) y un valor de enrojecimiento (a) inferior a 19 (que indica menor enrojecimiento) sería aceptable⁽⁵⁵⁾. Sin embargo, estos criterios pueden diferir según la calificación de estándares regionales y preferencias de los consumidores^(56,57). Este comportamiento coincide con lo reportado por Luciano *et al*⁽⁵⁸⁾ para b*, si bien no se registraron el pH de la carne, pero el pH de la canal a las 24 h fue >5.6, posiblemente fue debido al estrés por el transporte y manejo al *pre mortem* de los ovinos que afectó el pH y como consecuencia carne DFD⁽⁵⁹⁾. Por su parte otros

autores⁽⁵³⁾ reportaron comportamiento similar para los valores de a^* al noveno día de maduración. Con el tiempo de almacenamiento los valores de b^* se correlacionan positivamente con la apreciación sensorial de la degradación de la carne mientras que a^* se correlaciona negativamente con la degradación sensorial de color⁽⁵⁸⁾. Estos cambios de color en las carnes, puede ser afectado por los procesos oxidativos de la mioglobina en contacto con el oxígeno (la cantidad de mioglobina en el musculo determina la saturación del color: mioglobina color rojo purpura, oximioglobina de color rojo vivo, metaglobiolina de color pardo)⁽⁶⁰⁾. El color de la grasa será el depósito de pigmentos procedente del alimento (xantofilas, carotenos, etc)⁽⁵⁴⁾.

Pérdida de agua por goteo. De acuerdo con los resultados obtenidos en la presente investigación donde el nivel más bajo de inclusión de FSTAf presentó los valores más bajos de pérdida agua por goteo (hora 72), si se considera que el agua en la carne se puede encontrar ligada inmovilizada y libre, y la distribución de su electrones no son neutras, sino que tienen un final cargado positivo y otro negativo, lo que significa que pueden asociarse con grupos reactivos de diversos compuestos químicos como las proteínas y compuestos fenólicos de *A. farnesiana*, debido a su estructura química compleja y la gran cantidad de grupos hidroxilos libres pueden formar complejos con el agua a nivel tisular y aumentar la capacidad de retención de agua del músculo⁽³⁶⁾.

Fuerza de corte. La textura es una variedad de sensaciones relacionadas con la masticación, el corte y la penetración de la carne y es el parámetro más respetado por los consumidores⁽⁶¹⁾. Las diferencias encontradas en este estudio, muestran tendencia a aumentar la fuerza de corte conforme se incrementó los niveles de inclusión de frutos de *A. farnesiana*. Al aumentar la fuerza de corte en los tratamientos donde se incluyeron FSTAf, se puede hipotetizar que disminuyó la grasa intramuscular, ya que ésta le confiere la terneza a la carne; estos hallazgos son buenos desde el punto de vista carnes magras. Si se considera que uno de los factores más importantes que influye la calidad de la carne es el proceso oxidativo, el cual se disminuye cuando la carne presenta menos grasa, aumentando la vida de anaquel, lo cual se ha reportado que es posible al incluir en la alimentación de los animales fitoquímicos antioxidantes⁽⁶²⁾. Otras investigaciones apoyan esta justificación científica al mencionar que los compuestos fenólicos en la dieta han propuesto que pueden ser efectivos para mejorar el estado antioxidante de la carne, contribuyendo a la estabilización del color y el sabor, así como, la prevención de la rancidez^(6,63).

Conclusiones e implicaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, FSTAf pueden ser incluidos en las dietas para ovinos en crecimiento y finalización, debido a que no se encontró efecto adverso sobre el consumo de materia seca, puede mejorar la ganancia de peso en la etapa de crecimiento, así como aumentar el peso de cortes de alto valor comercial como el lomo. El uso de los frutos de esta especie arbustiva representa una opción potencial como un

alimento para mejorar la producción de rumiantes y reducir el uso de insumos alimenticios externos a la unidad de producción.

Conflicto de intereses

Los autores del presente trabajo declaran que no existe conflicto de intereses.

Financiamiento

Este trabajo contó con financiamiento por la Universidad Autónoma del Estado de México bajo el proyecto UAEM 4585/2018/CIP. El primer autor recibió beca escolar por CONAHCyT México con número de referencia 577419.

Agradecimientos

El presente estudio forma parte del trabajo de tesis del M.C Miguel Ángel Zarza-Albarrán para obtener el grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales (Universidad Autónoma del Estado de México), bajo la dirección del Dr. Rolando Rojo-Rubio, Dr. Agustín Olmedo-Juárez y Dr. Jaime Mondragón Ancelmo.

Literatura citada:

1. Chetroui R. Results and potential in the economic efficiency of breeding young sheep for meat. *Scientific Papers: Management, Economic Engineering in Agr Rural Develop* 2020;20(2):127-132.
2. Vasta V, Luciano G. The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Res* 2011;101:150-159.
3. Haile A, Tolemariam T. The feed values of indigenous multipurpose trees for sheep in Ethiopia: The case of *Vernonia amygdalina*, *Buddleja polystachya* and *Maesa lanceolata*. *Livestock Res Rural Develop* 2008;20(3):1-7.
4. Vélez-Terranova, M, Campos-Gaona R, Sánchez-Guerrero, H. Uso de metabolitos secundarios de las plantas para reducir la metanogénesis ruminal. *Trop Subtrop Agroecosist* 2014;17:489-499.
5. Oh J, Wall EH, Bravo DM, Hristov AN. Host-mediated effects of phytonutrients in ruminants: A review. *J Dairy Sci* 2017;100(7):5974-5983.
6. Mendel M, Chłopecka M, Dziekan N, Karlik W. Phytogetic feed additives as potential gut contractility modifiers a review. *Anim Feed Sci Technol* 2017;230:30-46; <http://dx.doi.org/10.1016/j.anifeedsci.05.008>.

7. García-Winder LR, Goñi-Cedeño S, Olguín-Lara PA, Díaz-Salgado G, Arriaga-Jordán CM. Huizache (*Acacia farnesiana*) whole pods (flesh and seeds) as an alternative feed for sheep in Mexico. *Trop Anim Health Prod* 2009;41(8):1615-21.
8. Degen AA, El-Meccawi S, Kam M. Cafeteria trials to determine relative preference of six desert trees and shrubs by sheep and goats. *Livestock Sci* 2010;132(1-3):19-25.
9. Quiroz-Cardoso F, Rojas-Hernández S, Olivares-Pérez J, Hernández-Castro E, Jiménez-Guillén R, Córdova-Izquierdo A, Villa-Mancera A, *et al.* Composición nutricional, consumo e índices de palatabilidad relativa de los frutos de tres acacias en la alimentación de ovejas y cabras. *Arch Med Vet* 2015;47(1):33-38.
10. Barrientos-Ramírez L, Vargas-Radillo JJ, Rodríguez-Rivas A, Ochoa-Ruíz HG, Navarro-Arzate F, Zorrilla J. Evaluación de las características del fruto de huizache (*Acacia farnesiana* (L.) Willd.) para su posible uso en curtiduría o alimentación animal. *Madera y Bosques* 2012;18(3).
11. Cuchillo HM, Puga DC, Wrage-Mönning N, Espinosa MJG, Montañó BS, Navarro-Ocaña A, *et al.* Chemical composition, antioxidant activity and bioactive compounds of vegetation species by goats on semiarid rangelands. *J Anim Feed Sci* 2013;22:106–115.
12. Sosa-Pérez G, López-Ortiz S, Pérez-Hernández P, Cortez-Romero C, Gallegos-Sánchez J. Uso de frutos tropicales (Fabaceae) para complemento alimenticio de pequeños rumiantes. *Agroproductividad* 2017;10(2):37-41.
13. Qin S, Hou D. The biofunctions of phytochemical and their application in farm animals: the Nrf2/Keap 1 system as target. *Engineering* 2017;(3):738-752.
14. Zarza-Albarrán MA, Olmedo-Juárez A, Rojo-Rubio R, Mendoza-de Gives P, González-Cortazar M, Tapia-Maruri D, *et al.* Galloyl flavonoids from *Acacia farnesiana* pods possess potent anthelmintic activity against *Haemonchus contortus* eggs and infective larvae. *J Ethnopharmacol* 2020;249:12402.
15. Olmedo-Juárez A, Zarza-Albarrán MA, Rojo-Rubio R, Zamilpa A, González-Cortazar M, Mondragón-Ancelmo J, *et al.* *Acacia farnesiana* pods (plant: Fabaceae) possesses anti-parasitic compounds against *Haemonchus contortus* in female lambs. *Exp Parasitol* 2020;218:217.
16. Delgadillo-Puga C, Cuchillo-Hilario M, Espinosa-Mendoza GE, Medina-Campos O, Molina-Jijón E, Díaz-Martínez M, *et al.* Antioxidant activity and protection against oxidative-induced damage of *Acacia shaffneri* and *Acacia farnesiana* pods extracts: *in vitro* and *in vivo* assays. *BMC Compleme Altern Med* 2015;15:435.
17. García E. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 4ª ed. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F; 1988.

18. NRC. Nutrient requirements of small ruminants, sheep, goats, cervids, and New World camelids. Animal Nutrition Series. The National Academy Press. Washington, DC, USA; 2007.
19. AOAC (Association of Official Analytical Chemists). Official Methods of Analysis, 16th ed. AOAC, Arlington, VA, USA; 1997.
20. Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non-starch carbohydrates in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* 1991;74:583-597.
21. Colomer-Rocher F, Morand-Fehr P, Kirton AH. Standard methods and procedures for goat carcass evaluation, jointing and tissue separation. *Livestock Prod Sci* 1987;17:49-159.
22. Cañeque V, Pérez C, Velasco S, Díaz MT, Lauzurica S, Álvarez I, *et al.* Carcass and meat quality of light lambs using principal component analysis. *Meat Sci* 2004;67(4):595-605.
23. Centre Internationale de L'Éclairage Colorimetry. 2nd ed. Vienna: Publication CIE 1986:15.2.
24. Partida de la Peña JA, Ríos-Rincón FG, De la Cruz-Colín L, Domínguez-Vara IA, Buendía-Rodríguez G. Caracterización de las canales ovinas producidas en México. *Rev Mex Cienc Pecu* 2017;8(3):269-277.
25. Rust RE, Olson DG, Kratzer DD, Schuler RO, Vetter RL. M. *Longissimus* area of lamb carcasses—a Comparison of four measurement techniques and the evaluation of operator differences. *J Anim Sci* 1970;30(1):36-39.
26. Ruiz de Huidobro F, Miguel E, Cañeque V, Velasco S. Clasificación y conformación de la canal ovina. En: estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Monografías INIA: Serie ganadera; 2005:143-169.
27. Honikel KO. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci* 1998;49:447–457. doi:10.1016/S0309-1740(98)00034-5.
28. Bratzler LJ. Determining the tenderness of meat by use of the Warner-Bratzler method. *Proc Recip Meat Conf* 1949;2:117-121.
29. Centre Internationale de L'Éclairage (CIE). 'Definition dun space de couleur por deux coordonees de cromaticite et la luminosite. Supplement 2 to CIE publication no 15 (E-1–3-1) 1971/ (TC-1–3).' (Cente Internationale de L'Éclairage: Paris) 1976.
30. SAS, SAS Online Doc Version 9.1.3.SAS, NC. USA, Cary.: 2014.

31. Olivares-Pérez J, Rojas-Hernandez S, Camacho-Diaz LM, Cipriano-Salazar M, AZM. Salem. Fruits chemical composition and potential ruminal digestion of nine tree species in dry tropic region of Mexico. *Agroforest Syst* 2019;93:665–674. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0161-y>.
32. Alexander G, Singh B, Sahoo A, Bhat TK. *In vitro* screening of plant extracts to enhance the efficiency of utilization of energy and nitrogen in ruminant diets. *Anim Feed Sci Technol* 2008;145:229–244.
33. Frutos P, Hervás G, Giráldez FJ, Mantecón AR. Tannins and ruminant nutrition. *Spanish J Agric Res* 2004;2(2):191-202.
34. Velázquez AJ, González M, Perezgrovas R, Bórquez J, Domínguez I. Producción, digestibilidad y rentabilidad en corderos de dietas con vainas de *Acacia farnesiana*. *Arch Zootec* 2011;60 (231):479-88.
35. Musharaf K, Farrukh H. Palatability and animal preferences of plants in Tehsil Takht-e-Nasrati, District Karak, Pakistan. *African J Agric Res* 2012;7(44):5858-5872.
36. Cortés JE, Moreno B, Pabón ML, Ávila P, Kreuzer M, Hess HD, *et al.* Effects of purified condensed tannins extracted from *Calliandra*, *Flemingia* and *Leucaena* on ruminal and postruminal degradation of soybean meal as estimated *in vitro*. *Anim Feed Sci Technol* 2009;151:194–204.
37. Dentinho TP, Belo AT, Bessa RJB. Digestion, ruminal fermentation and microbial nitrogen supply in sheep fed soybean meal treated with *Cistus ladanifer* L. tannins. *Small Ruminant Res* 2014;119:57–64.
38. Orlandi T, Kozloski GV, Alves TP, Mesquita FR, Ávila SC. Digestibility, ruminal fermentation and duodenal flux of amino acids in steers fed grass forage plus concentrate containing increasing levels of *Acacia mearnsii* tannin extract. *Anim Feed Sci Technol* 2015;210:37–45.
39. Castro-Montoya JM, Makkar HPS, Becker K. Chemical composition of rumen microbial fraction and fermentation parameters as affected by tannins and saponins using an *in vitro* rumen fermentation system. *Can J Anim Sci* 2011;91:433-448.
40. Gómez-Gurrola A, Partida-Hernández M, Ramírez-Duran R, Ramírez-Ramírez JC, Gómez-Gurrola JA, González-Mormita M, *et al.* Efecto de la inclusión del fruto de *Guazuma ulmifolia* como sustituto de maíz en la dieta sobre el comportamiento productivo y rendimiento en canal de ovinos Pelibuey. *Trop Subtrop Agroeco* 2014;17:215–222.
41. Jaborek JR, Zerby HN, Moeller SJ, Wick MP, Fluharty FL, Garza III H, *et al.* Effect of energy source and level, and animal age and sex on meat characteristics of sheep. *Small Ruminant Res* 2018;166:53–60.

42. Beriain MJ, Purroy A, Treacher T, Bas P. Effect of animal and nutritional factors and nutrition on lamb meat quality. *Sheep and goat nutrition: Intake, digestion, quality of products and rangelands*, 2000;75-86.
43. McGeehin B, Sheridan JJ, Butler F. Factors affecting the pH decline in lamb after slaughter. *Meat Sci* 2001;58(1):79-84.
44. Knapik J, Ropka-Molik K, Pieszka M. Genetic and nutritional factors determining the production and quality of sheep meat—a review. *Ann Anim Sci* 2017;17(1):23-40.
45. Vázquez-Soria ET, Méndez-Medina D. Comportamiento productivo y características de la canal en corderos provenientes de la cruce de ovejas Katahdin con machos de cuatro razas cárnicas especializadas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2011;2(3):247-258.
46. Kirton AH, Feistand CL, Duganz DM. Prediction of ewe mutton carcass composition from carcass weight, GR and C measurements, and the Hennessy grading probe. *Proc NZ Soc Anim Prod* 1986;46:59-61.
47. Bianchi J. Un vistazo al sistema de tipificación de canales ovinas y su relación con la calidad del producto. *El país agropecuario*; 2008:26-29.
48. Ríos-Rincón FG, Barragán HB, Cerrillo-Soto MA, Estrada-Angulo A, Juárez-Reyes AS, Obregón JF, *et al.* Carcass characteristics, primal cut yields and tissue composition of Katahdin x Pelibuey lambs fed cull-chickpeas. *Rev Mex Cienc Pecu* 2012;3(3):357-371.
49. Gómez-Gurrola A, Del Sol-García G, Loya-Olguín L, Benítez-Meza A, Hernández-Ballesteros A. Rendimiento en canal de corderos de pelo, alimentados con diferentes proporciones de *Tithonia diversifolia* y *Pennisetum* spp. *Aba Vet* 2017;7(2):34-42. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.72.3>
50. Yamazaki A, Choki S, Kakizaki T, Matsuura A, Irimajiri M, Hodate K. Comparison of passage rate, structure and motility of the reticulo-rumen in two sheep breeds. In: *Ruminant physiology*. Leiden, The Netherlands: Wageningen Academic; 2009; 404-405.
51. Mireles EJ, Rodríguez D, Jordán H, Valdivia M, Ramírez A, García A, *et al.* Profile of fatty acids of *Longissimus dorsi* muscle and productive indicators of sheep, supplemented with pods of *Acacia cochliacantha*, in grasslands native to dry tropics. *Cuban J Agr Sci*;2015;49(3):329-388.
52. Preziuso G, Russo C, Casarosa L, Campodoni G, Piloni S, Cianci D. Effect of diet energy source on weight gain and carcass characteristics of lambs. *Small Ruminant Res* 1999;3(1):9-15.
53. Smeti S, Atti N, Mahouachi M, Munoz F. Use of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils to increase the shelf life of Barbarine light lamb meat. *Small Ruminant Res* 2013;113:340–345.

54. Albertí P, Panea B, Ripoll G, Sañudo C, Olleta JL, Hegueruela I, Campo MM, Serra X. Medición del color. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) en los rumiantes. Madrid, España: MICYT-INIA: Ganadera 2005;3:216-25.
55. Hopkins DL, Toohey ES, Warner RD, Kerr MJ, Van de Ven R. Measuring the shear force of lamb meat cooked from frozen samples: comparison of two laboratories. *Anim Prod Sci* 2010;50(6):382-385.
56. Corlett MT, Pethick DW, Kelman KR, Jacob RH, Gardner GE. Consumer perceptions of meat redness were strongly influenced by storage and display times. *Foods* 2021;10(3):540.
57. Novoselec J, Šalavardić ŽK, Samac D, Ronta M, Steiner Z, Sičaja V, Antunović Z. Slaughter indicators, carcass measures, and meat quality of lamb fattened with spelt (*Triticum aestivum* spp. *Spelta* L.). *Foods* 2021;10(4):726.
58. Luciano G, Monahan FJ, Vasta V, Biondi L, Lanza M, Priolo A. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Sci* 2009;81:120–125.
59. Cam MA, Olfaz M, Kirikci K, Tufekci H, Mercan L, Kilic U. Effects of pre-slaughter stress on meat quality characteristics of male lambs of Hemsin and of sheep breeds. *J Anim Plant Sci* 2021;47:8445-8459.
60. Li X, Zhang Y, Li Z, Li M, Liu Y, Zhang D. The effect of temperature in the range of -0.8 to 4°C on lamb meat color stability. *Meat Sci* 2017;134:28-33.
61. Holman BWB, Alvarenga TI, Van de Ven RJ, Hopkins DL. A comparison of technical replicate (cuts) effect on lamb Warner–Bratzler shear force measurement precision. *Meat Sci* 2015;105:93-95.
62. Mireles-Arriaga AI, Ruiz-Nieto JE, Hernández-Ruiz J, Hernández-Marín JA. Fitoquímicos antioxidantes alimentarios como estrategia de promoción de la estabilidad oxidativa de la carne de conejo. (*Oryctolagus cuniculus* L.). *Agroproductividad* 2018;11(6):91-96.
63. Ortuno J, Serrano R, Banón S. Use of dietary rosemary diterpenes to extend the preservation of sulphited-lamb products. *Small Ruminant Res* 2015;123:269–277.