


Engorda de conejos con extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* Rzed: efectos sobre desempeño productivo, características de la canal y calidad de la carne



Sarai García-Valencia ^a

Sergio Soto-Simental ^a

Alejandro Palacios-Espinosa ^b

Maricela Ayala-Martínez ^{a*}

^a Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Av. Universidad No. 133. Col. San Miguel Huatengo, 43775, Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo, México.

^b Universidad Autónoma de Baja California Sur. Departamento de Ciencia Animal y Conservación del Habitat. La Paz, Baja California Sur, México.

*Autor de correspondencia: ayalam@uaeh.edu.mx

Resumen:

Las hojas del árbol *Dalbergia palo-escrito* Rzed tienen un alto contenido nutricional. El objetivo de este trabajo fue evaluar el desempeño productivo, la calidad de la canal y la carne, incluyendo la vida útil de las albóndigas cuando se utiliza un extracto etanólico de *D. palo-escrito* como alimento para conejos de engorda. Cuarenta y ocho (48) conejos se dividieron en dos grupos para obtener parámetros productivos y variables que indicaran la calidad de la canal, las características de la carne, así como indicadores microbianos y fisicoquímicos para la vida útil de las albóndigas. El consumo total de alimento fue mayor ($P<0.05$) en el grupo control, aunque el índice de conversión alimenticia fue menor ($P<0.05$). Todas las medidas morfométricas, rasgos de la canal, cortes primarios y disecciones de la pierna fueron diferentes ($P<0.05$) entre los tratamientos, excepto la longitud del animal. Los valores de pH, capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción fueron mayores ($P<0.05$) en el grupo control; sin embargo, el valor de L^* para los parámetros del análisis del perfil de textura fue mayor ($P<0.05$) en el grupo del extracto etanólico. Con respecto a las albóndigas, los recuentos bacterianos viables totales a los 7 días de almacenamiento fueron mayores ($P<0.05$) en el grupo control. Se concluyó que la alimentación con extractos etanólicos de *D. palo-escrito* disminuye la ingesta de

alimento, la ganancia de peso, y la ganancia de peso total; esto resultó en una disminución en los rasgos de la canal, el peso de cortes primarios y la calidad de la canal de la carne de conejo. No obstante, los extractos etanólicos no tuvieron efecto sobre las albóndigas durante el tiempo de almacenamiento y tuvieron valores estables de pH y attowatts durante 14 días de almacenamiento.

Palabras clave: Ingredientes alternativos, Carne de conejo, Desempeño productivo, Extracto de hojas de árbol, Producto cárnico.

Recibido: 15/01/2025

Aceptado: 09/09/2025

Introducción

La carne de conejo contiene proteínas y minerales con alta biodisponibilidad. También es bajo en grasas, contiene una proporción adecuada de ácidos grasos saturados, monoinsaturados y poliinsaturados para la nutrición humana, además de tener compuestos bioactivos esenciales⁽¹⁾. Por estas razones, este tipo de carne se considera importante para la dieta humana. Empero, los sistemas de producción animal necesitan satisfacer la demanda de carne para alimentar a la población humana, pero aumentar la proteína animal implica disminuir o prevenir enfermedades que afectan el rendimiento productivo y la calidad de la carne. Una de las principales estrategias utilizadas en la producción animal es el uso de antibióticos, ya sea para fines terapéuticos, profilácticos o como promotores del crecimiento⁽²⁾. Sin embargo, este enfoque aumenta la resistencia de los microorganismos a estas sustancias, ya que las bacterias desarrollan diferentes formas de evitar la actividad molecular⁽³⁾. En cuanto a la resistencia a los antimicrobianos en la cadena alimentaria, las sustancias antimicrobianas deben utilizarse con cuidado para reducir la resistencia⁽⁴⁾. Por otro lado, la industria cárnica se preocupa por satisfacer las necesidades de los consumidores en términos de calidad nutricional y sensorial, vida útil adecuada, así como envases innovadores para la carne y los productos cárnicos⁽¹⁾.

El futuro de los aditivos alimentarios está cambiando, con un mayor enfoque en el bienestar de la sociedad, lo que resulta en un mayor uso de extractos naturales⁽⁵⁾. No obstante, estas alternativas deben estudiarse ampliamente antes de extender su uso, ya que algunos extractos se han relacionado con riesgos para la salud de los consumidores⁽⁶⁾. Estos dos problemas asociados con la producción animal y la industria cárnica han llevado a algunos países a prohibir ciertos promotores del crecimiento o antibióticos para animales de engorda. En la producción de conejos, el uso de este tipo de moléculas ha aumentado los trastornos digestivos y las tasas de mortalidad, principalmente en conejos de engorda. Se proponen algunas alternativas para sustituir los promotores del crecimiento o los antibióticos, incluidas las plantas, las especias y sus extractos⁽⁷⁾.

Hay muy pocos estudios sobre *Dalbergia palo-escrito* y su uso en la alimentación animal. Sin embargo, algunas especies de *Dalbergia* han reportado ciertas propiedades bioactivas⁽⁸⁾, y las hojas de *Dalbergia sissoo* se han utilizado con éxito para alimentar cabras⁽⁹⁾. Además, se ha informado que otras especies de *Dalbergia*, como *Dalbergia retusa*, contienen efectos antiestafilocócicos *in vitro*⁽¹⁰⁾. Solo hay un estudio sobre el uso de extractos hexánicos de *D. palo-escrito* para alimentar conejos en crecimiento⁽¹¹⁾. El objetivo de este estudio fue agregar un extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* para alimentar a conejos de engorda para posteriormente evaluar los efectos sobre las características de la canal y las características de la carne, incluida la vida útil de las albóndigas.

Material y métodos

Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* Rzed (EEDPE)

El extracto de hojas de *D. palo-escrito* se obtuvo siguiendo la metodología descrita por García-Valencia *et al*⁽¹¹⁾. Brevemente, las hojas se secaron durante 7 días a temperatura ambiente. Se agregó un litro de etanol a 500 g de planta seca que luego se agitó durante 24 h. Después de este período, la mezcla se separó y el líquido se secó utilizando un horno Barnstead 3510 (Barnstead International, Dubuque, Iowa, EE. UU.). El extracto de etanol seco resultante se utilizó para complementar las dietas de los conejos. A diferentes extractos de *D. palo-escrito* utilizando varios solventes se les determinaron sus propiedades antioxidantes y antibacterianas (datos no publicados). El extracto etanólico tiene valores FRAP y DPPH de 9.31 y 50.58 mg ml⁻¹, respectivamente, y también inhibe el crecimiento de *Escherichia coli*.

Animales, alojamiento, dietas y diseño de tratamientos

Este estudio fue aprobado por el comité ético institucional de uso y cuidado animal de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, número de protocolo CICUA/ICAP 001/2020. Se utilizaron dos grupos de 24 conejos para llevar a cabo este estudio. Los conejos tenían 35 días de edad, cruce California x English pot, y fueron asignados aleatoriamente para recibir una dieta control (C), mientras que otro grupo fue alimentado con una dieta que contenía un extracto etanólico (DPE) obtenido de las hojas de *D. palo-escrito* (2 g kg⁻¹). El experimento fue diseñado para que cada tratamiento tuviera seis repeticiones (n= 4 conejos). El estudio se llevó a cabo durante 28 días en las instalaciones del Instituto de Ciencias Agropecuarias ubicado en Tulancingo, Hidalgo, México. Las jaulas utilizadas para albergar a los conejos medían 45 x 60 x 40 cm y estaban equipadas con comederos y bebederos. Los conejos fueron sometidos a dietas con 15 % de PC, 2.6 Mcal kg⁻¹ y 26 % de FDN como se indica en el Cuadro 1. Las dietas se formularon de acuerdo con el NRC⁽¹²⁾ y las tablas de ingredientes nutricionales de FEDNA⁽¹³⁾. El alimento se elaboró utilizando una peletizadora SKJ-120 (Yuezhen Machinery Co., Shandong, China), el cual se almacenó a temperatura ambiente después de enfriarse.

Cuadro 1: Ingredientes y composición nutricional de las dietas

Ingrediente	Tratamientos	
	DPE	Control
Maíz, %	21.00	21.00
Sorgo, %	20.00	20.00
Granos destilados secos, %	3.24	3.20
Salvado de trigo, %	9.00	9.00
Melaza, %	2.00	2.00
Harina de canola, %	5.00	5.00
Harina de soya, %	14.00	14.00
Cáscara de soya, %	10.00	10.00
Paja de cebada, %	12.06	12.30
Premezcla de vitaminas y minerales, %	3.00	3.00
Carbonato de calcio, %	0.50	0.50
Extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> , %	0.24	0.00
Composición nutricional calculada		
Proteína, %	15.07	15.08
Energía digestible, Mcal MS Kg ⁻¹	2.60	2.60
FDN, %	26.02	26.19
FDA, %	14.95	15.00
Calcio, %	0.86	0.87
Fósforo, %	0.56	0.56
Sodio, %	0.19	0.18
Potasio, %	0.97	0.97

DPE= dieta con extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; C= dieta de control; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido.

Medición del crecimiento

El peso vivo de los conejos junto con el alimento ofrecido y rechazado se midieron diariamente, mientras que los datos se registraron utilizando una báscula digital Mettria MTNUV-40 (Mettria, Ciudad de México, México). Luego, los datos se utilizaron para calcular el consumo promedio semanal de alimento (CSA), el consumo total de alimento (CTA), la ganancia de peso promedio diaria (GPPD), la ganancia de peso total (GPT) y el índice de conversión alimenticia (ICA). Al final de la engorda, los conejos fueron llevados al sacrificio en el laboratorio de carne ubicado en el Instituto de Ciencias Agropecuarias. Se utilizó el aturdimiento mecánico por conmoción cerebral para sacrificar a los animales de acuerdo con la legislación nacional⁽¹⁴⁾, y luego se midió la longitud del animal y la circunferencia lumbar antes del sacrificio⁽¹¹⁾.

Rasgos de la canal

Los rasgos de la canal se registraron siguiendo las indicaciones de García-Valencia *et al*⁽¹¹⁾. Brevemente, una vez sacrificados los conejos, se separaron y pesaron los órganos,

mientras que también se midieron la longitud de la canal y la circunferencia lumbar; luego, las canales se almacenaron durante 24 h en condiciones de refrigeración (6 °C). Las canales se dividieron según lo indicado por Blasco *et al*⁽¹⁵⁾. Brevemente, se cortaron en secciones para obtener la cabeza, el cuarto delantero, la caja torácica, el lomo y la pierna trasera, y cada parte fue pesada. Para medir el color de la carne, se utilizó un colorímetro Minolta CM-508d (Konica-Minolta, Tokio, Japón) y se configuró para determinar el espacio de color CIE L*a*b*, con un tamaño de apertura de 8 mm, un iluminante D65 y un observador estándar de 10° utilizando valores de luminosidad (L*), rojez (a*) y amarillez (b*)⁽¹⁶⁾. El color se midió en la superficie del lomo y el tiempo de floración fue de 20 min. Se utilizó un medidor de pH para carne Hanna HI99163 (Hanna Instruments, Cluj-Napoca, Rumania) para determinar el pH de la carne en los lomos a nivel del músculo *Longissimus lumborum*. Además, la carne de este músculo se utilizó para determinar la capacidad de retención de agua (CRA) utilizando el método descrito por Honikel⁽¹⁷⁾. Los lomos se cocinaron hasta alcanzar una temperatura de 68 °C con un baño de agua (StableTemp, Cole Parmer, EE. UU.) utilizado para determinar la pérdida por cocción. Posteriormente, las muestras se pesaron una vez que se habían enfriado. Luego, las muestras se sometieron a un análisis de perfil de textura como lo describe Bourne⁽¹⁸⁾. Se utilizaron seis cubos de 1 cm³ para cada lomo, y las muestras se cortaron paralelas a las fibras musculares. El analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, EE. UU.) se ajustó al 50 % de compresión utilizando 1 mm s⁻¹ de velocidad de la cruceta. Las muestras se comprimieron dos veces y se obtuvieron curvas fuerza-tiempo de deformación a través del software Texture Pro CT (Brookfield, Middleboro, MA, EE. UU.), que determinó los valores de dureza, resiliencia, cohesión, elasticidad y masticabilidad.

Preparación de albóndigas: La carne obtenida de las piernas de conejo se utilizó para preparar albóndigas y se evaluó según lo descrito por García-Valencia *et al*⁽¹¹⁾.

Análisis estadístico

Se utilizó un análisis unidireccional para evaluar los rasgos de la canal y la calidad de la carne. Para analizar el rendimiento productivo y la vida útil de las albóndigas, se utilizó un diseño unidireccional con medidas repetidas en el tiempo, de acuerdo con el siguiente modelo: $Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij}$.

Se utilizó un modelo mixto para analizar el consumo de alimento, la ganancia de peso diaria, el peso semanal y el índice de conversión alimenticia de acuerdo con el siguiente modelo:

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha_i(\beta_j) + \varepsilon_{ij}$$

Donde:

Y_{ij}= Variable de respuesta

μ =Media general de la población
 α_i =Factor A (dietas experimentales)
 β_j =Factor B (semanas)
 $\alpha_i(\beta_j)$ = Efecto anidado
 ε_{ij} = Error experimental

Las diferencias entre las medias se evaluaron mediante la opción LSMEANS ($P<0.05$). Todos los datos se analizaron utilizando el software SAS versión 9.0.

Resultados y discusión

El uso de EEDPE se basó en el concepto “de la granja a la mesa”. Se monitorearon varias fases de producción, incluido el rendimiento productivo, los rasgos de la canal y los rasgos de la carne, así como la vida útil de las albóndigas almacenadas en refrigeración durante 14 días. El consumo de alimento durante 4 semanas se muestra en el Cuadro 2, y hubo diferencias estadísticas ($P<0.05$) entre los tratamientos cada semana, con una disminución de la ingesta de alimento en conejos alimentados con la dieta del extracto etanólico. Este bajo consumo de alimento tuvo un efecto en la ganancia de peso promedio diaria, y hubo diferencias significativas ($P<0.05$) entre los tratamientos cada semana. El grupo control tuvo una ingesta total de alimento (2,617.57 g) mayor ($P<0.05$) y una tasa de conversión alimenticia (2.76) más baja ($P<0.05$).

Cuadro 2: Rendimiento productivo de conejos alimentados con extractos etanólicos de *Dalbergia palo-escrito*

Semana	Tratamientos		EEM	Valor de P
	Control	DPE		
CSA1, g	80.50 ^a	32.71 ^b	4.15	0.00
CSA2, g	94.37 ^a	45.27 ^b	4.43	0.00
CSA3, g	87.70 ^a	45.80 ^b	5.77	0.00
CSA4, g	111.34 ^a	51.16 ^b	9.64	0.00
CTA, g	2,617.57 ^a	1,372.91 ^b	344.68	0.00
GPD1, g día ⁻¹	37.85 ^a	10.47 ^b	12.46	0.00
GPD2, g día ⁻¹	36.76 ^a	18.03 ^b	12.719	0.00
GPD3, g día ⁻¹	32.50 ^a	13.80 ^b	11.45	0.00
GPD4, g día ⁻¹	34.68 ^a	17.68 ^b	12.91	0.00
GPT, g día ⁻¹	949.16 ^a	307.00 ^b	192.58	0.00
ICA	2.76 ^b	5.67 ^a	2.19	0.00

DPE= Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; EEM= error estándar de la media; CSA1= consumo semanal de alimento en las semanas 1,2,3 y 4; CTA= consumo total de alimento; GPD= ganancia de peso diaria durante las semanas 1, 2, 3 y 4; GPT= ganancia de peso total; ICA= índice de conversión alimenticia.

^{abc} Diferentes letras indican diferencias entre tratamientos ($P<0.05$).

Las relaciones entre la ingesta de alimento, la ganancia de peso diaria y la tasa de conversión alimenticia son importantes para describir el rendimiento productivo de los conejos. En primer lugar, la ingesta media de alimento de los conejos fue diferente ($P<0.05$) entre tratamientos, y el grupo DPE mostró valores más bajos de ingesta, ganancia diaria e índice de conversión alimenticia (2,617 vs 1,372; 949 vs 307; 2.76 vs 567 para el control y el extracto de etanol, respectivamente). Es posible que el EEDPE contenga ciertos compuestos bioactivos que producen sabores amargos, como el tanino que se encuentra en la diversidad bioquímica de *Dalbergia latifolia* utilizando extractos etanólicos⁽¹⁹⁾. El tanino proporciona un olor ligeramente penetrante y un sabor astringente⁽²⁰⁾, contribuyendo al desarrollo de propiedades organolépticas, produciendo así un sabor amargo en los alimentos⁽²¹⁾.

Todas las medidas morfométricas fueron diferentes ($P<0.05$) entre los tratamientos, excepto la longitud de la canal, aunque los conejos alimentados con EEDPE mostraron valores más bajos. Estas observaciones están relacionadas con el consumo de alimento y la ganancia de peso. De manera similar, todos los rasgos de la canal medidos (Cuadro 3) fueron menores ($P<0.05$) en conejos alimentados con EEDPE, incluido el peso de la canal fría y caliente, el porcentaje de rendimiento de la canal, la piel, las patas y las vísceras completas. Con respecto a estos valores, existe una relación entre las medidas morfométricas y los rasgos de la canal, y se puede observar que los animales con la menor longitud de circunferencia presentan los valores más bajos de los parámetros de la canal.

Cuadro 3: Medidas morfométricas y calidad de la canal de conejos alimentados con extractos etanólicos de *Dalbergia palo-escrito*

	Tratamientos		EEM	Valor de P
	Control	DPE		
Longitud del animal, cm	30.65 ^a	28.43 ^b	0.53	0.00
Longitud de la canal, cm	29.93	28.75	0.46	0.14
Circunferencia lumbar, cm	20.93 ^a	16.68 ^b	0.55	0.00
Circunferencia lumbar de la canal, cm	15.07 ^a	10.68 ^b	0.89	0.00
Piel, g	273.21 ^a	156.25 ^b	12.22	0.00
Patas, g	50.50 ^a	36.37 ^b	2.16	0.00
Vísceras completas, g	476.42 ^a	365.25 ^b	18.50	0.00
Rendimiento de la canal, %	51.33 ^a	46.73 ^b	0.76	0.00
Peso vivo, g	1,914.28 ^a	1,252.50 ^b	69.21	0.00
Peso de la canal caliente, g	997.14 ^a	617.5 ^b	39.62	0.00
Peso de la canal fría, g	982.85 ^a	588.12 ^b	38.44	0.00

DPE= Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; EEM= error estándar de la media.

^{ab} Diferentes superíndices indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).

La grasa, los cortes primarios y la disección de la pierna (Cuadro 4) fueron mayores ($P<0.05$) en el tratamiento control. Además, el EEDPE tuvo un efecto en la eficiencia de crecimiento de los conejos, incluidas las variables medidas para determinar los rasgos de

la canal. Todas las medidas morfométricas y los rasgos de la canal fueron diferentes entre los tratamientos. Es posible que los EEDPE contengan compuestos bioactivos que afectan el crecimiento de los conejos, como el fitol, que se informa tiene un efecto ansiolítico⁽²²⁾. Estos compuestos tienen un efecto calmante que ayuda a reducir la ansiedad, y esto se ha observado con compuestos bioactivos asociados al ácido gamma-aminobutírico (neurotransmisor inhibidor del sistema nervioso central), como el ácido elágico, el kaempferol, la luteolina, la naringenina, el ácido p-cumárico, la rutina y otros que se encuentran en diferentes extractos de plantas⁽²³⁾. En otro estudio, se demostró que el extracto etanólico de *D. sissoo* contiene efectos citotóxicos y antiepilépticos⁽²⁴⁾. Estos compuestos y signos podrían dificultar el crecimiento de los conejos.

Cuadro 4: Principales cortes de la canal de conejo obtenidos de animales que consumieron extractos etanólicos de *Dalbergia palo-escrito*

Variable	Tratamientos		EEM	Valor P
	Control	DPE		
Grasa renal, g	13.35 ^a	3.00 ^b	1.40	0.00
Grasa escapular, g	4.00 ^a	1.12 ^b	0.51	0.00
Cabeza, g	103.57 ^a	83.75 ^b	2.78	0.00
Peso de la parte delantera, g	234.28 ^a	142.50 ^b	8.69	0.00
Peso de la pieza intermedia, g	105.71 ^a	60.00 ^b	5.41	0.00
Peso de la parte trasera, g	181.78 ^a	94.37 ^b	9.51	0.00
Piernas, g	339.28 ^a	206.25 ^b	12.39	0.00
Carne, g	242.85 ^a	132.5 ^b	10.99	0.00
Hueso, g	89.64 ^a	71.25 ^b	2.78	0.00
Grasa separable, g	2.42 ^a	0.56 ^b	0.25	0.00

DPE= Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; EEM= error estándar de la media.

^{abc} Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P < 0.05$).

Los datos de las características de la carne. Los valores de pH, L*, CRA y pérdida por cocción fueron mayores ($P < 0.05$) en el grupo control, mientras que los valores de a* y b* fueron similares ($P > 0.05$) entre tratamientos. Todos los parámetros para el análisis del perfil de textura fueron mayores ($P < 0.05$) en la carne de conejos alimentados con el extracto etanólico de *D. palo-escrito*, excepto la elasticidad y la dureza. Un parámetro significativo en la textura de la carne es la dureza, y el tratamiento control registró el valor más alto al respecto (25.32 vs 17.45 N).

Cuadro 5: Calidad de la carne de conejos que consumieron extractos etanólicos de *Dalbergia palo-escrito*

Variable	Tratamientos		EEM	Valor de P
	Control	DPE		
pH	5.69 ^a	6.00 ^b	0.51	0.00
L*	48.77 ^a	42.94 ^b	0.81	0.00
a*	1.45	2.13	0.26	0.00
b*	7.03	6.53	0.26	0.00
CRA %	30.21 ^a	20.07 ^b	3.18	0.03
PCc %	27.25 ^a	23.02 ^b	1.04	0.00
Dureza, N	25.32 ^a	17.45 ^b	1.69	0.00
Resiliencia	0.14 ^b	0.21 ^a	0.00	0.00
Cohesión	0.48 ^b	0.54 ^a	0.01	0.00
Elasticidad	0.51	0.54	0.01	0.12
Masticabilidad	5.30 ^a	3.90 ^b	0.37	0.01

DPE= Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; EEM= error estándar de la media; CRA= capacidad de retención de agua; PCc= pérdida por cocción.

^{abc} Diferentes letras indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).

Las características de la canal en este estudio fueron diferentes entre los tratamientos ($P<0.05$). Todas las características fueron menores en los conejos alimentados con EEDPE, indicando que existen compuestos bioactivos que afectan el crecimiento animal. Es posible que *D. palo-escrito* pueda contener algunos glucósidos, alcaloides u otros compuestos que afecten el consumo de alimento. Los glucósidos pueden tener efectos tóxicos que incluyen diarrea, pérdida de apetito y parálisis⁽²⁵⁾, mientras que Majeed *et al*⁽²⁴⁾ encontraron glucósidos durante un cribado fitoquímico de *D. sissoo*. El EEDPE aumentó el pH en la carne de conejo. Sin embargo, hay varios estudios que indican que el pH en la carne fue similar al grupo control cuando las plantas o sus extractos se administraron a los conejos. Resultados similares se encontraron cuando los conejos se alimentaron con hojas secas de laurel⁽²⁶⁾, *Silybum marianum*⁽²⁷⁾ y suplementados con hojas de orégano y salvia⁽²⁸⁾. El color, la capacidad de retención de agua y el pH son parámetros relacionados en la calidad de la carne. El valor de color de luminosidad (L*) y la capacidad de retención de agua fueron menores en los conejos alimentados con EEDPE. Otros estudios obtuvieron resultados similares al utilizar diferentes plantas o extractos como alimento, como una infusión de *Chenopodium ambrosioides*⁽²⁹⁾, o alimentar conejos con polvo de hojas de coliflor⁽³⁰⁾. Empero, otros estudios no encontraron diferencias en los valores de color y CRA cuando se utilizó un extracto de orégano⁽⁶⁾ o un extracto de regaliz (*Glycyrrhiza glabra* L.) para alimentar a los conejos⁽³¹⁾.

Después de deshuesar las piernas, la carne se procesó para obtener albóndigas con el fin de determinar la vida útil. Los recuentos bacterianos viables totales, los recuentos de *Staphylococcus* y los recuentos de *Enterobacteriaceae* se muestran en el Cuadro 6. El uso de este extracto disminuyó ($P<0.05$) los recuentos bacterianos viables totales después de

7 días de almacenamiento refrigerado, aun así, después en el día 14, los recuentos fueron similares ($P>0.05$). Los recuentos de *Staphylococcus* y *Enterobacteriaceae* fueron similares durante el período de almacenamiento, aunque la presencia de *Enterobacteriaceae* al inicio de este análisis fue menor en las albóndigas preparadas con carne de conejo de animales alimentados con extractos etanólicos de *D. palo-escrito*. Durante el almacenamiento, los recuentos viables totales, *Staphylococcus* y *Enterobacteriaceae* aumentaron ($P<0.05$). La actividad antioxidante del EEDPE fue similar ($P>0.05$) al tratamiento control; no obstante, hubo diferencias ($P<0.05$) en los mismos tratamientos a lo largo del período de almacenamiento. En primer lugar, la actividad antioxidante disminuyó durante los primeros siete días de almacenamiento; sin embargo, después de 14 días la actividad antioxidante aumentó, aunque no hubo diferencias ($P>0.05$) entre los tratamientos cada semana. El pH de las albóndigas fue diferente entre los tratamientos ($P<0.05$) durante las primeras 2 semanas; no obstante, al final del almacenamiento, los valores de pH habían aumentado en ambos tratamientos, pero los valores fueron similares ($P>0.05$). Finalmente, los valores de actividad del agua (a_w) fueron similares ($P>0.05$) entre los tratamientos después de cada semana de almacenamiento. Empero, durante el tiempo de almacenamiento, los valores de ambos tratamientos disminuyeron ($P<0.05$) a los 14 días.

Cuadro 6: Características fisicoquímicas y grupos bacterianos a través del tiempo de almacenamiento de albóndigas elaboradas con carne de conejos alimentados con extractos etanólicos de *Dalbergia palo-escrito*

Variable	Tratamientos						EE	Valor de P		
	Control			DPE				T	t	T*t
	0	7	14	0	7	14				
Actividad antioxidante, DPPH mg ml ⁻¹	58.01 ^a	36.90 ^b	63.12 ^a	69.14 ^a	36.30 ^b	67.69 ^a	0.01	0.16	0.00	0.37
pH	5.77 ^{Bb}	5.86 ^{Bb}	6.83 ^{Aa}	6.14 ^{Ab}	6.12 ^{Ab}	6.81 ^{Aa}	0.03	0.00	0.00	0.00
a_w	0.980 ^a	0.976 ^a	0.953 ^b	0.980 ^a	0.983 ^a	0.956 ^b	0.02	0.28	0.00	0.78
RVT	3.86 ^c	6.51 ^{bA}	8.50 ^a	3.81 ^c	5.60 ^{bB}	8.44 ^a	0.01	0.00	0.00	0.00
<i>Staphylococcus</i>	3.48 ^c	5.27 ^b	6.82 ^a	3.60 ^c	5.37 ^b	6.57 ^a	0.03	0.93	0.00	0.42
<i>Enterobacteriaceae</i>	3.49 ^c	6.19 ^b	8.38 ^a	3.33 ^c	6.06 ^b	8.32 ^a	0.02	0.06	0.00	0.70

DPE= Extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*; EE= error estándar de la media; RVT= recuentos viables totales.

^{abc} Letras diferentes indican diferencias estadísticas a lo largo del tiempo dentro del tratamiento ($P<0.05$).

^{AB} Letras diferentes indican diferencias estadísticas entre tratamientos en un día específico.

El EEDPE proporcionado a los conejos produjo un efecto sobre el crecimiento bacteriano en las albóndigas; la presencia de recuentos viables totales, grupos *Staphylococcus* y *Enterobacteriaceae*, aumentó durante 14 días de almacenamiento refrigerado. Algunos compuestos bioactivos, como los flavonoides utilizados para alimentar a los animales, muestran efectos antibacterianos, según lo revisado por North *et al*⁽³²⁾. El mecanismo antibacteriano de los flavonoides incluye la ruptura de la membrana, la inhibición de la bomba de eflujo, la inhibición de la síntesis de ácidos nucleicos y la atenuación de la

patogenicidad bacteriana⁽³³⁾. Es posible que algunos de estos mecanismos se utilicen para inhibir estos grupos bacterianos en este estudio. Algunos trabajos indicaron que el uso de la infusión de *Chenopodium ambrosioides* para alimentar conejos⁽²⁹⁾ o la adición de *Curcuma longa* L a las hamburguesas demostraron que el crecimiento microbiano disminuyó⁽³⁴⁾, mientras que ambos estudios encontraron que el *Staphylococcus* y los recuentos totales aumentaron después del almacenamiento de productos cárnicos durante siete días.

Las propiedades antioxidantes de las albóndigas preparadas con carne de conejos alimentados con EEDPE indican que los tratamientos fueron similares ($P>0.05$); sin embargo, se observaron diferencias durante el tiempo de almacenamiento ($P<0.05$). Durante los primeros 7 días de almacenamiento, la actividad antioxidante disminuyó; no obstante, luego aumentó después de 14 días de almacenamiento. Como se mencionó anteriormente, *D. palo-escrito* posee propiedades antioxidantes; sin embargo, es posible que este efecto se pierda durante el tiempo de almacenamiento. La actividad antioxidante está regulada principalmente por compuestos fenólicos, aunque está influenciada por carbohidratos, proteínas u otras macromoléculas⁽³⁵⁾. La carne y los productos cárnicos tienen una matriz compleja donde son posibles interacciones antagónicas o sinérgicas, lo que a su vez puede influir en la actividad antioxidante durante el tiempo de almacenamiento. La eficacia antirradical de los compuestos fenólicos depende de la disponibilidad de grupos hidrógeno o hidroxilo⁽³⁶⁾. Los polifenoles presentes en las plantas o sus extractos podrían reducir los radicales libres y convertirlos en materiales estables, mientras que los flavonoides también pueden quelar iones metálicos⁽³⁷⁾. Es posible que estos mecanismos se utilicen en el extracto etanólico de *D. palo-escrito* durante los primeros días de almacenamiento de la carne, ya que algunos iones están disponibles en la carne, como calcio, magnesio, sodio u otros.

El pH de las albóndigas mostró valores de entre 6.06 a 6.60 en el día 14 de almacenamiento. Se informaron resultados similares con el aceite esencial de *Zanthoxylum bungeanum* Maxim⁽³⁸⁾, mientras que también se encontró un patrón similar en hamburguesas de conejo adicionadas con ajo en polvo o jengibre⁽³⁹⁾. De manera similar, los conejos alimentados con *Pithecellobium dulce* y el pH de las albóndigas preparadas con carne de esos animales fue similar a este estudio⁽⁴⁰⁾. Es posible que los compuestos químicos presentes en los extractos de plantas influyan en los valores de pH de la carne durante el almacenamiento, o que los grupos bacterianos produzcan metabolitos que modifiquen el pH de los productos.

La actividad del agua fue similar entre tratamientos; no obstante, los valores disminuyeron después de 14 días de almacenamiento. El aw es el parámetro principal en la estabilidad de los alimentos, previniendo o limitando el crecimiento microbiano. Empero, el uso de la tecnología en productos cárnicos de conejo marinados, en salmuera y cocidos tiene valores de aw de entre 0.92 y 0.98 y podría ser estable en condiciones de refrigeración⁽⁴¹⁾. Mancini *et al*⁽⁴²⁾ indicaron que la sal tiene la capacidad de disminuir el aw y puede tener un efecto bacteriostático en los productos cárnicos.

Conclusiones e implicaciones

La alimentación con extracto etanólico de *D. palo-escrito* a conejos disminuye el rendimiento productivo durante el período de engorda, ya que los conejos tienen un bajo consumo de alimento que resulta en un menor crecimiento animal que el grupo control, así como en bajos rasgos de la canal. La calidad de la carne también se vio afectada, lo que resultó en una mayor capacidad de retención de agua y pérdidas por cocción, aunque los parámetros de textura fueron similares. Aunque el etanol de *D. palo-escrito* tiene un efecto positivo en la vida útil de la carne de conejo, el rendimiento productivo, las características de la canal y la calidad de la carne son menores en comparación con el grupo control. Por lo tanto, no se recomienda utilizar este extracto para alimentar conejos, y se necesitan más estudios para determinar otros usos potenciales de los extractos de *D. palo-escrito*.

Agradecimientos y conflicto de intereses

García-Valencia, Sarai recibió una beca con número 715255 del Consejo Nacional de Ciencias Humanidades y Tecnología del gobierno mexicano. Los autores también desean expresar su gratitud a Christopher Shackley por revisar el texto en inglés.

Los autores declaran que no hubo conflicto de intereses.

Literatura citada:

1. Cullere M, Dalle-Zotte A. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. *Meat Sci* 2018;146(9):137-146. <http://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.029>.
2. Oliveira NA, Gonçalves BL, Lee SH, Oliveira CAF, Corassin CH. Use of antibiotics in animal production and its impact on human health. *J Food Chem Nanotechnol* 2020;6(1):40-47. <https://doi.org/10.17756/jfcn.2020-082>.
3. Pérez-Rodríguez F, Mercanoglu TB. A state-of-art review on multi-drug resistant pathogens in foods of animal origin: risk factors and mitigation strategies. *Front Microbiol* 2019;10:2091. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02091>.
4. Bennani H, Mateus A, Mays N, Eastmure E, Stärk KD, Häsler B. Overview of evidence of antimicrobial use and antimicrobial resistance in the food chain. *Antibiotics* 2020;9(2):49. <https://doi.org/10.3390/antibiotics9020049>.
5. Carocho M, Barreiro MF, Morales P, Ferreira IC. Adding molecules to food, pros and cons: a review on synthetic and natural food additives. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2014;13(4):377–399. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12065>.

6. Cardinali R, Dal Bosco A, Mugnai C, Mattioli S, Ruggeri S, Dalle Zotte A, Sartori A, Cullere M, Castellini C. Effect of different dietary aromatic essences on meat quality of rabbit. *World Rabbit Congress*. 2012;3(6):925–929. <http://world-rabbit-science.com/WRSA-Proceedings/Congress-2012-Egypt/Papers/05-Meat&Quality/Q-Cardinali.pdf>.
7. Dalle-Zotte A, Celia C, Szendrő Z. Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livest Sci* 2016;189:82-90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>.
8. Singh B, Singh JP, Kaur A, Singh N. Phenolic composition and antioxidant potential of grain legume seeds: A review. *Food Res Int* 2017;101:1–16. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.026>.
9. Suchitra SD, Pandey NN. Toxicity trial on supplementation of Shisham leaves (*Dalbergia sissoo*) in goats. *Vet Pract* 2008;9(1):39–41.
10. Echeverria-Medina MF, Alaba PA, Estrada-Zuñiga ME, Velázquez-Ordoñez V, Barbabosa-Pliego A, Salem MZ, *et al.* Anti-staphylococcal properties of four plant extracts against sensitive and multi-resistant bacterial strains isolated from cattle and rabbits. *Microb Pathog* 2017;113:286-294. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.10.053>.
11. García-Valencia S, Soto-Simental S, Ocampo-López J, Ayala-Martínez M. Diet supplementation with *Dalbergia palo-escrito* hexane extract in fattening rabbits: its effect on productive performance, carcass traits, meat characteristics and meatballs shelf-life. *Ital J Anim Sci* 2022;21(1):1533-1542. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2022.2130833>.
12. NRC – National Research Council. Nutrient requirements of rabbits. National Academies Press; 1977. <https://doi.org/10.17226/35>.
13. FEDNA - Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. 2020. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de los alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Consultado Jul 15, 2021. <http://www.fundacionfedna.org/>.
14. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Mexican Official Standard. Methods to give death to domestic and wild animals. (in Spanish). <http://www.economianoms.gob.mx/normas/noms/2010/033sagzoo2015.pdf>.
15. Blasco A, Ouhayoun J, Masoero G. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Sci* 1993;1:3-10. <https://doi.org/10.4995/wrs.1996.278>.
16. AMSA. American Meat Science Association. Meat color measurement guidelines. Champaign. IL. USA. 2012. <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>.

17. Honikel KO. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: Tarrant PV, Eikelenboom G, Monin G, editors. Evaluation and control of meat quality in pigs. Current Topics Vet Med Anim Sci, 38. Dordrecht, Germany. Springer; 1987:129.
18. Bourne MC. Texture profile analysis. Food Technol 1978;35:62-66.
19. Deshmukh VP, Lunge MS, Rajurkar AV, Dharkar NS, Raut SR, Dhoran VS. Chemical characterization and therapeutics of *Dalbergia latifolia* Roxb: A review. J Pharmac Phytochem 2021;10(4):340-345. <https://doi.org/10.22271/phyto.2021.v10.i4d.14174>.
20. Acharya R, Jani SV, Harisha CR, Shukla VJ. Phytopharmacognostical investigations on root and stem of *Dalbergia volubilis* Roxb: An extrapharmacopoeial plant of Ayurveda. Ayu 2018;39(3):151–158. https://doi.org/10.4103/ayu.AYU_48_18.
21. Soares S, Brandão E, Guerreiro C, Soares S, Mateus N, de Freitas V. Tannins in food: insights into the molecular perception of astringency and bitter taste. Molecules 2020; 25:2590. <http://doi.org/10.3390/molecules25112590>.
22. Islam MT, Ali ES, Uddin SJ, Shaw S, Islam MA, Ahmed MI, *et al.* Phytol: A review of biomedical activities. Food Chem Toxicol 2018;121:82-94. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.08.032>.
23. Flores-Bazán T, Betanzos-Cabrera G, Guerrero-Solano JA, Negrete-Díaz JV, German-Ponciano LJ, Olivo-Ramírez D. Pomegranate (*Punica granatum* L.) and its phytochemicals as anxiolytic; an underreported effect with therapeutic potential: a systematic review. Brain Res 2023;1820, 148554. <https://doi.org/10.1016/j.brainres.2023.148554>.
24. Majeed FA, Munir H, Rashid R, Zubair MT. Antimicrobial, cytotoxicity, mutagenicity and anti-epileptic potential of ethanol extracts of a multipurpose medicinal plant *Dalbergia sissoo*. Biocatal Agric Biotechnol 2019; 101155. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101155>.
25. Kharkwal H, Panthari P, Pant MK, Kharkwal H, Kharkwal AC, Joshi DD. Foaming glycosides: A Review. IOSR J Pharm 2012;12(2):23–28. doi:10.9790/3013-25202328.
26. Palazzo M, Vizzarri F, Arvay J, D'Alessandro AG, Martemucci G, Casamassima D, *et al.* Dietary effect of dried bay leaves (*Laurus nobilis*) meal on selected productive performances and on quality meat traits in growing rabbits. Livest Sci 2020;242:104301. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104301>.

27. Cullere M, Dalle-Zotte A, Celia C, Renteria-Monterrubio AL, Gerencsér Zs, Szendrő Zs, et al. Effect of *Silybum marianum* herb on the productive performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Livest Sci* 2016;94:31-36. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.10.012>.
28. Rotolo L, Gai F, Nicola S, Zoccarato I, Brugiapaglia A, Gasco L. Dietary supplementation of oregano and sage dried leaves on performances and meat quality of rabbits. *J Integr Agric* 2013;12(11):1937-1945. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(13\)60631-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(13)60631-0).
29. García-Vázquez L, Zepeda-Bastida A, Ayala-Martínez M, Soto-Simental S. Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Sci Technol Campinas* 2020;40(suppl 2):451-457. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612020005010209&script=sci_arttext.
30. Perna A, Simonetti A, Grassi G, Gambacorta E. Effect of a cauliflower (*Brassica oleraceae* var. Botrytis) leaf powder-enriched diet on performance, carcass and meat characteristics of growing rabbit. *Meat Sci* 2019;149:134-140. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.013>.
31. Dalle-Zotte A, Celia C, Cullere M, Szendrő Z, Kovács M, Gerencsér Z, Dal Bosco A, Giaccone V, Matics, Z. Effect of an *in vivo* and/or in-meat application of a liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract on fattening rabbits live performance, carcass traits and meat quality. *Animal Feed Sci Technol* 2020;260:114333. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114333>.
32. North MK, Dalle Zotte A, Hoffman LC. The use of dietary flavonoids in meat production: A review. *Anim Feed Sci Technol* 2019;257:114291. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114291>.
33. Wu Y, Jiang L, Ran W, Zhong K, Zhao Y, Gao, H. Antimicrobial activities of natural flavonoids against foodborne pathogens and their application in food industry. *Food Chem* 2024;140476. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.140476>.
34. Mancini S, Preziuso G, Dal Bosco A, Roscini V, Szendrő Z, Fratini F, Paci G. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. *Meat Sci* 2015;110:93-100. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005>.
35. Odabasoglu F, Aslan A, Cakir A, Suleyman H, Karagoz Y, Bayir Y, Halici M. Antioxidant activity, reducing power and total phenolic content of some lichen species. *Fitoterapia* 2005;76(2):216-217. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2004.05.012>.

36. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Sci Technol* 1995;28(1):25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5).
37. Lv QZ, Long JT, Gong ZF, Nong KY, Liang XM, Qin T, Huang W, Yang, L. Current state of knowledge on the antioxidant effects and mechanisms of action of polyphenolic compounds. *Natural Product Communications* 2021;16(7), 1934578X211027745. <https://doi.org/10.1177/1934578X211027745>.
38. Wang Z, He Z, Zhang D, Chen X, Li H. Effect of pepper (*Zanthoxylum bungeanum* Maxim.) essential oil on quality changes in rabbit meat patty during chilled storage. *J Food Sci Technol* 2022;59:179-191. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-04998-6>.
39. Mancini S, Preziuso G, Dal Bosco A, Roscini V, Parisi G, Paci G. Modifications of fatty acids profile, lipid peroxidation and antioxidant capacity in raw and cooked rabbit burgers added with ginger. *Meat Sci* 2017;133:151-158. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.003>.
40. Apáez-Barrios J, Ocampo-López J, Soto-Simental S, Aguilar-Raymundo VG, Ayala-Martínez M. Dietary supplementation with *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth Fruits to fattening rabbits. *Animals* 2023;13(20):3249. <https://doi.org/10.3390/ani13203249>.
41. Tapia MS, Alzamora SM, Chirife J. Effects of water activity (aw) on microbial stability as a hurdle in food preservation. In: Fontana Jr AJ, Schmidt SJ, Labuza TP, editors. *Water activity in foods: Fundamentals and applications*. Chicago, IL, USA: Wiley & Sons; 2020:323-355.
42. Mancini S, Mattioli S, Nuvoloni R, Pedonese F, Dal Bosco A, Paci G. Effects of garlic powder and salt on meat quality and microbial loads of rabbit burgers. *Foods* 2020;9(8):1022. <https://doi.org/10.3390/foods9081022>.