



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

TESIS DOCTORAL

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DEL FRUTO DE GUAMÚCHIL
(*Pithecellobium dulce*), EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS
SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE LA
CANAL, DE LA CARNE Y DEL PRODUCTO CÁRNICO**

Para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

M. C. Jairo Apáez Barrios

Directora

Dra. Maricela Ayala Martínez

Codirectora

Dra. Victoria Guadalupe Aguilar Raymundo

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., noviembre de 2023



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS**

TESIS DOCTORAL

**EFFECTO DE LA INCLUSIÓN DEL FRUTO DE GUAMÚCHIL
(*Pithecellobium dulce*), EN LA ALIMENTACIÓN DE CONEJOS
SOBRE LOS PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CALIDAD DE LA
CANAL, DE LA CARNE Y DEL PRODUCTO CÁRNICO**

Para obtener el grado de
Doctor en Ciencias Agropecuarias

PRESENTA

M. C. Jairo Apáez Barrios

Directora

Dra. Maricela Ayala Martínez

Codirectora

Dra. Victoria Guadalupe Aguilar Raymundo

Asesores

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. Juan Ocampo López

Tulancingo de Bravo, Hgo., México., noviembre de 2023



Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado
Directora de Administración Escolar
Presente.

El Comité Tutorial de la **TESIS** del programa educativo de posgrado titulado **“Efecto de la inclusión del fruto de Guamúchil (*Pithecellobium dulce*), en la alimentación de conejos sobre los parámetros productivos, calidad de la canal, de la carne y del producto cárnico”**, realizado por el sustentante **Jairo Apéez Barrios** con número de cuenta **415669** perteneciente al programa de **Doctorado en Ciencias Agropecuarias (Tradicional)**, una vez que ha revisado, analizado y evaluado el documento recepcional de acuerdo a lo estipulado en el Artículo 110 del Reglamento de Estudios de Posgrado, tiene a bien extender la presente:

AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN

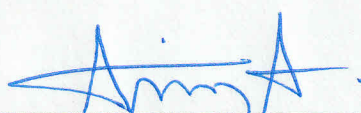
Por lo que el sustentante deberá cumplir los requisitos del Reglamento de Estudios de Posgrado y con lo establecido en el proceso de grado vigente.


Atentamente
“Amor, Orden y Progreso”
Lugar, Hidalgo a 24 de octubre de 2023

El Comité Tutorial


Dra. Maricela Ayala Martínez
Director


Dra. Victoria Guadalupe Aguilar Raymundo
Codirector


Dr. Sergio Soto Simental
Miembro del comité


Dr. Juan Ocampo López
Miembro del comité

Avenida Universidad Km. 1 s/n, Exhacienda Aquetzal
Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México; C.P. 43600

Dedicatoria

A mi familia le dedico este proyecto, especialmente a mis padres que me enseñaron los valores necesarios para ser la persona que hoy soy y me dieron la fuerza para afrontar los problemas venideros, por estar conmigo en cada momento y situación de la vida, por apoyarme en cada una de las decisiones tomadas. De igual manera quiero dedicarles este trabajo a mis hermanos porque gracias a ellos tuve el valor de seguir adelante, con sus ejemplos de que todo es posible cuando uno mismo se lo propone. También le dedico este proyecto a mi compañera y pareja quien sintió directamente las consecuencias venideras del doctorado, por sus sacrificios y por estar a mi lado siempre con su apoyo, a mis hijos que siempre han sido la mayor motivación en mi vida. Por todo eso nunca dejare de estar agradecido con todas y cada una de estas personas sin olvidar a mi querida profesora y directora de proyecto, quien fue siempre la parte fundamental para concluir con cada objetivo.

Agradecimientos

A Dios por darme la vida, salud y la oportunidad de conocer a las personas adecuadas que me ayudaron a realizar este proyecto.

Al Consejo Nacional de Humanidades Ciencias y Tecnologías (CONAHCYT) por brindarme el apoyo económico (No. 565898).

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo que me abrió las puertas del instituto de Ciencias Agropecuarias para realizar este proyecto.

A la Dra. Maricela Ayala Martínez, que desde el primer momento me guio para ser mejor en cada etapa, de este proceso, por su apoyo incondicional en cualquier situación, no solo en mi formación como Doctor, sino también por ayudarme en cada situación personal, además de profesora es amiga consejera.

Al Dr. Sergio Soto Simental, por su ayuda incondicional y apoyo en cada paso del Doctorado, que día a día estuvo pendiente de cada situación y la resolución de cualquier duda o problema y la conclusión de este proyecto.

Al Dr. Juan Ocampo López por brindarme las facilidades de los análisis de cada uno de los experimentos en el Laboratorio de Histología a su cargo.

A mis padres, Pedro y Francisca por estar siempre conmigo y su apoyo incondicional en cada momento y motivación para cumplir cada una de las metas propuestas en la vida.

A mis hermanos, Viviana, Patricio, Maricela, Mario y Wendy Alicia, por ser mi ejemplo a seguir y mostrarme que nada es imposible, por su apoyo moral y económico.

A mis hijos Santiago Eduardo y Daniel Sebastián, por ser mi motivación y motor para mejorar cada día y ser un ejemplo digno para ellos.

A Ana Mercedes por ser mi compañera, amiga, su apoyo moral incondicional por impulsarme a seguir mejorando y superándome

Contenido	
Índice de tablas.....	8
Índice de figuras.....	9
Abreviaturas y unidades.....	10
1. Resumen.....	12
2. Abstract.....	13
3. Introducción.....	14
4. Revisión de literatura.....	15
4.1 <i>Generalidades del conejo.....</i>	15
4.2 <i>Requerimientos nutricionales de los conejos.....</i>	16
4.3 <i>Alternativas de alimentación para conejos en etapa de engorda.....</i>	17
4.4 <i>Generalidades del guamúchil.....</i>	17
4.5 <i>Características morfológicas y fisiológicas del guamúchil.....</i>	19
4.6 <i>Usos y propiedades del guamúchil.....</i>	19
4.7 <i>Consumo de carne de conejo.....</i>	20
4.8 <i>Situación de la producción cunícola.....</i>	21
4.9 <i>Calidad de la canal y de la carne.....</i>	21
5 Justificación.....	23
6 Objetivos.....	24
6.1 <i>Objetivo general.....</i>	24
6.2 <i>Objetivos específicos.....</i>	24
7 Hipótesis.....	25
8 Materiales y métodos.....	26
8.1 <i>Obtención del material vegetal.....</i>	26
8.2 <i>Elaboración de dietas.....</i>	26
8.3 <i>Animales.....</i>	26
8.4 <i>Parámetros productivos.....</i>	27
8.5 <i>Digestibilidad aparente de materia seca y fibra.....</i>	28
8.6 <i>Análisis químicos.....</i>	28
8.7 <i>Calidad de la canal.....</i>	28
8.8 <i>Determinaciones bioquímicas sanguíneas y hemáticas.....</i>	29

8.9	<i>Histopatología</i>	29
8.10	<i>Calidad de la carne</i>	30
8.11	<i>Calidad del producto cárnico</i>	31
8.12	<i>Análisis estadístico</i>	32
9	Resultados y Discusión	33
9.1	<i>Ensayo 1 (5% de P. dulce)</i>	33
9.1.1	Caracterización proximal del fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>)	33
9.1.2	Parámetros productivos	33
9.1.3	Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente de materia seca y fibra.....	34
9.1.4	Calidad de la canal	35
9.1.5	Determinación de bioquímica sanguínea y hemática.	36
9.1.6	Calidad de la carne	37
9.1.7	Calidad del producto cárnico.....	37
9.1.8	Prueba Hedónica (escala de nueve puntos)	39
9.2	<i>Ensayo 2 (10 % de P. dulce)</i>	41
9.2.1	Parámetros productivos	41
9.2.2	Calidad de la canal	42
9.2.3	Determinacion de bioquímica sanguínea y hemática.	43
9.2.4	Calidad de la carne	44
9.3	<i>Ensayo 3 (15 % P. dulce)</i>	46
9.3.1	Parámetros productivos	46
9.3.2	Calidad de la canal	46
9.3.3	Determinación de bioquímica sanguínea y hemática.	48
9.3.4	Calidad de la carne	50
9.4	<i>Ensayo 4 (Extracto hexánico de fruto de P. dulce)</i>	50
9.4.1	Parámetros productivos	50
9.4.2	Calidad de la canal	51
9.4.3	Calidad de la carne	52
9.5	<i>Histopatología</i>	54
9.5.1	Hígado	55
9.5.1.1	<i>Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento</i>	56
9.5.1.2	<i>Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento</i>	56
9.5.1.3	<i>Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento</i>	56

9.5.2	Duodeno	56
9.5.2.1	<i>Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento.</i>	57
9.5.2.2	<i>Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento.</i>	57
9.5.2.3	<i>Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento</i>	57
9.5.3	Yeyuno	57
9.5.3.1	<i>Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento</i>	57
9.5.3.2	<i>Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento</i>	58
9.5.3.3	<i>Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento</i>	58
9.5.4	Ciego	58
9.5.4.1	<i>Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento</i>	58
9.5.4.2	<i>Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento</i>	58
9.5.4.3	<i>Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento.</i>	59
9.5.5	Riñón	59
9.5.5.1	<i>Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento</i>	59
9.5.5.2	<i>Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento</i>	60
9.5.5.3	<i>Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento</i>	60
10.	Conclusiones	60
11.	Referencias	61

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del conejo.....	15
Tabla 2. Clasificación taxonómica del guamúchil	18
Tabla 3. Dietas con fruto y extracto de guamúchil, para alimentación de conejos durante la engorda	27
Tabla 4. Procesamiento automatizado de muestras histológicas.....	29
Tabla 5. Tinción Hematoxilina y Eosina (Modificado de Prophet, 1995)	30
Tabla 6. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).	34
Tabla 7. Digestibilidad <i>in vivo</i> aparente de dietas que incluyen guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)	35
Tabla 8. Calidad de la canal de conejos alimentados con guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).....	36
Tabla 9. Bioquímica sanguínea y biometría hemática de conejos alimentados con guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).	38
Tabla 10. Perfil de textura, pérdidas por cocción, color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).....	39
Tabla 11. Calidad de las albóndigas de conejos alimentados con fruto de guamúchil, con respecto al tiempo.....	40
Tabla 12. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con 10 % de inclusión de fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>) en la dieta.	42
Tabla 13. Calidad de la canal de conejos alimentados con 10 % de guamúchil (<i>P. dulce</i>).....	43
Tabla 14. Bioquímica sanguínea y hemática de conejos alimentados con guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).....	45
Tabla 15. Color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con 10 % guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).....	46
Tabla 16. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).	47
Tabla 17. Calidad de la canal de conejos en engorda alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).	48
Tabla 18. Bioquímica sanguínea y hemática de conejos alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>)	49
Tabla 19. Color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con 15% de fruto de guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>).	50
Tabla 20. Peso, ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).....	51
Tabla 21. Consumo de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).	51
Tabla 22. Medidas morfométricas de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).....	52
Tabla 23. Vísceras de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).	52
Tabla 24. Cortes primarios de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).....	53
Tabla 25. Color, pH y capacidad de retención de carne conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).....	53

Índice de figuras

Figura 1. Distribución del guamúchil (<i>Pithecellobium dulce</i>) en México.	18
Figura 2. Producción nacional de conejo	21
Figura 3. Prueba sensorial de albóndigas elaboradas con carne de conejos alimentados con fruto de guamúchil (<i>P. dulce</i>).	41
Figura 4. Hallazgos histopatológicos representativos: Hígado. H-E. 100X. A. 5% GUAM. Vacuolización ligera del citoplasma de los hepatocitos, patrón centrolobulillar (*). Inserto: detalle a 400X. B. 10% GUAM. Control. Vacuolización ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. C. 15% GUAM. Experimental. Vacuolización de ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. Infiltración linfocitaria ligera periférica	
Hallazgos histopatológicos representativos: Hígado. H-E. 100X. A. 5% GUAM. Vacuolización ligera del citoplasma de los hepatocitos, patrón centrolobulillar (*). Inserto: detalle a 400X. B. 10% GUAM. Control. Vacuolización ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. C. 15% GUAM. Experimental. Vacuolización de ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. Infiltración linfocitaria ligera periférica al ducto biliar (izquierda) (cabezas de flecha). Nótese la invasión de linfocitos en epitelio.....	54
Figura 5. Hallazgos histopatológicos representativos: Intestino y Riñón. H-E. 100X. A. 5 % GUAM. Infiltración linfocitaria de lámina propia (*) con invasión moderada del epitelio (cabezas de flecha). B. 10 % GUAM. Experimental. Hiperplasia de nódulos linfoides agrupados en submucosa (hnl). Lámina propia con moderada infiltración linfocitaria (*). C. 15 % GUAM. Control. Infiltración linfocitaria de lámina propia (*), con ligera invasión epitelial. Presencia de escasos esporozoitos de <i>Eimeria</i> spp. (cabezas de flecha).....	55

Abreviaturas y unidades

°C	Grados centígrados
mm	Milímetro
cm	Centímetro
m	Metro
d	Día
FDA	Fibra detergente ácido
FDN	Fibra detergente neutro
µg	Microgramo
mg	Miligramo
g	Gramo
Kg	Kilogramo
µL	Microlitro
mL	Mililitro
L	Litro
H	Hora
min	Minuto
Mmol	Milimol
BS	Base seca
pH	Potencial de hidrogeno
APT	Análisis de perfil de textura
λ	Longitud de onda
DPPH	2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl
CTV	Cuenta total viable
UFC	Unidades formadoras de colonias
Log	Logaritmo
OMS	Organización Mundial de la Salud
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Kcal kg ⁻¹ MS	Kilocalorías por kilogramo de materia seca

%	Porcentaje
P	Probabilidad
MEE	Media del error estándar
ppm	Partes por millón
PC	Proteína cruda
ED	Energía digestible
Mcal kg ⁻¹ MS	Megacalorías por kilogramo de materia seca
PV	Peso vivo
PCC	Peso de la canal caliente
PCF	Peso de la canal fría
CIE	Comisión internacional sobre la iluminación
CRA	Capacidad de retención de agua
PPC	Pérdidas por cocción
a _w	Actividad de agua
N ₂	Nitrógeno atmosférico

1. Resumen

El conejo, como otras especies de producción, compite con el hombre, por ser alimentado con cereales y leguminosas, a pesar de ello, el conejo es una especie de interés zootécnico para pequeños y medianos productores, por su carne de excelente calidad, además de que cuenta con un aparato digestivo capaz de degradar compuestos con alto contenido de hemicelulosa y celulosa, como son los forrajes obtenidos de los árboles como es *Pithecellobium dulce*, el cual además tiene propiedades medicinales que pueden mejorar la producción animal, por tal motivo esta investigación tuvo como objetivo evaluar el efecto de la inclusión del fruto de guamúchil completo y como extracto hexánico, sobre los parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne de conejos, para proponerlo como ingrediente alternativo en la alimentación del conejo. Para lo cual, se deshidrato y molió el fruto de guamuchil (*Pithecellobium dulce*), para posteriormente incorporarlo como fruto completo o bien como extracto hexánico, en las dietas isoproteicas (16 % PB), isoenergéticas (2.6 Mcal kg⁻¹ MS) e isofibrosas (29 % FDN, 16 % FDA). Se realizaron 4 ensayos, para los cuales se utilizaron 72, 64, 64 y 64 animales respectivamente de 35 d de edad, raza California y Mariposa, con peso promedio de 650, 650, 877 y 839 g respectivamente, distribuidos completamente al azar en dos tratamientos (0, 5 % de guamúchil-ensayo 1; 0, 10 % de guamúchil-ensayo 2; 0, 15 % de guamúchil-ensayo 3 y sin extracto/con extracto hexánico de guamúchil- ensayo 4) con 9, 8, 8 y 8 repeticiones de 4 animales respectivamente, durante 28 d, posteriormente se les dio muerte de acuerdo con la NOM-033-SAG/ZOO-2014, para medir calidad de la canal y de la carne. En el primer ensayo se determinó la calidad del producto cárnico. La inclusión de guamúchil al 5% en la dieta mejoró la calidad del producto cárnico, con 10 % de inclusión se mejoró la calidad de la carne y con 15 % disminuyó el hematocrito y hemoglobina, por tal motivo es recomendable adicionar hasta un 10 %, como alternativa de alimentación sin afectar la salud del animal. Es factible utilizar como aditivo el extracto hexánico de fruto de *P. dulce*, en la dieta de conejos durante la etapa de engorda ya que se mejora la conversión alimenticia, la calidad de la canal y carne.

Palabras clave: carne de conejo, guamúchil, calidad de la carne, prueba sensorial

2. Abstract

The rabbit, like other production species, competes with man, for being fed with cereals and legumes, despite this, the rabbit is a species of zootechnical interest for small and medium-sized producers, for its excellent quality meat, in addition to which has a digestive system capable of degrading compounds with a high content of hemicellulose and cellulose, such as forage obtained from trees such as *Pithecellobium dulce*, which also has medicinal properties that can improve animal production, for this reason this research had The objective was to evaluate the effect of including the complete guamúchil fruit and as a hexane extract on the productive parameters, quality of the carcass and rabbit meat, to propose it as an alternative ingredient in rabbit feeding. For which, the fruit of guamuchil (*Pithecellobium dulce*) was dehydrated and ground, to later incorporate it as a whole fruit or as a hexane extract, in isoprotein (16% CP), isoenergetic (2.6 Mcal kg⁻¹ MS) and isofibrous diets. (29% NDF, 16% ADF). Four trials were carried out, for which 72, 64, 64 and 64 animals, respectively 35 d old, California and Mariposa breed, were used, with an average weight of 650, 650, 877 and 839 g respectively, distributed completely at random in two treatments (0.5% guamúchil-trial 1; 0.10% guamúchil-trial 2; 0.15% guamúchil-trial 3 and without extract/with hexane extract of guamúchil-trial 4) with 9, 8, 8 and 8 repetitions of 4 animals respectively, for 28 d, subsequently they were killed in accordance with NOM-033-SAG/ZOO-2014, to measure quality of the carcass and meat. In the first test, the quality of the meat product was determined. The inclusion of 5% guamúchil in the diet improved the quality of the meat product, with 10% inclusion the quality of the meat improved and with 15% the hematocrit and hemoglobin decreased, for this reason it is advisable to add up to 10%. as a feeding alternative without affecting the health of the animal. It is feasible to use the hexane extract of *P. dulce* fruit as an additive in the diet of rabbits during the fattening stage since it improves feed conversion and the quality of the carcass and meat.

Keywords: rabbit meat, guamúchil, meat quality, sensory test

3. Introducción

En los últimos 40 años se ha observado un gran avance sobre la nutrición del conejo, ya que, en la actualidad el conejo forma parte de los animales de producción, que compite con el hombre por la alimentación de granos de cereales y leguminosas (Nieves et al., 2009). El conejo es una especie animal de interés zootécnico a la que se puede alimentar con productos fibrosos no utilizables por el hombre, ya que el conejo lo aprovecha eficientemente como fuente de energía, por tener un aparato digestivo capaz de fermentar carbohidratos estructurales, contenidos en la fibra (Carabaño, 1997).

Algunos forrajes, residuos de cosecha y subproductos agroindustriales, se ofrecen en la alimentación animal de manera esporádica sin considerar una formulación balanceada, lo que ha dado como resultado un bajo crecimiento en los animales, por lo cual, es necesario utilizar recursos alimenticios locales en dietas balanceadas, para mejorar el rendimiento productivo (Martínez et al., 2005).

Los costos por concepto de alimentación representan el 60 % del total de la producción de conejos, por tal motivo, hacer eficiente su aprovechamiento, utilizando ingredientes alternativos de cada espacio geográfico, como son los árboles con capacidad forrajera, permite resolver este problema (Nieves et al., 2002; Gidenne et al., 2012), lo que ha propiciado buscar alternativas proteicas como es el guamúchil (*Pitecellobium dulce*) (Traube et al., 2007), árbol ampliamente distribuido en trópico seco, de la República Mexicana, con 20 % de proteína y vitamina C en sus semillas; con las que se puede ofrecer además de nutrientes al animal, una mejora en la calidad de la canal, ya que además contiene taninos condensados, compuestos fenólicos y ácido ascórbico, con capacidad antioxidante, que puede contribuir a incrementar la vida de anaquel de la carne de conejo (Banerjee, 1988 y Valenzuela, 1977).

4. Revisión de literatura

4.1 Generalidades del conejo

La domesticación del conejo se inició en los monasterios del sur de Francia hace 1400 años, sin embargo, los cambios genéticos que subyacen a los pasos iniciales de la domesticación de los animales aún no se conocen bien (Clutton-Brock, 1999), el conejo es un mamífero pequeño cuya clasificación taxonómica se muestra en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del conejo

Reino:	<i>Animalia</i>
Filo:	<i>Chordata</i>
Clase:	<i>Mammalia</i>
Orden:	<i>Lagomorpha</i>
Familia:	<i>Leporidae</i>
Género:	<i>Oryctolagus</i>
Especie:	<i>O. cuniculus</i>

Fuente: Linnaeus, 1758; Lilljeborg, 1873

El conejo es un animal herbívoro, que debido a la microbiota que contiene en ciego, es eficiente para digerir alimentos fibrosos; aunado a ello al ser un animal de talla pequeña, consume poco volumen de alimento, además de poco espacio vital, menor trabajo físico que otras especies para su atención y no necesita de equipo especializado para su procesamiento, ni de un rastro o matadero, por lo que, dentro del ámbito pecuario, la actividad o labor encausada a la producción de conejos, constituye una verdadera opción que debe ser estimulada (Díaz et al., 2007). Tiene una conformación robusta con extremidades posteriores vigorosas, corpulentas, que les permiten desplazarse con velocidad, su esqueleto es frágil a los golpes, las extremidades anteriores son más finas, con las que hacen cambios bruscos de dirección, la cabeza presenta un par orejas largas, dos filas de incisivos, y en los ojos poseen un tercer parpado transparente que impide la entrada de arena o lesiones en la córnea, el pelo es fino y sedoso de longitud variable; se adaptan con facilidad a distintos medios, los costos de producción en inversión y mano de obras son relativamente bajos, son muy prolíficos, ya

que tienen hasta 40 crías al año, en comparación con 0.8 del ganado vacuno y 1.4 del ovino (FAO, 1999).

4.2 Requerimientos nutricionales de los conejos

Las necesidades nutricionales se definen como las cantidades mínimas de nutrientes que deben estar presentes en la dieta para que los conejos puedan desarrollarse y producir normalmente (S.E.P, 1994). Los nutrientes que deben incluirse son proteínas, carbohidratos, grasas, vitaminas y minerales, la cantidad de energía digerible en las dietas comunes para conejos son bastantes pequeñas, en el intervalo de 2,400 a 2,800 Kcal Kg⁻¹ MS de alimento, las concentraciones de energía más grandes alteran el rendimiento animal y provocan una ingestión de energía reducida. La principal fuente de energía son las grasas y carbohidratos, las grasas producen más energía que los carbohidratos, son el vehículo de vitaminas, permiten la absorción de las proteínas, se depositan en partes claves del organismo (Echeverri, 2004). Las necesidades proteínicas alimentarias son 16 % máximo para crecimiento y 18% para lactación, la fermentación cecal y la cecotrofia permiten que el conejo utilice algún nutriente no proteico (NNP) como la urea o el biuret, pero en la mayoría de los casos, los ingredientes alimentarios proporcionan el nitrógeno total adecuado para la fermentación cecal; la calidad de la proteína alimentaria es especialmente importante para que crezcan rápido los conejos destetados, en los cuales la fermentación cecal puede no ser completada (Church et al., 2002).

El nivel de fibra de la dieta no es suficiente para definir las necesidades del animal, un cambio de los alimentos fibrosos utilizados, manteniendo el contenido total de fibra, puede modificar las características nutritivas de la dieta, esto se debe a las diferencias entre distintas fuentes y en su composición química (contenido de Fibra Detergente Neutro, grado de lignificación y contenido en ácidos urónicos) y en sus características físicas, como tamaño de partícula, capacidad de hidratación, capacidad tampón, etc., estas últimas dependen tanto de la composición química como del procesado previo que puedan sufrir las materias primas (Carabaño et al., 1997), además, un déficit de fibra en la dieta estará asociada con una mayor aparición de diarreas en conejos en cebo.

Las vitaminas del complejo B y la vitamina K, se sintetizan mediante la acción microbiana en el ciego y el animal las obtiene por la cecotrofia, en condiciones alimentarias comunes, de

tal forma que sólo es necesario tomar en cuenta a las vitaminas A, D y E en la elaboración de los alimentos (Church et al., 2002); el conejo depende fundamentalmente de la vitamina E para la detoxificación de los peróxidos, sin que al parecer él se juegue papel alguno.

Los principales elementos minerales de interés en la formulación del régimen alimentario del conejo son el calcio (Ca) y el fósforo (P), en general los otros minerales se proporcionan en cantidad suficiente con los ingredientes utilizados y la adición de sales con oligoelementos. La mayoría de las dietas de conejos contienen suficiente calcio, proporcionado en la harina de alfalfa (Ensminger et al., 1990). Su carencia ocasiona pérdida de peso, retraso en el crecimiento, atonía en ciego, canibalismo en conejas recién paridas; su suministro debe ser voluntad (Echeverri, 2004).

4.3 Alternativas de alimentación para conejos en etapa de engorda

Son muchos los esfuerzos que se han realizado alrededor del mundo para poder reducir costos de producción de la carne de conejo, utilizando diferentes fuentes nutricionales vegetales como son los árboles, un ejemplo de ello es lo encontrado por Mora (2010), quien utilizó, el follaje del árbol de morera, en diferentes concentraciones observando mayor digestibilidad de la proteína y fibra en comparación con animales alimentados con concentrado. Por otro lado, (Nieves et al., 2009) ofrecieron follaje de morera y leucaena en concentraciones de 10, 20 y 30 %, obteniendo mayor ganancia diaria de peso (GDP), cuando consumieron leucaena, Insuasty et al., (2018) evaluaron el efecto de la adición de laurel, tomillo y zanahoria, obteniendo ganancias de 17.86 g d⁻¹, con esta última. (Mattioli et al., 2018), quienes al incluir hojas de olivo en dietas para conejos de engorda, no encontraron efecto sobre la calidad de la canal y de la carne.

4.4 Generalidades del guamúchil

En la región occidente de México se encuentra presente la selva baja y selva baja espinosa caducifolia, en estos tipos de ecosistemas, presentan una comunidad arbórea de entre 8 y 30 m de altura, en la que se encuentra presente el guamúchil perteneciente a la familia de las leguminosas (*Phitecelobium dulce*) y originario de México, de hasta 22 m de altura,

(Pennington y Sharukán, 2005) y se distribuye en el trópico seco en la parte del pacífico y para la parte del golfo como se muestra en la Figura 1.



Figura 1. Distribución del guamúchil (*Pithecellobium dulce*) en México.

Fuente: Guevara et al., 2007

Una de las características más importantes de las leguminosas es que en sus raíces contienen en sus nódulos la fijación de nitrógeno atmosférico (N₂), para posteriormente almacenarlo en su follaje, en sus tallos más tiernos y frutos en forma de proteína cruda, conteniendo fibra, nitrógeno no proteico, proteína y grasa (Botero, 1996). El guamúchil pertenece a la familia de las fabáceas y su clasificación taxonómica se presenta en el Tabla 2.

Tabla 2. Clasificación taxonómica del guamúchil

Reino:	<i>Plantae</i>
Subreino:	<i>Tracheobionta</i>
División:	<i>Magnoliophyta</i>
Clase:	<i>Magnoliopsida</i>
Subclase:	<i>Rosidae</i>
Orden:	<i>Fabales</i>
Familia:	<i>Fabaceae</i>
Subfamilia:	<i>Mimosoideae</i>
Tribu:	<i>Ingeae</i>
Género:	<i>Pithecellobium</i>
Especie	<i>Pithecellobium dulce</i>

Fuente: Mart, 1837.

4.5 Características morfológicas y fisiológicas del guamúchil

El guamúchil (*Pithecellobium dulce*), es un árbol que tiene copa ancha, tallo ligeramente torcido, corteza ornamentada de color gris verdoso con manchas blanquecinas; de aspecto granuloso por la presencia de abundantes lenticelas de color café rojizo agrupadas en líneas longitudinales, la madera presenta un color amarillo claro con tonalidades rojizas en la albura, de color café rojizo en el duramen; tiene un olor característico y un sabor ligeramente amargo (Banerjee y Jain, 1988 y Valenzuela, 1977). Sus ramas son delgadas, ascendentes, presentando pelos en las partes jóvenes y espinas por pares (aunque algunos especímenes carecen de ellas), sus hojas están dispuestas en espiral bipinnadas y pecioladas, compuestas por un par de folíolos secundarios sésiles, sus inflorescencias son axilares o terminales, panículas péndulas de cabezuelas, tomentosas; las flores actinomorfas, verdosas y sésiles; el fruto es una legumbre péndula de hasta 16 cm de largo de color verde-rojizo a rosado, enroscada, contraída entre las semillas, dehiscente y con numerosas semillas de color negro envueltas por un arilo carnoso, florece a partir de los dos años, de septiembre a mayo y fructifica de marzo a junio (Sánchez, 1991).

Este árbol tiene la particularidad de rebrotar con mucho vigor, si se le corta por ello se cultiva para obtener leña, no soporta bien los fuertes vientos pues sus ramas son quebradizas y hasta puede llegar a ser arrancado de la tierra, no tolera las temperaturas muy bajas (Banerjee y Jain, 1988 y Valenzuela, 1977).

4.6 Usos y propiedades del guamúchil

El guamúchil es un ejemplo de uso múltiple, los frutos son apreciados por el sabor dulce del arilo que cubre las semillas, la producción de madera, frutos, forraje, abono verde, sustancias médicas, sombra, gomas, comestibles, además de controlar la erosión, mejorar la filtración de agua a través del sistema radical, fijador de nitrógeno atmosférico, delimitador de predios, servir como rompe vientos y mantener la fertilidad (Krisnamurthy y Ávila, 1999).

Los frutos frescos consumidos en grandes cantidades llegan a “cerrar” la garganta por la presencia de taninos, a pesar de esto, es apreciado por la gente de las comunidades rurales que lo consumen en forma directa o con sal, chile y limón, además es medicinal, ya que contiene propiedades curativas que son utilizadas en la medicina tradicional para prevenir o

curar (SIAP, 2019). Entre los usos más comunes del guamúchil destacan, curar la diarrea, cólicos, malestar estomacal, llagas, sanar heridas, granos y para reforzar la dentadura, esta planta es utilizada para el tratamiento de trastornos (Monroy y Colin, 2016). Existen diversos estudios donde se ha empleado extractos de diferentes partes de la planta de guamúchil para evaluar su actividad antimicrobiana, Bhat et al. (2018) emplearon extractos de hexano benceno, etilacetato y etanol sobre bacterias gram positivas y negativas (*Acetobacter aceti*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia* y *Enterobacter aerogenes*), quienes encontraron que los extractos de etanol y etilacetato de raíz (100 mg) mostraron actividad antimicrobiana. Por su parte, Shankar y Maheshkumar (2012), evaluaron la capacidad antioxidante *in vitro* de extractos de metanol y acetona de hojas y corteza, ambos extractos resultan ser buenos agentes quelantes de hierro, además, destacan su fuente potencial de antioxidantes, estos estudios sugieren la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides y capacidad antioxidante.

El guamúchil, ha sido estudiado en repetidas ocasiones, en el sector salud se han probado extractos hidroalcohólicos, para tratar úlceras gástricas inducidas en modelos animales (ratas) (Megala y Geetha, 2010); en un estudio de cromatografía líquida de alta eficacia se observó que un extracto acuoso que contenía fenoles, flavonoides y saponinas como principales componentes activos (Pabitra Bikash Pal, 2012).

4.7 Consumo de carne de conejo

El consumo mundial se estima en 300 g de carne de conejo por persona por año, en la Unión Europea, el consumo llega a 1,7 kg por habitante (Peláez y Ramos 2013). En los últimos 10 años, el valor de la producción de carne de conejo en México creció apenas 3.8 % (SAGARPA, 2015). El consumo per cápita es menor a 100 g (Marín, 2017). Lo anterior, se debe a que el conejo es utilizado como mascota o a que la producción es orientada a la obtención de pieles, quedando como último lugar la producción de conejo para carne (Moreira, 2015).

4.8 Situación de la producción cunícola

Según la FAO (2018) la carne de conejo tuvo una producción de 1,428, 085 ton., colocándose en octavo lugar, el continente asiático se convirtió el principal productor, con una cantidad 1.025.453 ton, dentro de ellos se encuentra China como primer lugar con 849.150 ton, seguido por Corea con 172.680 ton., Europa se posiciono en segundo lugar a nivel continente con 289.884 ton.; en cambio, México ocupa el décimo octavo lugar mundial como productor, con 4 500 toneladas, siendo el Estado de México el principal productor con 2 mil toneladas anuales, en la Figura 2, se muestra que el estado de México fue la entidad de mayor producción con 30.2 %, seguida de Puebla 14.7 % e Hidalgo 6.9 %. Se cuenta con una obtención de 151,054 cabezas perteneciente a 4,275 unidades de producción.

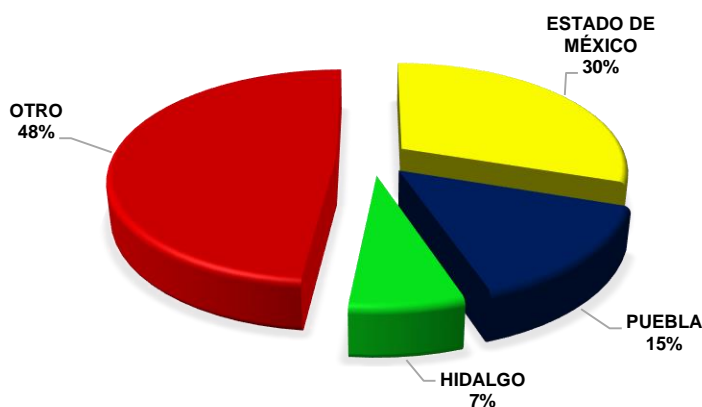


Figura 2. Producción nacional de conejo

(FAO, 2018)

En 2015 la Dirección General de Ganadería de la Secretaría de Desarrollo Agropecuario del Estado de Hidalgo (SEDAGROH), reporta que el estado de Hidalgo cuenta con una producción de carne de conejo, que alcanza anualmente los 2 millones 560 mil gazapos (Inforural, 2018).

4.9 Calidad de la canal y de la carne

Con base en la NMX-FF-105-SCFI-2005, el conejo en canal es el cuerpo del animal sacrificado, desangrado, sin piel, abierto a lo largo de la línea media (externo-abdominal), con cabeza, extremidades seccionadas a nivel del metatarso y metacarpo, eviscerado

pudiendo contener el hígado, corazón y riñones, los cortes básicos en los que se divide la canal:

- Lomo: Porción que incluye de la última vértebra torácica a la última lumbar.
- Pierna: Porción cuyo corte incluye la base anterior del pubis, hasta la unión tibio-tarsiana.
- Espaldilla y costillar: Porción cuyo corte incluye el tercio anterior junto con la parte lateral, que tiene como límite el tórax; junto con la región de las extremidades anteriores conformada por la escápula (paleta), húmero, ulna (cúbito) y radio, hasta la altura de la articulación carpiana.

La carne de conejo tiene alto nivel de proteína (21 a 23 %), proporciona menor cantidad de calorías y colesterol con respecto a la de cordero, pollo, pavo y ternera, destaca por su aportación de ácidos grasos esenciales, excelente fuente de ácido fólico, vitamina K y E, calcio, hierro y vitamina B12, bajos niveles de sodio y ácido úrico (Hernández et al., 1999).

El consumo de esta carne es ideal en etapas de crecimiento, embarazo, lactancia, y adultez, debido a que su contenido nutricional proporciona la mitad de los requerimientos diarios (Bixquert y Gil, 2005).

5 Justificación

Debido al elevado costo de los granos y leguminosas, el uso de fuentes energéticas y proteicas alternativas ha ido en aumento, por lo que, las investigaciones se han enfocado en la búsqueda de plantas y frutos que puedan proveer de ciertos nutrientes y por lo tanto dar beneficios en la alimentación de conejo. El guamúchil (*Pithecellobium dulce*), es un recurso ampliamente distribuido en México, puede ser utilizado en la alimentación de conejo, debido a que presenta un alto contenido de nutrientes ya que es utilizado comúnmente como forraje en algunos lugares del estado de Guerrero; de igual forma los estudios *in vitro* reportan que tiene efectos biológicos. Por lo que, el objetivo de la presente investigación es utilizar el fruto de guamúchil con la finalidad de disminuir el uso de cereales y oleaginosas, y a su vez reducir el costo de la alimentación, sin comprometer la producción animal y la calidad de la canal de los conejos.

6 Objetivos

6.1 Objetivo general

- Evaluar la inclusión del fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) y sus extractos sobre los parámetros productivos, calidad de la canal y carne de conejo, para proponerlo como una alternativa en la alimentación.

6.2 Objetivos específicos

- Analizar la composición nutricional del fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*), para incluirlo como ingrediente en una dieta para conejos.
- Evaluar el efecto de diferentes niveles de inclusión del fruto de guamúchil sobre los parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne de conejo, bioquímica sanguínea y hematológicas, para conocer su efecto sobre la salud del animal.
- Evaluar el efecto de la inclusión del extracto hexánico del fruto del guamúchil sobre los parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne de conejo, para proponerlos como aditivos.

7 Hipótesis

La incorporación del fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) o el extracto hexánico en la alimentación de conejos, mejoran los parámetros productivos, la calidad de la canal y carne de conejos en etapa de engorda.

8 Materiales y métodos

Esta investigación se desarrolló a través de cuatro ensayos, durante los tres primeros se evaluó la inclusión de diferentes concentraciones (5, 10 y 15 %) del fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*), y en la última se incluyó extracto hexánico del mismo fruto.

8.1 Obtención del material vegetal

El fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) se obtuvo de la localidad de San Miguel de las Palmas, Municipio de Huitzaco de los Figueroa, Guerrero, México (18°18'04"N 99°19'52"O), se deshidrató a la sombra a 28 °C, se molió con un molino de cuchillas (THCF2800M13, Antarix de México), y se realizó el análisis bromatológico.

8.2 Elaboración de dietas

De acuerdo con los requerimientos nutricionales de conejos de National Research Council (NRC) (1977) y aportes nutricionales de los ingredientes obtenidos de las tablas de la Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal (FEDNA) (2019), se formularon 4 dietas (Tabla 3) isoproteicas (16 % PB), isoenergéticas (2.6 Mcal kg⁻¹ MS) e isofibrosas (29 % FDN, 16 % FDA), las cuales fueron mezclados en una mezcladora de cintas helicoidales (ASF MZ 50, Molinos y Mezcladoras Industriales S. A. de C. V. México), y peletizadas con una máquina SKJ 120 (Sandong, China), para posteriormente almacenarse en contenedores herméticos, posteriormente de cada dieta se obtuvo una muestra de 300 g, por el método de cuarteo, para su posterior análisis.

8.3 Animales

Los ensayos con animales fueron aprobados por el Comité Interno para el Cuidado y Uso de los Animales del Instituto de Ciencias Agropecuarias (número de oficio 001-2020), se realizó en la Nave de Investigación de Producción de conejos ciclo completo, del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo localizada en Tulancingo, Hidalgo, México (20°03'40"N 98°23'00"O). Para los 4 ensayos se utilizaron 72, 64, 64 y 64 animales respectivamente de 35 d de edad, raza California y Mariposa, con peso promedio de 650, 650, 877 y 839 g respectivamente, distribuidos completamente al azar en dos tratamientos (0, 5 % de guamúchil-ensayo 1; 0, 10 % de guamúchil-ensayo 2; 0, 15 % de

guamúchil-ensayo 3 y sin extracto/con extracto hexánico de guamúchil- ensayo 4) con 9, 8, 8 y 8 repeticiones de 4 animales respectivamente, durante 28 d, fueron alojados en jaulas de 45*40*60 cm, acondicionadas con bebederos automáticos y comederos de tolva con agua y alimento ad libitum, con una temperatura ambiental de 17 °C y humedad relativa de 60 %.

Tabla 3. Dietas con fruto y extracto de guamúchil, para alimentación de conejos durante la engorda

Ingredientes, % MS	Concentración de guamuchil				EH
	0 %	5%	10%	15%	
Kg BS					
Paja de cebada	13.5	11.0	7.7	5.2	12.30
Maíz molido	21.5	22.0	23.3	23.5	20.70
Sorgo molido	12.4	12.4	14.0	15.2	11.80
DDGS Cebada	6.5	6.0	3.0	2.6	5.90
Pasta de canola	4.0	3.0	3.0	3.0	3.80
Salvado de trigo	8.1	8.1	8.1	9.3	7.70
Aceite de canola	1.0	1.0	1.0	1.0	0.80
Melaza de caña	2.5	2.5	2.5	2.5	8.60
Pasta de soya	15.0	14.0	13.4	11.4	14.10
Cascarilla de soya	12.5	12.0	11.0	8.3	11.80
Premezcla	3.0	3.0	3.0	3.0	2.50
Guamúchil fruto	0.0	5.0	10.0	15.0	0.0
EH de guamúchil	0.0	0.0	0.0	0.0	0.78
Agua	0.78	0.78	0.78	0.78	0.00

G = Guamúchil, EH= Extracto Hexánico, DDGS= Granos secos de destilería con solubles

8.4 Parámetros productivos

Se determinó el consumo diario de alimento, por diferencia de peso (ofrecido –rechazado), se registró el peso inicial, final, así como el semanal con una báscula digital (Mettria, modelo MTNUV-40, China. Posteriormente, se calculó la ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia (CA) (Fernández et al., 2005).

8.5 Digestibilidad aparente de materia seca y fibra

Para determinar la digestibilidad aparente se siguió la metodología descrita por Pérez et al. (1995) con modificaciones, se determinó la digestibilidad de la materia seca (DMS), materia orgánica (DMO), fibra detergente neutro (FDN) y fibra detergente acida (FDA), se colectaron las heces totales por jaula, durante los últimos 4 d del periodo de engorda, las cuales fueron se deshidratadas a 50 °C en un horno digital de secado (Riossa de 307 L, tipo 305, HCF82D, México), para su posterior análisis.

8.6 Análisis químicos

Al fruto de guamúchil, dietas integrales y heces, se les determino materia seca (930.15), proteína bruta (945.01), cenizas (942.05) y grasa bruta (954.02) de acuerdo con la metodología AOAC, (2005); fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) siguiendo la metodología descrita por Van Soest et al. (1991). Finalmente, para las muestras de heces solas se determinó materia seca y cenizas.

8.7 Calidad de la canal

Al terminar el periodo de engorda, los animales fueron pesados (báscula digital Mettria, modelo MTNUV-40, 5 g) y trasladados al Taller de Cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para darles muerte de acuerdo con la NOM-033-SAG/ZOO-2014. Previamente, se midió el largo del animal colocando la cinta métrica al nivel del atlas hasta la primer vertebra coccigea y la circunferencia a nivel de las vertebrae lumbares, posterior al exsanguinado, se pesó la piel, patas, canal caliente, vísceras completas y fraccionadas, se midió el largo y la circunferencia lumbar de la canal. Las canales se almacenaron en un cámara de refrigeración (4 °C) durante 24 h, posteriormente se pesó la canal fría y los cortes primarios (cabeza, parte anterior, media, posterior y piernas), de acuerdo con las indicaciones de Blasco y Ouhayoun (1993). Para obtener la proporción carne, grasa y hueso se realizó la disección de las piernas, para posteriormente pesar cada uno de los componentes (báscula Scout Pro SP402, Ohaus Corporation, Pine Brook, NJ, USA) de 0.1 g de precisión.

8.8 Determinaciones bioquímicas sanguíneas y hemáticas.

Durante el desangrado se recolectaron 3 mL de sangre en tubos Vacutainer^{MR} para medir la química sanguínea de 16 elementos (Glucosa, mmol.L⁻¹, Creatinina, µmol.L⁻¹, Colesterol, mmol.L⁻¹, Bilirrubina, µmol.L⁻¹, ALT, UI.L⁻¹, AST, UI.L⁻¹, Fosfatasa alcalina, UI.L⁻¹, PT, gl.L⁻¹, Albuminas, gl.L⁻¹, Globulina, gl.L⁻¹, Calcio, mmol.L⁻¹, Fósforo, mmol.L⁻¹, LDH, UI.L⁻¹) con un equipo BA 400 de Biosystem, y la biometría hemática con un equipo de Hematology Analyzer de Idexx, Provyte Dx, ambos realizados en el Laboratorio de Especialidades Inmunológicas, S. A DE C. V. de la Ciudad de México.

8.9 Histopatología

Las muestras de hígado, duodeno, yeyuno, ciego y riñón fueron procesadas por el método de inclusión en parafina (Prophet, 1995), mediante un procesador automatizado de tejidos (Microm, modelo TP120) (Tabla 4) y cortadas a 4 µm en un micrótopo de rotación manual (Leica, modelo RM125RT). Posteriormente se tiñeron con el método de hematoxilina y eosina (H-E) (Tabla 5) y cubiertas con una gota de resina sintética y un cubreobjetos (Prophet, 1995), para su posterior observación y análisis en un microscopio compuesto de campo claro (Olympus; modelo BX41), donde se analizaron los cambios tisulares observados y se capturaron las imágenes correspondientes mediante una cámara Evolution VF (Microsystems) y procesadas con el software ImagePro v. 6.0 (Microsystems), en una PC Vaio con procesador Pentium y 4 GB de RAM.

Tabla 4. Procesamiento automatizado de muestras histológicas (modificado de Prophet, 1995)

	Paso	Reactivo	Tiempo de procesamiento (h)
Lavado	1	Agua destilada	1
	2	Alcohol isopropílico 60 %	1
	3	Alcohol isopropílico 70 %	1
	4	Alcohol isopropílico 80 %	1
Deshidratación	5	Alcohol isopropílico 96 %	1
	6	Alcohol isopropílico 96 %	2
	7	Alcohol isopropílico 100 %	1
	8	Alcohol isopropílico 100 %	2
Aclaramiento	9	Xileno	1
	10	Xileno	2
Infiltración	11	Parafina	1
	12	Parafina	2

Tabla 5. Tinción Hematoxilina y Eosina (Modificado de Prophet, 1995)

	Tinción H-E	Tiempo (min)
Inicio	Xileno	2
	Xileno	2
	Alcohol isopropílico 100 %	2
	Alcohol isopropílico 100 %	2
	Alcohol isopropílico 95 %	2
	Alcohol isopropílico 95 %	2
	Alcohol isopropílico 80 %	2
	Alcohol isopropílico 70 %	2
	Agua destilada	0.1
	Hematoxilina de Harris	10
	Agua corriente	2-5
	Alcohol ácido	0.1
	Agua amoniacal	viraje a azul
	Agua corriente	10
	Alcohol isopropílico 70 %	2
	Eosina-Floxina	5
	Alcohol isopropílico 80 %	2
	Alcohol isopropílico 95 %	2
	Alcohol isopropílico 95 %	2
	Alcohol isopropílico 100 %	2
	Alcohol isopropílico 100 %	2
	Xileno	2
	Xileno	2
Montaje	Resina	
Resultados: epitelio rosa intenso a violeta, conectivo rosa claro, muscular rosa intenso y nervioso rosa claro		

8.10 Calidad de la carne

La evaluación fisicoquímica de la carne se realizó en el lomo (músculo *Longissimus dorsi*), el pH se midió con un potenciómetro para carne (Hanna instruments HI99163, Cluj-Napoca, Rumania) siguiendo la metodología de Astrogano, (2018). La capacidad de retención de agua (CRA), se determinó por el método de papel siguiendo la metodología de Pla et al. (1998). El color se determinó con un colorímetro (Konica-Minolta, CM506d, Tokio, Japón), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación) $L^* a^* b^*$, se hicieron cinco mediciones, siguiendo las recomendaciones de American Meat Science Association (2012). Para cuantificar las pérdidas de peso por cocción, se disecciono la mitad del lomo de las vértebras lumbares, se registró el peso crudo y posteriormente cocido en baño

maría (Stable Temp, Cole Palmer, USA) a 80 °C durante 20 min. Posteriormente, se determinó el perfil de textura utilizando un analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro MA, AT3000, USA), se empleó una sonda de 2.5 mm de diámetro. La carne se cortó en cubos de 1 cm y con ayuda del software Texture Pro CT se obtuvieron los parámetros de dureza, adhesividad, cohesividad e índices de elasticidad y masticabilidad de la carne (Bourne, 1978).

8.11 *Calidad del producto cárnico*

En el ensayo 1, se elaboraron albóndigas con carne de piernas, molida (Molino Torrey, Monterrey, NL, México); por cada kg de carne, se agregaron 10 g de sal común y 200 mL de agua para su mezclado. Se generaron porciones de 50 g. Se almacenaron en charolas de plástico, selladas con película auto adherible, conservadas a 4 °C, para su posterior análisis. El análisis microbiológico de las albóndigas se hizo siguiendo la metodología para la preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológico como lo indica la NOM-110-SSA1-1994, para la cuenta de bacterias aerobias en placa, la NOM-092-SSA1-1994. La actividad antioxidante se realizó siguiendo la metodología propuesta por Brad-Williams et al. (1995), empleando el método DPPH. El pH se midió con un potenciómetro para cárnicos (Hanna instruments HI99163, Cluj-Napoca, Rumania). La actividad de agua (a_w) se realizó con un equipo HygroPalm (HP23-Aw, Rotrotonic ® USA). Todas las determinaciones se analizaron a los días 0, 7 y 15 por triplicado.

La prueba sensorial de las albóndigas se realizó con 120 jueces no entrenados del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, quienes expresaron su preferencia de acuerdo con una escala hedónica de nueve puntos (desde 1. Me gusta muchísimo hasta 9. Me disgusta muchísimo) descrita por Drake, (2007), así como su edad y sexo a los cuales se les asignaron de forma aleatoria los números 964 y 365, respectivamente, se ofrecieron a cada panelista en charolas de unicel acompañadas de un vaso con agua.

8.12 *Análisis estadístico*

Los parámetros productivos, digestibilidad aparente, determinaciones bioquímicas, hematológicas, calidad de la canal, de la carne y del producto cárnico, tuvieron un diseño completamente al azar, fueron analizados con un software Statistical Analysis System (SAS, 2012). Cuando existieron diferencias significativas se utilizó Least-squares Means (LSMEANS) con $p < 0.05$. El peso semanal y la calidad del producto cárnico se analizaron con mediciones repetidas a través del tiempo. Para la prueba hedónica se realizó un análisis de frecuencia (Kolmogorov-Smirnov, 1930), para conocer el sexo y la edad de la población se realizó el promedio.

El diseño estadístico fue completamente al azar y se analizarán las medias por prueba de Tukey al 5% de probabilidad y el modelo será el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + \epsilon_{ij}$$

($i = 1, 2$ tratamientos)

($j = 1, 2 \dots$ repeticiones)

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta

μ = Media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

ϵ_{ij} = Error experimental

9 Resultados y Discusión

9.1 Ensayo 1 (5% de *P. dulce*)

9.1.1 Caracterización proximal del fruto de guamúchil (*P. dulce*)

En la composición química del fruto de guamúchil revela un contenido de materia seca 89.5 %, cenizas 6.4 %, extracto etéreo 6.2 %, proteína cruda 21.5%, FDN 74.0 % y FDA 32.1 %. Debido a que contiene alto contenido de proteína y fibra, es una alternativa de ingrediente para alimentar a conejos en etapa de engorda, ya que la cantidad de proteína obtenida coincide con lo reportado por Rao (2013) quien reporta contenidos para la semilla 39 %, por su parte Bhati y Jain (2016) obtuvieron valores de 18.6 % para proteína y 3.9 % para fibra en el arilo.

9.1.2 Parámetros productivos

En la Tabla 6 se observa que la incorporación del fruto de guamúchil a la dieta no generó cambios significativos ($P > 0.05$) en los parámetros productivos evaluados, sin embargo, al analizar el consumo por semana y GDP a través del tiempo, sin embargo, la incorporación del guamúchil mejora la ganancia de peso en conejos en el último periodo de engorda, la conversión alimenticia es mejor por la mayor digestibilidad en la dieta que contenía el guamúchil, debido a que el conejo lo aprovecha para transformarlo en músculo y mejorar los parámetros productivos, estos resultados difieren con Flores e Hidalgo (2020) donde incorporaron un granulado de *Boehmeria nivea* y *Trichanthera*, (10 y 20 %), afectando la conversión alimenticia y llevándola hasta 7.10 con 10 % de inclusión. Al igual que lo encontrado por Coreno et al. (2018) quienes adicionaron follaje de *Dalbergia palo-escrito* sp., en la dieta de conejos y resultó perjudicial ya que los animales murieron en la primera semana del estudio. Por otro lado, Nieves et al. (2011) adicionaron diferentes niveles de inclusión de follaje de árnica (0, 9 y 18 %), y no encontraron diferencias entre tratamientos en las variables productivas.

Tabla 6. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetros	Concentración de fruto de guamúchil (%)		MEE
	0	5	
Peso inicial, g	598.25	576.14	49.91
Peso final, g	1596.50	1583.18	75.21
Peso total ganado, g	998.25	1007.05	67.82
Conversión alimenticia	2.89	2.49	0.32
Ganancia diaria de peso total, g	35.65	35.96	2.42
Consumo total de alimento, g	2331.20	2291.91	109.81
GDP1, g.d ⁻¹	44.80	41.20	2.88
GDP2, g.d ⁻¹	43.01	38.86	2.88
GDP3, g.d ⁻¹	38.67	37.86	2.88
GDP4, g.d ⁻¹	39.34	31.65	2.88
Consumo semana 1, g.d ⁻¹	60.06	62.67	5.82
Consumo semana 2, g.d ⁻¹	84.48	84.03	5.82
Consumo semana 3, g.d ⁻¹	78.13	68.66	5.82
Consumo semana 4, g.d ⁻¹	91.65	102.96	5.82

MEE = Media del error estándar.

9.1.3 Digestibilidad *in vivo* aparente de materia seca y fibra

La incorporación de fruto de guamúchil al 5%, generó un incremento significativo en la digestibilidad de materia seca y orgánica ($P < 0.05$), sin embargo, para los valores FDN y FDA no se observan dichas diferencias ($P > 0.05$) (Tabla 7). Lo cual difieren con lo reportado por Nieves et al. (2006) donde evaluaron la digestibilidad de *Morus alba* con inclusiones de 30 y 100 % respectivamente, concluyeron que a mayor concentración de follaje menor era la digestibilidad. Por lo tanto, se sugiere que a mayor cantidad de fibra menor es la digestibilidad de materia seca y materia orgánica.

Tabla 7. Digestibilidad *in vivo* aparente de dietas que incluyen guamúchil (*Pithecellobium dulce*)

Parámetro (%)	Concentración de fruto de guamúchil (%)		MEE
	0	5	
Materia seca	62.85 ^b	65.27 ^a	0.98
Materia orgánica	66.74 ^b	69.46 ^a	0.87
Fibra detergente neutro	37.20	35.53	0.91
Fibra detergente ácida	59.41	59.07	0.94

^{ab}. Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas (P<0.05).

MEE = Media del error estándar.

9.1.4 Calidad de la canal

Los parámetros que determinan la calidad de la canal se presentan en la Tabla 8. La mayoría de los parámetros relacionados con la calidad de la canal no presentaron diferencias estadísticas (P>0.05) al adicionar guamúchil al 5 %, para los valores de las patas y las pérdidas por refrigeración se redujo significativamente (P<0.05) con respecto al control. Los parámetros productivos influyen directamente en la calidad de la canal, específicamente en el valor comercial y su calidad nutricional, dentro de estos parámetros se encuentra el peso de la canal fría, las canales de animales que consumieron 5 % de fruto de guamuchil, mostraron menor pérdida de agua y mayor deposición de grasa, lo cual hace más atractiva a la carne, ya que se asocia con el sabor, textura y jugosidad de la misma, como lo indican Toro et al. (2016), quienes evaluaron diferentes concentraciones de harina de agave (0, 5, 10 y 15 %) y reportan que a mayor dosis de harina se incrementan los pesos de las canales hasta un 2.82 %. Por otro lado, Pérez et al. (2018) incorporaron en un 11.2 % de *Tithonia tubaeformis* hojas, tallo y planta completa en la dieta de conejos en etapa de engorda y no reportan diferencias significativas en calidad de la canal.

Tabla 8. Calidad de la canal de conejos alimentados con guamúchil (*Pithecellobium dulce*)

Parámetro	Concentración de fruto de guamúchil (%)		MEE
	0	5	
Peso vivo, g	1562.19	1566.05	80.55
Rendimiento de la canal, %	51.30	50.26	0.94
Largo del animal, cm	30.00	28.55	0.73
Circunferencia lumbar del animal, cm	20.54	20.16	0.65
Piel, g.kg ⁻¹ PV	148.00	146.86	2.61
Patas, g.kg ⁻¹ PV	27.90 ^a	25.01 ^b	0.81
Largo de la canal, cm	28.94	28.03	0.68
Circunferencia lumbar de la canal, cm	14.75	14.89	0.52
Vísceras, g.kg ⁻¹ PV	252.98	259.47	8.58
Peso de la CC, g	809.69	790.05	47.24
Peso de la CF, g	790.94	759.21	46.59
Pérdidas por refrigeración, %	2.35 ^b	3.47 ^b	0.31
Grasa renal, g.kg ⁻¹ CC	11.36	12.05	1.80
Grasa escapular, g.kg ⁻¹ CC	3.93	3.35	0.54
Cabeza, g.kg ⁻¹ CC	122.33	114.18	8.84
Parte anterior, g.kg ⁻¹ CC	254.12	232.97	20.09
Parte media, g.kg ⁻¹ CC	107.28	95.47	9.07
Parte posterior, g.kg ⁻¹ CC	182.08	163.12	17.52
Piernas, g.kg ⁻¹ CC	363.35	330.77	29.36
Carne, g.kg ⁻¹ Pierna	561.66	550.69	36.80
Hueso, g.kg ⁻¹ Pierna	234.12	225.11	10.99
Grasa disecable, g.kg ⁻¹ Pierna	4.28	5.23	1.01

^{ab}. Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas (P<0.05).

PV= Peso vivo, CC=Canal caliente, CF= Canal fría

MEE = Media del error estándar.

9.1.5 Determinación de bioquímica sanguínea y hemática.

Los análisis realizados en sangre no arrojaron diferencias estadísticas (P>0.05) entre los tratamientos. Con respecto a las enzimas alanina aminotransferasa (49.44 UI.L⁻¹), aspartato aminotransferasa (48.55 UI.L⁻¹) y el contenido de fósforo (2.85 mmol.L⁻¹), si mostraron

diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto al control (Tabla 9), lo que sugiere un cambio a nivel hepático como consecuencia de la producción intensiva y el tipo de alimentación (Quimís-Cantos, 2020).

9.1.6 Calidad de la carne

Con respecto a los parámetros que determinan la calidad de la carne se observaron diferencias con respecto al control. En el color hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en los valores para a^* . Con respecto al perfil de textura mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) la adición del fruto de guamúchil al 5% incrementa los valores para la dureza (Tabla 10). La calidad de la carne hace referencia a los atributos sensoriales y nutricional, que a su vez están influenciados por distintos factores, en este caso, se vio afectada la dureza de la carne, resultando más suave, lo cual coincide con lo encontrado por García-Vázquez et al. (2020), quienes al incluir infusión de *Chenopodium ambrosioides* a medida que se incrementó la concentración de la planta aromática la dureza disminuyó, sin afectar el valor de a^* , pero si el valor de b^* , indicando mayor luminosidad.

9.1.7 Calidad del producto cárnico

La calidad de la albóndiga con respecto al tiempo, se observan en la Tabla 11. Claramente, se aprecian diferencias significativas ($P < 0.05$) con respecto al tiempo de almacenamiento y el efecto de la inclusión del fruto de guamúchil. Los valores de pH se ven influenciados por el tiempo y el tratamiento mostrando un aumento significativo ($P < 0.05$). Por otro lado, la actividad del agua no presenta diferencias entre tratamientos, solo para el control a través del tiempo. Al incluir el fruto de guamúchil en la alimentación de los conejos durante su engorda, disminuyó significativamente (< 0.05) las UFC para estafilococos y enterobacterias, esto debido a la naturaleza del producto, así como la actividad antioxidante a través del tiempo, al igual que lo observado por Koné et al. (2019) al incluir extractos de plantas y Mancini et al. (2015), quienes con 3,5% de cúrcuma aumento la vida de anaquel de hamburguesas de conejo.

Tabla 9. Bioquímica sanguínea y biometría hemática de conejos alimentados con guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de fruto de guamúchil (%)		MEE
	0	5	
Hematocrito, L.L ⁻¹	0.427	0.427	0.013
Hemoglobina, g.L ⁻¹	129.571	131.111	3.190
Eritrocitos, x10 ¹²	5.686	5.789	0.199
VGM, FI	71.429	70.422	68.548
CGMH, g.L ⁻¹	318.571	319.778	2.452
Plaquetas, x10 ⁹ .L ⁻¹	283.857	365.889	56.298
Ptotales, g.L ⁻¹	54.714	55.222	1.432
Leucocitos, x10 ⁹ .L ⁻¹	5.200	6.789	1.022
Neutrofilos, x10 ⁹ .L ⁻¹	2.843	4.178	0.755
Linfocitos, x10 ⁹ .L ⁻¹	2.171	2.433	0.287
Monocitos, x10 ⁹ .L ⁻¹	0.143	0.178	0.040
Glucosa, mmol.L ⁻¹	7.690	7.904	0.308
Creatinina, μmol.L ⁻¹	83.900	86.316	4.152
Colesterol, mmol.L ⁻¹	1.691	2.113	0.155
Bilirrubina, μmol.L ⁻¹	4.647	8.322	1.691
ALT, UI.L ⁻¹	32.571 ^b	49.778 ^a	4.863
AST, UI.L ⁻¹	38.143 ^b	48.556 ^a	3.302
FA, UI.L ⁻¹	216.857	211.778	20.209
PT, gl.L ⁻¹	52.571	51.889	1.800
Albuminas, gl.L ⁻¹	30.714	30.222	3.025
Globulina, gl.L ⁻¹	21.857	18.444	1.387
Calcio, mmol.L ⁻¹	3.191	3.163	0.090
Fosforo, mmol.L ⁻¹	2.526 ^b	2.858 ^a	0.108
LDH, UI.L ⁻¹	702.000	903.111	121.954

^{ab}. Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas. VGM=Volumen globular medio, CGMH= Concentración media de hemoglobina globular, ALT= Alanina aminotransferasa, AST= Aspartato aminotransferasa, FA= Fosfatasa alcalina, PT= Tiempo de protrombina, LDH= Lactato deshidrogenasa. MEE = Media del error estándar.

El tratamiento que se le da al animal antes del sacrificio y posterior a este, determinan la calidad del producto cárnico, uno de los parámetros a controlar es el pH, factor determinante, en este estudio se obtuvieron valores de 5.9 a 6.8 sin diferencia al incluir fruto de guamúchil, los cuales se vieron incrementados a través del tiempo, valores similares a los encontrados por Ocampo-López et al. (2022) al incluir jengibre en la alimentación de conejos.

Tabla 10. Perfil de textura, pérdidas por cocción, color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de fruto de guamúchil (%)		MEE
	0	5	
L*	47.289	47.639	0.412
a*	1.274 ^a	0.283 ^b	0.142
b*	7.524	7.297	0.182
C*	7.725	7.422	0.188
h*	1.518	1.529	0.010
CRA	19.913	19.264	0.874
pH	5.962	5.970	0.020
Perdidas por cocción, %	8.288	8.867	0.742
Dureza (N)	24.669 ^a	19.315 ^b	0.927
Adhesividad (N)	0.043	0.031	0.005
Resiliencia	0.172	0.181	0.004
Cohesividad	0.493	0.490	0.006
Elasticidad (mm)	0.575	0.562	0.015
Masticabilidad (N)	7.286	6.614	0.403

^{ab}. Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas (P<0.05).

MEE = Media del error estándar.

La capacidad antioxidante expresada como (mg mL⁻¹) muestra diferencias estadísticas (P<0.05) a través del día 1, 7 y 14 mostrando una tendencia a reducirse en los dos tratamientos siendo mayor para el tratamiento G5.

9.1.8 Prueba Hedónica (escala de nueve puntos)

El promedio de edad de los catadores fue de 21.5 ± 5.87 años, de los cuales el 41.7 % fueron hombres y 57.5 % fueron mujeres. La aceptación de las albóndigas de carne de conejo fue similar entre tratamientos, lo cual es similar a lo observado por Dabbo et al. (2017) al incluir

orujito de arándano, contrario a lo encontrado por Mancini et al. (2017), quienes al utilizar *Zingiber officinale* en hamburguesas de carne de conejo, mejoraron la aceptación sensorial.

Tabla 11. Calidad de las albóndigas de conejos alimentados con fruto de guamúchil, con respecto al tiempo.

Parámetro	Guamú chil %	Tiempo (d)			MEE	P		
		0	7	14		T	t	T*t
pH	0	5.823 ^b	5.890 ^b	6.703 ^{aA}	0.020	0.0	0.0	0.0
	5	5.907	5.830	6.203 ^B	0.020	02	01	01
a _w	0	0.980 ^a	0.957 ^b	0.967 ^a	0.004	0.2	0.1	0.0
	5	0.963	0.950	0.967	0.004	10	01	24
CTV, Log UFC.g ⁻¹	0	3.085 ^c	6.756 ^b	9.619 ^a	0.093	0.9	0.0	0.2
	5	3.213 ^c	6.660 ^b	9.553 ^a	0.152	38	01	70
Estafilococos, Log UFC.g ⁻¹	0	2.971 ^c	7.650 ^b	10.826 ^a	0.077	0.0	0.0	0.7
	5	2.553 ^c	6.460 ^b	10.320 ^a	0.125	01	01	05
Enterobacterias Log UFC.g ⁻¹	0	2.649 ^c	7.835 ^b	12.661 ^a	0.060	0.6	0.0	0.5
	5	2.400 ^c	8.043 ^b	12.593 ^a	0.148	15	01	21
Capacidad antioxidante (mg mL ⁻¹)	0	11.301 ^a	4.469 ^{bB}	3.825 ^{bB}	0.463	0.3	0.0	0.0
	5	10.066 ^a	5.908 ^{bA}	5.229 ^{bA}	0.463	44	01	01

^{ab} Literales distintas indican diferencias significativas entre columnas.

^{AB} Literales distintas indican diferencias significativas entre hileras.

MEE = Media del error estándar.

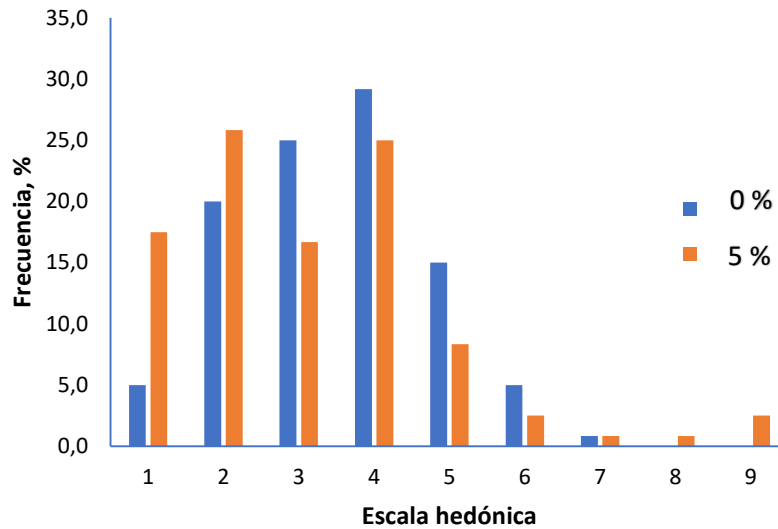


Figura 3. Prueba sensorial de albóndigas elaboradas con carne de conejos alimentados con fruto de guamúchil (*P. dulce*).

9.2 Ensayo 2 (10 % de *P. dulce*)

9.2.1 Parámetros productivos

En la Tabla 12, se muestra que al incorporar del fruto de guamúchil a la dieta aumenta significativamente la ganancia diaria de peso ($P < 0.05$), por ende, mejora la conversión alimenticia, sin embargo, para el resto de las variables la inclusión no genera cambios significativos ($P > 0.05$) en los parámetros productivos, contrario a lo encontrado por Ayala-Martínez et al. (2020) al incluir *Ruta graveolens*, en la dieta de los conejos, quienes obtuvieron conversiones de 2.21 hasta 2.78.

Tabla 12. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con 10 % de inclusión de fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*) en la dieta.

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	10
Peso inicial, g	995.38±123.71	1002.61±103.55
Peso final, g	1928.65±305.49	1938.48±279.17
Peso total ganado, g	933.26±257.81	981.36±163.10
GDP Global, g	33.33±9.20	35.04±5.82
GDP1, g.d ⁻¹	37.31±14.89	35.21±9.56
GDP2, g.d ⁻¹	42.24±11.82 ^a	37.14±17.50 ^b
GDP3, g.d ⁻¹	33.77±12.67	34.44±13.42
GDP4, g.d ⁻¹	32.82±7.73	29.22±26.66
CA	2.95±1.14	1.27±6.37
Consumo total, g	2487.03±206.47	2475.57±320.62
Consumo semana 1, g.d ⁻¹	20.55±1.25	20.19±0.97
Consumo semana 2, g.d ⁻¹	17.00±2.96	16.39±3.33
Consumo semana 3, g.d ⁻¹	24.65±3.58	24.76±5.84
Consumo semana 4, g.d ⁻¹	20.83±3.16	22.50±3.27

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. GDP = Ganancia diaria de peso; CA= Conversión alimenticia.

9.2.2 Calidad de la canal

Para la calidad de la canal, se muestra en la Tabla 13, que los parámetros, no presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) al incorporar 10 % de guamúchil, similar a lo reportado por Hernández-Fuentes et al. (2020), quienes al incluir en la dieta de los conejos *Moringa oleífera* en un 10 % no se afectó la calidad de la canal.

Tabla 13. Calidad de la canal de conejos alimentados con 10 % de guamúchil (*P. dulce*)

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	10
Peso vivo (g)	1865.58±323.39	1926.11±303.16
Largo del animal (cm)	30.47±3.47	30.91 ±2.39
Circunferencia lumbar del animal (cm)	21.05±1.91	20.75±1.80
Piel (g)	261.88±60.84	281.05±54.10
Patas (g)	45.05±7.88	46.00±6.96
Largo de la canal (cm)	30.41±2.20	31.08±1.33
Circunferencia lumbar canal (cm)	15.26±1.69	15.30±1.38
Vísceras completas (g)	457.70±57.32	468.38±70.83
Canal caliente (g)	1001.64±215.52	1037.22±176.68
Canal fría (g)	965.64±205.99	999.11±170.18
Grasa riñón (g)	11.47±6.45	13.22±6.00
Grasa escapular (g)	2.70±1.72	3.56±2.12
Cabeza (g)	97.05±13.30	96.38±10.79
Anterior (g)	234.82±47.03	239.33±43.46
Media (g)	97.76±27.53	102.11±20.73
Posterior (g)	185.05±49.00	196.66±42.85
Piernas (g)	334.82±69.28	345.77±56.30
Carne (g)	242.23±54.54	251.77±47.20
Hueso (g)	86.82±14.81	87.22±10.01
Grasa (g)	2.69±2.73	3.38±2.47

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos.

9.2.3 Determinación de bioquímica sanguínea y hemática.

Los resultados del análisis realizado en los parámetros de sangre no muestran diferencias estadísticas ($P > 0.05$) entre los tratamientos al incluir el guamúchil en concentración de 10 % (Tabla 14), valores mayores a lo encontrado por Villora (2018), al analizar parámetros de un conejo raza Belier, sin

embargo, al compararlos con los valores de referencia se visualiza un estado de salud adecuado en los animales de esta investigación.

9.2.4 Calidad de la carne

Con relación a los parámetros de calidad de la carne indican que hubo diferencias estadísticas ($P < 0.05$). En los resultados de color para los valores de L se obtuvieron valores inferiores cuando se adiciono un 10 % de guamúchil con respecto al control, lo cual indica que la carne fue menos luminosa, en cambio para el valor de a^* y b^* fueron más altos, lo cual indica que es de color con tendencia al rojo y al amarillo, en el caso del pH se presentó un incremento, sin que este demerite la calidad de la carne (Tabla 15), lo cual es contrario a lo encontrado por Aquino-López et al. (2021) al incluir aceite esencial de orégano en el caso de los valores de a^* y b^* , sin embargo son similares en pH y valor de b^* .

Tabla 14. Bioquímica sanguínea y hemática de conejos alimentados con guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	10
Eritrocitos x10 ⁶ μL	6.90±0.94	5.98±1.48
Hematocrito %	47.92±6.61	42.00±0.75
Hemoglobina g dL ⁻¹	15.31±2.19	13.05±3.36
Volumen corpuscular medio fL	22.18±0.72	21.66±0.89
Hemoglobina corpuscular media pg	22.18±0.72	21.66±0.89
CCMH g d L ⁻¹	31.90±1.537	31.17±0.76
Plaquetas x10 ³ μL	228.85±143.79	353.42±127.32
Leucocitos x10 ³ μL	5.78±2.68	7.41±3.56
Linfocitos x10 ³ μL	46.34±9.69	51.30±8.56
Monocitos x10 ³ μL	9.21±1.29	8.76±1.89
Eosinófilos x10 ³ μL	0.77±0.26	1.41±2.48
Basófilos x10 ³ μL	0.28±0.11	0.34±0.15
Linfocitos %	46.34±9.69	51.30±8.56
Monocitos %	9.21±1.29	8.76±1.89
Eosinófilos %	0.77±0.26	1.41±2.48
Basófilos %	5.05±1.22	4.71±1.03
Glucosa mmol L ⁻¹	6.400±.89b	7.76±0.79a
Urea mmol L ⁻¹	5.52±0.56a	3.58±0.61b
Creatinina mmol L ⁻¹	85.71±16.23	84.92±9.40
Blirrubina total mmol L ⁻¹	6.00±2.70	6.96±2.89
ALT UI L ⁻¹	33.71±10.54	37.28±10.78
AST UI L	31.28±8.67	44.92±10.10
FA UI L ⁻¹	194.57±49.00	249.57±56.53
PT g L ⁻¹	75.00±19.10	59.21±7.148
Albumina g L ⁻¹	35.14±26.17	42.92±84.17
Globulinas g L ⁻¹	39.57±22.1	16.21±5.80
Relación A/G	.88±2.17	3.09±1.38
Potasio mmol L ⁻¹	28.88±56.50	6.50±1.286
Sodio mmol L ⁻¹	174.40±34.681	163.21±15.52
Cloro mmol L ⁻¹	127.14±50.7	110.92±8.45
Bicarbonato mmol L ⁻¹	19.71±5.15	20.21±3.66
Anión Gap mmol L ⁻¹	75.41±100.98	38.46±9.26
Osmolalidad mOsm kg ⁻¹	425.85±153.07	314.00±28.360
LDH UI L ⁻¹	510.71±322.19	777.28±274.09

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. VGM = Volumen globular medio, CGMH=Concentración media de hemoglobina globular, ALT= Alanina aminotransferasa, AST= Aspartato aminotransferasa, FA= Fosfatasa alcalina, PT= Tiempo de protrombina, LDH= Lactato deshidrogenasa.

Tabla 15. Color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con 10 % guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	10
L*	48.40±4.20 ^a	47.94±4.18 ^b
a*	0.36±1.26 ^b	0.51±1.27 ^a
b*	8.20±1.81 ^b	8.56±1.47 ^a
CRA	22.03±5.64	23.02±5.53
pH	5.78±0.10 ^b	5.81±0.03 ^a

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos.

CRA= Capacidad de retención de agua.

9.3 Ensayo 3 (15 % *P. dulce*)

9.3.1 Parámetros productivos

La incorporación del 15 % fruto de guamúchil a la dieta no muestra cambios significativos ($P>0.05$) en las variables productivas evaluadas. Sin embargo, la GDP a través del tiempo en la semana 2 y 4 disminuyó significativamente ($P<0.05$) al adicionar el fruto de guamúchil en la dieta tal como se muestra en la Tabla 16, con una conversión alimenticia de 2.9, contrario a lo encontrado por Pedraza (2014), quien al alimentar con morera y botón de oro se afectó la conversión alimenticia obteniendo valores de 3.4 y 4.2, al igual que Sánchez et al. (2021) al incluir en la dieta *Alocasia macrorrhiza*, *Erythrina eduliss*.

9.3.2 Calidad de la canal

La Tabla 17, muestra los parámetros que determinan la calidad de la canal, los cuales, no presentaron diferencias estadísticas ($P>0.05$) al adicionar guamúchil al 15 %, para los valores de las patas y las pérdidas por refrigeración se redujo significativamente ($P<0.05$) con respecto al control, similar a lo reportado por Vázquez et al. (2019), al alimentar con diferentes concentraciones de granos secos de destilería.

Tabla 16. Parámetros productivos de conejos en etapa de engorda, alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	5
Peso inicial, g	846.87±118.44	908.26±105.93
Peso final, g	1794.58±3331.69	1775.21±262.50
Peso total ganado, g	947.70±307.78	866.95±237.04
GDP Global, g	33.84±10.99	30.96±8.46
GDP1, g.d ⁻¹	35.77±11.37	32.37±12.71
GDP2, g.d ⁻¹	77.20±47.73 ^a	64.55±19.02 ^b
GDP3, g.d ⁻¹	19.74±7.02	17.81±3.79
GDP4, g.d ⁻¹	20.71±7.11 ^a	15.12±5.91 ^b
CA	2.92±1.48	2.91±0.88
Consumo total, g	2456.14±376.85	2198.85±415.44
Consumo semana 1, g.d ⁻¹	88.16±8.51	91.62±5.05
Consumo semana 2, g.d ⁻¹	87.97±27.17	73.77±24.37
Consumo semana 3, g.d ⁻¹	96.92±19.62	76.61±22.98
Consumo semana 4, g.d ⁻¹	108.94±22.19	100.93±17.89

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. GDP = Ganancia diaria de peso; CA= Conversión alimenticia.

Tabla 17. Calidad de la canal de conejos en engorda alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	15
Peso vivo (g)	1696.84±297.01	1724.70±237.77
Largo del animal (cm)	31.00±1.59	30.64±72.78
Circunferencia lumbar del animal (cm)	19.52±2.08	20.26±1.238
Piel (g)	235.15±53.65	237.64±42.89
Patas (g)	43.47±7.25	41.94±5.40
Largo de la canal (cm)	30.23±1.47	30.82±1.34
Circunferencia lumbar canal (cm)	14.68±1.43	14.97±1.34
Vísceras completas (g)	414.31±70.13	433.50±60.21
Canal caliente (g)	887.68±189.29	888.23±199.16
Canal fría (g)	862.00±181.60	881.64±155.33
Grasa riñón (g)	9.00±4.87	12.88±4.85
Grasa escapular (g)	2.89±1.82	3.64±1.36
Cabeza (g)	93.78±15.57	91.05±13.45
Anterior (g)	196.52±57.62	208.82±39.40
Media (g)	87.26±24.99	91.29±18.24
Posterior (g)	156.84±38.81	157.17±40.42
Piernas (g)	304.63±63.29	310.35±54.70
Carne (g)	217.36±50.36	214.70±44.16
Hueso (g)	82.21±15.57	83.05±14.49
Grasa (g)	2.57±1.38	2.76±1.43

9.3.3 Determinación de bioquímica sanguínea y hemática.

Los datos obtenidos de los análisis realizados en sangre muestran diferencias estadísticas ($P < 0.05$) entre tratamientos en la concentración de eritrocitos mostrando una disminución en los animales que consumieron el guamúchil, lo mismo ocurre con la concentración de hematocrito, hemoglobina y eosinófilos. Sin embargo, los valores obtenidos en concentración de monocitos son superiores por efecto de la inclusión de guamúchil al 15 % (Tabla 18). Estos valores sugieren posibles alteraciones en la homeostasis de los animales que consumieron 15 % de guamuchil, ya que se encuentran disminuidos el hematocrito y hemoglobina, lo cual puede haber sido causado debido a que el fruto de guamuchil contiene ácido clorogénico, el cual reduce la absorción de hierro inorgánico, por tal motivo este compuesto es utilizado para disminuir el peso corporal, en este caso por la concentración no disminuyó los parámetros productivos (Wall-Medrano et al., 2016), aunado a ello existe una mayor concentración de monocitos que inhiben los procesos inflamatorios.

Tabla 18. Bioquímica sanguínea y hemática de conejos alimentados con 15 % de fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*)

Parámetro	Concentración de guamúchil (%)	
	0	15
Eritrocitos x10 ⁶ µL	6.11± 0.54 ^a	5.21±1.76 ^b
Hematocrito %	42.60± 4. 99 ^a	35.06±12.19 ^b
Hemoglobina g dL ⁻¹	13.50 ±1. 63 ^a	11.36±3.90 ^b
Volumen corpuscular medio fL ⁻¹	69.56±3.78	62.26±14.76
Hemoglobina corpuscular media pg	52.18±72.90	21.75±0.80
CCMH g dL ⁻¹	31.68±0.44	32.53±0.79
Plaquetas x10 ³ µL	420.83±137.75	429.00±190.53
Leucocitos x10 ³ µL	4.07±1.77	3.96±1.73
Linfocitos x10 ³ µL	1.81±0.98	1.80±0.91
Monocitos x10 ³ µL	0.37±0.12 ^b	0.41±0.23 ^a
Eosinófilos x10 ³ µL	0.03±0.01 ^a	0.03±0.02 ^b
Basófilos x10 ³ µL	0.19±0.07	0.17±0.099
Linfocitos %	47.70±14.64	43.01±10.77
Monocitos %	9.81±3.15	12.11±6.25
Eosinófilos %	0.76±0.17	0.62±0.36
Basófilos %	5.06±1.11	4.36±1.18
Glucosa mmol L ⁻¹	7.59±0.86	7.30 ± 0.87
Urea mmol L ⁻¹	4.05±0.66	3.73 ±0.83
Creatinina mmol L ⁻¹	77.16±9.06	86.87±17.22
Blirrubina total mmol L ⁻¹	5.90±3.51	5.00±1.74
ALT UI L ⁻¹	52.83±15.06	45.75±21.27
AST UI L ⁻¹	55.66±13.17	52.75±14.84
FA UI L ⁻¹	267.66±52.73	254.50±45.82
PT g L ⁻¹	53.00±4.60	52.50±2.00
Albumina g L ⁻¹	38.50±3.08	40.00±2.32
Globulinas g L ⁻¹	14.50±1.76	12.50±3.20
Relación A/G	2.66±0.17	3.43±1.09
Potasio mmol L ⁻¹	4.41±0.48	4.50±0.86
Sodio mmol L ⁻¹	141.16±2.63	141.00±2.50
Cloro mmol L ⁻¹	103.50±3.01	104.62±0.91
Bicarbonato mmol L ⁻¹	19.50±3.01	18.37±3.92
Anión Gap mmol L ⁻¹	22.66±4.03	22.62±5.82
Osmolalidad mOsm kg ⁻¹	267.16±5.03	266.50±4.65
LDH UI L ⁻¹	925.50±187.13	753.50±339.88

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. VGM = Volumen globular medio, CGMH=Concentración media de hemoglobina globular, ALT= Alanina aminotransferasa, AST= Aspartato aminotransferasa, FA= Fosfatasa alcalina, PT= Tiempo de protrombina, LDH= Lactato deshidrogenasa.

9.3.4 Calidad de la carne

Los datos obtenidos muestran que la inclusión de guamúchil al 15 % no modifica la calidad de la carne. Sin embargo, en el color hubo diferencias significativas ($P < 0.05$) en los valores para L^* que fueron mayores (Tabla 19), contrario a lo que reporto Pinzon et al. (2020) quienes al incluir extracto de ajo observaron disminución de los valores de a^* , b^* y L .

Tabla 19. Color, CRA y pH de carne de conejos alimentados con 15% de fruto de guamúchil (*Pithecellobium dulce*).

Parámetro	Concentración de fruto de guamúchil (%)	
	0	15
L^*	50.25±4.03 ^b	51.22±4.87 ^a
a^*	0.12±7.51	0.15±6.21
b^*	9.39±10.02	8.81±1.80
CRA	23.77±7.81	27.98±9.06
pH	5.92±0.31	5.77±0.09

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. CRA= Capacidad de retención de agua.

9.4 Ensayo 4 (*Extracto hexánico de fruto de P. dulce*)

9.4.1 Parámetros productivos

En la Tabla 20, se pueden observar que al incluir 7.76 g kg⁻¹ de extracto hexánico de *P. dulce*, disminuyó ($p < 0.05$) la GDP en la semana 3 y la conversión alimenticia, en cambio, no afectó el consumo de alimento (Tabla 21) durante toda la engorda ($P > 0.05$), lo cual se puede explicar por la actividad antioxidante y antiinflamatoria que se ha reportado en el guamúchil, ya que esto mejora la salud del aparato digestivo de los animales (Colin y Monroy, 2004), que coincide con lo reportado por García-Vázquez et al. (2017), al incluir infusión de epazote en la dieta, al igual que Nieves et al. (2009) quienes al incluir leucaena y morera en las dietas mejoraron la respuesta productiva

Tabla 20. Peso, ganancia diaria de peso (GDP) y conversión alimenticia de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*).

Peso (g)	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
Inicial	814.33 ± 150.08	885.83 ± 132.18
Final	1711.00 ± 317.92	1945.41 ± 301.59
Total ganado	896.66 ± 56.39	1059.58 ± 251.67
<i>GDP g.d⁻¹</i>		
Global	32.04 ± 12.73	37.84 ± 8.99
Semana 1	46.23 ± 10.61	49.457 ± 0.06
Semana 2	23.84 ± 11.02	36.61 ± 10.06
Semana 3	31.66 ± 27.84 ^a	22.86 ± 26.44 ^b
Semana 4	26.32 ± 37.79	42.45 ± 11.83
CA	3.70 ± 2.23 ^a	2.69 ± 0.63 ^b

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. GDP: Ganancia de peso, CA: Conversión alimenticia, Media ± Desviación estándar.

Tabla 21. Consumo de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*).

Consumo (g)	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
Total	2460.48 ± 535.85	2269.23 ± 739.53
Semana 1	85.15 ± 5.20	85.17 ± 9.85
Semana 2	109.41 ± 18.12	107.67 ± 23.10
Semana 3	83.20 ± 36.21	58.72 ± 47.58
Semana 4	97.17 ± 49.94	91.70 ± 57.63

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. GDP: Ganancia de peso, CA: Conversión alimenticia, Media ± Desviación estándar. g.d⁻¹

9.4.2 Calidad de la canal

Las medidas morfométricas (Tabla 22), el peso de vísceras (Tabla 23) y los cortes primarios (Tabla 24), no mostraron diferencias significativas ($p > 0.05$) al incluir el extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*) en la dieta de conejos durante la engorda.

Tabla 22. Medidas morfométricas de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*).

	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
Peso vivo, g	1711.00 ± 317.92	1945.41 ± 301.59
Canal caliente, g	884.50 ± 228.68	997.25 ± 195.83
Canal fría, g	846.66 ± 224.00	964.75 ± 176.00
Largo del animal, cm	29.91 ± 1.92	31.12 ± 2.16
Circunferencia lumbar del animal, cm	18.87 ± 52.33	20.56 ± 1.59
Piel, g	241.08 ± 60.18	274.00 ± 57.84
Patas, g	44.33 ± 9.20	49.00 ± 6.74
Largo de la canal, cm	30.33 ^b ± 1.61	32.06 ^a ± 1.69
Circunferencia lumbar de la canal, cm	13.54 ± 1.68	14.43 ± 1.37

Media ± Desviación estándar

Tabla 23. Vísceras de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*).

Parámetros	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
	g	
Vísceras completas	450.75 ± 70.83	484.00 ± 53.17
Hígado	58.00 ± 16.37	71.87 ± 17.75
Pulmones	14.58 ± 5.28	16.00 ± 4.07
Corazón	4.83 ± 1.19	5.12 ± 1.24
Vejiga	4.50 ± 2.50	3.77 ± 3.16
Tracto gastro intestinal	352.66 ± 56.02	369.11 ± 37.99
Bazo	1.05 ± 0.54	1.05 ± 0.39
Riñón	7.33 ± 4.83	12.22 ± 2.04

Media ± Desviación estándar

9.4.3 Calidad de la carne

La calidad de la carne, evaluada en el músculo *Longissimus dorsi* de conejos que consumieron extracto hexánico de fruto de *P. dulce*, incrementaron el valor de a* y b*, y disminuyeron el valor de L*, al igual que el pH, en cambio no afectaron la capacidad de retención de agua (%), lo que demuestra que la capacidad antioxidante de *P. dulce*, por los metabolitos secundario contenidos en el extracto hexánico, lo cual coincide con lo reportado por Zepeda et al. (2019), quienes al utilizar

planta completa y tallos de *Tithonia tubaeformis* mejoraron la calidad de la carne de conejos utilizando propiedades antioxidantes de los metabolitos secundarios de las plantas, al ser consumidas por los animales. Estos resultados respaldan que los usos de extractos provenientes de plantas con propiedades antioxidantes pueden ser benéficos para mejorar la calidad de la carne de conejo y potencialmente de otros productos cárnicos.

Tabla 24. Cortes primarios de conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*)

Parámetro	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
	g	
Grasa riñón	9.50 ± 7.59	15.50 ± 8.15
Grasa escapular	4.00 ± 2.37	3.50 ± 1.60
Cabeza	88.66 ± 9.47	95.25 ± 10.13
Anterior	206.33 ± 54.69	237.75 ± 44.22
Media	87.00 ± 20.47	99.00 ± 23.29
Posterior	174.58 ± 101.58	180.50 ± 43.84
Piernas	291.66 ± 79.41	326.75 ± 67.05
Carne	207.00 ± 64.51	237.50 ± 54.98
Hueso	80.33 ± 15.44	84.50 ± 12.59
Grasa	1.57 ± 0.83	2.49 ± 1.35

Media ± Desviación estándar

Tabla 25. Color, pH y capacidad de retención de carne conejos en etapa de engorda, alimentados con extracto hexánico de fruto de guamúchil (*P. dulce*)

	Extracto hexánico de <i>P. dulce</i> (g kg ⁻¹)	
	0	7.76
L*	49.23 ± 5.30 ^a	48.94 ± 3.38 ^b
a*	1.66 ± 1.93 ^b	1.75 ± 1.65 ^a
b*	8.56 ± 2.15 ^b	8.85 ± 2.11 ^a
CRA, %	22.32 ± 7-45	20.56 ± 6.73
pH	5.78 ± 0.12 ^a	5.63 ± 0.17 ^b

^{ab} Diferentes literales entre columnas indican diferencias significativas entre los tratamientos. CRA= Capacidad de retención de agua. Media ± Desviación estándar.

9.5 Histopatología

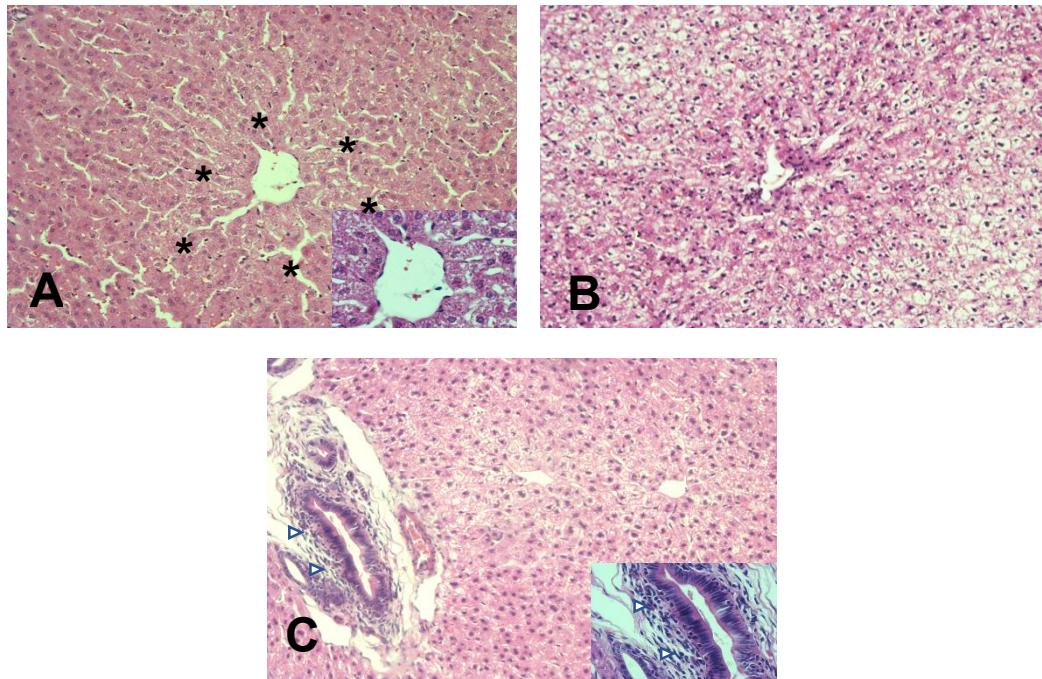


Figura 4. Hallazgos histopatológicos representativos: Hígado. H-E. 100X. A. 5% GUAM. Vacuolización ligera del citoplasma de los hepatocitos, patrón centrolobulillar (*). Inserto: detalle a 400X. B. 10% GUAM. Control. Vacuolización ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. C. 15% GUAM. Experimental. Vacuolización de ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. Infiltración linfocitaria ligera periférica Hallazgos histopatológicos representativos: Hígado. H-E. 100X. A. 5% GUAM. Vacuolización ligera del citoplasma de los hepatocitos, patrón centrolobulillar (*). Inserto: detalle a 400X. B. 10% GUAM. Control. Vacuolización ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. C. 15% GUAM. Experimental. Vacuolización de ligera a moderada del citoplasma de los hepatocitos, patrón panlobulillar. Infiltración linfocitaria ligera periférica al ducto biliar (izquierda) (cabezas de flecha). Nótese la invasión de linfocitos en epitelio.

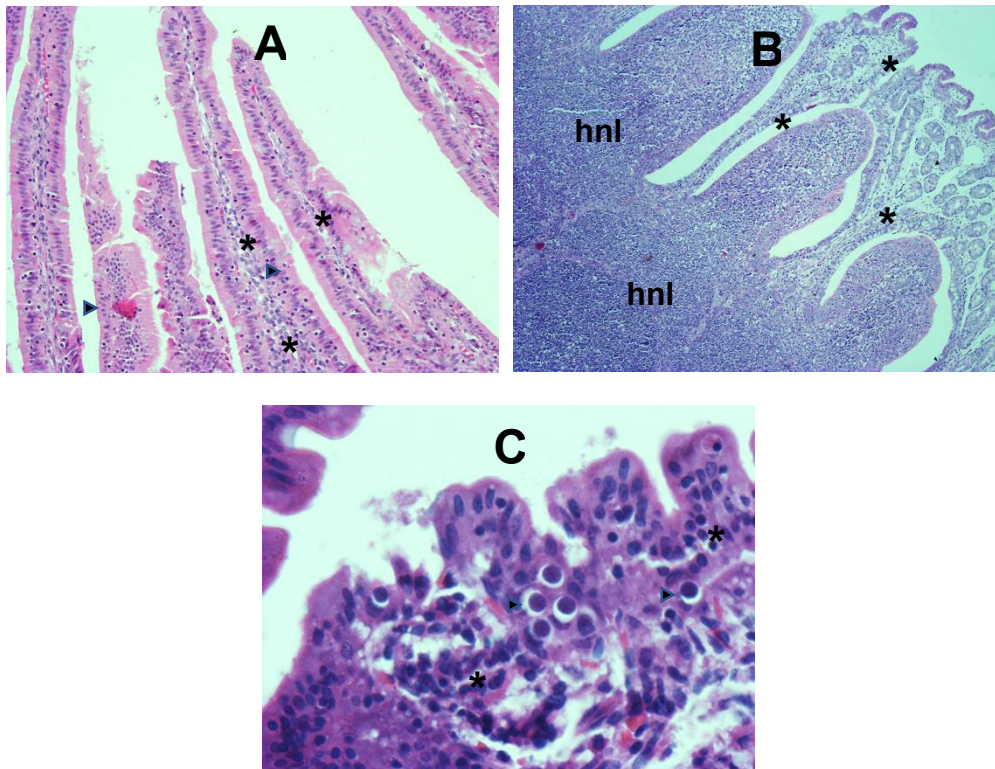


Figura 5. Hallazgos histopatológicos representativos: Intestino y Riñón. H-E. 100X. A. 5 % GUAM. Infiltración linfocitaria de lámina propia (*) con invasión moderada del epitelio (cabezas de flecha). B. 10 % GUAM. Experimental. Hiperplasia de nódulos linfoides agrupados en submucosa (hnl). Lámina propia con moderada infiltración linfocitaria (*). C. 15 % GUAM. Control. Infiltración linfocitaria de lámina propia (*), con ligera invasión epitelial. Presencia de escasos esporozoitos de *Eimeria* spp. (cabezas de flecha).

9.5.1 Hígado

Se observaron cuatro tipos de cambios histopatológicos en las muestras observadas: vacuolización del citoplasma de los hepatocitos, que se interpretó como cambio graso; infiltración linfocitaria a nivel de los canales portales, hiperemia pasiva y, en algunos casos, necrosis /fibrosis centrolobulillar. Con relación al cambio graso, se observa que este se presenta de manera importante en los grupos control de cada grupo, por lo que se atribuye al método de producción de engorda intensiva de los animales estudiados y por lo tanto su presencia no es determinante como efecto dado por la adición del GUAM a la dieta, aún en las concentraciones mayores. Respecto a la presencia de la hiperemia en los hígados, se considera que, al presentarse de manera aleatoria y variada en los grupos

experimentales y controles de los diversos tratamientos, tampoco puede atribuirse al uso de GUAM. La presencia de infiltración linfocitaria y necrosis/fibrosis centrolobulillar, se considera incidental y sin relación con el presente ensayo.

9.5.1.1 Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento

En este caso se observó un 75 % de animales muestreados con cambio graso, predominantemente de tipo perilobulillar, una infiltración linfocitaria a nivel de canal portal del 25 % y necrosis/fibrosis centrolobulillar en un 25 %. Con relación al grupo paralelo de animales que no fueron adicionados con GUAM en la dieta, estos presentaron cambio graso en el 100 % de los animales muestreados, con una predominancia de tipo perilobulillar, así como una infiltración linfocitaria nivel de canal portal del 25 %.

9.5.1.2 Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento

En este grupo se observó cambio graso en el 100 % de los animales muestreados, de tipo intermedio a panlobulillar; infiltración linfocitaria en canales portales en el 25 % e hiperemia pasiva en el 25 %. Con relación al grupo paralelo de animales que no fueron adicionados con GUAM en la dieta, estos también presentaron cambio graso en el 100 % de los animales muestreados, con una predominancia de tipo panlobulillar, sin ningún otro cambio histopatológico.

9.5.1.3 Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento

Este grupo presentó 100% de cambio graso, de tipo perilobulillar a intermedio, con infiltración linfocitaria a nivel de canal portal en un 25 %. Los animales del grupo control respectivo presentaron también un 100 % de cambio graso, principalmente de tipo perilobulillar e hiperemia pasiva en un 25 %.

9.5.2 Duodeno

En este órgano se consideraron tres tipos de hallazgos: infiltración linfocitaria a nivel de lámina propia y epitelio, presencia de bacterias visibles y presencia de esporozoitos de *Eimeria spp.* Los hallazgos en estos tres órganos están referidos principalmente a la infiltración linfocitaria de la mucosa, relativamente esperada en una explotación que ha estado en contacto con patógenos diversos y tiene una protección grupal. La detección incidental de *Eimeria spp.* apoya esta teoría, así

como la constante de hiperplasia nodular en el ciego en todos los animales estudiados. Es muy difícil afirmar que la administración del GUAM tenga un efecto directo sobre estos hallazgos, detectables tanto en los animales de los grupos experimentales como control de cada tratamiento.

9.5.2.1 Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento.

En este grupo se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada de la lámina propia y leve a nivel epitelial. Estos hallazgos fueron similares en el respectivo grupo control para esta variable.

9.5.2.2 Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento.

En este grupo se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada de la lámina propia y de leve a moderada en el epitelio. Estos hallazgos fueron similares en el grupo control para esta variable.

9.5.2.3 Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento

En este caso el 100 % de los animales muestreados presentó una infiltración linfocitaria moderada en la lámina propia y leve a moderada en el epitelio. También se observó la presencia de esporozoitos de *Eimeria spp.* en el 25 % de los animales muestreados. En el caso del grupo control correspondiente para esta variable, el 100 % de los animales muestreados presentó una infiltración linfocitaria moderada en la lámina propia y leve en el epitelio.

9.5.3 Yeyuno

En este órgano se consideraron, al igual que en el yeyuno, tres tipos de hallazgos: infiltración linfocitaria a nivel de lámina propia y epitelio, presencia de bacterias visibles y presencia de esporozoitos de *Eimeria spp.*

9.5.3.1 Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento

En este grupo se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada de la lámina propia y de leve a alta a nivel epitelial. Estos hallazgos fueron similares en

el respectivo grupo control para esta variable, si bien la infiltración linfocitaria a nivel epitelial fue predominantemente alta.

9.5.3.2 Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento

En este grupo se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada de la lámina propia y predominantemente alta en el epitelio. Estos hallazgos fueron similares en el grupo control para esta variable, con excepción de que a nivel epitelial la infiltración linfocitaria fue más variable, de leve a alta.

9.5.3.3 Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento

En este caso el 100 % de los animales muestreados presentó una infiltración linfocitaria moderada en la lámina propia y predominantemente moderada en el epitelio. En el caso del grupo control correspondiente para esta variable, el 100 % de los animales muestreados presentó una infiltración linfocitaria moderada en la lámina propia y predominantemente leve en el epitelio.

9.5.4 Ciego

En el caso del ciego se consideraron los mismos tres posibles hallazgos que para duodeno y yeyuno, pero se adicionó la variable de la hiperplasia de los nódulos linfoides asociados a la lámina propia/submucosa.

9.5.4.1 Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento

En este caso se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria alta tanto en lámina propia como en epitelio, así como una hiperplasia de los nódulos linfoides asociados a la lámina propia y submucosa. Estos hallazgos fueron similares en el grupo control para esta variable.

9.5.4.2 Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento

En este grupo se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada en lámina propia y leve a nivel epitelial. También se observó en el 100% una hiperplasia

de los nódulos linfoides asociados a la lámina propia y submucosa. Estos hallazgos fueron similares en el grupo control para esta variable.

9.5.4.3 Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento.

En este caso se observó en el 100 % de los animales muestreados una infiltración linfocitaria moderada tanto en lámina propia como en epitelio, así como una hiperplasia de los nódulos linfoides asociados a la lámina propia y submucosa. Estos hallazgos fueron similares en el grupo control para esta variable.

9.5.5 Riñón

Para este órgano se consideraron los siguientes hallazgos: vacuolización del citoplasma de los túbulos renales (contorneados y/o rectos), hiperemia pasiva y en algunos casos infiltración linfocitaria /fibrosis. La vacuolización tubular y la hiperemia leve a moderada detectadas en los grupos experimentales y control de todos los tratamientos, sugiere que estos hallazgos son consecuencia del estrés metabólico a que estos animales están sometidos en una explotación de engorda intensiva, y no es factible suponer que la adición de GUAM tuviese un efecto negativo en este aspecto. Es importante mencionar que no se detectaron signos clínicos de enfermedad en los individuos estudiados, lo que sugiere de forma importante que los animales están adaptados a su entorno productivo, lo cual es adicionalmente reforzado por los parámetros productivos obtenidos. Los datos de los análisis de química sanguínea realizados igualmente refuerzan este punto, ya que, aunque se presentan valores desfasados de la normalidad en algunos de los animales estudiados, estos corresponden a particularidades detectadas como los casos de coccidiosis subclínica o daño hepático.

9.5.5.1 Tratamiento con 5 % GUAM en el alimento

En este grupo se observó un 100 % de vacuolización principalmente leve en túbulos contorneados y moderada en el 25 % en túbulos rectos. De igual forma se observó hiperemia de leve a moderada en el 50 % del grupo y una infiltración linfocitaria /fibrosis moderada en el 25 %. En el grupo control de este tratamiento se observó un comportamiento similar en cuanto a la vacuolización de túbulos e hiperemia pasiva, aunque no se observó infiltración linfocitaria y fibrosis.

9.5.5.2 Tratamiento con 10 % GUAM en el alimento

En este caso se observó únicamente 100 % de vacuolización leve en túbulos contorneados y rectos. En el grupo control de este tratamiento se observó un comportamiento similar en cuanto a la vacuolización de túbulos, así como un 25 % de hiperemia pasiva moderada.

9.5.5.3 Tratamiento con 15 % GUAM en el alimento

En este grupo sólo se observó 100 % de vacuolización leve en túbulos contorneados y rectos. En el grupo control de este tratamiento se observó un comportamiento similar.

10. Conclusiones

La inclusión de guamúchil al 5% en la dieta de conejos en etapa de engorda, no afectó los parámetros productivos, la calidad de la canal y de la carne, así como los valores de la química sanguínea y biometría hemática, y mejoró la calidad del producto cárnico. Con un 10 % de inclusión, se mejoró la calidad de la carne y con 15 % disminuyó el hematocrito y hemoglobina. Con base a los resultados obtenidos se sugiere incorporar entre 5 y 10 % de fruto de guamúchil (*P. dulce*) como alternativa viable en la alimentación de conejos en etapa de engorda, ya que mejora la calidad del producto sin afectar la salud del animal.

Por otro lado, la incorporación del extracto hexánico de fruto de *P. dulce*, en la dieta de conejos durante la etapa de engorda no solo es factible, sino que contribuye de manera significativa a una mejora de la conversión alimenticia, la calidad de la canal y carne.

En el estudio histopatológico, no se encontraron lesiones provocadas por la inclusión de guamúchil en la dieta de conejos. Sin embargo, se resalta la presencia de coccidiosis subclínica y daño hepático, los cuales son recurrentes en la etapa de engorda de conejo.

11. Referencias

- Hernández-Fuentes, A. D., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., Ocampo-López, J., Ayala-Martínez, V. 2020. Productive performance, carcass traits, meat quality and blood profile in rabbits fed with *Moringa oleífera*. Anim Sci: Nutr Anim Prod. 270-81. DOI. 10.37885/200901472.
- AMSA. (2020). American Meat Science Association. Obtenido de Pautas para la medición del color de la carne de la AMSA: <https://www.virtualpro.co/biblioteca/pautas-para-la-medicion-del-color-de-la-carne-de-la-amsa>.
- AOAC. 2005. Official methods of Analysis of AOAC International. Ed. 18th. Published by AOAC international 481 north Frederick Avenue Gaithersburg Maryland 20877-2417 USA. p. 2, 8, 24 y 40.
- Aquino-López, J. L., Chávez-Martínez, A., García-Macías, J. A., Méndez-Zamora, G., Rentería-Monterrubio, A. L., Dalle-Zotte, A., & García-Flores, L. R. (2020). El aceite esencial y bagazo de orégano (*Lippia berlandieri Schauer*) afectan el comportamiento productivo y la calidad de la carne de conejo. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(3), 701-717. Epub 05 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.5420>.
- Ayala Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., & Soto-Simental, S. (2020). Dietary supplementation effects with *Ruta graveolens* on performance, carcass traits and meat quality on rabbits. Revista mexicana de ciencias pecuarias, 11(4), 1220-1230. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i4.5460>.
- Banerjee, A. Jain M. 1988. Studies on *Pithecellobium dulce* seed oil. Fitoterapia. Italia 59(5): 405.
- Bhat M. A, Malik R. A, Prakash P, Lone A. M. (2018). Preparation and evaluation of antibacterial potential of *Pithecellobium dulce* root extract against Gram positive and Gram negative bacteria, Microbial Pathogenesis.

- Bhati D., Jain S. (2016) Nutrition potential of uncultivated fruits grown in udaipur district of Rajasthan. *Bioscan* 11:15–18.
- Bixquert M. y Gil R. 2005. Propiedades nutricionales y digestibilidad de la carne de conejo. *Revista de Nutrición Práctica*, (9), 30-32.
- Blasco, A., Ouhayoun, J. and Masoero, G. 1992. Study of rabbit meat and carcass. *J Appl Rabbit Res*, 15: 775-776.
- Blasco, A., Ouhayoun, J., y Masoero, G. 1993. Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. *World Rabbit Science*, 1,3–10.
- Bourne, M.C. (1978) Texture Profile Analysis. *Food Technology*, 32, 62-66, 72.
- Camps R.J. 2008. Los primeros conejos llegaron a américa iniciado noviembre de 1.493, *Información Veterinaria*, disponible en: <http://www.historiaveterinaria.org/update/jaume-camps-1456742254.PDF>.
- Cantos, Y. Y. Q. (2020). Nutrición en el hígado graso no alcohólico. *Polo del Conocimiento: Revista científico-profesional*, 5(6), 419-438. DOI: 10.23857/pc.v5i6.1501
- Carabaño R, C. De Blas, J. García, P. Pérez de Ayala. 1997. Necesidades de fibra en conejos. XIII Curso de Especialización FEDNA. Madrid España.
- Cervantes F. y González F.X. 1996. Los conejos y liebres silvestres de México. 1-10. En: A. Velázquez, F. J. Romero y J. López-Paniagua (Eds.). *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, México, 196 pp.
- Coreno, O., Zepeda, A., Soto, S., Ayala, M., Ojeda, D. 2018. Efecto del consumo de palo escrito, alfalfa y maíz en bloques multinutricionales sobre la calidad de la canal y carne de conejos. *Abanico Veterinario*. 8 (1), 75-79. <https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/145>

- Church, D. C. 1997. Bases Científicas para la Alimentación de los Animales Domésticos. 1ª Edición. Editorial Acriba. Zaragoza, España.
- Church D.C., W.G., Pond, y K.R. Pond. 2002. Fundamentos de nutrición y alimentación de animales. Editorial Limusa, S. A. de C. V. 2ª Edición. pp 472 – 475.
- Clutton-Brock, 1999. A natural history of domesticated mammals. Cambridge: Cambridge press.
- Dabbou, S., Gai, F., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Lussiana, C., Kovitvadhi, A., Brugiapaglia, A., Helal, M.N., Zoccarato, I. 2017. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass characteristics and meat quality. Meat Sci. 124, 77–83. [CrossRef] [PubMed]
- Del Toro, M., Martínez, Y., Valdivié, M., Sánchez, D., Rosales, M. 2016. Comportamiento Productivo y Características de la Canal de Conejos Alimentados con Harina de *Agave Tequilana*. Revista Electrónica de Veterinaria. 17 (10). <https://www.redalyc.org/pdf/636/63647454008.pdf>
- Díaz del Castillo B. 2006. Historia verdadera de la conquista de la Nueva España (1492-1581), México, Editores Mexicanos Unidos.
- Echeverri M. J. 2004. Explotación y manejo. Conejo doméstico. Politécnico. Colombia. Colombia. pp. 10,61,63
- Ensminger M. E ; J.E. Olfield and W.W Heinemann. 1990. Feeds an nutrition. The Ensminger publishing company. 2º Edition. USA. pp 1121 – 1133.
- FEDNA. 2020. FEDNA/ Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. <http://www.fundacionfedna.org>.
- Fernández, C., J., Blas, E., Pascual, J.J., Maertens, L., Gidenne, T., Xiccato G., García, J. 2005. Recommendations and guidelines for applied nutrition experiments in rabbits. World Rabbit Sci. 13: 209-228.
- Flores, D., Hidalgo, D. 2020. Evaluación de un granulado de *Boehmeria nivea* y *Trichanthera gigantea* sobre los parámetros productivos en conejos en fase de ceba. Mundo Fesc. 10 (19),

80-87.

<https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/mundofesc/article/download/512/553>.

García J.C., Pró M., Becerril P., Suárez O.J.I., Cortés F. y González A. 1998. Diagnóstico de la producción y consumo de la carne de conejo en la población de Xocotlán, Texcoco, Estado de México. Memorias del primer Congreso de cunicultura de las Américas. Montecillo, México

García-Vázquez, L., Ayala-Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., Ojeda-Ramírez, D., Soto-Simental, S. (2017). Evaluación de parámetros productivos y rendimiento de la canal de conejos que consumieron infusión de epazote (*Chenopodium ambrosioides*). *Abanico Veterinario*, 7 (1), 44-47. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>

García-Vázquez, L. M., Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M., & SOTO-SIMENTAL, S. (2020). Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Science and Technology*, 40, 451–457. <https://doi.org/10.1590/fst.32819>.

Gidenne, T., S. Combes, and L. Fortun-Lamothe. 2012. Feed intake limitation strategies for the growing rabbit: Effect on feeding behaviour, welfare, performance, digestive physiology and health: A review. *Animal* 6:1407–1419.

Guizar, E. y A. Sánchez. 1991. Guía para el reconocimiento de los principales árboles del Alto Balsas. Dirección de Difusión Cultural. Universidad Autónoma Chapingo. México: p 109.

Hernández M, Sastre A. 1999. Tratado de Nutrición. Díaz de Santos, Madrid.

INEGI. 2007. Censo Agrícola, Ganadero y Forestal 2007 (Tabulaciones), disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/tabuladosbasicos/default.aspx?c=17177> &s=e consultado el 09/09/2019

Holden, L. A. 1999. Comparison of methods of in vitro dry matter digestibility for ten feeds. *J. Dairy Sci.* 82, 1791- 1794. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030299754093>

- Jaurena G. 2006. Recomendaciones para muestrear alimentos para los animales. Universidad de Buenos Aires. <http://www.ensiladores.com.ar/tecnica/nota15/nota15.htm>.
- Koné, A.P.; Desjardins, Y.; Gosselin, A.; Cinq-Mars, D.; Guay, F.; Saucier, L. 2019. Plant extracts and essential oil product as feed additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Sci.*, 150, 111–121. [CrossRef] [PubMed].
- Krisnamurthy, L. y M. Avila. 1999 *Agroforesteria Básica*. Serie Textos para la formación ambiental. PNUMA. p 2013.
- Lebas F., Coudert P., Rochambeau H., y Trebault R. G., 1996. "El conejo": cría y patología. Editorial FAO: Producción y Sanidad Animal. Roma Italia.
- Mancini, S.; Preziuso, G.; Dal Bosco, A.; Roscini, V.; Szendrő, Z.; Fratini, F.; Paci, G. 2015. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. *Meat Sci.* 110, 93–100.
- Mancini, S.; Preziuso, G.; Fratini, F.; Torracca, B.; Nuvoloni, R.; Dal Bosco, A.; Paci, G. 2017. Qualitative improvement of rabbit burgers using *Zingiber officinale*, *Roscoe powder*. *World Rabbit Sci.* 25, 367–375.
- Marin, M. P. 2017. Efecto de la adición de cilantro en la dieta de conejos sobre la oxidación de la grasa y proteína durante la vida de anaquel de la carne. Tesis de maestría UAEM.
- Martinez R, D, Reyna S, L. 2016. Estimación en caprinos del consumo de *Pithecellobium dulce* en un "Banco de Proteína, CIENCIA UANL / AÑO 19, No. 78. <http://cienciauanl.uanl.mx/wp-content/uploads/2016/05/art.-estimacion-caprinos.pdf>.
- Martínez, M.; Motta, W.; Cervera, C.; Pla, M. 2005. Feeding mulberry leaves to fattening rabbits: effects on growth, carcass characteristics and meat quality. *J. Anim. Sci.* 80:275-281.
- Mattioli S., Machado Duarte, J. M., Castellini, C., D'Amato, R., Regni, L., Proietti, P., Businelli, D., Cotozzolo, E., Rodríguez, M., Dal Bosco, A., (2018). Use of olive leaves (whether or not fortified with sodium selenate) in rabbit feeding: Effect on performance, carcass and meat

characteristics, and estimated indexes of fatty acid metabolism. *Meat Science*, 143(), 230–236. doi:10.1016/j.meatsci.2018.05.010

Mertens, D. R. 1997. Creating a System for meeting the fiber requirements of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80: 1463-1481.

Monroy, R; Colin, H. 2004. El guamúchil *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth, un ejemplo de uso múltiple. *Madera y Bosques*, 10, 1: 35-53.

Moreira, R. A. 2015. Análisis de la situación pecuaria nacional, y la producción de cuyes y conejos a nivel provincial (examen complejo). UTMACH, Unidad Académica de Ciencias Empresariales, Machala, Ecuador.

Nieves, D., Araque, H., Terán, O., Silva, L., González, C., Uzcátegui, W. 2006. Digestibilidad de Nutrientes del Follaje de Morera (*Morus alba*) en Conejos de Engorde. *Revista Científica*. 16 (4). <https://produccioncientificaluz.org/index.php/cientifica/article/view/15211>.

Nieves, D., Terán, O., Vivas, M., Arciniegas, G., González, C., y Ly, J. (2009). Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. *Revista Científica*, 19 (2), 173-180. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592009000200011&lng=es&tlng=es

Nieves, D., Terán, O., Cruz, L., Mena, M., Gutiérrez, F., L, J. 2011). Digestibilidad de Nutrientes en follaje de árnica (*Tithonia diversifolia*) en conejos de engorde. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 14, 309-314. <https://www.redalyc.org/pdf/939/93915703030.pdf>.

Norma Oficial Mexicana. 2004. NOM-194-SSA1-2004, Productos y servicios. Especificaciones sanitarias en los establecimientos dedicados al sacrificio y faenado de animales para abasto, almacenamiento, transporte y expendio. Especificaciones sanitarias de productos. Diario Oficial de la Federación. México.

Norma Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. México.

Nowak, R.M. 1991. Walker's mammals of the world. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland, EUA.

- NRC. 1977. In Nutrient Requirements of Rabbits. In *Nutrient Requirements of Rabbits*. National Academies. <https://doi.org/10.17226/35>.
- Ocampo-López, J.; García-Vázquez, L. M.; Ayala-Martínez, M.; Soto-Simental, S. and Zepeda-Bastida, A. 2022. Effects of *Zingiber officinale* as a feed additive on productive parameters, carcass quality, and meat quality in growing rabbits. *Revista Brasileira de Zootecnia* 51:e20200203.1-8 p <https://doi.org/10.37496/rbz5120200203>
- OCDE-FAO Perspectivas agrícolas 2017-2026 © OCDE/FAO/uach 2017: fecha de consulta: 29. 05. 2019
- Pla, M., Guerrero, L., Guardia, D., Oliver, M. A., y Blasco, A. (1998). Carcass characteristics and meat quality of rabbit lines selected for different objectives: I. Between lines comparison. *Livestock Production Science*, 54 (2), 115-123. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(97\)00179-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(97)00179-6)
- Pennington T. D. y. J. (2005). Pennington Árboles Tropicales de México. Manual para la identificación de las principales especies México. México: UNAM.
- Pérez-Martínez, K., García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M. (2018). Parámetros productivos de conejos alimentados con diferentes partes de la planta *Tithonia tubaeformis*. *Abanico Veterinario*, 8 (2), 108-114. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2018.82.10Abanico Veterinario. 8> (2).<https://abanicoacademico.mx/revistasabanico/index.php/abanico-veterinario/article/view/168>.
- Pinzón M. D. L., Mariezcurrena B. M. D., Arzate S. H. D., Mariezcurrena B. M. A., Mohamed S., Abdelfattah Z., & Medina G. A. 2020. Adición de extracto acuoso de ajo (*Allium sativum*) en dieta de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) sobre productividad, calidad física y microbiológica de la carne. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 11(3), 686-700. Epub 05 de febrero de 2021. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i3.4669>.
- Rao GN (2013) Physico-chemical, mineral, amino acid composition, in vitro antioxidant activity and sorption isotherm of *Pithecellobium dulce* L. Seed Protein Flour. *J Food Pharm Sci* 1:74–80.

- Rodríguez A.G.I. 2012. Competitividad del sistema agroalimentario localizado productor de carne de conejo de la zona sur oriente del estado de México. Tesis de Maestría. Universidad Autónoma del Estado de México.
- SAGARPA, 2015. Manual de Buenas Prácticas de Producción de la Carne de Conejo, Mover a México, Coordinación General de Ganadería.
- Sahu, N. P., & Mahato, S. B. 1994. Anti-inflammatory triterpene saponins of *Pithecellobium dulce*: Characterization of an echinocystic acid bisdesmoside. *Phytochemistry*, 37(5), 1425–1427.
- Sánchez-Bustos, Karen Gisela, Escobar-Escobar, Natalia, & Castro-Ruiz, Sandra Marcela. 2021. Nutritional supplementation with non-conventional food resources and its effect on the productive parameters in rabbits. *Entramado*, 17(1), 262-270. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/entramado.1.7278>.
- SAS Institute Inc. 2012. SAS/SHARE What's New in SAS® 9.3. SAS Institute Inc. Cary, NC, USA. p. 282.
- Shankar D. Katekhaye, Maheshkumar S. Kale. 2012. Antioxidant and free radical scavenging activity of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth wood bark and leaves. Department of Pharmaceutical Sciences and Technology, Institute of Chemical Technology, Matunga (E), Mumbai.
- Thenius, E. 1990. Even-toed ungulates. En: Grzimek's encyclopedia of mammals.
- Traube, S., K. Scoggin, S. Tjandrakusuma, M. A. Rasmussen, and P. J. Reilly. 2007. Ruminant fermentation of propylene glycol and glycerol. *J. Agric. Food Chem.* 55: 7043-7051.
- Valenzuela, J. 1977. Cambios biogeoquímicos de la fruta del guamúchil (*Pithecellobium dulce*) durante su desarrollo. Tesis profesional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. p 39.
- Van Soest, P., Robertson, J., Lewis, B. 1991. Methods for dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. *J. Dairy Sci.* 74, 3583-3597. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022030291785512>.

- Vargas, M., Kuri-García, A., Vargas-Madriz, H., Chavez-Servin, J., y Ferriz-Martínez, R. (2020). Phenolic profile and antioxidant capacity of *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth: a review. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04453-y>.
- Wall-Medrano, A., González-Aguilar, G.A., Loarca-Piña, G.F. 2016. Ripening of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. [Guamúchil] Fruit: Physicochemical, Chemical and Antioxidant Changes. *Plant Foods Hum Nutr* 71, 396–401. <https://doi.org/10.1007/s11130-016-0575-0>
- Vázquez P., Ysnagmy, B., Barragán H., Valdivié N. M. I., Gutiérrez O. E., Mora C. L., Marino S. A. E., & Hernández M. C. A. 2019. Efecto de la inclusión de granos secos de destilería con solubles (DDGS) en la calidad de la canal y de la carne de conejos en crecimiento. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 10(3), 522-535. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i3.4356>
- Zepeda-Bastida, A., Ayala Martínez, M., Soto Simental, S. (2019). Calidad de la canal y la carne de conejos alimentados con hierba *Tithonia tubaeformis*. *R. Bras. Zootec.*, 48, 1-10. <https://doi.org/10.1590/rbz4820190074>.

1 Article

2 Dietary supplementation with *Pithecellobium dulce* (Roxb) 3 Benth fruits to fattening rabbits

4 Apáez-Barrios Jairo¹, Ocampo-López Juan¹, Soto-Simental Sergio¹, Aguilar-Raymundo Victoria Guadalupe², Ayala-
5 Martínez Maricela^{1*}

6 ¹ Área Académica de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Instituto de Ciencias Agropecuarias. Universidad
7 Autónoma del Estado de Hidalgo. Ex - Hacienda de Aquetzalpa, Ave. Universidad km 1. Tulancingo de
8 Bravo, Hidalgo, México, CP. 43600.

9 ² Programa Académico de Ingeniería Agroindustrial. Universidad Politécnica de Pénjamo. Carretera Ira-
10 puato. La Piedad Km 44, Predio el Derramadero, Pénjamo, Guanajuato. México. CP. 36921.

11 * Correspondence: MAM ayalam@uaeh.edu.mx; Tel.:527717172000. VGAR vaguilar@uppenjamo.edu.mx; Tel.:
12 524696926000

13
14 **Simple Summary:** Rabbit meat is considered as a functional food. But there are few studies directed
15 to determine the influence of natural additives from farm to the table. This study was performed to
16 use a fruit obtained from *Pithecellobium dulce* to following their effect in rabbits from farm to a fresh
17 meat product. The use of this fruit at 5% of the diet increase dry and organic matter digestibility of
18 the diet and improve feed conversion rate. Also increase acceptance of meatballs prepared with
19 rabbit meat obtained from that animals feed.

20 **Abstract:** *Pithecellobium dulce* produces a fruit used in alternative medicine that could be utilized to
21 feed rabbits. The objective of this study was to measure the effect of the *P. dulce* fruit on productive
22 performance, carcass traits, meat characteristics and meat product quality as well as shelf-life. Sev-
23 enty-two California x English pot crossbreed rabbits (35 d age) were randomly distributed into two
24 treatments: control group without *P. dulce* and another group fed with 5% of *P. dulce* and fattening
25 for 28 d. Productive performance parameters, blood biochemistry and hematology, apparent digest-
26 ibility, carcass traits, meat characteristics, and meat product shelf life were measured. Results indi-
27 cates inclusion of 5% *P. dulce* improve ($P < 0.05$) dry and organic matter digestibility, feed conversion
28 rate, but some serum blood enzymes were increased ($P < 0.05$). The a^* value, hardness, and pH
29 decrease ($P < 0.05$) in group fed with *P. dulce*. Antioxidant properties in meatballs was different ($P <$
30 0.05), improving shelf-life and acceptance in sensory analysis. In conclusion, the use of 0.5% of *P.*
31 *dulce* fruits to feed fattening rabbits can be used to improve shelf-life rabbit meat.

32 **Keywords:** Legume; feed; meat quality; carcass trait, sensory analysis, blood biochemistry.

34 1. Introduction

35 Rabbit production is improvement in productivity, which has led to the design of
36 more efficient diets, since rabbits' feeds are formulated mainly based on by-products high
37 in fiber, animal and vegetables fats and other ingredients that contain the nutrient suffi-
38 cient for maintain an efficient productivity [1]. However, rabbit is a specie that produces
39 excellent meat, including nutritional characteristics and potential health properties, with
40 this meat and its derivates considered as functional foods due to their functional com-
41 pounds [2]. One of the benefits of this specie is that it can be fed with different fibrous
42 material, parts of herbs and spices as alternatives of additives or ingredients [3]. In addi-
43 tion, feed costs associated with producing rabbit meat are high which is why alternatives

are being sought in order to decrease them. One ingredient which could be an alternative is the fruit from the tree called *Pithecellobium dulce*.

P. dulce is a fruit which originates from the Americas in countries including Brazil, Argentina, Colombia, and Mexico, but it is also distributed in several countries around the world, such as India or the tropical regions of Africa. This tree belongs to the Fabaceae family and is one of the 18 species of the genus *Pithecellobium* [4]. Murugesan et al. [5] reviewed therapeutic and biological properties of *P. dulce*, indicating that it has insecticide, anti-diabetic, anti-hyperlipidemic, antioxidant, antiulcer, antidiarrheal, antibacterial and others properties. Dhanisha et al. [6] demonstrated that an extract of *P. dulce* fruit induced apoptosis in vivo and in vitro. Furthermore, Vargas-Madriz et al. [7] reviewed antioxidant capacity and the phenol profile of *P. dulce* indicating the main phenolics reported are caffeic acid, chlorogenic acid, ferulic acid, gallic acid, p-coumaric acid, protocatechuic acid, apigenin, catechin, daidzein, kaemferol, luteolin, quercetin, myricetin, naringin, and rutin. However, it was also mentioned that antioxidant capacity varies according to all the studies reviewed. *P. dulce* are used in combination with other plants to feed goats, using leaves [8Kahindi et al. 2007;9 Olivares et al., 2013] or fruits [10Olivares-Perez et al.] The above-mentioned findings indicate that the fruit of *P. dulce* is an ingredient that could be used to elaborate animal feed. The objective of this study was to evaluate the effect of *P. dulce* fruit on productive performance, carcass traits, meat characteristics, biochemical and hematology analysis as well as meatballs prepared with rabbit meat as a potential alternative ingredient to feed fattening rabbits.

2. Materials and Methods

2.1. Raw material and proximate analysis

The fruit of *P. dulce* was collected in San Miguel de las Palmas, Guerrero, Mexico. The fruits were dried at 28 °C under shadow, and were then grounded in an Antarix grinder model THCF2800M13 (Antarix de México, Mexico City, Mexico). Afterwards, a proximate analysis was performed according to AOAC methodology [11] to determine moisture (930.15), crude protein (945.01), and crude fat (954.02). Regarding fiber fractions (NDF and ADF), the technique described by Van Soest et al. [12] was used.

2.2. Animals and experimental design

This study and animal management were carried out according to the institutional committee guidelines on animal care (protocol number CICUA/ICAP 001/2020). The experiments were conducted in a rabbitry located in Tulancingo, Hidalgo, Mexico. Ambient conditions in the rabbit production house had an average temperature of 17°C and 70% of relative humidity. Seventy-two rabbits were used, which were 35 d of age, unsexed, California x English pot crossbreed, and weighed 650 g on average. The animals were selected and distributed randomly in two treatments, a control group (C, n=36) and a group (G5, n=36) fed with 5% of fruit of *P. dulce*, with nine repetitions (n=4 rabbits). The fattening period was 29 d. In addition, the animals were housed in cages measuring 45x40x60 cm which were adapted with automatic drinkers and manual feeders. The rabbits were fed *ad libitum*.

2.3. Diets

Diets were prepared following the nutritional requirements of the National Research Council [13], while the ingredient composition was based on the guidelines provided by Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal [14]. Diet formulations had to be isoproteic (16%), isoenergetic (2.5 Mcal.kg⁻¹ of digestible energy) and isofibrous (16% Neutro Detergent Fiber) as shown in Table 1. The ingredients were mixed in an ASF model

MZ50 double helicoidal mixer (Molinos y Mezcladoras Industriales S. A. de C. V. Mexico), and then pelletized in a SKJ-120 feed pellet machine (Yuezheng Machinery Co., Shandong, China) and finally stored in a hermetic container until use.

Table 1. Diet formulation and chemical composition.

Ingredients (g.kg ⁻¹)	Treatments ¹	
	C	G5
Barley straw	13.5	11.0
Corn ground	21.5	22.0
Sorghum ground	12.4	12.4
Dry Distilled Grains	6.5	6.0
Canola meal	4.0	3.0
Wheat bran	8.1	8.1
Canola oil	1.0	1.0
Molasses	2.5	2.5
Soybean meal	15.0	14.0
Soybean hulls	12.5	12.0
Minerals and vitamins premix	3.0	3.0
<i>Pithecellobium dulce</i>	0	5.0
Chemical composition, %		
Dry matter	89.5	88.0
Ash	5.7	5.6
Ether extract	6.2	5.4
Protein	15.7	15.7
Acid detergent fiber	45	43
Neutral detergent fiber	60.1	58.3
Digestible energy, Mcal kg MS ⁻¹	2.6	2.6

¹C= control, G5= *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet.

2.4. Productive performance

Feed consumption was registered daily (offered and rejected) while live weight was measured every week using a Mettler MTNUV-40 digital scale (Mettler México, CDMX, Mexico). From the data obtained, the average daily feed intake (DFI), daily weight gain (DWG) and feed conversion rate (FCR) were calculated between ages 35 and 63 days. In addition, total weight gain and total feed intake were also determined, including initial and final weight of the experiment.

2.5. Apparent digestibility

Dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber were determined according to Perez et al. [15]. Briefly, 8 rabbits by group were selected to perform

109 apparent digestibility, then feces were collected from each cage every morning day during
110 the last 4 days of the fattening period. Afterwards, feces were dried in a Riossa model
111 HCF82D oven (RSU Labsupply, Monterrey, NL, Mexico). Content for moisture, ash, neu-
112 tral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) was determined in both feces
113 and feed as indicated above. Subsequently, the digestibility coefficient was calculated.
114

115 2.6. Carcass traits

116 After the fattening period, animals (63 days of age, n=32 rabbits by group) were
117 weighed and transported to the meat laboratory belonging to the Instituto de Ciencias
118 Agropecuarias and then slaughtered without previous fasting and mechanical concussion
119 stunning according to national legislation [16]. Before slaughtering, the dorsal length and
120 the lumbar circumference of the animals was measured (from the atlas to the last ischia
121 vertebra) using a measuring tape. After evisceration, the weights of the skin, feet, hot car-
122 cass, viscera (including includes esophagus, trachea, digestive apparatus, heart, lungs,
123 kidneys and liver), carcass length and lumbar circumference were obtained. Carcasses
124 were stored in refrigeration at a temperature of 4 °C for 24 h. Afterwards, cold carcass and
125 main cuts (head, forequarter, thoracic cage, foreleg and legs) were obtained according to
126 the indications provided by Blasco et al. [17]. Then, legs were dissected into meat, fat and
127 bone using a Scout Pro model SP402 scale (Ohaus Corporation, Pine Brook, NJ, USA).

128 2.7. Hematological and biochemical analysis

129 During the exsanguination procedure, 3 mL of blood were collected in vacutainer
130 tubes (n=9 by treatment) to determine blood biochemical analysis using BA400 Biosystem
131 equipment. Another tube was used to collect blood and perform blood biometry using a
132 hematology analyzer Procyte Dx (Idexx laboratories Inc., Westbrook, Maine, USA).

133 2.8. Meat characteristics

134 The carcasses were kept for 24 h under refrigerated conditions, then color was meas-
135 ured using a Minolta colorimeter model CM-580d (Konica-Minolta, Tokyo, Japan) with a
136 CIEL*a*b* color space using an illuminant D65, and 0.8 cm aperture size. The observer
137 was set to 10° according to the American Meat Science Association meat color measure-
138 ment guidelines [18]. For measuring pH a Hanna HI99163 meat pHmeter (Hanna Instru-
139 ments, Cluj-Napoca, Romania) was used. Furthermore, in order to determine water hold-
140 ing capacity (WHC), a technique described by Honikel [19] was employed. Cooking loss
141 was measured by cutting half of a loin which was then weighed and cooked in a hot water
142 bath at 80 °C for 20 minutes. Subsequently, 1 cm³ meat cubes were analyzed for a texture
143 profile analysis in a Brookfield CT3 texture analyzer (Brookfield, Middleboro MA, USA).
144 The equipment was adapted with a TA3/1000 probe and set up to compress the sample at
145 50% using a crosshead speed of 1 mm.s⁻¹. The sample was compressed twice. Force-time
146 graph parameters of hardness, resilience, cohesiveness, springiness and chewiness were
147 obtained using Texture Pro CT software (Brookfield, Middleboro, MA, USA).
148

149 2.9. Analysis of meatball

150 Meat obtained from legs was grounded in a Torrey grinder (Torrey, Monterrey, NL,
151 Mexico), the meat was separated into ly. The meatballs were prepared by adding 10 g of
152 salt and 200 mL of water to one kg of rabbit meat, which were then mixed. Afterwards, 50
153 g portions were made and stored on plastic trays, covered with film and then stored at
154 4°C until analysis.
155

To determine the effect of *P. dulce*, microbiological and physicochemical analysis was performed on days 0, 7 and 14, with dilutions and bacterial counts analyzed using indications according national legislation [20]. Total counts viable bacteria, Enterobacteriaceae and Staphylococcus were tested. Antioxidant activity was determined according to Brand-Williams et al. [21] with 2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) as radical, while antioxidant activity was expressed in mg.mL⁻¹. The pH was measured using a Hanna meat pHmeter model HI99163 (Hanna Instruments, Cluj-Napoca, Romania). Finally, water activity (Aw) was determined with a HP23-aw HygroPalm (Rotronic Measurement Solutions, Bassersdorf, Switzerland).

Meatballs were subjected to a sensory analysis using an affective hedonic test to determine the acceptability of the meat's taste. A total of 120 consumers with an average of 21.5 years participated of which 41.7% were female and 57.5% were male. A hedonic 7-point scale affective test (7 like very much and 1 dislike very much) was undertaken to determine acceptability. The test was developed according to the indications provided by Drake [22].

2.12. Statistical analysis

In this work, a completely randomized design was used to analyze productive performance parameters, including total weight gain, total feed consumption and feed conversion ratio, for these variables, treatment was the fixed effect and cage was random term. Apparent digestibility of dry matter, organic matter, neutral detergent fiber and acid detergent fiber, all carcass traits, all meat characteristics, all biochemical and hematology analysis were carried out an analysis of variance following the general linear model procedure, continuing with a lsmeans option, using treatment as fixed effect and cage as random term. Statistical model was following:

$$Y_{ij} = \mu + \beta_i + \varepsilon_{ij} + \delta_{ijk},$$

Where Y_{ij} = dependent variable, μ = mean of the variable, β_i = the fixed effect of i-th rabbit of the group, δ_k = the random effect of k-th cage and ε_{ij} = experimental error associated with the observation Y_{ij} .

A repeated time one-way design was used to analyze feed consumption and daily weight gain through the fattening period, treatment and time was used as fixed effect, with the nested time in treatment, then cage was utilized as random term. Also, all variables measured to determine meatballs shelf-life were analyzed through a repeated time one-way design, where treatment and time was used as fixed effect, with the nested time in treatment, then batch was utilized as random term.

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \beta_{i(\tau_j)} + \varepsilon_{ijk} + \delta_{ijkl},$$

Where Y_{ij} = dependent variable, μ = mean of the variable, β_i = the fixed effect of i-th rabbit of the group, τ_j = time and $\beta_{i(\tau_j)}$ time inside treatment, δ_l = the random effect of l-th cage or batch, and ε_{ijk} = experimental error associated with the observation Y_{ijk} .

For sensory analysis, firstly a statistical descriptive analysis was carried out, subsequently a Student's t-test was conducted to determine differences between samples of meatballs elaborated with meat from rabbits given feed with or without *P. dulce*, one session in approximately two hours were conducted, then data collected as indicates above.

The statistical models were the following:

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2)}{\sqrt{s^2(1/n_1 + 1/n_2)}}$$

Where t is t-test, the numerator is the difference between the two consumers groups to taste meat, denominator is an estimate of the standard error. All analyses were performed using SAS software ver. 9.0.

3. Results

3.1. Proximate analysis

A proximate analysis of *P. dulce* fruits revealed 89.5% of dry matter, 6.4% ash, 6.2% ethereal extract, 21.5% protein, 74% of NDF, and 32.1% acid detergent fiber. According to the results, *P. dulce* fruits are a rich source of protein and fiber.

3.2. Productive performance

Growth performance parameters were show in Table 2. Supplementing the rabbits' diets with *P. dulce* fruits did not affect productive performance ($P > 0.05$), including body weight, feed intake and feed conversion rate. These results indicate that *P. dulce* fruits could be used to feed growing rabbits.

Table 2. Productive performance of rabbits that consumed *Pithecellobium dulce* fruits.

Productive parameter	Treatments ¹		SEM ²	P value
	C (n=32)	G5 (n=32)		
Initial weight at 35 d, g	598	576	49	0.99
Final weight at 63 d, g	1596	1583	75	0.42
Average daily weight gain, g	35.64	35.96	2.88	0.28
Average daily feed intake, g	83.25	81.82	5.82	0.26
Feed conversion ratio	2.89 ^a	2.49 ^b	0.32	0.19
Total weight gain, g	998	1007	67	0.28
Total feed intake, g	2331	2291	109	0.80

¹C = control, G5 = *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet. ²Standard error of the mean.

3.3. In vivo apparent digestibility

The results of digestibility show on Table 3. Dry matter and organic apparent digestibility were higher ($P < 0.05$) when rabbits consumed 5% of *P. dulce* fruits. However, NDF and ADF digestibility were similar ($P > 0.05$).

Table 3. In vivo total tract apparent digestibility of diets including *Pithecellobium dulce* fruits consumed by rabbits.

Digestibility coefficient	Treatments ¹		SEM ²	P value
	C (n=8)	G5 (n=8)		
Dry matter	0.63 ^b	0.65 ^a	0.09	0.05
Organic matter	0.67 ^b	0.69 ^a	0.08	0.03

Neutral detergent fiber	0.37	0.36	0.09	0.20
Acid detergent fiber	0.59	0.59	0.09	0.79

^{ab} Different superscript between columns indicate significant differences ($p < 0.05$).

1C= control, G5= *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet. 2SEM= Standard error of the mean.

234

235

236

237

238

239

240

241

3.4. Biochemical and blood analysis

Results are shown at Table 4. Rabbits of both experimental groups showed similar ($P > 0.05$) compositions from biochemical and blood analyses, except for alanine transferase, aspartate transferase and phosphorus which were higher ($P < 0.05$) in the G5 group.

Table 4. Blood biochemistry and hematology of rabbits fed with *Pithecellobium dulce* fruits.

Carcass trait	Treatments ¹		SEM ²	P value
	C (n=9)	G5 (n=9)		
Blood analysis				
Hematocrit, L.L ⁻¹	0.42	0.42	0.01	0.97
Hemoglobin, g.L ⁻¹	129.57	131.11	3.19	0.73
Red blood cells, x10 ¹²	5.68	5.78	0.19	0.72
Mean corpuscular volumen, FI	71.42	70.42	68.54	0.53
Mean corpuscular hemoglobin concentration, g.L ⁻¹	318.57	319.78	2.45	0.73
Platelets, x10 ⁹ .L ⁻¹	283.85	365.89	56.29	0.32
Total proteins, g.L ⁻¹	54.71	55.22	1.43	0.80
White blood cells, x10 ⁹ .L ⁻¹	5.20	6.78	1.02	0.29
Neutrophiles, x10 ⁹ .L ⁻¹	2.84	4.17	0.75	0.23
Lymphocytes, x10 ⁹ .L ⁻¹	2.17	2.43	0.28	0.53
Monocytes, x10 ⁹ .L ⁻¹	0.14	0.17	0.04	0.54
Biochemical analysis				
Glucose, mmol.L ⁻¹	7.69	7.90	0.30	0.63
Creatinine, μmol.L ⁻¹	83.90	86.31	4.15	0.68
Cholesterol, mmol.L ⁻¹	1.69	2.11	0.15	0.07
Bilirubin, μmol.L ⁻¹	4.64	8.32	1.69	0.14
Alanine transferase, UI.L ⁻¹	32.57 ^b	49.77 ^a	4.86	0.02
Aspartate transferase, UI.L ⁻¹	38.14 ^b	48.55 ^a	3.30	0.04

Alkaline phosphatase, UI.L ⁻¹	216.85	211.77	20.20	0.86
Total protein, gl.L ⁻¹	52.57	51.88	1.80	0.79
Albumin, gl.L ⁻¹	30.71	30.22	3.02	0.91
Globulin, gl.L ⁻¹	21.85	18.44	1.38	0.10
Calcium, mmol.L ⁻¹	3.19	3.16	0.09	0.83
Phosphorus, mmol.L ⁻¹	2.52 ^b	2.85 ^a	0.11	0.04
Lactate dehydrogenase, UI.L ⁻¹	702.00	903.11	121.95	0.26

¹C= control, G5= *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet. 2SEM= Standard error of the mean. ab Different literals between columns indicate significant differences (p<0.05).

Carcass trait	Treatments ¹		SEM ²	P value
	C (n=32)	G5 (n=32)		
Live weight, g	1562.19	1566.05	80.55	0.97
Dressing out percentage, %	51.30	50.26	0.94	0.44
Body length, cm	30.00	28.55	0.73	0.16
Body lumbar circumference, cm	20.54	20.16	0.65	0.67
Skin, g.kg ⁻¹ LW ³	148.00	146.86	2.61	0.75
Feet, g.kg ⁻¹ LW	27.90 ^a	25.01 ^b	0.81	0.01
Carcass length, cm	28.94	28.03	0.68	0.34
Carcass lumbar circumference, cm	14.75	14.89	0.52	0.84
Viscera ⁴ , g.kg ⁻¹ LW	252.98	259.47	8.58	0.59
Hot carcass weight, g	809.69	790.05	47.24	0.77
Cold carcass weight, g	790.94	759.21	46.59	0.63
Drip loss, %	2.35 ^b	3.47 ^a	0.31	0.01
Kidney fat, g.kg ⁻¹ HCW ⁵	11.36	12.05	1.80	0.78
Scapular fat, g.kg ⁻¹ HCW	3.93	3.35	0.54	0.45
Head, g.kg ⁻¹ HCW	122.33	114.18	8.84	0.51
Forepart weight, g.kg ⁻¹ HCW	254.12	232.97	20.09	0.46
Intermedia part weight, g.kg ⁻¹ HCW	107.28	95.47	9.07	0.36
Hind part weight, g.kg ⁻¹ HCW	182.08	163.12	17.52	0.45
Legs, g.kg ⁻¹ HCW	363.35	330.77	29.36	0.43
Meat, g.kg ⁻¹ Legs	561.66	550.69	36.80	0.83
Bone, g.kg ⁻¹ Legs	234.12	225.11	10.99	0.56
Dissectible fat, g.kg ⁻¹ Legs	4.28	5.23	1.01	0.51

244

245

3.5. Carcass traits

246

247

248

249

250

Table 5. Carcass traits of the rabbits fed with *Pithecellobium dulce*.

^{ab} Different superscript between columns indicate significant differences. ¹C= control, G0.5= *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet. ²SEM= Standard error of the mean (p<0.05). ³LW = live weight. ⁴Viscera includes esophagus, trachea, digestive apparatus, heart, lungs, kidneys and liver. ⁵HCW = Hot carcass weight.

251

252

3.6. Meat characteristics

253

254

255

256

257

258

Table 6. Meat characteristics of the rabbits fed with *Pithecellobium dulce* fruits.

Carcass trait	Treatments ¹		SEM ²	P value
	C (n=32)	G5 (n=32)		
L*	47.28	47.63	0.41	0.54
a*	1.27 ^a	0.28 ^b	0.14	0.00
b*	7.52	7.29	0.18	0.37
C*	7.72	7.42	0.18	0.25
h*	1.51	1.52	0.01	0.44
Water holding capacity	19.91	19.26	0.87	0.60
pH	5.96 ^a	5.97 ^b	0.02	0.79
Cooking loss, %	8.28	8.86	0.74	0.58
Hardness, N	24.66 ^a	19.31 ^b	0.92	0.00
Adhesiveness, N (x10)	0.43	0.31	0.05	0.08
Resilience	0.17	0.18	0.01	0.16
Cohesiveness	0.49	0.49	0.01	0.74
Springiness	0.57	0.56	0.01	0.53
Chewiness, N	7.28	6.61	0.40	0.24

259

¹C= control, G5= *Pithecellobium dulce* fruits at 5% of the diet. ²SEM= Standard error of the mean. ^{ab} Different literals between columns indicate significant differences (p<0.05).

260

261

3.7. Meatball quality

Measurements of meatballs elaborated with rabbit meat from animals fed with *P. dulce* are shown in Table 7. An interaction treatment with storage time was observed in pH, Aw and antioxidant activity. However, bacteria count groups were different ($P < 0.05$) over storage time. The pH value increased during storage time, but it was lower in treatment G5 on day 14. The water activity of meatballs in control treatment decreased during storage time, but G5 treatments were similar during 14 d of storage. Antioxidant activity increased during storage time, however, G5 treatment was higher after 14 d of storage.

Table 7. pH, aw, microbial analysis and antioxidant activity of meatball quality elaborated from rabbits that consumed *Pithecellobium dulce* fruits during storage time.

Parameter	Treatment ¹	Time (d)			SEM	P value		
		0	7	14		T	t	T*t
pH	C	5.823 ^b	5.890 ^b	6.703 ^{aA}	0.020	0.002	0.001	0.001
	G5	5.907	5.830	6.203 ^B	0.020			
Aw ³	C	0.980 ^a	0.957 ^b	0.967 ^a	0.004	0.210	0.101	0.024
	G5	0.963	0.950	0.967	0.004			
TCV ⁴ , Log UFC.g ⁻¹	C	3.085 ^c	6.756 ^b	9.619 ^a	0.093	0.938	0.001	0.270
	G5	3.213 ^c	6.660 ^b	9.553 ^a	0.152			
<i>Staphylococcus</i> , Log UFC.g ⁻¹	C	2.971 ^c	7.650 ^b	10.826 ^a	0.077	0.001	0.001	0.705
	G5	2.553 ^c	6.460 ^b	10.320 ^a	0.125			
<i>Enterobacteriaceae</i> , Log UFC.g ⁻¹	C	2.649 ^c	7.835 ^b	12.661 ^a	0.060	0.615	0.001	0.521
	G5	2.400 ^c	8.043 ^b	12.593 ^a	0.148			
Antioxidant activity (mg mL ⁻¹)	C	11.301 ^a	4.469 ^{bB}	3.825 ^{bB}	0.463	0.344	0.001	0.001
	G5	10.066 ^a	5.908 ^{bA}	5.229 ^{bA}	0.463			

^{ab} Different superscript between columns indicate significant differences ($p < 0.05$). ¹C= control, G5= *Pithecellobium dulce*

fruits at 5% of the diet. ²SEM= Standard error of the mean ³Aw = Water activity. ⁴TVC = Total counts viable bacteria.

3.8. Sensory analysis of meatballs

The results from the affective hedonic sensory test on meatballs with meat from rabbits fed with *P. dulce* are shown at Figure 1, with panelists considering that the samples were similar ($P > 0.05$). Therefore, *P. dulce* fruits can be incorporate to rabbit feed because did not show any adverse effects on sensory analysis.

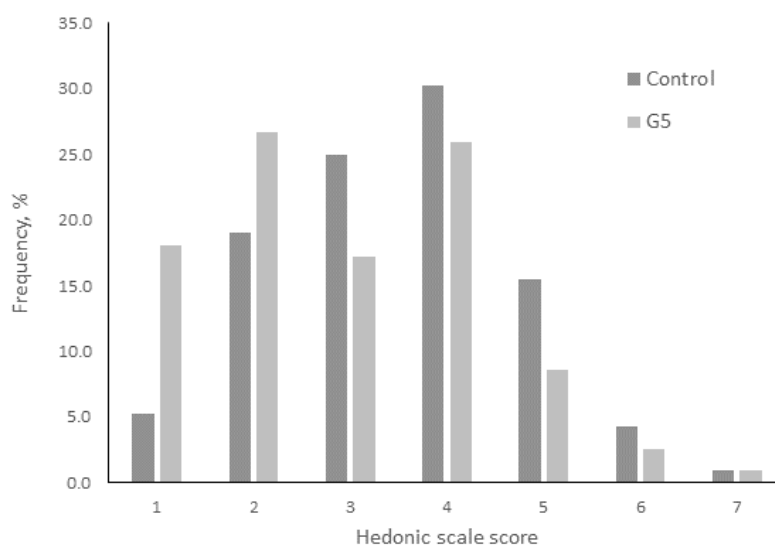


Figure 1. Frequency of acceptability of meatballs elaborated with meat obtained from rabbits fed with *Pithecellobium dulce* fruits.

4. Discussion

There is few information about *P. dulce* fruits proximate composition. However, there are some studies that revealed chemical composition is diverse when divided the fruit in their main parts (seed, aril and husk), seed has 39% of protein, while dry aril is between 12 and 15% and fresh aril is 3%, which indicates that composition is influenced by the part of the fruit analyzed [23, 24]. Yet, *P. dulce* fruits complete has high quantity of protein (21.5%) and NDF (78%), according to these amounts those fruits can be used to feed animals as an additive or ingredient.

Performance productive results indicates the use of *P. dulce* fruits to fed rabbits were similar between groups. However, there are several studies on the use of fruits, vegetables, extracts or essential oils used to feed fattening rabbits. Some of these investigations concluded that there are no effects on productive performance, such as the studies by Perna et al. [25] which used cauliflower leaves, Mancini et al. [26] who fed rabbits with quebracho and chestnuts tannins mixes, as well as Kovitvadhi et al. [27] who focused on *Lythrum salicaria*. Other studies indicated an increase in some productive performance parameters such as Khalid et al. [28] who observed that *Moringa oleifera* leaf powder increased daily gain and improved the feed rate conversion. In another study, Elwan et al. [29] fed rabbits with 1 and 2% of Citrus limon powder and found that the parameters related to final weight, weight gain and average daily gain all increased. Perhaps, *P. dulce* fruits did not improve productive performance, but it can be used to feed rabbits.

Apparent digestibility coefficients were similar to other ingredients in rabbit feeds, including billberry pomace [30]. It is notable that cellular content has high digestion influenced by *P. dulce* fruits. It is possible that this fruit has small quantities of tannins as according to Roselin and Parameshwari [31], also their study reviewed bioactive compounds in *P. dulce* which indicated the presence of tannins, also according to Mancini et al. [26] tannins did not influence the palatability of the feed. However, in contrast to this study, several studies indicate that dry or organic matter digestibility is not influenced by tannins. For example, Kovitvadhi et al. [27] stated that low levels of tannins did not affect digestibility, while similar results were obtained by Dabbou et al. [30]. Dalle-Zotte et al. [32] did not find any differences in dry matter and organic matter digestibility when feeding rabbits with chestnut hydrolysable tannins.

In general, the reference values for these biochemical parameters were normal with regard to rabbits, however, control groups had low levels for alanine transferase, aspartate

319 transferase and phosphorus compared to G5 group. It is possible that a hepatic malfunc-
320 tion was a consequence of intensive production or use of *P. dulce*. However, biochemical
321 parameters were normal as indicated by Brandão et al. [33]. Aljohani and Abduljawad
322 [34] reported similar concentrations of alanine and aspartate transferase in rabbits fed
323 with *Moringa oleifera*, although values reported in their study were higher than those ob-
324 tained in this experiment. In contrast, Imbabi et al. [35] found aspartate transferase de-
325 creased in rabbits fed with fennel oil, although alanine transferase was similar.

326 The most of carcass traits were similar between groups, except feet and drip loss, the
327 growth of animals is related to productive performance, if these last parameters are anal-
328 ogous between groups, it is possible that organs and body composition were similar.
329 There are other studies that report similar results, such as Wolf and Cappai [36] who used
330 rabbit feed incorporated with acorns (*Quercus pubescens* Willd.) and there was no differ-
331 ence in carcass traits. However, the use of *Moringa oleifera* leaves increased carcass traits
332 in a study by Aljohani and Abduljawad [34]. Moreover, drip loss is related to protein and
333 the accumulation of lactic acid [37], meaning that it is possible that *P. dulce* slightly in-
334 creased protein content while the pH also remained slightly high.

335 Meat characteristics of rabbits fed with *P. dulce* fruits were similar between groups,
336 except a* value and hardness. The maximum shear force is correlated with the connective
337 tissue [38]. It is possible that *P. dulce* induced a lower proportion of collagen instead of
338 structural proteins, Sembiring et al. [39] demonstrated that a *Muntingia calabura* extract
339 leaves increase collagen density. However, other studies using leaves or fruits did not find
340 differences, such as Pałka et al. [40] who supplemented rabbit feed with *Urtica dioica* L. or
341 *Trigonella foenum-graecum* L., or Garcia-Vazquez et al. [41] who used an infusion of *Cheno-*
342 *podium ambrosioides*. Also, the change in redness color value is associated to Fe and antho-
343 cyanins content in aryl of *P. dulce* fruits, as indicate by Rao et al. [42].

344 *P. dulce* fruits feed to rabbits decreases Staphylococcus counts. Koné et al. [43] ob-
345 served that plant extracts or essential oils supplemented into rabbits' diets decreased bac-
346 terial content in rabbit meat under anaerobic conditions. Mancini et al. [44] used 3.5% of
347 turmeric powder to extend the shelf life of rabbit burgers.

348 The acceptance of rabbit meat burgers was similar between treatments. Other studies
349 have been observed similar results using bilberry pomace [45] and goji berries [46], while
350 Mancini et al. [47] used *Zingiber officinale roscoe* powder in rabbit meat burgers to improve
351 sensorial characteristics.

352 5. Conclusions

353 The inclusion of *P. dulce* at a proportion of 5% into the diet for growing rabbits did
354 not affect productive performance, carcass traits, or meat characteristics. Regarding bio-
355 chemical analysis and hematological analyses, there were no differences in almost all pa-
356 rameters evaluated, however some enzymes levels (alanine and aspartate transferase)
357 were higher in G5. Thought, the product elaborated from rabbit meat with animals fed *P.*
358 *dulce* after 14 d of refrigeration storage showed a low pH value, a slightly low bacteriolog-
359 ical groups and a higher antioxidant capacity, then these parameters are indicatives of the
360 increase shelf-life of the meat product, while sensory analysis showed no differences be-
361 tween control and treatments. Therefore, this study suggests that the incorporation of *P.*
362 *dulce* could be increase shelf-life of meat without of deleterious acceptance of the meat by
363 panelists.
364

365 **Author Contributions:** Conceptualization, A.B.J., A.M.M and A.R.V.G.; methodology, A.B.J., O.L.J.;
366 validation, O.L.J., S.S.S., A.R.V.G. and A.M.M.; formal analysis, S.S.S. and A.B.J.; investigation, X.X.;
367 resources, S.S.S., A.R.V.G. and A.M.M.; data curation, S.S.S.; writing—original draft preparation,
368 A.B.J. and A.M.M.; writing—review and editing, S.S.S. and O.L.J.; supervision, O.L.J., S.S.S.,
369 A.R.V.G. and A.M.M. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by Consejo Nacional de Ciencia y Tecnologia from Mexican Government, grant number 565898 to Jairo Apaez Barrios.

Institutional Review Board Statement: The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki, and approved by the Ethics Committee of Universidad Autonoma del Estado de Hidalgo (protocol code CICUA/ICAP/001/2020).

Informed Consent Statement: Not applicable.

Data Availability Statement: All original data can be obtained or requested to Maricel Ayala Martinez.

Acknowledgments: The authors would like to say thanks to Christopher Schackley to review English language.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. De Blas, C.; Mateos, G.G. Feed Formulation. In: Nutrition of the rabbits. 3rd edition. C. de Blas and J.W. Wiseman (eds). CABI, Oxfordshire, UK. **2020**, Pp. 243-253.
2. Dalle Zotte, A.; Szendrő, Zs. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Sci* **2011**, *88*:319-331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>.
3. Dalle Zotte, A.; Celia, C.; Szendrő, Zs. 2016. 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>.
4. Rao, G. N. 2013. Physico-chemical, mineral, amino acid composition, in vitro antioxidant activity and sorption isotherm of *Pithecellobium dulce* L. seed protein flour. *J Food Pharm Sci* **2013**, *1*:74–80. <https://doi.org/10.14499/jfps>
5. Murugesan, S.; Lakshmanan, D.K.; Arumugam, V.; Alexander, R.A. Nutritional and therapeutic benefits of medicinal plant *Pithecellobium dulce* (Fabaceae): A review. *J Appl Pharm Sci* **2019**, *9*(7):130-139. <http://dx.doi.org/10.7324/JAPS.2019.90718>
6. Dhanisha, S. S.; Drishya, S.; Guruvayoorappan, C. *Pithecellobium dulce* induces apoptosis and reduce tumor burden in experimental animals via regulating pro-inflammatory cytokines and anti-apoptotic gene expression. *Food Chem Toxicol* **2022**, *161*:112816. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.112816>
7. Vargas-Madriz, Á. F.; Kuri-García, A.; Vargas-Madriz, H.; Chávez-Servín, J. L.; Ferriz-Martínez, R. A.; Hernández-Sandoval, L. G.; Guzmán-Maldonado, S. H. Phenolic profile and antioxidant capacity of *Pithecellobium dulce* (Roxb) Benth: a review. *J Food Sci Technol* **2020**, *57*:4316–4336. doi:10.1007/s13197-020-04453-y
8. Kahindi, R.K.; Abdulrazak, S.A.; R.W. Muinga, R.W. Effect of supplementing Napier grass (*Pennisetum purpureum*) with Madras thorn (*Pithecellobium dulce*) on intake, digestibility and live weight gains of growing goats. *Small Rumin Res* **2007**, *69*(1–3):83-87. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2005.12.008>.
9. Olivares-Perez, J.; Avilez-Nova, F.; Albarran-Portillo, B.; Castelan-Ortega, O.; Rojas-Hernandez, S. Use of three fodder trees in the feeding of goats in the subhumid tropics in Mexico. *Trop Anim Health Prod* **2013**, *45*(3): 1573-7438. <https://doi.org/10.1007/s11250-012-0294-y>
10. Olivares-Pérez, J.; Avilés-Nova, F.; Albarrán-Portillo, B.; Castelán-Ortega, O.A.; Rojas-Hernández, S. Nutritional quality of *Pithecellobium dulce* and *Acacia cochliacantha* fruits, and its evaluation in goats, *Livest Sci* **2013**, *154*(1–3):74-81. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2013.02.017>.
11. AOAC. 2018. Official methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg Maryland, USA: Published by AOAC international.
12. Van Soest, P.; Robertson, J.; Lewis, B. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J Dairy Sci* **1991**, *74*:3583-3597. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(91\)78551-2](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2)
13. NRC. 1977. Nutrient Requirements of Rabbits. 2nd revised edition. National Research Council. Washington DC. USA. <https://doi.org/10.17226/35>
14. FEDNA. 2020. FEDNA/ Fundación Española para el Desarrollo de la Nutricion Animal. <http://www.fundacionfedna.org/>.
15. Perez, J. M.; Lebas, F.; Gidenne, T.; Maertens, L.; Xiccato, G.; Parigi-Bini, R.; Dalle Zotte, A.; Cossu, M.E.; Carazzolo, A.; Villamide, M. J.; Carabaño, R.; Fraga, M. J.; Ramos, M. A.; Cervera Frás, M. C.; Ferrer, B.; Fernandez, E.; Falcao, J.; Bengala Freire, J. European reference method for *in vivo* determination of diet digestibility in rabbits. *World Rabbit Sci* **1995**, *3*:41-43. <https://doi.org/10.4995/wrs.1995.239>
16. NOM-033-SAG/ZOO-2014. Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. México. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015#gsc.tab=0.
17. 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.1993.189>
18. AMSA. Meat color measurement guidelines. American Meat Science Association Champaign. IL. USA. **2012**, <https://meatscience.org/publications-resources/printed-publications/amsa-meat-color-measurement-guidelines>

- 425 19. Honikel, K. O. How to measure the water-holding capacity of meat? Recommendation of standardized methods. In: Evaluation
426 and control of meat quality in pigs. Current Topics in Veterinary Medicine and Animal Science, **1987**, 38. Tarrant P. V.; Eikelen-
427 boom, G. and Monin, G., eds. Springer, Dordrecht, Germany.
- 428 20. NOM-210-SSA1-2014. Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indica-
429 dores. Determinación de microorganismos patógenos. http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015.
- 430 21. Brand-Williams, W.; Cuvelier, M.E.; Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT - Food Sci
431 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)
- 432 22. Drake, M.A. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. J Dairy Sci **2007**, *90*(11):4925-4937. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>
- 433 23. Rao, G.N.; Nagender, A.; Satyanarayana, A.; Rao, D.G. Preparation, chemical composition and storage studies of quamachil
434 (*Pithecellobium dulce* L.) aril powder. J Food Sci Technol **2011**, *4*:90-95. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0135-9>
- 435 24. Dhanisha, S.S.; Drishya, S.; Guruvayoorappan, C. Traditional knowledge to clinical trials: A review on nutritional and thera-
436 peutic potential of *Pithecellobium dulce*. J Basic Clin Physiol Pharmacol **2021**, *33*:133-142. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2020-0166>
- 437 25. Perna, A.; Simonetti, A.; Grassi, G.; Gambacorta, E. Effect of a cauliflower (*Brassica oleraceae* var. Botrytis) leaf powder-enriched
438 diet on performance, carcass and meat characteristics of growing rabbit. Meat Sci **2019**, *149*:134-140.
439 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.013>
- 440 26. Mancini, S.; Moruzzo, R.; Minieri, S.; Turchi, B.; Cerri, D.; Gatta, D.; Sagona, S.; Felicioli, A.; Paci, G. Dietary supplementation
441 of quebracho and chestnut tannins mix in rabbit: effects on live performances, digestibility, carcass traits, antioxidant status,
442 faecal microbial load and economic value. Ital J Anim Sci **2019**, *18*:621-629. <https://doi.org/10.1080/1828051X.2018.1549514>
- 443 27. Kovitvadhi, A.; Gasco, L.; Ferrocino, I.; Rotolo, L.; Dabbou, S.; Malfatto, V.; Gai, F.; Peirette, P.G.; Falzone, M.; Vignolini, C.;
444 Cocolini, L.; Zoccarato, I. Effect of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) diet supplementation in rabbit nutrition on performance,
445 digestibility, health and meat quality. Animal **2016**, *10*:10-18. <https://doi.org/10.1017/S1751731115001822>
- 446 28. Khalid, A.R.; Yasoob, T.B.; Zhang, Z.; Yu, D.; Feng, J.; Zhu, X.; Hang, S. Supplementation of *Moringa oleifera* leaf powder orally
447 improved productive performance by enhancing the intestinal health in rabbits under chronic heat stress. J Therm Biol **2020**,
448 *93*:102680. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102680>
- 449 29. Elwan, H.A.; Dawood, D.H.; Abd El-Aziz El-Shafei, S. M.; Abd El-Mohsen Abd El-Rahman, A.; Abdel-Latif, S.A.; Mohany, M.;
450 Alqahtani, F.; Alqahtani, S.; Al-Rejaie, S. S. The potential role of citrus limon powder as a natural feed supplement to boost the
451 productive performance, antioxidant status, and blood biochemistry of growing rabbits. Animals **2019**, *9*(7):426.
452 <https://doi.org/10.3390/ani9070426>
- 453 30. Dabbou, S.; Ferrocino, I.; Kovitvadhi, A.; Bergagna, S.; Dezzuto, D.; Schiavone, A.; Cocolin, L.; Gai, F.; Santoro, V.; Gasco, L.
454 Bilberry pomace in rabbit nutrition: effects on growth performance, apparent digestibility, caecal traits, bacterial community
455 and antioxidant status. Animal **2019**, *13*(1):53-63. <https://doi.org/10.1017/S175173111800099X>
- 456 31. Roselin, C.; Parameshwari, S. A systematic review on the materialistic use of *Pithecellobium dulce* in food formulations. Mater
457 Today: Proc **2022**, *66*(3):996-1001. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.04.779>
- 458 32. Dalle Zotte, A.; Cullere, M.; Tasoniero, G.; Gerencsér, Z.; Szendrő, Z.; Novelli, E.; Matics, Z. Supplementing growing rabbit diets
459 with chestnut hydrolyzable tannins: Effect on meat quality and oxidative status, nutrient digestibilities, and content of tannin
460 metabolites. Meat Sci **2018**, *146*:101-108. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.08.007>
- 461 33. Brandão, J. Basic approach to veterinary care of rabbits. In: Ferrets, rabbits and rodents Clinical medicine and surgery. K.E.
462 Quesenberry, C.J. Orcutt, C. Mans, J.W. Carpenter (Eds.). **2021**, St. Louis, MO. USA. Elsevier.
- 463 34. Aljohani, N.E.; Abduljawad, S.H. Efficacy of *Moringa oleifera* leaf supplementation for enhanced growth performance, haema-
464 tology and serum biochemistry of rabbits. Food Nutr Sci **2018**, *9*(11):1285-1298. <https://doi.org/10.4236/fns.2018.911092>
- 465 35. Imbabi, T.; Sabeq, I.; Osman, A.; Mahmoud, K.; Amer, S.A.; Hassan, A.M.; Kostomakhin, N.; Habashy, W.; Easa, A.A. Impact of
466 fennel essential oil as an antibiotic alternative in rabbit diet on antioxidant enzymes levels, growth performance, and meat
467 quality. Antioxidants **2021**, *10*(11):1797. <https://doi.org/10.3390/antiox10111797>
- 468 36. Wolf, P.; Cappai, M. G. Response of fattening rabbits with acorns (*Quercus pubescens* willd.) Combined in the diet: first acquaint-
469 ances on growth performance, carcass traits and perirenal fatty acid profile. Animals **2020**, *10*(8):1394.
470 <https://doi.org/10.3390/ani10081394>
- 471 37. Zhao, X.; Wang, C.; Wang, Y.; Zhou, L.; Hu, H.; Bai, L.; Wang, J. Weighted gene co-expression network analysis reveals potential
472 candidate genes affecting drip loss in pork. Anim Genet **2020**, *51*(6):855-865. doi:10.1111/age.13006
- 473 38. Ramirez, J. Effect of selection for growth rate on biochemical, quality and texture characteristics of meat from rabbits. Meat Sci
474 **2004**, *67*(4):617-624. doi:10.1016/j.meatsci.2003.12.012.
- 475 39. Sembiring, I.C.B.; Wardhita, A.A.G.; Adi, A.A.M. *Muntingia calabura*'s leaves extract ointment increased collagen density and
476 enhanced healing of skin incision wound in hyperglycemic mice. Indones Med Veterinus **2021**, *10*(2):189-199.
477 <http://dx.doi.org/10.19087/imv.2021.10.2.189>
- 478 40. Pałka, S.E.; Otwinowska-Mindur, A.; Migdał, Ł.; Kmiecik, M.; Wojtysiak, D. Effect of a diet supplemented with nettle (*Urtica*
479 *dioica* L.) or fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) on the post-slaughter traits and meat quality parameters of Termond white
480 rabbits. Animals **2021**, *11*(6):1566. <https://doi.org/10.3390/ani11061566>
- 481 41. García-Vázquez, L. M.; Zepeda-Bastida, A.; Ayala-Martinez, M.; Soto-Simental, S. Infusion of *Chenopodium ambrosioides* con-
482 sumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. Food Sci Technol **2020**, *40*:451-457.
483 <https://doi.org/10.1590/fst.32819>
- 484

- 485 42. Rao, G.N.; Nagender, A.; Satyanarayana, A.; Rao, D.G. Preparation, chemical composition and storage studies of quamachil
486 (*Pithecellobium dulce* L.) aril powder. *J Food Sci Technol* **2011**, *4*:90-95. <https://doi.org/10.1007/s13197-010-0135-9>
- 487 43. Koné, A. P.; Desjardins, Y.; Gosselin, A.; Cinq-Mars, D.; Guay, F.; Saucier, L. Plant extracts and essential oil product as feed
488 additives to control rabbit meat microbial quality. *Meat Sci* **2019**, *150*:111-121. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.013>
- 489 44. Mancini, S.; Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Zs., Fratini, F. and Paci, G. Effect of turmeric powder (*Curcuma*
490 *longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers, *Meat Sci* **2015**,
491 *110*:93-100. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005>.
- 492 45. Dabbou, S.; Gai, F.; Renna, M.; Rotolo, L.; Dabbou, S.; Lussiana, C.; Kovitvadhi, A.; Brugiapaglia, A.; Helal, M.N.; Zoccarato, I.;
493 Gasco, L. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: Effects on carcass characteristics and meat quality. *Meat Sci* **2017**, *124*:77-
494 83. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.10.013>
- 495 46. Castrica, M.; Menchetti, L.; Balzaretto, C.M.; Branciani, R.; Ranucci, D.; Cotozzolo, E.; Vigo, D.; Curone, G.; Brechia, G.; Miraglia,
496 D. Impact of dietary supplementation with goji berries (*Lycium barbarum*) on microbiological quality, physico-chemical, and
497 sensory characteristics of rabbit meat. *Foods* **2020**, *9*(10):1480. <https://doi.org/10.3390/foods9101480>
- 498 47. Mancini, S.; Preziuso, G.; Fratini, F.; Torracca, B.; Nuvoloni, R.; Dal Bosco, A.; Paci, G. Qualitative improvement of rabbit burgers
499 using *Zingiber officinale* Roscoe powder. *World Rabbit Sci* **2017**, *25*(4):367-375. <http://hdl.handle.net/10251/93938>
- 500
- 501