



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ÁREA ACADÉMICA DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL E INGENIERÍA EN
ALIMENTOS

MAESTRÍA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Dalbergia palo-escrito* y su efecto sobre la calidad de la canal, la carne y un producto cárnico de conejo

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MAESTRA EN CIENCIA DE LOS ALIMENTOS

PRESENTA

MVZ. Sarai García Valencia

DIRECCIÓN

Dr. Sergio Soto Simental

Dra. Maricela Ayala Martínez

ASESORES

Dr. Armando Zepeda Bastida

Dr. Juan Ocampo López

Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México, 2020



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
Instituto de Ciencias Agropecuarias
School of Forestry and Environmental Studies

COORDINACION DE INVESTIGACION Y POSGRADO DEL ICAP

Actas de la reunión del Comité de Tesis de Maestría en Ciencia de los Alimentos
Apertura:

La reunión ordinaria para evaluar los avances de la tesis intitulada: "Evaluación de la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de Dalbergia palo-escrito y su efecto sobre la calidad de canal, carne y un producto cárnico de conejo", que desarrolla la estudiante Sarai García Valencia.

Asistentes:

Dra. Maricela Ayala Martínez
Dr. Armando Zepeda Bastida
Dr. Sergio Soto Simental
Dr. Juan Ocampo López

A. Revisión de Trabajo de Tesis

Observaciones:

El comité revisó con antelación el trabajo de tesis en extenso propuesto por el estudiante, comunicando a la estudiante, Sarai García Valencia, oportunamente las correcciones, adiciones y/o modificaciones que debería considerar para mejorar su trabajo y poder continuar con el proceso de obtención de grado. El estudiante atendió de forma conveniente las sugerencias del comité.

B. Acuerdos

En esta fecha, se comunica atentamente que el comité conformado por los profesores firmantes, otorgamos nuestra autorización para que la estudiante imprima su trabajo final de tesis, y continúe con los trámites necesarios para la obtención del grado de maestría respectivo.

ATENTAMENTE

"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Tulancingo de Bravo, Hidalgo a 30 de septiembre de 2020

Dr. Sergio Soto Simental

Dr. Armando Zepeda Bastida

Dra. Maricela Ayala Martínez

Dr. Juan Ocampo López



AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme otorgado una maravillosa familia, por la paciencia y perseverancia para alcanzar esta meta además de las bendiciones y las increíbles personas que me apoyaron en esa etapa.

A mi Familia

Porfirio y Sara, por haberme formado en un ambiente de amor y valores; que siempre me brindaron su apoyo incondicional y me han impulsado a cumplir mis sueños y mis hermanos Porfirio, Miri y Abi, compañeros de vida que hacen los días más divertidos y llevaderos.

Mis asesores y el Cuerpo Académico de Biotecnología Veterinaria

Dr. Sergio Soto por la paciencia que me tuvo y saber resolver todas mis dudas en cada momento, además del apoyo que siempre me brindó

Dra. Maricela Ayala que además de el gran apoyo y la confianza que siempre me brindó, me impulsó para dar el máximo y siempre estuvo a mi lado.

Dr. Armando Zepeda quien me asesoró y brindó su apoyo, además de tener la paciencia para resolver dudas.

Dr. Juan Ocampo y todo su equipo de trabajo en el laboratorio de Histología por estar a la disposición y la asesoría.

A Monse, por ser un ejemplo para mí y compartirme sus conocimientos además de ser una gran amiga y consejera

A Dari por ser una gran amiga, consejera y confidente además de apoyarme en todo.

Al apoyo recibido del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca de la Maestría en Ciencia de los Alimentos.

Al Dr. Alfonso Suárez Islas, por haber proporcionado el material vegetal de estudio y las asesorías sobre la planta.

DEDICATORIAS

A mi Familia quienes forjaron la persona que soy, me han enseñado la perseverancia y la dedicación para hacer las cosas, me apoyan en cada paso de la vida y me alientan a cumplir las metas que me propongo.

A los miembros cuerpo académico de Biotecnología Veterinaria por ser como una segunda familia para mí y brindarme al por mayor sus conocimientos además del apoyo incondicional, los consejos y confianza tanto académica como personal.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I. GENERALIDADES ----- | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN----- | 1 |
| 1.2 REVISIÓN DE LITERATURA----- | 4 |
| 1.2.1 Propiedades nutricionales de la carne de conejo ----- | 4 |
| 1.2.2 Productos cárnicos ----- | 5 |
| 1.2.3 Metabolismo de las plantas ----- | 8 |
| 1.2.4 Género <i>Dalbergia</i> ----- | 9 |
| 1.3 JUSTIFICACIÓN----- | 13 |
| 1.4 OBJETIVO GENERAL----- | 14 |
| 1.5 HIPÓTESIS----- | 15 |
| 1.6 REFERENCIAS----- | 16 |
| CAPÍTULO II.- EVALUACIÓN <i>IN VITRO</i> DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS DE <i>Dalbergia palo-escrito</i>, OBTENIDOS CON SOLVENTES DE DIFERENTE POLARIDAD ----- | 23 |
| 2.1 RESUMEN----- | 23 |
| 2.2 INTRODUCCIÓN----- | 24 |
| 2.3 MATERIALES Y MÉTODOS----- | 26 |
| 2.3.1 Obtención de extractos ----- | 26 |
| 2.3.2 Determinación de fenoles totales ----- | 26 |
| 2.3.3 Determinación de actividad antioxidante ----- | 27 |
| 2.3.4 Evaluación de actividad antimicrobiana ----- | 27 |
| 2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO----- | 27 |
| 2.5 RESULTADOS----- | 29 |
| 2.5.1 Rendimiento de extractos, con diferentes solventes ----- | 29 |
| 2.5.2 Determinación de fenoles totales ----- | 29 |
| 2.5.3 Determinación de actividad antioxidante ----- | 29 |
| 2.5.4 Evaluación de actividad antimicrobiana ----- | 30 |
| 2.6 DISCUSIÓN----- | 32 |
| 2.6.1 Rendimiento de extractos, con diferentes solventes ----- | 32 |
| 2.6.2 Determinación de fenoles totales ----- | 32 |
| 2.6.3 Determinación de actividad antioxidante ----- | 33 |

| | |
|--|----|
| 2.6.4 Evaluación de actividad antimicrobiana | 34 |
| 2.7 CONCLUSIÓN | 36 |
| 2.8 REFERENCIAS | 37 |
| CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO HEXÁNICO DE <i>Dalbergia palo-escrito</i> Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO | 45 |
| 3.1 RESUMEN | 45 |
| 3.2 INTRODUCCIÓN | 46 |
| 3.3 MATERIALES Y MÉTODOS | 48 |
| 3.3.1 Obtención del extracto hexánico | 48 |
| 3.3.2 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 48 |
| 3.3.3 Diseño experimental | 49 |
| 3.3.4. Calidad de la canal | 49 |
| 3.3.5 Calidad de la carne | 51 |
| 3.3.6 Calidad del producto cárnico | 52 |
| 3.3.7 Análisis estadístico | 53 |
| 3.4 RESULTADOS | 54 |
| 3.4.1 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 54 |
| 3.4.2 Calidad de la canal | 54 |
| 3.4.3 Calidad de la carne | 56 |
| 3.4.4 Calidad del producto cárnico | 57 |
| 3.5 DISCUSIÓN | 60 |
| 3.5.1 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 60 |
| 3.5.2 Calidad de la canal | 61 |
| 3.5.3 Calidad de la carne | 63 |
| 3.5.4 Calidad del producto cárnico | 65 |
| 3.6 CONCLUSIÓN | 69 |
| 3.7 REFERENCIAS | 70 |
| CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO ETANÓLICO DE <i>Dalbergia palo-escrito</i> Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO. | 79 |
| 4.1 RESUMEN | 79 |
| 4.2 INTRODUCCIÓN | 80 |
| 4.3 MATERIALES Y MÉTODOS | 81 |

| | |
|--|-----|
| 4.3.1 Obtención del extracto etanólico | 81 |
| 4.3.2 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 81 |
| 4.3.3 Diseño experimental | 82 |
| 4.3.4. Calidad de la canal | 82 |
| 4.3.5 Calidad de la carne | 84 |
| 4.3.6 Calidad del producto cárnico | 85 |
| 4.3.7 Análisis estadístico | 86 |
| 4.4 RESULTADOS | 87 |
| 4.4.1 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 87 |
| 4.4.2 Calidad de la canal | 87 |
| 4.4.3 Calidad de la carne | 89 |
| 4.4.4 Calidad del producto cárnico | 91 |
| 4.5 DISCUSIÓN | 94 |
| 4.5.1 Ensayo <i>in vivo</i> en conejos | 94 |
| 4.5.2 Calidad de la canal | 94 |
| 4.5.3 Calidad de la carne | 96 |
| 4.5.4 Calidad del producto cárnico | 98 |
| 4.6 CONCLUSIÓN | 101 |
| CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO METANÓLICO DE <i>Dalbergia palo-escrito</i> Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO. | 109 |
| 5.1 RESUMEN | 109 |
| 5.2 INTRODUCCIÓN | 110 |
| 5.3 MATERIALES Y MÉTODOS | 111 |
| 5.3.1 Obtención del extracto metanólico | 111 |
| 5.3.2 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 111 |
| 5.3.3 Diseño experimental | 112 |
| 5.3.4. Calidad de la canal | 112 |
| 5.3.5 Calidad de la carne | 114 |
| 5.3.6 Calidad del producto cárnico | 115 |
| 5.3.7 Análisis estadístico | 116 |
| 5.4 RESULTADOS | 117 |
| 5.4.1 Ensayo <i>in vivo</i> con conejos | 117 |
| 5.4.2 Calidad de la canal | 117 |

| | |
|---|------------|
| 5.4.3 Calidad de la carne----- | 119 |
| 5.4.4 Calidad del producto cárnico----- | 121 |
| 5.5 DISCUSIÓN----- | 124 |
| 5.5.1. Ensayo <i>in vivo</i> en conejos----- | 124 |
| 5.5.2 Calidad de la canal----- | 124 |
| 5.5.3 Calidad de la carne----- | 127 |
| 5.5.4 Calidad del producto cárnico----- | 129 |
| 5.6 CONCLUSIÓN----- | 132 |
| 5.7 REFERENCIAS----- | 133 |
| VI. ANEXOS----- | 141 |
| 6.1 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES----- | 141 |
| 6.2 DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE----- | 141 |
| 6.2.1 Por reducción del radical 2,2-diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH)----- | 141 |
| 6.2.2 Determinación de actividad antioxidante por reducción del ion Fe ₃ ----- | 142 |
| 6.3 CALIDAD DE LA CANAL----- | 143 |
| 6.3.1 Para obtener las mediciones <i>ante mortem</i> :----- | 143 |
| 6.3.2 Para obtener las mediciones <i>post mortem</i> :----- | 143 |
| 6.4 CALIDAD DE LA CARNE----- | 146 |
| 6.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA):----- | 146 |
| 6.5 CALIDAD DEL PRODUCTO CÁRNICO----- | 146 |
| 6.5.1 Análisis microbiológico----- | 146 |
| 6.5.2 Actividad antioxidante----- | 147 |
| 6.5.3 Compuestos obtenidos con solventes de diferente polaridad y su actividad biológica----- | 148 |
| 6.6 REFERENCIAS----- | 149 |

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 |
| mM | Milimolar |
| BS | base seca |
| pH | potencial de hidrógeno |
| APT | análisis de perfil de textura |
| λ | longitud de onda |
| FRAP | Ferric Reducing/Antioxidant Power |
| DPPH | 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl |
| CTF | conteo de fenoles totales |
| 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 |
| % | Porcentaje |
| SFA | Ácidos grasos saturados |
| MUFA | Ácidos grasos monoinsaturados |
| PUFAs | Ácidos grasos poli-insaturados |
| BHA | Butilhidroxianisol |
| BHT | Butilhidroxitolueno |
| TBHQ | Terbutilhidroquinona |
| ADN | ácido desoxirribonucleico |
| Hex | Hexano |

| | |
|------------------|---|
| DM | Diclorometano |
| AE | acetato de etilo |
| EtOH | Etanol |
| MetOH | Metanol |
| H ₂ O | Agua |
| EP | éter de petróleo |
| R | Rendimiento |
| P | Probabilidad |
| MEE | media del error estándar |
| NP | No presente |
| EAG | equivalentes de ácido gálico |
| MDA | Malonaldehído |
| ppm | partes por millón |
| PC | proteína cruda |
| ED | energía digestible |
| Mcal | Megacalorías |
| PV | peso vivo |
| PCC | peso canal caliente |
| PCF | peso canal fría |
| CIE | Comisión Internacional sobre la iluminación |
| CRA | capacidad de retención de agua |
| PPC | pérdidas de peso por cocción |
| aW | actividad de agua |

ÍNDICE DE CUADROS

| | |
|---|----|
| Cuadro 1.1 Composición nutricional de la carne de cinco especies pecuarias | 6 |
| Cuadro 1.2 Actividad biológica de compuestos fitoquímicos de diferentes especies del género <i>Dalbergia</i> | 11 |
| Cuadro 2.1. Actividad antioxidante y fenoles totales de extractos de <i>Dalbergia palo-escrito</i> , obtenidos con diferentes solventes | 30 |
| Cuadro 2.2 Actividad antimicrobiana de extractos <i>Dalbergia palo-escrito</i> , obtenidos con diferentes solventes | 31 |
| Cuadro 3.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo <i>in vivo</i> de conejos en etapa de engorda | 50 |
| Cuadro 3.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta..... | 54 |
| Cuadro 3.3. Medidas morfométricas de conejos <i>ante mortem</i> y <i>post mortem</i> , a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 55 |
| Cuadro 3.4. Calidad de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 55 |
| Cuadro 3.5. Cortes primarios de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 56 |
| Cuadro 3.6. pH, Color y CRA de carne de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 57 |
| Cuadro 3.7. Perfil de textura del lomo de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 58 |
| Cuadro 3.8. Análisis microbiológico a través del tiempo, del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 58 |
| Cuadro 3.9 Calidad fisicoquímica del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta... | 59 |
| Cuadro 4.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo <i>in vivo</i> de conejos en etapa de engorda..... | 83 |
| Cuadro 4.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 87 |

| | |
|---|-----|
| Cuadro 4.3. Medidas morfométricas del animal, <i>ante mortem</i> y <i>post mortem</i> de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 88 |
| Cuadro 4.4. Calidad de canal conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 88 |
| Cuadro 4.5. Cortes primarios de canal de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 89 |
| Cuadro 4.6. Color y CRA de carne de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 90 |
| Cuadro 4.7. Perfil de textura del lomo, de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta..... | 91 |
| Cuadro 4.8. Calidad microbiológica a través del tiempo del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta..... | 92 |
| Cuadro 4.9. Calidad fisicoquímica del producto cárnico conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 93 |
| Cuadro 5.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo <i>in vivo</i> de conejos en etapa de engorda | 113 |
| Cuadro 5.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 117 |
| Cuadro 5.3. Medidas morfométricas del animal y de la canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 118 |
| Cuadro 5.4. Calidad de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 118 |
| Cuadro 5.5. Cortes primarios de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 119 |
| Cuadro 5.6. Color y CRA de carne de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 120 |
| Cuadro 5.7. Perfil de textura del lomo de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 121 |
| Cuadro 5.8. Calidad microbiológica a través del tiempo del producto cárnico de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> en su dieta | 122 |

Cuadro 5.9. Calidad fisicoquímica del producto cárnico de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta123

Cuadro 6.1 Compuestos fitoquímicos y actividad biológica de extracción por maceración con hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua148

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|-----|
| Figura 1.1. <i>Dalbergia palo-escrito</i> . Corte transversal del tronco de un individuo joven | 10 |
| Figura 6.1. Disección de cortes primarios de canal de conejos | 144 |
| Figura 6.2. Cortes primarios, de canal de conejo | 145 |

CAPÍTULO I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

La carne es apreciada como un alimento nutritivo por ser fuente de grasa, minerales, vitaminas y proteínas de gran valor nutricional, además de sus buenas características organolépticas, es un componente esencial para el crecimiento y desarrollo del ser humano, por lo que ocupa un papel destacado en la dieta de los seres humanos (SEMERGEN, 2007). Desde hace 54 años, la población se ha preocupado más por seguir las recomendaciones nutricionales de los expertos de la salud, lo cual los ha llevado a reducir el consumo de carnes rojas (Arias et al., 2016), ya que se considera que son causantes de enfermedades cardiovasculares, hipertensión, obesidad y diabetes; debido a su alto contenido de ácidos grasos saturados, colesterol y sodio (Dalle y Szendro, 2011). Por otro lado, la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el 2015 relacionó el consumo de carnes rojas con cáncer colorrectal, pancreático y de próstata, afirmando que consumir 50 g de productos cárnicos al día, incrementa un 18 % el riesgo de padecer el primero de estos (Cruz, 2015), lo cual, ha llevado a la población a disminuir el consumo de carne roja o buscar alternativas como son las carnes blancas (con menor cantidad de mioglobina), como la carne de conejo, la cual ofrece excelentes propiedades nutritivas en comparación con las de otras especies, ya que tiene bajo contenido de ácido úrico, sodio y grasas (con adecuada proporción de grasas saturadas e insaturadas), alto contenido de vitaminas del complejo B, lo que hace que sea de fácil digestión para cualquier tipo de consumidor (Dalle y Szendro, 2011). Aunado a lo anterior, para cubrir la demanda de carne de los consumidores y abastecer el

mercado, la industria cárnica ha optado por transformar la carne en productos cárnicos, para alargar la vida de anaquel; entendiendo por producto cárnico, a una base de carne, grasa, vísceras, adicionado con ingredientes y aditivos de uso permitido, sometidos a procesos tecnológicos adecuados (Cury et al., 2011). Se ha demostrado que algunos de los aditivos sintéticos utilizados en la elaboración de productos cárnicos , como antioxidantes y antimicrobianos, tienen efectos tóxicos en la salud del consumidor, debido a esto se han utilizado fuentes naturales como aditivos, para sustituirlos (Ahmad et al., 2015). Dentro de estas fuentes, tenemos que las plantas, tienen una gran cantidad de principios químicos denominados metabolitos secundarios, los cuales proporcionan importantes actividades biológicas (propiedades antioxidantes y antimicrobianas) sobre sus procesos fisiológicos, es así que se han implementado técnicas para extraer esos compuestos químicos y adicionarlos en la alimentación de animales, manteniendo sus actividades biológicas, con las cuales benefician la salud de los animales y de las personas que consumen la carne de estos (López et al., 2003, García et al., 2020). Particularmente, el género *Dalbergia*, además de ser utilizado como fuente alimenticia para el ganado bovino (Sosa et al., 2000), se ha utilizado como remedio contra el vómito y el asma (Barragan et al., 2004), como colorante natural de alimentos y bebidas, así como fuente de propiedades antioxidantes (Gutiérrez et al., 2014). Por lo anterior, se propone determinar la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Dalbergia palo-escrito*, para utilizarlos en la alimentación de conejos en crecimiento, y con ello mejorar la calidad de la canal, de la carne e incrementar la vida de anaquel de un producto cárnico obtenido de estos animales. Para lo cual, este documento será dividido en cinco capítulos, en el capítulo

I se abordarán las generalidades que sustentan esta investigación, del capítulo II al V, se presenta una secuencia de artículos, en el siguiente orden, II) actividad antioxidante y antimicrobiana *in vitro* de extractos de *Dalbergia palo-escrito* (hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua), III) ensayo *in vivo* del efecto del extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito*, sobre la calidad de la canal, de la carne y un producto cárnico, IV) ensayo *in vivo* del efecto del extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*, sobre la calidad de la canal, de la carne y un producto cárnico y V) ensayo *in vivo* del efecto del extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito*, sobre la calidad de la canal, de la carne y un producto cárnico.

1.2 REVISIÓN DE LITERATURA

1.2.1 Propiedades nutricionales de la carne de conejo

La carne es un alimento de gran valor nutricional por ser fuente de grasas, minerales, vitaminas, aminoácidos esenciales y proteínas, lo cual la posiciona en un lugar esencial en la dieta del ser humano (SEMERGEN, 2007). De manera particular la carne de conejo, es clasificada como carne blanca, debido a su baja concentración de mioglobina; ofrece excelentes propiedades nutricionales en comparación con otras especies pecuarias (Cuadro 1.1), como son la alta concentración de proteína con aporte importante de aminoácidos esenciales y baja en grasa, compuesta principalmente de ácidos grasos insaturados (Dalle, 2014); los valores energéticos son moderadamente altos, contiene una buena cantidad de minerales, aunque es baja en hierro y sodio, haciéndola una carne apta para ser consumida por personas con problemas de hipertensión arterial; también es rica en fósforo, los niveles de selenio varían según la dieta, al igual que el contenido de vitaminas (Dalle y Szendro, 2011). Es importante considerar que estos valores pueden variar por factores de producción, como es la alimentación, pudiendo incluso disminuir el contenido de grasa (Dalle, 2002).

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), registró en el año 2018 que la producción global de carne aumentó y que su consumo alcanzó un promedio de 43.9 kg per cápita (FAO, 2019). En México se presenta un nivel bajo de consumo de esta carne, comparado con otros países, ya que el promedio de consumo por habitante al año, no sobrepasa los 200 g (Flores, 2016), debido a la poca difusión de sus beneficios y la carencia de conocimiento en

su preparación (Olivares et al., 2009). Por lo anterior, se han buscado opciones de comercialización de carne de conejo mediante la transformación a productos cárnicos (Luna et al., 2016; Cury et al., 2011).

1.2.2 Productos cárnicos

Se entiende por productos cárnicos, aquellos que son procesados o elaborados a base de carne, grasa, vísceras, subproductos comestibles de animales de abasto autorizados para consumo humano y adicionado o no con ingredientes de uso permitido, sometidos a procesos tecnológicos adecuados. Se clasifican en procesados 1) cocidos (jamón, salchicha y salami), 2) crudos (albóndigas y hamburguesas) y 3) enlatados (pate) (Ospina et al., 2011). Con el objetivo de incrementar la vida de anaquel de los productos cárnicos, se han utilizado principalmente como conservadores, aditivos de origen sintético (Tarté, 2009).

1.2.2.1 Aditivos utilizados en productos cárnicos

Tarté, (2009) en el libro *Ingredients in Meat Products*, habla extensamente sobre las funciones, limitaciones y propiedades de los aditivos e ingredientes utilizados para la elaboración de productos cárnicos, al igual que las alternativas que se han tomado para sustituir aditivos tóxicos o reducir su inclusión. Menciona que el conjunto de ingredientes y aditivos cumplen un papel fundamental en el producto cárnico, ya que le proporcionan características de sabor, color y apariencia agradables al consumidor, además de que intervienen en la vida de anaquel, debido a la actividad antimicrobiana y antioxidante que poseen.

Cuadro 4.1 Composición nutricional de la carne de cinco especies pecuarias

| | Cerdo | Res | Ovino | Pollo | Conejo |
|----------------------|---------|---------|-----------|----------|----------|
| Nutriente | | | | | |
| Proteína % | 14 | 18 | 16 | 16 | 21 |
| Grasa % | 30-38 | 12-19 | 20-25 | 9-11 | 3-6 |
| Energía kcal / 100 g | 290 | 170 | 250 | 150-195 | 130-200 |
| Minerales | | | mg / 100g | | |
| Ca | 7-8 | 10-11 | 9-14 | 11-19 | 2.7-9.3 |
| P | 158-223 | 168-175 | 170-214 | 180-200 | 222-234 |
| K | 300-370 | 330-360 | 260-360 | 260-330 | 428-431 |
| Fe | 59-76 | 51-89 | 83-89 | 60-89 | 37-47 |
| Na | 1.4-1.7 | 1.8-2.3 | 0.8-2.3 | 0.6-2.0 | 1.1-1.3 |
| Se | 8.7 | 17 | 10 | 14.8 | 9.3-15 |
| Vitaminas | | | g / 100g | | |
| B1 | 0.4-1.1 | 0.1 | 0.1-0.2 | 0.1 | 0.2 |
| B2 | 0.1-0.2 | 0.1-0.2 | 0.1-0.3 | 0.1-0.2 | 0.1 |
| PP | 4.0-4.8 | 4.2-5.3 | 5.9-6.3 | 4.7-13.0 | 3.0-4.0 |
| B6 | 0.5-0.6 | 0.4-0.5 | 0.5-0.7 | 0.2-0.5 | 0.4-0.6 |
| B12 | 1.0 | 2.5 | 1.6 | 1.0 | 8.7-11.9 |
| Folato µg | 1.0 | 5-24 | 14-23 | 8-14 | 10 |
| E(α-tocoferol) | 0.0-0.1 | 0.0-0.2 | 0.1 | 0.3 | 0.2 |
| D | 0.5-0.9 | 0.5-0.8 | 1.2-1.3 | 0.2-0.6 | Traza |
| Ácidos grasos | | | % | | |
| SFA | 38 | 45 | 46 | 33 | 39 |
| MUFA | 47 | 44 | 40 | 35 | 28 |
| PUFAs | 14 | 9 | 13 | 27 | 33 |
| Colesterol | 63 | 49 | 52 | 55 | 47 |

SFA: Ácidos grasos saturados; MUFA: Ácidos grasos monoinsaturados; PUFAs: Ácido grasos poliinsaturados.

Fuente: Olivares et al., 2009; Dalle y Szendro, 2011; Dalle, 2014

1.2.2.1.1 Aditivos sintéticos

Uno de los más grandes retos de la industria alimentaria, ha sido mantener las características fisicoquímicas y organolépticas de los alimentos a través del tiempo, sin afectar su composición nutrimental (Valenzuela y Pérez, 2016). Para lo cual se han utilizado antioxidantes sintéticos, como el butilhidroxianisol (BHA),

butilhidroxitolueno (BHT) y terbutilhidroquinona (TBHQ), con los cuales se han reportado problemas en la salud humana; ligeros como alopecia, náuseas, vómitos, zumbidos de oídos, sofocación, delirio, en niños puede causar inquietud, ansiedad y agravamiento de los síntomas del síndrome del espectro autista y más graves como son la asfixia y colapso, además de cambios bioquímicos a nivel de la enzima microsomal hepática mixta, produciendo toxicidad a nivel sistémico en general, formación de células cancerígenas, además de causar daño al ADN (malformaciones congénitas) y mutaciones en células madre (Mejía et al., 2014; Ramírez et al., 2018).

1.2.2.1.2 Aditivos naturales

Considerando que los aditivos alimentarios tienen que estar regulados y ser utilizados con base a su inocuidad (OMS, 2018), se han buscado alternativas naturales, como las reportadas por Vieitez et al., (2018), quienes evaluaron la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de plantas (romero, orégano, romero, boldo, moringa, entre otros), factibles de ser utilizados como conservadores, y por Falowo et al., (2017), quienes demostraron que al aplicar directamente los extractos de hoja de moringa sobre la carne de ternera mejoran su estabilidad oxidativa durante el almacenamiento. Lo anterior, se explica por la presencia de fitoquímicos con actividad antioxidante de importancia fisiológica en el crecimiento y la reproducción de las plantas, permitiendo su subsistencia en medios adversos (Ramírez et al., 2018). Por otro lado, los metabolitos secundarios obtenidos de extractos vegetales, concentrados de jugos de cítricos y productos de oleaginosas poseen actividad antioxidante, que retrasan o disminuyen la oxidación

de lípidos en productos cárnicos (Balasundram et al., 2006), sin embargo, al adicionarse en la alimentación de los animales, presentan la ventaja de que pueden distribuirse de manera uniforme en la carne que se obtendrá de estos, debido a que se incrementa su estabilidad oxidativa, lo cual se confiere a los productos cárnicos elaborados con esta (García et al., 2020).

1.2.3 Metabolismo de las plantas

Las plantas, al igual que los animales, las algas, los hongos y las bacterias, realizan funciones fisiológicas en las que están implicadas rutas metabólicas, tales como la respiración y síntesis de proteínas. Estas funciones son fundamentales para que esos organismos se mantengan con vida. A todas las funciones metabólicas universalmente reconocidas desde hace mucho tiempo como fundamentales para la sobrevivencia de las plantas se les ha llamado en conjunto metabolismo primario. Sin embargo, las plantas son poseedoras casi exclusivas de otras rutas metabólicas por las que sintetizan una gama extremadamente amplia de sustancias llamadas metabolitos secundarios (Almaraz et al., 2006). Los extractos de hojas de plantas, son obtenidos para concentrar los metabolitos o fitoquímicos secundarios presentes en dichos vegetales, entre los que se encuentran alcaloides, polisacáridos, terpenoides, saponinas y compuestos fenólicos (ácidos fenólicos y flavonoides); los cuales poseen actividad antialérgica, antifúngica, anti-inflamatoria, anti-hipertensiva, antiviral, antitumoral y anticancerígena, así como la capacidad de inhibir radicales libres y retardar el crecimiento microbiano (Falowo et al., 2017; Ramírez et al., 2018; Tripoli et al., 2007). Los compuestos fenólicos son de considerable importancia fisiológica y morfológica en plantas, y juegan un papel

importante en el crecimiento y la reproducción de las mismas, estos metabolitos poseen características estructurales particulares implícitas en la actividad antioxidante y anti-inflamatoria (Balasundram et al., 2006; Ramírez et al., 2018).

1.2.4 Género *Dalbergia*

Dalbergia es un género pantropical de árboles, con cerca de 250 especies, ubicadas en Centro y Sudamérica, África, Madagascar y Asia. En México se distribuyen 20 especies de este género, 15 de ellas maderables, de las cuales 6 son endémicas (Richter et al., 2014). Las especies mexicanas de *Dalbergia* han sido incluidas en diversos tratamientos taxonómicos, dichos trabajos constituyen una valiosa aportación pues incluye una clave de identificación para todas las especies de México y Centroamérica. Sin embargo, aún se ignoran aspectos básicos de su biología, la mayor parte florece durante un periodo corto en la primavera; algunas pierden las hojas en la época de secas y es entonces cuando florecen, sus flores tienen forma de mariposa, miden menos de dos centímetros de largo y generalmente son blancas o amarillas, son polinizadas por abejas, aunque se sabe poco sobre la biología reproductiva de las especies mexicanas, no hay información demográfica y se ignora el estado de conservación de las poblaciones (Cervantes, 2016).

1.2.4.1 Principales usos del género Dalbergia

En México la información del uso de este recurso es escasa y fragmentaria, hoy en día la madera de este género (Figura 1.1), es utilizada localmente para la fabricación de muebles finos, instrumentos musicales (guitarras), además de artesanías y objetos (mangos para cuchillos); también se ha consignado el uso como

combustible y las plantas completas llegan a emplearse como cerca viva (Cervantes, 2016). Considerando que al utilizar estos árboles como madera, es necesario realizar podas constantes durante varios años, con lo cual se generan grandes cantidades de follaje que no son aprovechadas totalmente, aunque en menor medida, se ha utilizado como alimento de ganado bovino en pastoreo (Sosa et al., 2000) o como plaguicida natural u orgánico (Villavicencio et al., 2010). En la medicina tradicional mexicana, se ha documentado el uso terapéutico de *D. glabra* en Quintana Roo, como remedio contra el vómito, asma, anti-inflamatorio y anticonvulsivo. Actualmente se investiga el pigmento del duramen de *D. congestiflora* como colorante natural para alimentos y bebidas, además de propiedades antioxidantes (Gutiérrez et al., 2014; Pérez y García, 2013).



Figura 1.1. *Dalbergia palo-escrito*. Corte transversal del tronco de un individuo joven

Fuente: Rzedowski y Guridi, 1988

En lo que se refiere a las propiedades biológicas del género *Dalbergia*, De Mendonça (2016), hace una revisión extensa acerca de los compuestos fitoquímicos de

algunas especies (Cuadro 1.2), en las cuales se muestra que sirve como anti-inflamatorio, analgésico, antibacteriano, entre otras actividades.

Cuadro 1.5 Actividad biológica de compuestos fitoquímicos de diferentes especies del género *Dalbergia*

| Especie | Parte (Extracto) | Compuesto | Actividad biológica |
|----------------------------|-------------------------|------------------|---------------------------------------|
| <i>D. sisso</i> | Flor (EtOH) | Isoflavona | Analgésica |
| | Hoja (EP) | Glucósido | Anti-inflamatoria |
| | Vainas maduras (EP) | Quinona | Antidiarreica |
| | Duramen (EtOH) | | Antipirética Larvicida y repelente |
| <i>D. odorífera</i> | Duramen (EtOH) | Isoflavona | Anti-inflamatoria |
| | | Flavonona | Anti-plaquetaria |
| | | Neoflavonoide | Antibacteriana |
| <i>D. volubilis</i> | Flores (EtOH) | Isoflavona | Anti-inflamatorio |
| | Rama joven (EtOH) | Neoflavonoide | Anti-artritis |
| | | Glucósido | |

EtOH: Etanol, EP: Éter de petróleo

Fuente: (De Mendonça, 2016)

1.2.4.2 Características y usos de la especie *Dalbergia palo-escrito*

Dalbergia palo-escrito es un árbol perennifolio, de hasta 35 m de alto, tronco de hasta 80 cm de diámetro, ramillas jóvenes antrorso (dirigido hacia la parte apical) y aplicadamente puberulas (ligeramente pubescente o con pelitos muy finos, cortos y escasos), con pelos rojizos o blanquecinos de 0.1 a 0.2 mm de largo, las de años anteriores grisáceas, glabrescentes (Rzedowski y Guridi, 1988).

Aunque el árbol *D. palo-escrito*, ha sido utilizado como madera, cerco vivo, curtiente vegetal, plaguicida, también se ha incluido como extracto acuoso como aditivo en la alimentación de conejos de engorda, mejorando la conversión alimenticia, sin afectar el peso de canal caliente (García-Valencia et al., 2019).

1.3 JUSTIFICACIÓN

La industria cárnica enfrenta el reto de cumplir con las necesidades actuales de los consumidores de carne y abastecer la demanda de productos cárnicos, sin descuidar las características sensoriales, tecnológicas y nutritivas; por lo cual, se usan aditivos sintéticos para aumentar la vida de anaquel de la carne y productos cárnicos, sin embargo, ha surgido la preocupación de los consumidores por los efectos adversos en la salud, que los aditivos pueden causar. Por lo anterior, se busca sustituir los aditivos sintéticos por ingredientes de origen natural, para lo cual, se sugiere el uso de *Dalbergia palo-escrito* como sustituto de los antioxidantes y antimicrobianos sintéticos, debido a que se conoce que las plantas del género *Dalbergia* contienen compuestos bioactivos con estas actividades biológicas.

1.4 OBJETIVO GENERAL

Evaluar la capacidad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Dalbergia palo-escrito* sobre la calidad de la canal y carne de conejos, al incluirse como aditivo en su dieta, con la finalidad de obtener un producto cárnico.

1.5 HIPÓTESIS

Las propiedades antioxidantes y antimicrobianas del extracto de *Dalbergia palo-escrito*, tienen un efecto positivo sobre la calidad de la canal y de la carne de conejos al ser utilizado como aditivo en su dieta, mejorando la vida útil de un producto cárnico.

1.6 REFERENCIAS

- Ahmad, S. R., Gokulakrishnan, P., Giriprasad, R., y Yattoo, M. A. (2015). Fruit-based Natural Antioxidants in Meat and Meat Products: A Review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55 (11), 1503–1513. <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.701674>
- Almaraz, A. N., Ávila-Reyes, J. A., Delgado-Alvarado, E. A., Naranjo-Jiménez, N., y Herrera-Corral, J. (2006). El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto. *Vid supra*, 1 (2), 9. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8292/1/METABOLISMO%20SECUNDARIO-ALMARAZ.pdf>
- Arias, R., Keim, J. P., Velásquez, A., y Vargas, B. P. E. (2016). Are fatty acids from beef and milk from cattle harmful for human health?. *Revista Chilena de Nutrición*, 43(4), 420–427. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000400013>
- Balasundram, N., Sundram, K., y Samman, S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99 (1), 191–203. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.07.042>
- Barragan, B. E., Peralta, J., Rubén, G. F., Y Karchesy, J. (2004). Neocandentone, an isoflavan-cinnamylphol quinone methide pigment from *Dalbergia congestiflora*. *Phytochemistry*, 65 (2004), 925-928. <https://doi:10.1016/j.phytochem.2003.11.011>

- Cervantes, A., (2016). Conservación del granadillo en México, Una carrera contra el tiempo. *Biodiversitas*, 128 (1), 6-11. <https://docplayer.es/86030294-La-importancia-de-conservar-las-praderas-de-pastos-marinos-pag-12-la-conservacion-del-granadillo-en-mexico-una-carrera-contra-el-tiempo.html>
- Cruz, J. (2015). La OMS relaciona el consumo de carnes rojas y carnes procesadas con el cáncer. *Eurocarne*, 230, 149–157. www.globalcarne.com
- Cury, K., Martínez, A., Aguas, Y., y Olivero, R. (2011). Caracterización de carne de conejo y producción de salchicha. *Revista Colombiana de Ciencia Animal*, 3 (2), 269-282. <https://doi.org/10.24188/recia.v3.n2.2011.377>
- Dalle, Z. A. (2002). Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*, 75 (1), 11–32. [https://doi.org/10.1016/S0301-6226\(01\)00308-6](https://doi.org/10.1016/S0301-6226(01)00308-6)
- Dalle, Z. A. (2014). Rabbit farming for meat purposes. *Animal Frontiers*, 4 (4), 62–67. <https://doi.org/10.2527/af.2014-0035>
- Dalle, Z. A., y Szendro, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*, 88 (3), 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>
- De Mendonça, M. L. S. (2016). *Caracterização química e identidade genética de Dalbergia ecastaphyllum para produção de extratos padronizados*. In Rede Noreste de Biotecnología. 111 p. https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3269/1/LUCYANA_SANTOS_MENDONCA_MELO.pdf
- Falowo, A. B., Muchenje, V., Hugo, A., Aiyegoro, O. A., y Fayemi, P. O. (2017).

Antioxidant activities of *Moringa oleifera* L. and *Bidens pilosa* L. leaf extracts and their effects on oxidative stability of ground raw beef during refrigeration storage. *Journal of Food*, 15 (2), 249–256.
<https://doi.org/10.1080/19476337.2016.1243587>

FAO. (2019). *Meat Market Review - Overview of global meat market developments in 2018*. consultado en Mayo del 2020. FAO. 11 p.
<http://www.fao.org/3/ca3880en/ca3880en.pdf>

Flores, A. D. J. (2016). *Análisis situacional y propuesta de estrategias para apoyar el desarrollo de la cunicultura de tipo semi-industrial en el municipio de Texcoco, México*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México] UNAM. 118 p.
http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/11221/1/Tesis_Daniel.pdf

García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Ocampo-López, J., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2019). Efecto de la Inclusión de Extracto de *Dalbergia palo-escrito* sobre los parámetros productivos de conejo en engorda. *Revista Mexicana de Agroecosistema*, 2 (6), 1095-1110.
https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

García, V. L., Zepeda B. A., Ayala M. M., Y Soto S. S. (2020). Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Science and Technology*, 7.

<https://doi.org/10.1590/fst.32819>

Gutiérrez, Z. C. G., Arriaga-Alba, M., Ordaz-Pichardo, C., Gutiérrez-Macías, P., Y Barragán-Huerta, B. E. (2014). Stability in candy products of neocandentone, a non-genotoxic purple pigment from *Dalbergia congestiflora* heartwood. *Food Research International*, 65 (2014), 263–271.

<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.03.048>

López, S., González, S. J., Mantecón, R. Á., y Giráldez, F. J. (2003). Una respuesta natural al endurecimiento de la normativa alimentaria para el ganado en la Union Europea. *Nutrición*, 95 (2003), 40–45.

[https://digital.csic.es/bitstream/10261/20980/3/López%2C S. %28et al.%29%2C 2003 Aditivos naturales alternativos....pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/20980/3/López%2C%20S.%20%28et%29%2C%202003%20Aditivos%20naturales%20alternativos....pdf)

Luna G. J. J., López F. J. M., y Luna G. M. L. (2016). Caracterización de un producto cárnico tipo jamón elaborado con carne de conejo (*Oryctolagus cuniculus*). *Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 4 (8), 151.

<https://doi.org/10.23913/ciba.v4i8.39>

Mejía, B. D. P., Pérez, J. M.C., y Rosas, N. M. (2014). ¡Alerta! TBHQ En alimentos con grasa. *Revista la Ciencia y el Hombre*, 27 (3), 1.

<https://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol27num3/articulos/TBHQ.html>

Olivares, P. R., Gómez, C. M. Á., Schwentesius, R. R. y Carrera, C. B. (2009). Alternativas a la producción y mercadeo para la carne de conejo en Tlaxcala, México. *Región y Sociedad*, 21 (46), 191–207.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10212161008>

- OMS. (2018). Aditivos alimentarios. Organización Mundial de La Salud. Consultado en Mayo del 2020. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/food-additives>
- Ospina, S. M. M., Restrepo, M. D. A., y López, V. J. H. (2011). Derivados cárnicos como alimentos funcionales, *Revista Lasallista de investigación* 8 (2), 163–172. <http://repositorio.unan.edu.ni/2986/1/5624.pdf>
- Pérez, G. R. M., y García B. E. (2013). Citotoxic activity of isoflavancinnamylphenols from *Dalbergia congestiflora* on hela cells. *Journal of Medicinal Plants Research*, 7 (40), 2992–2998. <https://doi.org/10.5897/JMPR12.944>
- Ramírez, R. M. I., Vargas-Sánchez, R. D., Torres-Martínez, BdelM, Torrescano-Urrutia, G. R., y Sánchez-Escalante, A. (2018). Extractos de hojas de plantas para conservar la calidad de la carne y los productos cárnicos frescos. Revisión. *Biotecnia*, 20 (3), 155–164. <https://doi.org/10.18633/biotecnia.v20i3.712>
- Richter, H. G., Gembruch, K., Koch, G. (2014). CITESwoodID: descripciones, ilustracione, identificación y consulta de información. *CITES II*, Consultado en Marzo del 2020. <https://www.delta-intkey.com/citeswood/es/www/fabfaesc.htm>
- Sosa, R. E. E., Sansores, L. L. I., Zapata, B. G. J., y Ortega, R. L. (2000). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un area de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria En México*, 38 (2), 105–117. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61338201>
- Rzedowski, J., y Guridi G. L. I. (1988). El palo escrito, árbol de madera preciosa -

una nueva especie mexicana de *Dalbergia* (Leguminosae, Papilionoideae).

Acta Botanica Mexicana, 4, 1–8.

<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57400401>

SEMERGEN. (2007). *La carne y la salud en niños y adolescentes*. Fundación Lafer,

29. Consultado en Marzo del 2020.

https://www.carneysalud.com/uploads/secciones/material/CARNE_Y_SALUD_INFANTIL.pdf

Tarté, R. (2009). *Ingredients in meat products: properties, functionality and*

applications. Springer, 421 p.

<https://www.springer.com/gp/book/9780387713267>

Tripoli, E., Guardia, M., Giammanco, S., Majo, D. D., y Giammanco, M. (2007).

Citrus flavonoids: Molecular structure, biological activity and nutritional properties: A review. *Food Chemistry*, 104 (2), 466–479.

<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.11.054>

Valenzuela V. C., y Pérez M. P. (2016). Actualización en el uso de antioxidantes

naturales derivados de frutas y verduras para prolongar la vida útil de la carne y productos cárneos. *Revista Chilena de Nutricion*, 43 (2), 188–195.

<https://doi.org/10.4067/S0717-75182016000200012>

Vieitez, I., Maceiras, L., Jachmanián, I., y Alborés, S. (2018). Antioxidant and

antibacterial activity of different extracts from herbs obtained by maceration or supercritical technology. *Journal of Supercritical Fluids*, 133, 58–64.

<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2017.09.025>

Villavicencio, N. M. Á., Pérez-Escandón, B. E., y Gordillo-Martínez, A. J. (2010).
Plantas tradicionalmente usadas como plaguicidas en el estado de Hidalgo,
México. *Polibotanica*, 30, 193–238.
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62114250012>

CAPÍTULO II.- EVALUACIÓN *IN VITRO* DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTOS DE *Dalbergia palo-escrito*, OBTENIDOS CON SOLVENTES DE DIFERENTE POLARIDAD

2.1 RESUMEN

Las plantas sintetizan una amplia variedad de metabolitos secundarios con diversas actividades biológicas, por tal motivo, se han desarrollado métodos para su extracción con solventes orgánicos, ya que tienen la capacidad de solubilizar estos compuestos bioactivos, en especies del género *Dalbergia*, se han obtenido extractos con actividad antibacteriana y antioxidante, particularmente *Dalbergia palo-escrito*, ha sido poco estudiada, aunque está ampliamente distribuida en México, por uso maderable. En esta investigación se evaluó en ensayos *in vitro* la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Dalbergia palo-escrito*, obtenidos con solventes de diferente polaridad, para identificar los que tienen mayor actividad biológica. Se utilizaron hojas de *Dalbergia palo-escrito*, para obtener extractos con solventes, se les midió contenido de fenoles totales con la técnica de Folin-Ciocalteu, actividad antioxidante por inhibición al radical DPPH, FRAP, y actividad antibacteriana contra *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella enteritidis*, por difusión en gel. Los resultados mostraron que el extracto de hexano y acetato de etilo de *Dalbergia palo-escrito* presentaron mayor ($P < 0.05$) contenido de fenoles totales, el primero de este, además mostró mejor actividad antibacteriana, ya que se observaron halos de inhibición en tres bacterias; en cambio el extracto con acetato de etilo tuvo menor ($P < 0.05$) inhibición a ion férrico. Por tal motivo se concluye que los extractos con mejor actividad biológica fueron con hexano, etanol y metanol.

2.2 INTRODUCCIÓN

Las plantas realizan funciones fisiológicas en las que están implicadas rutas metabólicas fundamentales para mantenerse; sintetizan moléculas orgánicas, que no parecen tener una función directa en procesos fotosintéticos, respiratorios, y asimilación de nutrientes, los cuales se denominan metabolitos secundarios, que funcionan como atrayentes o repelentes de animales a través de sabores amargos que resultan ser su principal mecanismo de defensa (Ávalos-García y Pérez-Urria, 2009). El estudio del metabolismo secundario, está justificado debido a que sus compuestos tienen algún tipo de actividad biológica, ya sea antibacteriana, antioxidante, anti-inflamatoria, antiviral, hipocolesterolemizante, inmunoestimulante, antidiabética, incluso anticancerígena (Almaraz-Abarca et al., 2006; Oreopoulou et al., 2019, Bergoñon, 1994; Garzón, 2008; Troisi et al., 2014; Vázquez-Flores et al., 2012; Martín, 2017; Meco, 2016). El proceso por el cual se pueden obtener los metabolitos secundarios a partir de las plantas, es la extracción con solventes orgánicos, de menor a mayor polaridad, que tienen la capacidad de solubilizar compuestos bioactivos, como los obtenidos de hexano (terpenos, alcaloides, flavonoides y esteroides), diclorometano (terpenos y flavonoides), acetato de etilo (fenoles y flavonoides), etanol (antocianinas, fenoles, flavonoides, taninos y alcaloides), metanol (saponinas, terpenos, antocianinas, fenoles, flavonoides, taninos y alcaloides) y agua (saponinas, terpenos, antocianinas, fenoles, ácido rosmarínico, taninos y alcaloides) (Oreopoulou et al., 2019; Bergoñon, 1994; Garzón, 2008; Nguyen et al., 2018; Saillema, 2019). En particular, en especies del género *Dalbergia*, se han obtenido extractos etanólicos y metanólicos, con actividad antibacteriana y antioxidante (Aresi, 2011; Roy et al., 2011), así como aceites

esenciales de fracciones de compuestos fenólicos obtenidos con cloroformo, benceno y acetona, con mayor actividad antioxidante, al ser comparados con BHT (Butilhidroxitolueno) (Wang et al., 2000). Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue evaluar en ensayos *in vitro* la actividad antioxidante y antimicrobiana de extractos de *Dalbergia palo-escrito*, obtenidos con solventes de diferente polaridad (hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua) para identificar los que tengan mayor actividad biológica.

2.3 MATERIALES Y MÉTODOS

2.3.1 Obtención de extractos

El material vegetal, *Dalbergia palo-escrito* fue recolectado en los invernaderos del Instituto de Ciencias Agropecuarias (20°05'09"N 98°21'48"O) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se separaron tallos de hojas y se deshidrataron a temperatura ambiente (20 – 21 °C), a la sombra. Las hojas deshidratadas se molieron con un molino mecánico para granos (Grinder multifunction de alta velocidad, HC-2000Y, China), para posteriormente someterse a maceración con solventes grado técnico de menor a mayor polaridad (hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua), utilizando 500 g de hoja L⁻¹ de solvente, cubierto de la luz (con papel aluminio), a temperatura ambiente, con agitación constante, durante 24 h. Transcurrido el tiempo, se filtró con 3 capas de gasa para separar el líquido del sólido, para obtener volumen y peso, respectivamente. La fase líquida fue deshidratada a 40 °C, en horno de convección (Barnstead International, modelo 3510, USA), para determinar el rendimiento (R %), se utilizó la siguiente fórmula (López et al., 2006):

$$R \% = \frac{W_i - W_f}{W_f} * 100$$

Donde (R %), hace referencia al porcentaje de rendimiento, W_i es el peso inicial (húmedo) y W_f es el peso final después de obtener el extracto (seco)

2.3.2 Determinación de fenoles totales

Para la determinación de fenoles totales, se siguió la metodología de Folin-Ciocalteu, descrita por Lamuela (2017) (Anexo 6.1).

2.3.3 Determinación de actividad antioxidante

Para determinar la actividad antioxidante, se realizaron dos ensayos, el primero con reducción del radical 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH), siguiendo la metodología de Brand-Williams et al., (1995) (Anexo 6.2.1), y el segundo con FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power) de acuerdo a la metodología de Benzie y Strain (1996) (Anexo 6.2.2).

2.3.4 Evaluación de actividad antimicrobiana

Para evaluar el efecto antimicrobiano de los extractos obtenidos de *Dalbergia palo-escrito*, se utilizó la técnica de difusión en gel, descrita por Lizcano y Vergara (2008), las bacterias utilizadas fueron *Escherichia coli*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella enteritidis*, *Salmonella typhimurium*, se ajustó la concentración bacteriana 0.5 en la escala Mc Farland y se sembraron por vaciado en placa, al gelificar se colocaron los discos con los extractos de hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua, a concentraciones de 4.23, 4.47, 2.6, 4.43 y 0.92 mg mL⁻¹, respectivamente, los cuales fueron previamente filtrados a través de filtros para jeringa, con un tamaño de poro de 0.45 µm, para evitar la contaminación. Se incubaron durante 24 h y posteriormente se midieron los halos de inhibición (Lizcano y Vergara, 2008). Se utilizó como control negativo el solvente utilizado para obtener cada extracto (hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua) y como control positivo penicilina G a una concentración de (20 µg mL⁻¹).

2.4 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La evaluación del rendimiento y la actividad antimicrobiana se realizó mediante un análisis descriptivo y la actividad antioxidante de los extractos se analizó mediante

un modelo lineal general utilizando el software SPSS ver 20 (IBM, Chicago, IL, USA), utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

2.5 RESULTADOS

2.5.1 Rendimiento de extractos, con diferentes solventes

Los extractos de *D. palo-escrito*, obtenidos con metanol presentaron un rendimiento de 29.56 %, seguido de hexano (15.25 %), etanol (9.61 %), acetato de etilo (7.15 %), diclorometano (6.32 %) y agua (5.6 %).

2.5.2 Determinación de fenoles totales

En el Cuadro 2.1, se puede observar que los extractos de *D. palo-escrito*, obtenidos con hexano y acetato de etilo, presentaron mayor ($P < 0.05$) contenido de fenoles totales, contrario a diclorometano y agua, los cuales presentaron las concentraciones más bajas.

2.5.3 Determinación de actividad antioxidante

En lo referente a la actividad antioxidante, los extractos de *D. palo-escrito* obtenidos con hexano, diclorometano, etanol, metanol y agua no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre sí, de manera contraria al acetato de etilo, el cual presentó menor capacidad de reducir el ion férrico ($P < 0.05$), en cambio en el ensayo de reducción del radical DPPH no se presentaron diferencias ($P > 0.05$) entre solventes (Cuadro 2.1).

Cuadro 2.1. Actividad antioxidante y fenoles totales de extractos de *Dalbergia palo-escrito*, obtenidos con diferentes solventes

| Solventes | Fenoles mg g⁻¹ | FRAP mg mL⁻¹ | DPPH mg mL⁻¹ |
|-------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Hexano | 35.40 ^{ab} | 10.77 ^a | 50.93 |
| Diclorometano | 3.94 ^c | 10.86 ^a | 53.53 |
| Acetato de etilo | 46.08 ^a | 0.01 ^b | 50.37 |
| Etanol | 32.27 ^b | 9.31 ^a | 50.58 |
| Metanol | 31.04 ^b | 9.68 ^a | 51.48 |
| Agua | 0.03 ^c | 9.91 ^a | 50.89 |
| MEE | 2.53 | 0.39 | 3.18 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre filas (P <0.05).

FRAP: Ferric Reducing/Antioxidant Power

DPPH: 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl

MEE: Media del error estándar

2.5.4 Evaluación de actividad antimicrobiana

Al evaluar la actividad antimicrobiana de los extractos de *D. palo-escrito*, se puede observar en el Cuadro 2.2, que para *L. monocytogenes* (Gram +) y *S. typhimurium* (Gram -), solo presentaron halo de inhibición el control positivo (penicilina) y el extracto obtenido con hexano; para *E. coli* (Gram -), con etanol, metanol, agua y acetato de etilo, al igual que con penicilina y para *S. enteritidis* (Gram -), se observaron con penicilina, hexano, acetato de etilo y metanol.

Cuadro 2.2 Actividad antimicrobiana de extractos *Dalbergia palo-escrito*, obtenidos con diferentes solventes

| Extracto | <i>S. typhimurium</i> | <i>E. coli</i> | <i>L. monocytogenes</i> | <i>S. enteritidis</i> |
|-------------------------|-----------------------|----------------|-------------------------|-----------------------|
| | G (-) | G (-) | G (+) | G (-) |
| Halo de inhibición (mm) | | | | |
| Hexano | 8.80 | NP | 7.59 | 7.23 |
| Diclorometano | NP | NP | NP | NP |
| Acetato de etilo | NP | 6.00 | NP | 7.20 |
| Etanol | NP | 6.65 | NP | NP |
| Metanol | NP | 6.69 | NP | 16.50 |
| Agua | NP | 5.90 | NP | NP |
| Penicilina | 21.83 | 6.98 | 31.50 | 21.15 |

NP: No presente, G: Gram

2.6 DISCUSIÓN

2.6.1 Rendimiento de extractos, con diferentes solventes

El rendimiento de los extractos de *D. palo-escrito* obtenidos con metanol (29.56 %), hexano (15.25 %), etanol (9.61 %) y diclorometano (6.32 %), son mayores a los reportados por varios autores en especímenes como *Origanum vulgare*, *Ricinus communis* L. y *Guazuma ulmifolia*, que pertenecen a la misma clase (Magnoliopsida) de *D. palo-escrito*, los cuales presentaron valores de 20.06 (Cueto, 2010), 18.4 (Escoto et al., 2016) y 3.0 % (Ramírez et al., 2014), respectivamente, al igual que en hojas de *Dalbergia brownei* (Gómez et al., 2015) (3.68 %); así como en extractos hexánicos en hojas de *Guazuma ulmifolia* (2.2 %) (Ramírez et al., 2014), de *Origanum vulgare* (4.13%) (Cueto, 2010); en el caso de extractos etanólicos encontrados en *Cedrela odorata* L. de 4 a 9 % (Rosales-Castro et al., 2016), *Ocimum basilicum* de 12.2 %, *Bixa Orellana* de 13.7 %, *Diplostegium rosmarinifolium* de 7.6 %; para diclorometano se han reportado rendimientos de *Ricinus communis* L. de 6,47% (Escoto et al., 2016), *Guazuma ulmifolia* de 3.9 % (Ramírez et al., 2014), en cambio los extractos acuosos de *D. palo-escrito* presentaron menor rendimiento (5.9%), que lo reportado en *Cedrela odorata* L. (10 a 16 %) (Rosales-Castro et al., 2016).

2.6.2 Determinación de fenoles totales

Respecto a la cantidad de fenoles totales reportados como equivalentes de ácido gálico (EAG), se observó (Cuadro 2.1) en extractos de *D. palo-escrito* obtenidos con hexano y acetato de etilo mayor ($P < 0.05$) cantidad, en comparación con etanol, metanol, diclorometano y agua, lo cual se explica debido a que con hexano (solvente

de baja polaridad) se obtienen terpenos, alcaloides, flavonoides y esteroides y con acetato de etilo (solvente de mediana polaridad) fenoles y flavonoides, de manera contraria el diclorometano (solvente de baja polaridad) solo extrae terpenos y flavonoides, ya que está inversamente relacionada la especificidad de extracción con la polaridad de los solventes (Gutiérrez et al., 2008). La cantidad obtenida de extractos de *D. palo-escrito* con hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol y metanol es mayor a lo encontrado en extractos etanólicos de *Ocimum basilicum* L. (7-10 mg g⁻¹ EAG) (Ramírez et al., 2019), extractos etanólicos de plantas del género *Lupinus* (5.15 mg g⁻¹ EAG) (Angarita y Castañeda, 2016) y extractos hidrometanólicos de *Dalbergia entadoides*, *D. mammosa* y *D. tonkinensis*, en las cuales se obtuvieron 23.0, 24.8 y 19.5 mg g⁻¹ EAG, respectivamente. Y menores, en comparación con lo reportado en extractos metanólicos de *Dalbergia sisso* (153 a 189 mg g⁻¹ EAG) (Roy et al., 2011), extractos hidroetanólicos de *Quercus sideroxylla* (592-712 mg g⁻¹ EAG) (Soto-García y Rosales-Castro, 2016), extractos metanólicos de hojas de *Cedrela odorata* 78 a 132 mg g⁻¹ EAG (Rosales-Castro et al., 2016) y extractos etanólicos de *Molinedia racemosa* 360 mg g⁻¹ EAG (Murillo et al., 2011).

2.6.3 Determinación de actividad antioxidante

Los extractos de *D. palo-escrito* obtenidos con hexano, diclorometano, etanol, metanol y agua no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre sí, al medir su capacidad de reducir el ion Fe³⁺ (Cuadro 2.1), presentando alta capacidad antioxidante, en cambio con acetato de etilo, se observó que en el ensayo de FRAP, no reduce el ion férrico, lo cual indica que su alta cantidad de fenoles totales, reducen solamente el radical

DPPH, al mostrar valores similares a los obtenidos con los otros solventes (hexano, diclorometano, etanol, metanol y agua). Lo cual se explica con los resultados obtenidos por Gutiérrez et al., (2008), quienes al evaluar el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de extractos de 14 plantas silvestres (utilizadas como forraje), encontraron una clara relación entre el contenido de compuestos fenólicos y la actividad antioxidante. La actividad antioxidante de los extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en el ensayo de DPPH, fueron menores a lo encontrado en extractos de *Cedrela odorata* (2233 a 7366 ppm) (Rosales-Castro et al., 2016) así como en extractos de *Mollinedia racemosa* (44 – 90 % inhibición) (Murillo et al., 2011), e iguales a lo obtenido por Soto-García y Rosales-Castro, (2016) en extractos de *Pinus durangensis* (46 a 52 %); en cambio los valores obtenidos en extractos metanólicos de *D. palo-escrito* en esta investigación, fueron mayores en comparación con lo reportado por Nguyen et al., (2020) en *Dalbergia entadoides*, *D. mammosa*, *D. tonkinensis* (15.4, 18.5 y 11.9 mg mL⁻¹, respectivamente). En lo que se refiere a la actividad antioxidante de los extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en el ensayo de FRAP, fueron menores a lo reportado por Ramírez et al., (2019), en extractos de *Ocimum basilicum* L. (47 a 61 mg g⁻¹), al igual que lo obtenido en *Dalbergia latifolia* (87.22 mg mL⁻¹) (Khalid, 2011).

2.6.4 Evaluación de actividad antimicrobiana

Con respecto a la actividad antimicrobiana (Cuadro 2.2), los resultados mostraron que las bacterias *S. typhimurium* y *S. enteritidis*, utilizadas en esta investigación fueron sensibles a penicilina (20 µg mL⁻¹), ya que se observaron halos de inhibición de 21.83 y 21.15 mm (Murillo et al., 2011), al utilizar extracto hexánico de *D. palo-*

escrito (4.23 mg mL⁻¹), se observó un halo de inhibición de 8.8 mm, similar (9.5 mm) al reportado por Cruz et al., (2012) quienes utilizaron extractos de *Psidium friedrichsthalianum*. Por otro lado, los extractos de *D. palo-escrito* con acetato de etilo, etanol, metanol y agua a concentraciones de 1.1, 2.6, 2.4 y 0.92 mg mL⁻¹, respectivamente, mostraron halos de inhibición para *E. coli*, similares entre sí, al igual que con penicilina (20 µg mL⁻¹), lo anterior coincide con lo reportado por Henao et al., (2009), quienes al utilizar extractos de *Lippia origanoides* obtuvieron un diámetro de inhibición de 8 mm con etanol, 21 mm con diclorometano y 15 mm con hexano, al igual que Ocaña et al., (2012), quienes obtuvieron 9 y 10 mm de diámetro de inhibición con extractos de acetato de etilo y hexánicos, respectivamente de hojas de *Jatropha acethiopica*; y como Castillo et al., (2017), quienes obtuvieron inhibición de esta bacteria, al utilizar 0.16 µg mL⁻¹ de extractos etanólicos de *Curcubita moschata Dychense*. En el caso de *L. monocytogenes* se observó halo de inhibición con penicilina (20 µg mL⁻¹) de 31.5 mm y con extracto hexánico de *D. palo-escrito* a una concentración de 4.23 mg mL⁻¹ de 7.59 mm, mientras que con extracto metanólico de *Salix babylonica*, se reporta inhibición de esta bacteria, a una concentración de 25 mg mL⁻¹ (González-Alamilla, 2020).

2.7 CONCLUSIÓN

Al evaluar el rendimiento, cantidad de fenoles totales, actividad antioxidante y actividad antibacteriana de extractos de *D. palo-escrito* con hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua, se concluye que los extractos con mayor rendimiento y actividad biológica fueron los obtenidos con hexano, etanol y metanol.

2.8 REFERENCIAS

- Almaraz-Abarca, N., Ávila Reyes, J. A., Delgado-Alvarado, E. A., Naranjo-Jiménez, N., y Herrera-Corral, J. (2006). El metabolismo secundario de las plantas, un nuevo concepto. *Vidsupra*, 1 (2), 9. <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/8292/1/METABOLISMO%20SECUNDARIO-ALMARAZ.pdf>
- Angarita, P. S. P., y Castañeda, G. L. Y. (2016). *Perfilado Metabólico e Ejemplares del Género Lupinus (Fabaceae) presentes en Cundinamarca Y Boyacá*. [Tesis de Maestría Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. 158 p. <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/3480>
- Aresi, C. (2011). *Avaliação da Potencial Atividade Antimicrobiana de Produtos de Origem Natural: Estudo Bioguiado de Dalbergia ecastaphyllum L. Taub*. [Tesis de posgrado Universidade Federal De Santa Catarina]. <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/94940/291613.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ávalos-García, A., y Pérez-Urria C. E. (2009). Metabolismo secundario de plantas. *Reduca (Biología). Fisiología Vegetal*, 2 (3), 119–145. https://eprints.ucm.es/9603/1/Metabolismo_secundario_de_plantas.pdf
- Benzie, F. F. I., y Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bergoñón, F. S. (1994). *Aislamiento y caracterización Química de alcaloides del tipo*

Amarylidaceae. Producción de Galantamina por cultivos in vitro de Narcissus confusus. [Tesis de Maestría, Universidad de Barcelona]. 292 p.
https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2629/02.SBF_2de2.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 1 (28), 25–30.
[https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Castillo, P. A., Molinares, M. P., Campo, U. M., Bettin, M. A. (2017). Actividad antibacteriana del extracto total de hojas de *Cucurbita moschata* Duchesne (Ahuyama). *Revista Cubana de plantas Medicinales*, 22 (1), 13.
http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1028-47962017000100009

Miranda-Cruz, E., Espinosa-Moreno, J., Centurión-Hidalgo, D., Velázquez-Martínez, I., y Alor-Chávez, M. J.(2012). Actividad antimicrobiana de extractos de *Psidium friedrichsthalianum* L., *Pterocarpus hayesii* L., *Tynanthus guatemalensis* L. y *Pondias purpurea* L. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, 11 (4), 354-361.
https://www.researchgate.net/publication/286027278_Antimicrobial_activity_of_Psidium_friedrichsthalianum_L_Pterocarpus_hayesii_L_Tynanthus_guatemalensis_L_and_Spondias_purpurea_L_extracts/link/5693eba008ae820ff0729629/download

Cueto, W. M. C. (2010). *Determinación del efecto inhibitorio del aceite esencial y*

diferentes extractos de orégano (lippia berlandieri schauer) sobre el crecimiento de fusarium oxysporum tanto in vitro como en plántula de tomate. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma de Nuevo León].
<http://eprints.uanl.mx/2099/>

Escoto, G. T., Uribe, G.A., Díaz, R. S. G., y García, L. P. M. (2016). Evaluación del Rendimiento de Extractos en Hojas de *Ricinus communis* L. *Ciencia Tecnológica*, 52,
<https://www.redalyc.org/jatsRepo/944/94451204003/html/index.htm>

Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biol. Colombia*, 3(13), 27-36.
<https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>

Gómez, L. L., Castellero, C. E., De León, G., Morán, P. J., López, P. J. L., Montenegro, N. G., Olmedo, A. D. , y Gupta, M. P. (2015). Cribado de la actividad antimicrobiana de plantas panameñas de la familia *Fabaceae*. *Revista Médica de Costarrica*, 2 (8), 13.
<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/medica/article/view/19617>

González-Alamilla, E. (2020). Efecto antibacteriano del extracto metanólico de *Salix babylonica* frente a bacterias importantes en la salud pública. *Abanico veterinario*, 3 (10), 1-11. <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v10/2448-6132-av-10-e3.pdf>

Gutiérrez, A. D. M., Ortiz, G. C. A., y Mendoza, C. A. (2008). Medición de Fenoles y actividad antioxidante en malezas usadas para alimentación Animal. *Simposio*

de

Metrologia,

1–5.

http://cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M2/SM2008-M220-1108.pdf

Henao, J., Muñoz, L. J., Padilla, L., & Giraldo, G. A. (2009). h.b.k. Cultivada en el departamento del Quindío. *Revista De Investigaciones Universidad Del Quindio*, 1(19), 159–164.

Khalid, M., Siddiqui, H. H., y Freed, S. (2011). In-vitro Assessment of Antioxidant Activity of *Dalbergia latifolia* Barks Extract Against Free Radicals. *Journal of Scientific Research*, 6 (3), 172-177.
https://www.researchgate.net/profile/Hefazat_Siddiqui/publication/268381862_Invitro_Assessment_of_Antioxidant_Activity_of_Dalbergia_latifolia_Barks_Extract_Against_Free_Radicals/links/5629dbab08aef25a243f9b8f/In-vitro-Assessment-of-Antioxidant-Activity-of-Dalbergia-latifolia-Barks-Extract-Against-Free-Radicals.pdf

Lamuela, R. R. M. (2017). Folin-Ciocalteu method for the evaluation of the antimicrobial activity of the plant extracts *Lippia origanoides* measurement of total phenolic content and antioxidant capacity, *Measurement of Antioxidant Activity and Capacity: Recent Trends and Applications*, (107–115).
<https://doi.org/10.1002/9781119135388.ch6>

Lizcano, R. A. J., y Vergara, G. J. L. (2008). *Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos etanólicos y/o aceites esenciales de las especies vegetales tales Valeriana pilosa, Hesperomeles ferruginea,*

Myrcianthes rhopaloides y *Passiflora manicata*. [Tesis de licenciatura, Pontificia Universidad Javeriana]. 27–35 p.

<https://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis151.pdf>

López, A., Vélez, M., Sánchez, M. S., Bonilla, C. R., y Gallo, P. I. (2006). Evaluation of vegetable extracts for control of the pathogenic fungi in banana and strawberry in post harvest storage. *Acta Agronómica*, 55 (4), 39–44.

https://revistas.unal.edu.co/index.php/acta_agronomica/article/view/478

Martín, G. D. A. (2017). Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9

(1), 81–104. <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>

Meco, L. J. F., Pascual, F. V., y Solá, A. R. (2016). La utilización de los esteroides vegetales en la práctica clínica: de la química a la clínica. In *Clinica e Investigacion en Arteriosclerosis* 6 (28), 283–294.

<https://doi.org/10.1016/j.arteri.2016.04.001>

Murillo, E., Lombo, O., Méndez, J. J. (2011). Química y Funcionalidad Biológica de *Mollinedia racemosa* (Monimiaceae). *Infirmitat Tecnològica*, 22 (2), 3-14.

<https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v22n2/art02.pdf>

Nguyen, H. C., Lin, K. H., Huang, M. Y., Yang, C. M., Shih, T. H., Hsiung, T. C., Lin, Y. C., y Tsao, F. C. (2018). Antioxidant activities of the methanol extracts of various parts of *Phalaenopsis orchids* with white, yellow, and purple flowers.

Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 46 (2), 457–465.

<https://doi.org/10.15835/nbha46211038>

Nguyen T. T., Doan, L. P., Trinh, T. T. H., Tran, H. H., Pham, Q. L., Pham T. H. H., Bach, L. G., Matthäus, B., y Tran, Q. T. (2020). Fatty Acids, Tocopherols, and Phytosterol Composition of Seed Oil and Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Fresh Seeds from Three *Dalbergia* Species Grown in Vietnam, *Processes*, 8 (542), 2-11. doi:10.3390/pr8050542

Ocaña, R. J., Ramírez, R. I. M., Fonseca, C. L., y Sánchez, P. T. (2012). Evaluación de la actividad antimicrobiana de los extractos de las hojas de *Jatropha aethiopica* (Chaya). *Multimed*, 16 (1), 18. <https://www.medigraphic.com/pdfs/multimed/mul-2012/muls121j.pdf>

Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., y Oreopoulou, V. (2019). Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters. En Ross, WR. (Ed.), *Polyphenols in Plants* (243–259 p). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813768-0.00025-6>

Ramírez, S. H. E., Virgen-Calleros, G., Vargas-Radillo, J. J., Salcedo-Pérez, E., y Baarrientos-Ramírez, L. (2014). Actividad antimicrobiana in vitro de extractos de hoja de *Guazuma ulmifolia* Lam. contra fitopatógenos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 6(20), 114-124. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-11322015000100010

Ramírez, A. M. G., Borroel, G. V. J., Salas, L., López, M. J. D., Gallegos, R. M. A., y Trejo, E. H. I. (2019). Rosmarinic acid, total phenolics and antioxidant capacity

in three varieties of *Ocimum basilicum* L. with different potassium doses. *Polibotánica*, (47), 89-98. <http://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n47/1405-2768-polib-47-89.pdf>

Rosales-Castro, M., Honorato-Salazar, J. A., Santos-García, A. B., Pérez-López, M. E., Colotl-Hernández, G., y Sánchez-Monsalvo, V. (2016). Composición química de las hojas y ramas de *Cedrela odorata* L. de dos plantaciones forestales como fuente de materia prima lignocelulósica. *Madera y bosques*, 2 (22), 131-146. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712016000200131

Roy, N., Laskar, R. A., Ismail, S., Kumari, D., Ghosh, T., y Begum, N. A. (2011). A detailed study on the antioxidant activity of the stem bark of *Dalbergia sissoo* Roxb., an Indian medicinal plant. *Food Chemistry*, 126 (3), 1115–1121. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.143>

Sailema O. M. L. (2019). *Extracción simultánea de polifenoles totales y flavonoides totales en hojas de Fragaria spp.* [Tesis de Licenciatura, Universidad Técnica de Ambato]. 39 p. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/29997>

Soto-García, M., y Rosales-Castro, M. (2016). Efecto del solvente y de relación masa/solvente, sobre la extracción de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante de extractos de corteza de *Pinus durangensis* Y *Quercus sideroxylla*. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, 18 (4), 701-714.

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-

221X2016000400017

Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., D'andria, R., Vega-Galvés, A., Miranda, M., Martínez AE, y Lavin, A. (2014). *Saponinas*. en Bazle D, (ed). *Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013*, (330 p).

https://www.researchgate.net/publication/266969103_Saponinas

Vázquez-Flores, A. A., Alvarez-Parrilla, E., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., y De La Rosa, L. A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6

(2), 84–93. <https://www.researchgate.net/publication/277816258>

Wang, W., Weng, X., y Cheng, D. (2000). Antioxidant activities of natural phenolic components from *Dalbergia odorifera* T. Chen. *Food Chemistry*, 71 (1), 45–49.

[https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00123-0](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00123-0)

CAPÍTULO III. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO HEXÁNICO DE *Dalbergia palo-escrito* Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO

3.1 RESUMEN

Debido a sus propiedades nutricionales, la carne de conejo ha sido considerada alimento funcional, susceptible a oxidarse, por lo que se utilizan aditivos sintéticos, que pueden tener efectos tóxicos sobre la salud humana; por lo que, se ha buscado utilizar extractos de plantas con propiedades antioxidantes y antibacterianas del género *Dalbergia*, concretamente extractos hexánicos de *Dalbergia palo-escrito*, con alto contenido de fenoles totales, alta capacidad antioxidante, además de actividad antibacteriana *in vitro*. Se planteó evaluar el efecto de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, sobre la calidad de la canal, carne y producto cárnico, para incrementar su vida de anaquel. Se utilizaron 48 conejos, distribuidos completamente al azar en 2 tratamientos (sin extracto y con 2 g de extracto hexánico de *D. palo-escrito* en la dieta), en una engorda de 28 d, posteriormente fueron sacrificados y se evaluó la calidad de la canal, de la carne y de un producto cárnico (albóndigas), con mediciones morfométricas, pruebas de textura, color, análisis microbiológico y actividad antioxidante. Al adicionar extracto hexánico de *D. palo-escrito* en la dieta de los conejos, incrementó ($P < 0.05$) de pH, dureza, índice de masticabilidad y disminuyó color, capacidad de retención de agua, cohesividad de la carne, al igual que la presencia de estafilococos al día 0, 7 y 14, enterobacterias al día 0, y cuenta total viable al día 7, con estabilización de pH y actividad de agua. Por lo que, se concluye que el extracto hexánico de *D. palo-escrito* adicionado en la dieta de los tiene efecto positivo sobre la calidad de la carne y del producto cárnico (albóndigas) para incrementar su vida de anaquel.

3.2 INTRODUCCIÓN

El Codex *alimentarius* define carne, como todas las partes de un animal que han sido declaradas inocuas y aptas para el consumo humano (FAO, 2015). Hoy en día, está bien establecido que una alimentación adecuada desempeña un papel importante, tanto en el mantenimiento de la salud, como en la prevención de las enfermedades (Malave et al., 2013). Debido a sus propiedades nutricionales, la carne de conejo ha sido considerada como un alimento funcional (Dalle y Szendro, 2011), ya que afectan funciones del organismo de manera específica y positiva, promoviendo un efecto fisiológico o psicológico más allá de su valor nutritivo (Araya y Lutz, 2003). Aunque como todas las carnes es susceptible a deteriorarse debido a las reacciones de oxidación que se desarrollan en ella, por lo que es necesario utilizar ingredientes de origen sintético para evitarlas (Sebranek, 2009), teniendo la desventaja de tener efectos tóxicos para la salud humana como son afecciones nerviosas, hepáticas y formación de células cancerígenas (Movileanu et al., 2013; Mireles, 2015). Por lo anterior, se ha desarrollado el interés por utilizar extractos de plantas con propiedades antioxidantes y antibacterianas con el fin de incrementar la vida útil de la carne y minimizar efectos adversos para la salud humana (Bellés et al., 2016), un ejemplo de ello ha sido la inclusión de extractos acuosos, etanólicos o metanólicos de toronja, jengibre, menta, en la dieta de conejos, para evitar la el exceso de radicales libres en el organismo, mejorando su salud, logrando conferir estas propiedades antioxidantes a la carne que se obtiene de ellos (Shah et al., 2014; Dalle et al., 2016), por otro lado, se han obtenido de especímenes del género *Dalbergia* extractos compuestos fenólicos, con actividad antioxidante y antibacteriana (De Mendonça, 2016), indicando que es factible utilizar para este fin,

las hojas de *Dalbergia palo-escrito*, las cuales están disponibles al ser un árbol maderable (Sosa et al., 2000), que al analizar la actividad biológica de extractos obtenidos con diferentes solventes, el hexano fue el que presentó alto rendimiento (15.25%), alto contenido de fenoles totales (35.40 mg g⁻¹), alta capacidad antioxidante con FRAP (10.77 mg de equivalente de trolox mL⁻¹) y media con DPPH (50.93), así como actividad antibacteriana con una concentración de 4.23 mg mL⁻¹ contra *Salmonella typhimurium*, *Listeria monocytogenes* y *Salmonella enteritidis*, presentando halos de inhibición de 8.8, 7.59 y 7.23 mm, respectivamente (Capítulo II). Por lo anterior, en este trabajo se planteó evaluar el efecto de extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito*, al incluirlo como aditivo en la dieta de conejos en etapa de engorda, sobre la calidad de la canal, carne y producto cárnico, para incrementar su vida de anaquel.

3.3 MATERIALES Y MÉTODOS

3.3.1 Obtención del extracto hexánico

El extracto hexánico se obtuvo por maceración de 500 g hojas deshidratadas molidas de *Dalbergia palo-escrito* con 1 L de hexano grado técnico, protegido de la luz, en constante agitación a temperatura ambiente, durante 24 h, transcurrido el tiempo se filtró a través de tres capas de gasa, el sobrenadante se deshidrato en un horno de convección (Barnstead International, modelo 3510, USA), para posteriormente incluirse en las dietas para conejos en etapa de engorda

3.3.2 Ensayo *in vivo* con conejos

Se utilizaron 48 conejos recién destetados, de 35 d de edad, raza California y Mariposa, distribuidos completamente al azar en dos tratamientos (sin extracto y con extracto hexánico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento), los cuales permanecieron durante 28 d, en la Nave de Investigación de Producción de conejo ciclo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (20°03'00" N. 099°21'00" E) con una temperatura de 17 °C y 70 % de humedad relativa promedio. Se alojaron en grupos de 4 animales, en jaulas con dimensiones de 45 x 60 x 40 cm, acondicionadas con comederos de acero tipo tolva y bebederos automáticos, con agua y alimento disponibles. Se alimentó a los animales diariamente, registrando alimento consumido y rechazado, con dietas isoproteicas (16 % PC), isoenergéticas (2.5 Mcal Kg⁻¹), e isofibrosa (26 % FDN), considerando los requerimientos nutricionales de los animales (NRC, 1977) y los aportes nutricionales de los ingredientes (FEDNA, 2020) (Cuadro 3.1), el alimento fue peletizado con una máquina modelo SKJ120

(Sandong, China) y conservado en contenedores herméticos. Transcurridos los 28 d de la engorda, se registró el peso vivo de los animales, utilizando una balanza granataria (Mettria, modelo MTNUV-40, precisión 5 g) y se trasladaron al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para ser sacrificados de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

3.3.3 Diseño experimental

Los 48 animales se distribuyeron completamente al azar en 2 tratamientos (sin extracto y con extracto hexánico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento) con 6 repeticiones en cada uno, de los cuales cada repetición constaba de 4 animales.

3.3.4. Calidad de la canal

Para el análisis de la calidad de la canal se siguieron las recomendaciones de (Blasco y Ouhayoun, 1993), se realizaron mediciones *ante mortem* (Anexo 6.3.1) de peso vivo (PV), longitud del animal, circunferencia del animal, peso de la piel, vísceras completas y patas, así como las mediciones *post mortem* (Anexo 6.3.2) de longitud de la canal, circunferencia de la canal, peso de la canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF) y rendimiento en canal (RC %). Los cortes primarios cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas, se obtuvieron según lo descrito por Blasco y Ouhayoun, (1993).

Cuadro 3.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo *in vivo* de conejos en etapa de engorda

| Ingrediente | Con extracto | Sin extracto |
|--|---------------------|---------------------|
| | BS % | |
| Maíz | 21.00 | 21.00 |
| Sorgo rojo | 20.00 | 20.00 |
| Granos secos de destilería cebada | 3.24 | 3.20 |
| Salvado trigo | 9.00 | 9.00 |
| Melaza de caña | 2.00 | 2.00 |
| Pasta de canola | 5.00 | 5.00 |
| Pasta de soya | 14.00 | 14.00 |
| Cascarilla soya | 10.00 | 10.00 |
| Paja de cebada | 12.06 | 12.30 |
| Premezcla de micronutrientes | 3.00 | 3.00 |
| Carbonato de calcio | 0.50 | 0.50 |
| Extracto hexánico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> (g) | 0.24 | 0.00 |
| Composición nutricional calculada | | |
| Proteína cruda % | 15.07 | 15.08 |
| Energía digestible Mcal MS Kg ⁻¹ | 2.6 | 2.6 |
| FDN % | 26.02 | 26.19 |
| FDA % | 14.95 | 15.00 |
| Ca % | 0.86 | 0.87 |
| P % | 0.56 | 0.56 |
| Na % | 0.19 | 0.18 |
| K % | 0.97 | 0.97 |

BS: Base seca

FDN= fibra detergente neutro

FDA= fibra detergente ácido

Aportes nutricionales de los ingredientes obtenidos de FEDNA (2020)

Requerimientos nutricionales obtenidos de NRC (1977)

3.3.5 Calidad de la carne

3.3.5.1 Medición de pH

La medición de pH se realizó en el lomo, siguiendo la metodología de Astrogano, (2018), para lo cual se utilizó un medidor de pH adecuado para muestras de carne (modelo HI99163, instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania).

3.3.5.2 Color

Para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro (CM-508d Konica-Minolta, Tokio, Japón), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación) L* a* b* (iluminante D65 y ángulo estándar de 10 °). Se hicieron 5 mediciones en el músculo *Longissimus dorsi*, siguiendo las recomendaciones de American Meat Science Association, (2012).

3.3.5.3 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (Anexo 6.4.1) se realizó en el lomo, mediante el método de compresión en papel filtro, sugerido por Pla et al., (1998).

3.3.5.4 Pérdidas de peso por cocción (PPC)

Las pérdidas de peso por cocción, se realizaron diseccionando la mitad del lomo de las vértebras lumbares y posteriormente se registró el peso crudo y cocido, para lo cual se calentaron a 80° C, durante 20 min en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA).

3.3.5.5 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (APT) usando el software Texture Pro CT en un analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, USA). Se colocó un cubo de 10 x10 x 10 mm de carne para obtener la dureza, adhesividad,

resiliencia, cohesividad e índices de elasticidad y masticabilidad de la carne siguiendo las recomendaciones de Bourne, (1978).

3.3.6 Calidad del producto cárnico

3.3.6.1 Elaboración de producto cárnico

En el taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se elaboraron albóndigas de carne obtenida de las piernas de conejo, para lo cual se molió en un molino de carne (Torrey, Monterrey, NL, México), se adicionaron 10 g de sal común y 200 mL de agua a 1 kg de carne, se hicieron albóndigas de 50 g cada una y se almacenaron 3 albóndigas en charolas de unicel empacadas con plástico auto adherible, de cada tratamiento, en refrigeración a 4 °C hasta su evaluación.

3.3.6.2 Análisis microbiológico

Se realizó análisis microbiológico (Anexo 6.5.1) a las albóndigas de conejo conservadas en refrigeración a 4 °C durante 0, 7 y 14 d, utilizando la metodología para la preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológico la NOM-110-SSA1-1994 y para la cuenta de bacterias aerobias en placa la NOM-092-SSA1-1994.

3.3.6.3 Actividad antioxidante

Para el ensayo de reducción del radical 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH) se siguió la metodología de Brand-Williams et al., (1995) (Anexo 6.5.2).

3. 3.6.4 Medición de pH en albóndigas

El pH se midió con la ayuda de un potenciómetro para cárnicos marca Hanna instruments modelo HI99163 (Instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania), se tomó el pH de una albóndiga por triplicado, con cada tratamiento, a los 0, 7 y 14 d, de almacenamiento.

3. 3.6.5 Actividad de agua (aW)

Se midió la aW para una albóndiga de cada tratamiento, haciendo uso de un equipo HigoPalm modelo HP23-aW, empresa ROTONIC ® USA, durante los 0, 7 y 14 d.

3.3.7 Análisis estadístico

Se utilizó un modelo completamente al azar para la evaluación de la canal y la carne, y un diseño completamente al azar con repeticiones a través del tiempo para la evaluación microbiológica y fisicoquímica del producto cárnico. Las variables se analizaron mediante un modelo lineal general del paquete estadístico SPSS ver 20 (IBM, Chicago, IL, USA). Utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

3.4 RESULTADOS

3.4.1 Ensayo *in vivo* con conejos

En el cuadro 3.2, se muestra el consumo de alimento individual de los conejos a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta, se puede apreciar que en la semana 1 y 3 el consumo de alimento no fue diferente entre tratamientos ($P>0.05$), mientras que en la semana 2 y 4 los animales que consumieron extracto hexánico de *D. palo-escrito*, fue menor ($P<0.05$), que aquellos que no lo consumieron.

Cuadro 3.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Semana | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|--------|---------------------|-----------------------|------|
| | | g d ⁻¹ | |
| 1 | 70.62 | 62.25 | 3.50 |
| 2 | 83.74 ^a | 66.60 ^b | 2.60 |
| 3 | 96.00 | 78.40 | 6.95 |
| 4 | 109.63 ^a | 80.82 ^b | 5.68 |

^{ab} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por semana. $P<0.05$
MEE: Media del error estándar

3.4.2 Calidad de la canal

Los animales que consumieron extracto hexánico de *D. palo-escrito* en su dieta presentaron menor ($P<0.05$) peso de piel, longitud del animal y de la canal; en cambio la circunferencia del animal, circunferencia de la canal, patas y vísceras no fueron diferente entre tratamientos (Cuadro 3.3).

Cuadro 3.3. Medidas morfométricas de conejos *ante mortem* y *post mortem*, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Medida morfométrica | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|------------------------------------|---------------------|-----------------------|-------|
| Longitud del animal (cm) | 29.82 ^a | 28.36 ^b | 0.46 |
| Longitud de la canal (cm) | 31.52 ^a | 30.31 ^b | 0.39 |
| Circunferencia lumbar vivo (cm) | 22.05 | 21.42 | 0.43 |
| Circunferencia a lumbar canal (cm) | 14.55 | 14.18 | 0.27 |
| Piel (g) | 245.47 ^a | 208.05 ^b | 9.80 |
| Patatas (g) | 44.64 | 40.52 | 1.99 |
| Vísceras completas (g) | 453.76 | 429.94 | 28.83 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. $P < 0.05$
MEE: Media del error estándar

El peso vivo, peso de la canal caliente, peso de la canal fría, rendimiento (%) (Cuadro 3.4), cortes primarios, grasa riñonada, grasa escapular, así como la proporción de carne, grasa y hueso (Cuadro 3.5), no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Cuadro 3.4. Calidad de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|-------------------------------|--------------|-----------------------|-------|
| Rendimiento (%) | 47.01 | 48.00 | 0.63 |
| Peso vivo (g) | 1732.35 | 1595.00 | 50.88 |
| Peso de la canal caliente (g) | 803.52 | 749.06 | 27.05 |
| Peso de la canal fría (g) | 815.64 | 768.15 | 29.12 |

MEE: Media del error estándar

Cuadro 3.5. Cortes primarios de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|-----------------------------|--------------|-----------------------|-------|
| | | g | |
| Grasa riñonada | 8.58 | 7.89 | 0.99 |
| Grasa escapular | 3.29 | 3 | 0.38 |
| Cabeza | 91.41 | 95.26 | 1.91 |
| Parte anterior | 198.17 | 180.78 | 7.92 |
| Parte media | 84.05 | 76.31 | 4.34 |
| Lomo | 150.35 | 138.94 | 6.54 |
| Piernas | 283.52 | 270 | 10.34 |
| Carne piernas | 193.82 | 181.31 | 7.85 |
| Hueso piernas | 84.94 | 85 | 3.68 |
| Grasa de las piernas | 1.79 | 1.30 | 0.19 |

MEE: Media del error estándar

3.4.3 Calidad de la carne

3.4.3.1. Medición de pH

El pH obtenido en el lomo de los conejos que consumieron extracto hexánico de *D. palo-escrito* en su dieta presentaron un valor mayor ($P > 0.05$), a los que no lo consumieron (Cuadro 3.6).

3.4.3.2. Medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, disminuyó ($P < 0.05$) el color (L, a^* y b^*) y la capacidad de retención de

agua (CRA); sin embargo, las pérdidas por cocción no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3.6).

Cuadro 3.6. pH, Color y CRA de carne de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|----------|--------------------|-----------------------|------|
| pH | 5.73 ^b | 5.85 ^a | 0.01 |
| L* | 51.26 ^a | 49.39 ^b | 0.40 |
| a* | 1.26 ^a | 0.19 ^b | 0.12 |
| b* | 7.20 ^a | 6.38 ^b | 0.17 |
| CRA % | 22.99 ^a | 17.67 ^b | 1.15 |
| PPC % | 26.36 | 27.93 | 0.57 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. $P<0.05$.

MEE: Media del error estándar

CRA= capacidad de retención de agua

PPC= pérdidas de peso por cocción

3.4.3.3. Análisis de perfil de textura

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito*, incrementó ($P<0.05$) la dureza y el índice de masticabilidad, y disminuyó la cohesividad. Sin embargo, la fuerza de adhesividad, resiliencia y el índice de elasticidad no fueron diferentes entre tratamientos ($P>0.05$) (Cuadro 3.7).

3.4.4 Calidad del producto cárnico

3.4.4.1 Actividad antimicrobiana

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, disminuyó ($P<0.05$) la presencia de estafilococos y enterobacterias en los productos cárnicos (albóndigas), al día 0, al igual que la cuenta total viable y estafilococos al día 7 d y solamente estafilococos al día 14 de almacenamiento. En

el día 0 para cuenta total viable y el día 14 para enterobacterias no se presentó diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3.8).

Cuadro 3.7. Perfil de textura del lomo de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto hexánico | MEE |
|---|--------------------|-----------------------|------|
| Dureza (N) | 17.87 ^b | 23.05 ^a | 0.87 |
| Fuerza adhesividad (g.s ⁻¹) | 0.04 | -0.70 | 0.51 |
| Resiliencia | 0.18 | 0.18 | 0.00 |
| Cohesividad | 0.52 ^a | 0.49 ^b | 0.00 |
| Índice elasticidad | 0.50 | 0.50 | 0.00 |
| Índice masticabilidad | 4.73 ^b | 5.60 ^a | 0.23 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. $P < 0.05$.
MEE: Error estándar de la media

Cuadro 3.8. Análisis microbiológico a través del tiempo, del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Tratamiento | CTV | Estafilococos | | Enterobacterias |
|-----------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|-----------------|
| | | Log ⁻¹ UFC g ⁻¹ | | |
| | | 0 d | | |
| Sin extracto | 3.90 | 3.56 ^a | 3.61 ^a | |
| Con extracto hexánico | 2.08 | 2.77 ^b | 3.13 ^b | |
| MEE | 0.07 | 0.09 | 0.22 | |
| | | 7 d | | |
| Sin extracto | 6.15 ^a | 5.89 ^a | 6.28 ^b | |
| Con extracto hexánico | 4.75 ^b | 5.35 ^b | 6.36 ^a | |
| MEE | 0.09 | 0.05 | 0.00 | |
| | | 14 d | | |
| Sin extracto | 8.45 ^b | 7.65 ^a | 9.71 | |
| Con extracto hexánico | 9.46 ^a | 7.37 ^b | 9.36 | |
| MEE | 0.04 | 0.03 | 0.14 | |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. $P < 0.05$.
MEE: Media del error estándar
CTV= cuenta total viable

3.4.4.2 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante con base al radical DPPH, en las albóndigas, no fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos durante el tiempo en el que fueron almacenadas (0 a 14 d) (Cuadro 3.9).

3.4.4.3 Determinación de pH

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, incrementó ($P<0.05$) los valores de pH en las albóndigas elaboradas con su carne, durante el tiempo de almacenamiento (0 a 14 d).

3.4.4.4 Actividad de agua

En el día 0 no se muestran diferencias ($P>0.05$) en la actividad de agua de las albóndigas entre tratamientos; mientras que para los días 7 y 14, las albóndigas elaboradas con carne de conejos a los cuales se les incluyó en la alimentación extracto hexánico de *D. palo-escrito*, se incrementó (Cuadro 3.9).

Cuadro 6.9 Calidad fisicoquímica del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| TRATAMIENTOS | DPPH (mg mL ⁻¹) | pH | aW |
|------------------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|
| | | 0 d | |
| Sin extracto | 59.58 | 5.73 ^b | 0.97 |
| Con extracto hexánico | 53.43 | 6.06 ^a | 0.97 |
| MEE | 4.87 | 0.01 | 0.00 |
| | | 7 d | |
| Sin extracto | 35.94 | 5.56 ^b | 0.96 ^b |
| Con extracto hexánico | 39.77 | 6.08 ^a | 0.98 ^a |
| MEE | 1.92 | 0.02 | 0.002 |
| | | 14 d | |
| Sin extracto | 70.93 | 6.40 ^b | 0.94 ^b |
| Con extracto hexánico | 66.67 | 6.60 ^a | 0.96 ^a |
| MEE | 1.10 | 0.07 | 0.003 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. $P<0.05$.

MEE: Media del error estándar, aW: actividad de agua

3.5 DISCUSIÓN

3.5.1 Ensayo *in vivo* con conejos

En esta investigación al ofrecer alimento con extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito*, se presentó menor consumo de los animales durante la semana 2 (66.6 g) y 4 (80.82 g) (Cuadro 3.2), lo cual coincide con lo reportado por varios autores que utilizaron plantas en la engorda de conejos, Cardinali et al., (2015), con extractos de orégano (108 a 110 g); Jaramillo (2018), con extracto de ajo (139 g), extracto de tomillo (148) y extractos de ajo con tomillo (137 g); Dalle et al., (2019), con 2 g kg⁻¹ de extracto de *Glycyrrhiza glabra* L. (108 g); García-Vázquez et al., (2017) con infusión de *Chenopodium ambrosioides* (5 g L⁻¹) (136 g); Elghalid et al., (2020), con una mezcla de extractos de plantas y especias (2.5 g carbacol, 0.75 g de timol, 17.8 g de mentol y 50 g de propileno en 1 L de agua) en el agua (109.9 g); Pérez-Martínez et al., (2018) con hoja, tallo y planta completa de *Tithonia tubaeformis* en la semana 1 (91.57, 94.42 y 95.42, respectivamente) y la semana 4 (121.19, 118.33 y 128.43, respectivamente) y García-Valencia et al., (2019) con extracto acuoso de *Dalbergia palo-escrito* disminuyó el consumo al incrementar la concentración de extracto (50 mL (92.67 g), 100 mL (82.57 g), 200 mL (65.21 g) y 300 mL (57.28 g)), sin embargo, cabe señalar que los consumos reportados para estos investigadores fueron mayores los obtenidos en esta investigación a excepción de lo reportado por García-Valencia et al., (2019). La disminución del consumo, al incluir en la dieta extracto hexánico de *D. palo-escrito*, se puede explicar debido a que el hexano al ser un solvente apolar, tiene la capacidad de solubilizar compuestos como los esteroides, lo

cuales tienen el efecto biológico de mejorar el metabolismo energético (Cuadro 6.1 del Anexo 6.5.3).

3.5.2 Calidad de la canal

El consumo de extracto hexánico de *D. palo-escrito* no afectó ($P>0.05$) la circunferencia del animal (21-22 cm), circunferencia de la canal (14 cm), patas (40-44 g) y vísceras (429-443 g), (Cuadro 3.3). Al igual que lo reportado por Herrera-Soto et al., (2018) con manzanilla y ruda, obteniendo circunferencia del animal de 20-21 cm, circunferencia de la canal de 15-16 cm y patas de 46-57 g; Zepeda et al., (2019) con *Tithonia tubaeformis* (hoja, tallo y planta completa), reportaron vísceras de 235-260 g; Dalle, (2019) con *Glycyrrhiza glabra L.* obtuvieron peso de patas de 203-218 g y García-Vázquez et al., (2020) con *Chenopodium ambrosioides*, una circunferencia de la canal de 22-23 g.

Los animales que consumieron extracto hexánico de *D. palo-escrito* en su dieta presentaron menor ($P<0.05$) peso de piel, longitud del animal y de la canal; contrario a lo reportado por varios autores, quienes al incluir plantas o especias y extractos de estas, en la engorda de los conejos como ruda (2.5 g kg⁻¹ en el alimento), afecto positivamente el largo del animal (33.33 cm) y el largo de la canal (32.50 cm) (Herrera-Soto et al., 2018); o bien no tuvieron efecto como *Chenopodium abrosioides*, en el peso de la piel (169 a 181 g), largo del animal (30 a 31 cm) y largo de la canal (30 cm) (García-Vázquez et al., 2020); *Tithonia tubaeformis* (hoja, tallo y planta completa) en el peso de piel (305 a 338 g), largo del animal (31 a 33 cm) y largo de la canal (32 a 33 cm) (Pérez-Martínez et al., 2018,) y con una mezcla de extractos de plantas y especias (2.5 g carbacol, 0.75 g de timol, 17.8 g de mentol y

50 g de propileno en 1 L de agua) en el agua (109.9 g) no afectó el largo de la canal (32 a 33 cm) (Elghalid et al., 2020).

No se presentó efecto ($P>0.05$) en el peso vivo (1595 g), peso de la canal caliente (749 g), peso de la canal fría (768 g) y rendimiento (48 %) (Cuadro 3.4), al adicionar extracto hexánico de *D. palo-escrito* en el alimento de conejos en etapa de engorda, contrario a lo reportado por Dalle y Cossu, (2009), quienes al incluir extracto de tanino de quebracho rojo, incrementaron el peso a los 86 d de engorda (2623 – 2661 g); Jaramillo, (2018), quien mejoró el rendimiento (55 %) en canal y el peso vivo (1492 g) al utilizar extracto de tomillo; Dalle y Cossu, (2009) quienes aunque mejoraron el rendimiento en canal (60 – 61%), si incrementaron el peso vivo (2623 – 2661 g) al adicionar 1 y 3% de extracto de tanino de quebracho rojo. Sin embargo el rendimiento obtenido en esta investigación fue cercano a los parámetros ideales mencionados por Crespo, (2013) de 50 a 65%.

En lo que se refiere a los cortes primarios, grasa riñonada, grasa escapular, así como la proporción de carne, grasa y hueso de las piernas (Cuadro 3.5) no se afectaron al incluir extracto hexánico de *D. palo-escrito* en la alimentación de los animales, similar a lo reportado por Cardinali et al., (2015) quienes utilizaron extracto de orégano, extracto de romero y la combinación de estos y obtuvieron valores de peso de la canal caliente de 1477 – 1539 g; (Gracia et al., 2020) al adicionar *Chenopodium ambrosioides* obteniendo pesos de la canal caliente de 999 – 1030 g, peso de la canal fría de 1700- 1745 g, y peso de cortes primarios que corresponden a la parte anterior, parte media, lomo, piernas además de la relación de carne, hueso y grasa (2.44- 2.49, 71.17- 84.03, 221- 224.65, 332- 336, 100, 696-

706 y 259- 263 g kg⁻¹, respectivamente). Sin embargo, se reportan menores pesos de la grasa intermuscular (7.6 g) al agregar 5 g L⁻¹ de la planta en la dieta; Zepeda et al., (2019), quienes no reportaron diferencias en los pesos de los cortes primarios que corresponden a la cabeza, parte anterior, parte media, parte posterior y piernas (60, 61, 154 – 156, 62 – 71 y 110 – 117, 202 – 211 g kg⁻¹, respectivamente), al igual que la relación de carne hueso y grasa intermuscular, (737 – 765, 214- 229, 5.85 – 10.97 g kg⁻¹, respectivamente) al adicionar con *Tithonia tubaeformis* la dieta de conejos en la etapa de engorda y (Cordero-Caballero et al., 2019), quienes adicionaron extracto de *Cymbopogon citratus* y obtuvieron para los cortes primarios pesos de cabeza de 104 g, parte anterior de 232- 237 g, parte media de 97- 102 g, parte posterior de 190 g, piernas de 343- 347 g, al igual que la relación de carne, hueso y grasa intermuscular (720- 724, 255- 258, 5.51- 7.63 g kg⁻¹, respectivamente).

3.5.3 Calidad de la carne

3.5.3.1. Medición de pH

Al incluir en la dieta de conejos, extracto hexánico de *D. palo-escrito* incrementó (P>0.05) el pH (5.85) en el lomo (Cuadro 3.6), al igual a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020) quienes obtuvieron pH de 5.6 en animales que consumieron 5 g L⁻¹, de *Chenopodium ambrosioides*; al igual que Zepeda et al., (2019) quienes utilizaron hoja y planta completa de *Tithonia tubaeformis* con valores de 5.84 y 5.83; Herrera- Soto et al., (2018), quienes reportaron valores de 6.16 al utilizar manzanilla y ruda.

3.5.3.2. Medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, disminuyó ($P < 0.05$) el color (L^* , a^* y b^*) y la capacidad de retención de agua % (CRA) (Cuadro 3.6), sin embargo, no afectó las pérdidas por cocción ($P > 0.05$) similar a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes obtuvieron en el parámetro de color L^* 54.28, al adicionar 10 g L^{-1} de *Chenopodium ambrosioides*. sin embargo, afectó la capacidad de retención de agua y las pérdidas de peso por cocción (23- 26 y 39- 45.51 %, respectivamente), al igual que, Herrera-Soto et al., (2018), quienes no encontraron efecto al utilizar ruda y manzanilla, obteniendo un valor de 19.81- 24.13 %; Zepeda et al., (2019) reportaron valores de L^* mayores al utilizar la planta completa y tallos de *Tithonia tubaeformis* (57.94 y 59.89, respectivamente), al igual que para el parámetro de a^* (0.67) con planta completa, aunque los valores b^* fueron menores con hojas y tallo y no afectó la capacidad de retención de agua (21.39- 24.09 %), ni las pérdidas de peso por cocción (15.38- 16.97 %); en cambio, Cordero- Caballero et al., (2019) no encontraron efecto para el color de la carne en los valores de L^* , a^* y b^* (46, 2 y 9, respectivamente), y la capacidad de retención de agua (18 %), al incluir *Cymbopogon citratus*; contrario a lo obtenido por Cardinali et al., (2012) que al incluir extracto de orégano, incrementaron la capacidad de retención de agua (54.64 %) y disminuyeron las pérdidas de peso por cocción (29.28 %) y no encontraron efecto sobre color (L^* (58), a^* (2.9) y b^* (0.49)).

3.5.3.3. Análisis de perfil de textura

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *Dalbergia palo-escrito*, incrementó ($P < 0.05$) la dureza y el índice de masticabilidad, y disminuyó la cohesividad, sin embargo, la fuerza de adhesividad, resiliencia y el índice de elasticidad no fueron diferentes entre tratamientos ($P > 0.05$) (Cuadro 3.7), al igual que Zepeda et al., (2019), quienes al incluir tallo de *Tithonia tubaeformis*, incrementaron la fuerza (7.61 N), con hojas y planta completa la resiliencia (0.18 y 0.17), cohesividad (0.47) y elasticidad (2.33 y 2.20); contrario a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes al incluir 10 g L^{-1} de *Chenopodium ambrosioides* disminuyeron adhesividad (0.01) y no afectaron la resiliencia (20-21), cohesividad (52-54), elasticidad (2.52-2.76) y fuerza (9.10-10.86 N).

3.5.4 Calidad del producto cárnico

3.5.4.1 Actividad antimicrobiana

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, disminuyó ($P < 0.05$) la presencia de estafilococos y enterobacterias en los productos cárnicos (albóndigas), al día 0, al igual que la cuenta total viable y estafilococos al día 7 y solamente estafilococos al día 14 de almacenamiento. En el día 0 para cuenta total viable y el día 14 para enterobacterias no se presentó diferencia ($P < 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 3.8), al igual que García-Vázquez et al., (2020), al adicionar 10 g L^{-1} de *Chenopodium ambrosioides*, disminuyeron al día 0 la cuenta total viable (0.40 UFC g^{-1}), al igual que Mancini et al., (2015), al adicionar polvo de *Curcuma longa L* en hamburguesas, disminuyeron al día 0, estafilococos

(1.97 Log UFC g⁻¹), al día 7, la cantidad de cuenta total viable (7.03 Log UFC g⁻¹) y estafilococos (3.76 Log UFC g⁻¹).

3.5.4.2 Actividad antioxidante

El extracto hexánico al incluirse en el alimento de los animales no tuvo efecto sobre la actividad antioxidante con base al radical DPPH, de las albóndigas elaboradas con su carne ($P > 0.05$) obteniendo valores de 53.43, 39.77 y 66.67 mg mL⁻¹, a los días 0, 7 y 14, respectivamente (Cuadro 3.9), contrario a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes al ofrecer 10 g L⁻¹ *Chenopodium ambrosioides* en la etapa de engorda, encontraron 0.18 mg MDA kg⁻¹ reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) al día 0 de almacenamiento en hamburguesas y por Mancini et al., (2015), quienes obtuvieron al día 7 1.1 mmol equivalentes de trolox kg⁻¹ de carne, al adicionar polvo de cúrcuma en hamburguesas; Dal Bosco et al., (2019), quienes adicionaron extracto de *Glycyrrhiza glabra* L. en alimento para conejos obteniendo valores de 4.25, 3.22 y 3.12 mg g⁻¹ de α -tocoferol al día 0, 3 y 6, respectivamente, en las hamburguesas elaboradas con la carne de esos animales, así como, al aplicar el extracto directamente en la carne obtenida de animales que no habían consumido extracto, obteniendo valores de 4.46, 4.07 y 3.84 mg g⁻¹ de α -tocoferol, demostrando con ello que aunque se obtiene mayor cantidad de compuestos antioxidantes como el α -tocoferol al aplicarlo directamente a la carne, cuando es incluido en la alimentación de los animales, además del beneficio funcional en el alimento de origen animal, se obtiene un beneficio productivo.

3.5.4.3 Determinación de pH

La inclusión en la alimentación de conejos de engorda, de extracto hexánico de *D. palo-escrito*, incrementó ($P < 0.05$) los valores de pH en las albóndigas elaboradas con su carne, manteniéndose durante los 14 d de almacenamiento en un rango de 6.06 – 6.60 (Cuadro 3.9). Similar a lo reportado por Cobos et al., (2014) quienes obtuvieron al día 7 de almacenamiento incremento en el pH siendo las albóndigas del tratamiento con extracto hexánico las que presentaron valores más altos de pH en un producto cárnico crudo, con valores entre 4.7 y 4.9, aunque más ácidos debido a que el producto era madurado; por otro lado Mancini et al., (2017), reportaron en hamburguesas a las que se les adiciono polvo de jengibre y el incremento del pH se observó solo en el día 7; contrario a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes no encontraron efecto sobre pH al incluir *Chenopodium ambrosioides* con valores de 5-6.8, lo que coincide con Mancini et al., (2017) al adicionar *Zingiber officinale* y Mancini et al., (2015) con polvo de *Curcuma longa L.* en el día 0 con valores de 5.7- 5.8.

3.5.4.4 Actividad de agua

En el día 0 no se muestran diferencias ($P > 0.05$) en la actividad de agua; mientras que para los días 7 y 14, las albóndigas elaboradas con carne de conejos a los cuales se les incluyó en la alimentación extracto hexánico de *D. palo-escrito*, se observó un incremento (Cuadro 3.9), al igual que lo obtenido por Cobos et al., (2014), quienes al adicionar fibra de trigo reportaron valores de aW de 0.94, lo cual impide el deterioro bacteriano, ya que estabiliza el producto final y asegura su vida útil; contrario a lo reportado por Zepeda et al., (2018), quienes al incluir proteína de

soya texturizada en un producto cárnico, observaron disminución de a_w a los 14 d de almacenamiento con valor de 0.625.

3.6 CONCLUSIÓN

Al incluir extractos hexánicos de *Dalbergia palo-escrito* en la dieta de los conejos en etapa de engorda, no se afecta la calidad de la canal, sin embargo, incrementa el pH, dureza e índice de masticabilidad, y disminuye el color, la cohesividad y la capacidad de retención de agua en la carne, condiciones que sirvieron para que en el producto cárnico disminuyera la presencia de estafilococos a los 0, 7 y 14 d de almacenamiento, al igual que la cuenta total viable a los 7 d y enterobacterias a los 0 d, además de estabilizar el pH y la actividad de agua, por lo cual influye positivamente para incrementar su vida de anaquel.

3.7 REFERENCIAS

- American Meat Science Association. (2012). *AMSA Meat Color Measurement Guidelines Pautas para la medición del color de la carne de la AMSA*. AMSA Meat Color Measurement Guidelines. Consultado en Junio del 2020. <https://www.virtualpro.co/biblioteca/pautas-para-la-medicion-del-color-de-la-carne-de-la-amsa>
- Araya, L. H., y Lutz, R. M. (2003). Alimentos Funcionales y Saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 30 (1), 8–14. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182003000100001>
- Astrogano, E. C. (2018). *Mejora de la calidad de la carne de conejo mediante actuaciones nutricionales, adición de semillas de lino*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/28299>
- Bellés, M., Alonso, V., Roncalés, P., y Beltrán, J. A. (2016). *Los extractos vegetales mejoran la calidad de la carne de cordero*. En Portal Veterinario. Consultado en Junio del 2020. <http://formacion.grupoasis.com>
- Blasco, A., y Ouhayoun, J. (1993). Armonización de criterios y terminología en la investigación de carne de conejo. *World Rabbit Science*, 4, 93–99. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/view/278/265>
- Bourne, M. C. (1978). Texture Profile Analysis. En *Texture Profile Analysis*. Consultado en Marzo del 2020. <https://texturetechnologies.com/resources/textureprofileanalysis#:~:text=Textu>

re%20Profile%20Analysis%20is%20a,%2C%20gels%2C%20and%20personal
%20care.&text=The%20TPA%20test%20was%20often,mimics%20the%20mo
uth's%20biting%20action.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activit. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol*, (28), 25-30. http://radio.cuci.udg.mx/bch/EN/Manuals/Techniques/DPPH-original_LebensWissTechnol_1995-v28-p25.pdf

Cardinali, R., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Mattioli, S., Ruggeri, S., Dalle Z. A., Sartori, A., Cullere, M., y Castellini, C. (2012). Effect of Different Dietary Aromatic Essences on Meat Quality of Rabbit. *World Rabbit Congress*, 3 (6), 925–929. <https://www.researchgate.net/publication/235644763>

Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C., Trabalza M. M., y Dalle Z. A. (2015). Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livestock Science*, 175, 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.010>

Cobos, V. J. E., Soto, S. S., Alfaro, R. R. H., Aguirre, Á. G. , Rodríguez, P. B. R., y González, T. R. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo. In *Nacameh*, 1 (8), 50-64. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6031413&info=resumen&idio>

ma=ENG

Cordero-Caballero, V., García-Vázquez, L. M., Ayala-Martínez, M., Soto-Simental, S., Hernández-Aco, R. S., y Zepeda-Bastida, A. (2019). Efecto de extracto de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) sobre parámetros productivos, calidad de la canal y de la carne de conejos. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2 (6), 1109-1115.

https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

Crespo, S. R. (2013). *Estudio para la mejora del rendimiento de la canal en conejos de engorde en el momento del sacrificio*. [Tesis de Licenciatura, Instituto Agronómico del Mediterráneo de Zaragoza]. 86 p.
<https://core.ac.uk/download/pdf/289974584.pdf>

Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M., Castellini, C., y Dalle, Z. A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*, 158, 86. 107921. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107921>

Dalle, Z. A., Celia, C., y Szendro, Z. (2016). Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. In *Livestock Science* (189), 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>

Dalle, Z. A., Celia, C., Cullere, M., Szendrő, Z., Kovács, M., Gerencsér, Z., Dal Bosco, A., Giaccone, V., y Matics, Z. (2019). Effect of an *in-vivo* and/or in-meat

- application of a liquorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) extract on fattening rabbits live performance, carcass traits and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 260, 114333. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114333>
- Dalle Z. A., y Cossu, M. E. (2009). Dietary inclusion of tannin extract from red quebracho trees (*Schinopsis spp.*) in the rabbit meat production. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (2), 784–786. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.784>
- Dalle Z. A., y Szendro, Z. (2011). The role of rabbit meat as functional food. In *Meat Science* 3 (88), 319–331. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.02.017>
- De Mendonça M. L. S. (2016). *Caracterização química e identidade genética de Dalbergia ecastaphyllum para produção de extratos padronizados*. In Rede Noreste de Biotecnologia. https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3269/1/LUCYANA_SANTOS_MENDONCA_MELO.pdf
- Elghalid, O. A., Kholif, A. E., El-Ashry, G. M., Matloup, O. H., Olafadehan, O. A., El-Raffa, A. M., y Abd El-Hady, A. M. (2020). Oral supplementation of the diet of growing rabbits with a newly developed mixture of herbal plants and spices enriched with special extracts and essential oils affects their productive performance and immune status. *Livestock Science*, 238, 104082. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104082>
- FAO. (2015). *Composición de la carne*. FAO - División de Producción y Sanidad Animal. Consultado en Mayo del 2020. http://www.fao.org/ag/againfo/themes/es/meat/backgr_composition.html

FEDNA. (2020). *FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. Consultado en Julio del 2020. <http://www.fundacionfedna.org/>

García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Ocampo-López, J., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2019). Efecto de la Inclusión de Extracto de *Dalbergia palo-escrito* sobre los parámetros productivos de conejo en engorda. *Revista Mexicana de Agroecosistema*, 2 (6), 1095-1110. https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

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. <https://doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>

García-Vázquez, L., Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M., y Soto-Simental, S. (2020). Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Science and Technology*, 7. https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612020005010209&script=sci_arttext

Herrera-Soto, I., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2018). Aromatic plants in the feeding of rabbits and their effect on meat. *Abanico Veterinario*, 8 (2), 81–87. <https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.7>

Jaramillo, B. Á. H. (2018). *Evaluación del extracto de ajo (allium sativum) y tomillo*

(thymus vulgaris) en el agua de bebida y su efecto en los parámetros productivos y salud intestinal de conejos, pollos de engorde y cerdos. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 149.
<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5290>

Malave, A. A., Córdova, R. L., García, R. A., y Méndez, N. J. (2013). Composición bromatológica de la carne de conejos suplementados con mataratón y cachaza de palma aceitera. *Revista MVZ Cordoba*, 18 (2), 3452–3458.
<https://doi.org/10.21897/rmvz.167>

Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F., y 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 Science*, 110 (2015), 93-100. <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005#>

Mancini, S., Preziuso, G., Fratini, F., Torracca, B., Nuvoloni, R., Dal Bosco, A., y Paci, G. (2017). Qualitative improvement of rabbit burgers using *zingiber officinale roscoe* powder. *World Rabbit Science*, 25 (4), 367–375.
<https://doi.org/10.4995/wrs.2017.7656>

Mireles, A. A. I. (2015). *Efecto del tratamiento térmico en el contenido de antioxidantes de noni (Morinda Citrifolia L.) y su efecto en las variables productivas, oxidación lipídica y calidad de carne de conejos en finalización*. [Tesis de Doctorado, Universidad Autónoma del Estado de México]. 112 p.
<http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/58856/DICARM%20Ana%>

20Isabel%20Mireles%20Arriaga-split-merge.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Movileanu, I., Núñez, G. M. T., Hafley, B., Miller, R. K., y Keeton, J. T. (2013).

Comparison of Dried Plum Puree, Rosemary Extract, and BHA/BHT as Antioxidants in Irradiated Ground Beef Patties. *International Journal of Food Science*, (2013), 1–7.

https://www.researchgate.net/publication/258392608_Comparison_of_Dried_Plum_Puree_Rosemary_Extract_and_BHABHT_as_Antioxidants_in_Irradiated_Ground_Beef_Patties

NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-

2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 26 de Agosto.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015

NOM-110-SSA1-1994. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994,

Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 2 de Febrero.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4868292&fecha=02/02/1995

NOM-092-SSA1-1994. (1995). Secretaría de Salud. NOM-092-SSA1-1994. Bienes

y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 12 de Diciembre de 1995. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

NRC. (1977). Nutrient Requirements of Rabbits,. In *Nutrient Requirements of*

Rabbits,. National Academies Press.Consultado en Marzo del 2019.
<https://doi.org/10.17226/35>

Pérez-Martínez, K., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2018). Productive parameters rabbits fed with different parts of the *Tithonia tubaeformis* plant. *Abanico Veterinario*, 8 (2), 108–114.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.10>

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)

Sosa M. R., Enrique, E., Lara, S., Isabel, L., Buenfil, Z., Ortega, G. D. J., y Luis, R. (2000). Composición botánica y valor nutricional de la dieta de bovinos en un area de vegetación secundaria en Quintana Roo. *Técnica Pecuaria En México*, 38 (2), 105–117. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61338201>

Sebranek, J. G. (2009). Basic curing ingredients *Functionality and Applications*. Tarté,R., (ed.). *En In Ingredients in Meat Products: Properties*, (1–23 p). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71327-4_1

Shah, M. A., Bosco, S. J. D., y Mir, S. A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. In *Meat Science* 1 (98), 21–33.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.020>

Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M., Alfaro-Rodríguez, HR, Güemes-Vera, N., y Soto-Simental, S. (2018). Análisis sensorial y perfil de textura de chorizo

utilizando mezclas de carne de conejo y proteína de soya texturizada. *Ciencias Naturales e Ingenierías*, (2018), 14. doi.org/10.21640/ns.v10i21.1601

Zepeda-Bastida, A., Martínez, M. A., y Simental, S. S. (2019). Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, 20190074. <https://doi.org/10.1590/RBZ4820190074>

CAPÍTULO IV. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO ETANÓLICO DE *Dalbergia palo-escrito* Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO.

4.1 RESUMEN

El uso de aditivos naturales se ha incrementado en la alimentación de los animales, ya que puede mejorar su salud, debido a que tienen actividad biológica que mejora el producto final, como la canal o la carne. Un ejemplo de ello es el extracto etanólico de las hojas de *D. palo-escrito*, que presenta alta cantidad de fenoles totales y actividad antibacteriana contra *Escherichia coli* (Capítulo II). Por tal motivo, el objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto del extracto etanólico de hojas de *D. palo-escrito*, como aditivo en la dieta de conejos durante la etapa de engorda, sobre la calidad de la canal, carne y producto cárnico, para incrementar su vida de anaquel. Se utilizaron 48 conejos de 35 d de edad, los cuales se asignaron en 2 tratamientos (sin extracto y con 2 g de extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* Kg⁻¹ de alimento), los animales permanecieron 28 d en engorde, posteriormente fueron sacrificados para evaluar la calidad de la canal, de la carne y del producto cárnico (albóndigas), a través de medidas morfométricas, pruebas fisicoquímicas y microbiológicas, por las cuales se demostró que al incluir extracto etanólico de *D. palo-escrito* en la dieta de conejos, se disminuye ($P < 0.05$) el consumo de alimento, con ello la calidad de la canal y de la carne, sin embargo, disminuye la cantidad de enterobacterias y cuenta total viable, manteniendo estable el pH y la actividad de agua del producto cárnico (albóndigas), durante 14 d de almacenamiento. Concluyendo que, el extracto etanólico de *D. palo-escrito*, mejora la vida de anaquel de las albóndigas.

4.2 INTRODUCCIÓN

El sector pecuario debe abastecer la demanda de carne, debido a esto existe la necesidad de incrementar la producción de animales, prevenir enfermedades que afecten la producción de carne, mantener la calidad nutricional e inocuidad, para este fin, desde 1950 se han utilizado antibióticos con fin terapéutico, profiláctico y como promotor de crecimiento (Puig et al., 2011), lo que ha generado resistencia bacteriana, ya que los microorganismos desarrollan estrategias para evadir la acción de los fármacos (Cabrera et al., 2007), en muchos países se ha prohibido el uso de antibióticos no terapéutico y como promotores de crecimiento, dando como resultado el aumento de trastornos digestivos y la mortalidad, principalmente en conejos en crecimiento. Por lo anterior se han incrementado la búsqueda de alternativas, como plantas, especias o sus extractos (Dalle et al., 2016), como el extracto etanólico de *Dalbergia*, con propiedades antioxidantes y antimicrobianas (De Mendonça, 2016), lo cual le proporciona las características deseadas para su estudio, ya que al analizar su actividad biológica, particularmente los extractos etanólicos de *D. palo-escrito* tienen buen rendimiento (9.61 %), alto contenido de fenoles totales (32.27 mg g⁻¹), buena capacidad antioxidante con el ensayo DPPH (50.58 mg mL⁻¹), así como actividad antimicrobiana contra *Eschericia coli* a una concentración de (2.62 mg mL⁻¹) (Capítulo II), por lo que en el presente estudio se planteó adicionar extracto etanólico de *D. palo-escrito*, en la alimentación de conejos en etapa de engorda para evaluar su efecto sobre la calidad de la canal, carne y un producto cárnico, para incrementar su vida de anaquel.

4.3 MATERIALES Y MÉTODOS

4.3.1 Obtención del extracto etanólico

El extracto etanólico se obtuvo por maceración de 500 g hojas deshidratadas molidas de *Dalbergia palo-escrito* con 1 L de etanol grado técnico, protegido de la luz, en constante agitación a temperatura ambiente, durante 24 h, transcurrido el tiempo se filtró a través de tres capas de gasa, el sobrenadante se deshidrato en un horno de convección (Barnstead International, modelo 3510, USA), para posteriormente incluirse en las dietas para conejos en etapa de engorda

4.3.2 Ensayo *in vivo* con conejos

Se utilizaron 48 conejos recién destetados, de 35 d de edad, raza California y Mariposa, distribuidos completamente al azar en dos tratamientos (sin extracto y con extracto etanólico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento), los cuales permanecieron durante 28 d, en la Nave de Investigación de Producción de conejo ciclo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (20°03'00" N. 099°21'00" E) con una temperatura de 17 °C y 70 % de humedad relativa promedio. Se alojaron en grupos de 4 animales, en jaulas con dimensiones de 45 x 60 x 40 cm, acondicionadas con comederos de acero tipo tolva y bebederos automáticos, con agua y alimento disponibles. Se alimentó a los animales diariamente, registrando alimento consumido y rechazado, con dietas isoproteicas (16 % PC), isoenergéticas (2.5 Mcal Kg⁻¹), e isofibrosa (26 % FDN), considerando los requerimientos nutricionales de los animales (NRC, 1977) y los aportes nutricionales de los ingredientes (FEDNA, 2020) (Cuadro 4.1), el alimento fue peletizado con una máquina modelo SKJ120

(Sandong, China) y conservado en contenedores herméticos. Transcurridos los 28 d de la engorda, se registró el peso vivo de los animales, utilizando una balanza granataria (Mettria, modelo MTNUV-40, precisión 5 g) y se trasladaron al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para ser sacrificados de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

4.3.3 Diseño experimental

Los 48 animales se distribuyeron completamente al azar en 2 tratamientos (sin extracto y con extracto etanólico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento) con 6 repeticiones en cada uno, de los cuales cada repetición constaba de 4 animales.

4.3.4. Calidad de la canal

Para el análisis de la calidad de la canal se siguieron las recomendaciones de (Blasco y Ouhayoun, 1993), se realizaron mediciones *ante mortem* (Anexo 6.3.1) de peso vivo (PV), longitud del animal, circunferencia del animal, peso de la piel, vísceras completas y patas, así como las mediciones *post mortem* (Anexo 6.3.2) de longitud de la canal, circunferencia de la canal, peso de la canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF) y rendimiento en canal (RC %), así como los cortes primarios cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas.

Cuadro 4.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo *in vivo* de conejos en etapa de engorda

| Ingrediente | Con extracto | Sin extracto |
|---|---------------------|---------------------|
| | BS % | |
| Maíz | 21.00 | 21.00 |
| Sorgo rojo | 20.00 | 20.00 |
| Granos secos de destilería cebada | 3.24 | 3.20 |
| Salvado trigo | 9.00 | 9.00 |
| Melaza de caña | 2.00 | 2.00 |
| Pasta de canola | 5.00 | 5.00 |
| Pasta de soya | 14.00 | 14.00 |
| Cascarilla soya | 10.00 | 10.00 |
| Paja de cebada | 12.06 | 12.30 |
| Premezcla de micronutrientes | 3.00 | 3.00 |
| Carbonato de calcio | 0.50 | 0.50 |
| Extracto etanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> (g) | 0.24 | 0.00 |
| Composición nutricional calculada | | |
| Proteína cruda % | 15.07 | 15.08 |
| Energía digestible Mcal MS Kg ⁻¹ | 2.6 | 2.6 |
| FDN % | 26.02 | 26.19 |
| FDA % | 14.95 | 15.00 |
| Ca % | 0.86 | 0.87 |
| P % | 0.56 | 0.56 |
| Na % | 0.19 | 0.18 |
| K % | 0.97 | 0.97 |

BS: Base seca

FDN= fibra detergente neutro

FDA= fibra detergente ácido

Aportes nutricionales de los ingredientes obtenidos de FEDNA (2020)

Requerimientos nutricionales obtenidos de NRC (1977)

4.3.5 Calidad de la carne

4.3.5.1 Medición de pH

La medición de pH se realizó en el lomo, siguiendo la metodología de Astrogano, (2018), para lo cual se utilizó un medidor de pH adecuado para muestras de carne (modelo HI99163, instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania).

4.3.5.2 Color

Para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro (CM-508d Konica-Minolta, Tokio, Japón), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación) L* a* b* (iluminante D65 y ángulo estándar de 10 °). Se hicieron 5 mediciones en el músculo *Longissimus dorsi*, siguiendo las recomendaciones de American Meat Science Association, (2012).

4.3.5.3 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (Anexo 6.4.1) se realizó en el lomo, mediante el método de compresión en papel filtro, sugerido por Pla et al., (1998).

4.3.5.4 Pérdidas de peso por cocción (PPC)

Las pérdidas de peso por cocción, se realizaron diseccionando la mitad del lomo de las vértebras lumbares y posteriormente se registró el peso crudo y cocido, para lo cual se calentaron a 80° C, durante 20 min en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA).

4.3.5.5 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (APT) usando el software Texture Pro CT en un analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, USA). Se colocó un cubo de 10 x10 x 10 mm de carne para obtener la dureza, adhesividad,

resiliencia, cohesividad e índices de elasticidad y masticabilidad de la carne siguiendo las recomendaciones de Bourne, (1978).

4.3.6 Calidad del producto cárnico

4.3.6.1 Elaboración de producto cárnico

En el taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se elaboraron albóndigas de carne obtenida de las piernas de conejo, para lo cual se molió en un molino de carne (Torrey, Monterrey, NL, México), se adicionaron 10 g de sal común y 200 mL de agua a 1 kg de carne, se hicieron albóndigas de 50 g cada una y se almacenaron 3 albóndigas en charolas de unicel empacadas con plástico auto adherible, de cada tratamiento, en refrigeración a 4 °C hasta su evaluación.

4.3.6.2 Análisis microbiológico

Se realizó análisis microbiológico (Anexo 6.5.1) a las albóndigas de conejo conservadas en refrigeración a 4 °C durante 0, 7 y 14 d, utilizando la metodología para la preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológico la NOM-110-SSA1-1994 y para la cuenta de bacterias aerobias en placa la NOM-092-SSA1-1994.

4.3.6.3 Actividad antioxidante

Para el ensayo de reducción del radical 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH) se siguió la metodología de Brand-Williams et al., (1995) (Anexo 6.5.2).

4. 3.6.4 Medición de pH en albóndigas

El pH se midió con la ayuda de un potenciómetro para cárnicos marca Hanna instruments modelo HI99163 (Instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania), se tomó el pH de una albóndiga por triplicado, con cada tratamiento, a los 0, 7 y 14 d, de almacenamiento.

4. 3.6.5 Actividad de agua (aW)

Se midió la aW para una albóndiga de cada tratamiento, haciendo uso de un equipo HigoPalm modelo HP23-aW, empresa ROTONIC ® USA, durante los 0, 7 y 14 d.

4.3.7 Análisis estadístico

Se utilizó un modelo completamente al azar para la evaluación de la canal y la carne, y un diseño completamente al azar con repeticiones a través del tiempo para la evaluación microbiológica y fisicoquímica del producto cárnico. Las variables se analizaron mediante un modelo lineal general del paquete estadístico SPSS ver 20 (IBM, Chicago, IL, USA). Utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

4.4 RESULTADOS

4.4.1 Ensayo *in vivo* con conejos

Se realizó el análisis del consumo de alimento individual por semana (Cuadro 4.2) de los conejos que consumieron extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*, el cual fue menor ($P < 0.05$), durante las 4 semanas que duró el experimento.

Cuadro 4.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Semana | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|--------|---------------------|------------------------|------|
| | | g d ¹ | |
| 1 | 80.50 ^a | 32.71 ^b | 4.15 |
| 2 | 94.37 ^a | 45.27 ^b | 4.43 |
| 3 | 87.70 ^a | 45.80 ^b | 5.77 |
| 4 | 111.34 ^a | 51.16 ^b | 9.64 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por semana. $P < 0.05$

MEE: Media del error estándar

4.4.2 Calidad de la canal

En el Cuadro 4.3, se puede observar que los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron menor ($P < 0.05$) longitud de la canal, circunferencia lumbar del animal, circunferencia lumbar de la canal, peso de la piel, patas y vísceras, en cambio la longitud del animal no fue diferente ($P > 0.05$) entre tratamientos.

Los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron menor ($P < 0.05$) rendimiento en canal, peso vivo, canal caliente, canal fría, cortes primarios, grasa riñonada, grasa escapular, así como la proporción de grasa, carne y hueso de las piernas (Cuadros 4.4 y 4.5).

Cuadro 4.3. Medidas morfométricas del animal, *ante mortem* y *post mortem* de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Medidas morfométrica | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|------------------------------------|---------------------|------------------------|-------|
| Longitud del animal (cm) | 29.93 | 28.75 | 0.53 |
| Longitud de la canal (cm) | 30.65 ^a | 28.43 ^b | 0.46 |
| Circunferencia lumbar vivo (cm) | 20.93 ^a | 16.68 ^b | 0.55 |
| Circunferencia a lumbar canal (cm) | 15.07 ^a | 10.68 ^b | 0.89 |
| Piel (g) | 273.21 ^a | 156.25 ^b | 12.22 |
| Patatas (g) | 50.50 ^a | 36.37 ^b | 2.16 |
| Vísceras completas (g) | 476.42 ^a | 365.25 ^b | 18.50 |

^{ab} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05

MEE: Media del error estándar

Cuadro 4.4. Calidad de canal conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|-------------------------------|----------------------|------------------------|-------|
| Rendimiento (%) | 51.33 ^a | 46.73 ^b | 0.76 |
| Peso vivo (g) | 1914.28 ^a | 1252.50 ^b | 69.21 |
| Peso de la canal caliente (g) | 997.14 ^a | 617.50 ^b | 39.62 |
| Peso de la canal fría (g) | 982.85 ^a | 588.12 ^b | 38.44 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05

MEE: Media del error estándar

Cuadro 4.5. Cortes primarios de canal de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|-------|
| | g | | |
| Grasa riñonada | 13.35 ^a | 3.00 ^b | 1.40 |
| Grasa escapular | 4.00 ^a | 1.12 ^b | 0.51 |
| Cabeza | 103.57 ^a | 83.75 ^b | 2.78 |
| Parte anterior | 234.28 ^a | 142.50 ^b | 8.69 |
| Parte media | 105.71 ^a | 60.00 ^b | 5.41 |
| Parte posterior | 181.78 ^a | 94.37 ^b | 9.51 |
| Piernas | 339.28 ^a | 206.25 ^b | 12.39 |
| Carne piernas | 242.85 ^a | 132.50 ^b | 10.99 |
| Hueso piernas | 89.64 ^a | 71.25 ^b | 2.78 |
| Grasa de las piernas | 2.42 ^a | 0.56 ^b | 0.25 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05.

MEE: Media del error estándar

4.4.3 Calidad de la carne

4.4.3.1. Medición de pH

En el Cuadro 4.6, se observa que los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron valores mayores de pH del lomo (P<0.05).

4.4.3.2. Medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

Los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron valores menores (P<0.05) de capacidad de retención de agua, pérdidas de peso por cocción, así como el valor del parámetro de color de L*, siendo no diferentes (P>0.05) a los que no lo consumieron para a* y b* (Cuadro 4.6).

Cuadro 4.6. Color y CRA de carne de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|--------------|---------------------|-------------------------------|------------|
| pH | 5.69 ^b | 6.00 ^a | 0.51 |
| L* | 48.77 ^a | 42.94 ^b | 0.81 |
| a* | 1.45 | 2.13 | 0.26 |
| b* | 7.03 | 6.53 | 0.26 |
| CRA % | 30.21 ^a | 20.07 ^b | 3.18 |
| PPC % | 27.25 ^a | 23.02 ^b | 1.04 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05.

CRA: Capacidad de retención de agua, PPC: pérdidas de peso por cocción

MEE: Media del error estándar

4.4.3.3. Análisis de perfil de textura

Al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en la dieta de conejos durante la engorda, se incrementó (P<0.05) la resiliencia y cohesividad en el lomo y disminuyó el índice de masticabilidad. En cambio, no tuvo efecto (P>0.05) sobre la fuerza de adhesividad y el índice de elasticidad (Cuadro 4.7).

Cuadro 4.7. Perfil de textura del lomo, de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto etanólico | MEE |
|--|-------------------|------------------------|------|
| Fuerza adhesividad (g.s⁻¹) | 0.08 | 0.05 | 0.01 |
| Resiliencia | 0.14 ^b | 0.21 ^a | 0.00 |
| Cohesividad | 0.48 ^b | 0.54 ^a | 0.01 |
| Índice elasticidad | 0.51 | 0.54 | 0.01 |
| Índice masticabilidad | 5.30 ^a | 3.90 ^b | 0.37 |

^{ab} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05.
MEE: Media del error estándar

4.4.4 Calidad del producto cárnico

4.4.4.1 Actividad antimicrobiana

En el Cuadro 4.8, se observa que al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en la dieta de los conejos durante la engorda, provoca que las albóndigas elaboradas con su carne presentaran menor (P<0.05) cantidad de enterobacterias en el día 0 y cuenta total viable en el día 7 de almacenamiento, sin embargo, no presentó efecto (P>0.05) en estafilococos durante los 14 d de almacenamiento.

Cuadro 4.8. Calidad microbiológica a través del tiempo del producto cárnico de conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Tratamiento | CTV | Estafilococos | Enterobacterias | |
|-------------------------------|-------------------|---------------|---------------------------------------|-------------------|
| | | | Log ⁻¹ UFC g ⁻¹ | |
| | | | 0 d | |
| Sin extracto | 3.86 | 3.48 | | 3.49 ^a |
| Con extracto etanólico | 3.81 | 3.60 | | 3.33 ^b |
| MEE | 0.01 | 0.03 | | 0.02 |
| | | | 7 d | |
| Sin extracto | 6.51 ^a | 5.27 | | 6.19 |
| Con extracto etanólico | 5.60 ^b | 3.37 | | 6.06 |
| MEE | 0.07 | 0.02 | | 0.09 |
| | | | 14 d | |
| Sin extracto | 8.50 | 6.82 | | 8.38 |
| Con extracto etanólico | 8.44 | 6.57 | | 8.32 |
| MEE | 0.02 | 0.24 | | 0.04 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. P<0.05.

CTV=Cuenta total viable

MEE:Media del error estándar

4.4.4.2 Actividad antioxidante

Al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito*, en la dieta de conejos en etapa de engorda, no se observó efecto (P>0.05) sobre la actividad antioxidante durante 14 d de almacenamiento de albóndigas elaboradas con su carne, con el ensayo de decoloración del radical DPPH (Cuadro 4.9).

4.4.4.3 Determinación de pH y actividad de agua (aW)

En el Cuadro 4.9, se observa que el pH de albóndigas elaboradas con carne obtenida de conejos que consumieron extractos etanólicos de *D. palo-escrito*, durante la etapa de engorda, fue mayor (P<0.05) en el día 0 y 7 de almacenamiento. En cambio, sobre la actividad de agua no tuvo efecto (P>0.05), durante los 14 d de almacenamiento.

Cuadro 4.9. Calidad fisicoquímica del producto cárnico conejos a los cuales se les incluyó como aditivo extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Tratamientos | DPPH (mg mL ⁻¹) | pH | aW |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|------|
| | | 0 d | |
| Sin extracto | 58.01 | 5.77 ^b | 0.98 |
| Con extracto etanólico | 69.14 | 6.14 ^a | 0.98 |
| MEE | 6.59 | 0.01 | 0.00 |
| | | 7 d | |
| Sin extracto | 36.90 | 5.86 ^b | 0.97 |
| Con extracto etanólico | 36.30 | 6.12 ^a | 0.98 |
| MEE | 0.97 | 0.06 | 0.00 |
| | | 14 d | |
| Sin extracto | 63.12 | 6.83 | 0.95 |
| Con extracto etanólico | 67.69 | 6.81 | 0.95 |
| MEE | 0.92 | 0.03 | 0.00 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. P<0.05.

MEE: Media del error estándar

aW: Actividad de agua

4.5 DISCUSIÓN

4.5.1 Ensayo *in vivo* en conejos

Al incluir extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito* como aditivo en la dieta de conejos, fue menor ($P < 0.05$) el consumo durante los 28 d de engorda, al compararlo con los animales que no lo consumieron (Cuadro 4.2), lo cual se explica porque el etanol al ser un solvente de alta polaridad, tiene la capacidad de solubilizar altas concentraciones de taninos, los cuales son compuestos de sabor amargo, afectando la palatabilidad del alimento en el que se incluyan, así como la actividad biológica antidiabética, interviniendo directamente en el metabolismo energético (Cuadro 6.1 del Anexo 6.5.3), y coincide con lo reportado por García-Valencia et al., (2019) quienes al utilizar extracto acuoso de *Dalbergia palo-escrito*, demostraron que el consumo disminuye, al incrementar la concentración de extracto (50 mL (92.67 g), 100 mL (82.57 g), 200 mL (65.21 g) y 300 mL (57.28 g)), aunado a lo anterior varios autores han demostrado que disminuye el consumo de conejos en etapa de engorda, al utilizar plantas y especias o extractos de estas, como el orégano, tomillo, romero, *Tithonia tubaeformis*, ajo, *Chenopodium ambrosioides* y *Glycyrrhiza glabra L.*, (Cardinali et al., 2015; Jaramillo, 2018; Dalle et al., 2019; García-Vázquez et al., 2017; Pérez-Martínez et al., 2018), sin embargo, cabe señalar que los consumos reportados por estos investigadores fueron mayores los obtenidos en esta investigación.

4.5.2 Calidad de la canal

En el Cuadro 4.3, se puede observar que los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito* en la dieta, presentaron menor ($P < 0.05$) longitud de la

canal, circunferencia lumbar del animal y de la canal, además del peso de la piel, patas y vísceras. Contrario a lo obtenido por varios autores que ofrecieron plantas como manzanilla y ruda, que reportaron circunferencia del animal de 20-21 cm, circunferencia de la canal de 15-16 cm, largo del animal de 33.33 cm, largo de la canal de 32.50 cm y patas de 46-57 g (Herrera-Soto et al., 2018); con *Tithonia tubaeformis*, reportaron vísceras de 235-260 g (Zepeda-Bastida et al., 2019); con *Glycyrrhiza glabra L.*, obteniendo patas de 203-218 g (Dalle et al., 2019), con *Chenopodium ambrosioides*, una circunferencia de la canal de 22-23 cm (García-Vázquez et al., 2020). Por otro lado, los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron menor ($P < 0.05$) rendimiento en canal, peso vivo, canal caliente, canal fría, cortes primarios, grasa riñonada, grasa escapular, así como la proporción de grasa, carne y hueso de las piernas (Cuadros 4.4 y 4.5). En el caso de grasa inter muscular (7.6 g) Zepeda-Bastida et al., (2019) reportaron valores similares con *Tithonia tubaeformis*; en relación a peso vivo, canal caliente, canal fría y cortes primarios, no se observó efecto con extracto de orégano, extracto de romero y la combinación de estos con valores de peso de la canal caliente de 1477 – 1539 g (Cardinali et al., 2015) y con *Chenopodium ambrosioides*, valores de canal caliente de 999 – 1030 g y peso de cortes primarios que corresponden a la parte anterior, parte media, lomo, piernas además de la relación de carne, hueso y grasa (2.44- 2.49, 71.17- 84.03, 221- 224.65, 332- 336, 100, 696- 706 y 259- 263 g kg⁻¹, respectivamente) (García-Vázquez et al., 2020); en cambio Herrera-Soto et al., (2018) con ruda incrementaron pesos de cortes primarios, especialmente de la parte media (108.66 g) y las piernas (374.66 g) con una cantidad de carne de 272.66 y de grasa de 7.33; Dalle y Cossu (2009), encontraron

efectos positivos al incluir tanino de quebracho rojo (60 – 61% de rendimiento y 2623 – 2661 g de peso vivo), Abdel-Wareth et al., (2014) con extracto de hojas de *Khaya senegalensis* obteniendo un peso final de los animales de 1661 g); Morsy et al., (2019) con extracto etanólico hojas de guayaba en la alimentación de conejos encontraron rendimientos en canal de 51.2 y 51.9 % y peso final de 2143 g; al igual que cuando adicionaron extracto etanólico de hojas de olivo en la dieta, obtuvieron valores de rendimiento en canal de 51.2-51.9 %, aunque la grasa disminuyó a valores de 1.05-1.43 %, en conejos y 7.15 g en pollos de engorda (Younan et al., 2018; Shafey et al., 2013).

4.5.3 Calidad de la carne

4.5.3.1. Medición de pH

En el Cuadro 4.6, se observa que los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito*, presentaron valores mayores de pH (6.0) del lomo ($P < 0.05$), similares a lo reportado por Herrera-Soto et al., (2018), al evaluar manzanilla, ruda y la combinación de estas, en cambio Pogány et al., (2010), no encontraron efecto al utilizar extractos de orégano salvia y *Eleutherococcus senticosus* con un rango de pH 5.6- 5.7 al igual a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020) quienes obtuvieron un valor de 5.6 en animales que consumieron 5 g L⁻¹, de *Chenopodium ambrosioides* y Zepeda-Bastida et al., (2019) quienes utilizaron hoja y planta completa de *Tithonia tubaeformis*, reportaron valores de 5.84 y 5.83.

4.5.3.2. Medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

Los animales que consumieron extracto etanólico de *D. palo-escrito* en su dieta, presentaron valores menores ($P < 0.05$) de capacidad de retención de agua (20 %), pérdidas de peso por cocción (23.02%), así como el valor del parámetro de color de L^* (42.94), en cambio no afectó el valor de a^* (Cuadro 4.6), al igual que lo reportado por Pogány et al., (2010), al utilizar extractos de orégano salvia, quienes encontraron un valor de a^* de 4.20 y Zepeda-Bastida et al., (2019) quienes reportaron valores de L^* mayores al utilizar *Tithonia tubaeformis* (57.94 y 59.89, respectivamente), en cambio García-Vázquez et al., (2020), no observaron efecto sobre el parámetro de color L^* (54.28) con *Chenopodium ambrosioides*, capacidad de retención de agua (23-26%) y pérdidas de peso por cocción (39- 45.51 %), así como Herrera-Soto et al., (2018), quienes reportaron capacidad de retención de agua de 19.81-24.3 %, con manzanilla y ruda. Al igual que en esta investigación, las pérdidas por cocción (29.89 a 30.25 %) fueron menores al incorporar en la dieta orégano, romero y ambos (Cardinali et al., 2012), en cambio el parámetro de a^* (0.67), fue mayor con planta completa de *Tithonia tubaeformis*, aunque los valores b^* fueron menores con hojas y tallo, sin presentar efecto sobre la capacidad de retención de agua (21.39- 24.09 %), ni las pérdidas de peso por cocción (15.38- 16.97 %) (Zepeda-Bastida et al., 2019).

4.5.3.3. Análisis de perfil de textura

Al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en la dieta de conejos durante la engorda, se incrementó ($P < 0.05$) la resiliencia y cohesividad en el lomo y disminuyó

el índice de masticabilidad, así como lo reportado por Zepeda-Bastida et al., (2019), quienes al incluir tallo de *Tithonia tubaeformis*, incrementaron la fuerza (7.61 N), con hojas y planta completa la resiliencia (0.18 y 0.17), cohesividad (0.47) y elasticidad (2.33 y 2.20); en cambio, no tuvo efecto ($P>0.05$) sobre la fuerza de adhesividad y el índice de elasticidad (Cuadro 4.7), contrario a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes al incluir 10 g L⁻¹, de *Chenopodium ambrosioides* disminuyeron adhesividad (0.01) y no afectaron la resiliencia (20-21), cohesividad (52-54), elasticidad (2.52-2.76) y fuerza (9.10-10.86 N).

4.5.4 Calidad del producto cárnico

4.5.4.1 Actividad antimicrobiana

En el Cuadro 4.8, se observa que al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito* en la dieta de los conejos durante la engorda, provoca que las albóndigas elaboradas con su carne presentaran menor ($P<0.05$) cantidad de enterobacterias en el día 0 y cuenta total viable en el día 7 de almacenamiento, sin embargo, no presentó efecto ($P>0.05$) en estafilococos durante los 14 d de almacenamiento. Similar a lo reportado por Salvá, (2016), quien adiciono extracto etanólico de *Mentha spicata* directamente en embutidos de vísceras de *Cavia porcellus*, obteniendo menor concentración de mesófilos aerobios y coliformes totales ($< 1 \text{ Log UFC/g}$) a los 15 d de almacenamiento, al igual que García-Vázquez et al., (2020), quienes al adicionar *Chenopodium ambrosioides*, en el alimento de los conejos disminuyeron al día 0 la cuenta total viable (0.40 UFC g⁻¹) y Mancini et al., (2015), al adicionar polvo de *Curcuma longa L* en hamburguesas, disminuyeron al día 0,

estafilococos (1.97 Log UFC g⁻¹), al día 7, la cantidad de cuenta total viable (7.03 Log UFC g⁻¹) y estafilococos (3.76 Log UFC g⁻¹).

3.4.4.2 Actividad antioxidante

Al incluir extractos etanólicos de *D. palo-escrito*, en la dieta de conejos en etapa de engorda, no se observó efecto ($P > 0.05$) sobre la actividad antioxidante durante 14 d de almacenamiento de albóndigas elaboradas con su carne, con el ensayo de decoloración del radical DPPH con valores de 36.30-69.14 mg mL⁻¹ (Cuadro 4.9). A diferencia de lo reportado por Salvá (2016), quien incremento la actividad antioxidante, al adicionar directamente extracto etanólico de *Mentha spicata* a un embutido de vísceras de *Cavia porcellus* a valores de 444.79 mmol de equivalentes de trolox g⁻¹ de extracto; así como García-Vázquez et al., (2020), quienes al ofrecer *Chenopodium ambrosioides*, encontraron 0.18 mg MDA kg⁻¹ reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) al día 0 de almacenamiento en hamburguesas y por Mancini et al., (2015), quienes obtuvieron al día 7 1.1 mmol equivalentes de trolox kg⁻¹ de carne, al adicionar polvo de cúrcuma en hamburguesas; Dal Bosco et al., (2019), quienes adicionaron extracto de *Glycyrrhiza glabra L.* en alimento para conejos obteniendo valores de 4.25, 3.22 y 3.12 mg g⁻¹ de α -tocoferol al día 0, 3 y 6, respectivamente, en las hamburguesas elaboradas con la carne de esos animales, así como, al aplicar el extracto directamente en la carne obtenida de animales que no habían consumido extracto, obteniendo valores de 4.46, 4.07 y 3.84 mg g⁻¹ de α -tocoferol, demostrando con ello que aunque se obtiene mayor cantidad de compuestos antioxidantes como el α -tocoferol al aplicarlo directamente a la carne,

cuando es incluido en la alimentación de los animales, además del beneficio funcional en el alimento de origen animal, se obtiene un beneficio productivo.

4.5.4.3 Determinación de pH y actividad de agua

En el Cuadro 4.9, se observa que el pH de albóndigas elaboradas con carne obtenida de conejos que consumieron extractos etanólicos de *D. palo-escrito*, durante la etapa de engorda, fue mayor ($P < 0.05$) en el día 0 (6.14) y 7 (6.12) de almacenamiento, en cambio sobre la actividad de agua no tuvo efecto ($P > 0.05$), estabilizándose en 0.95 a 0.98, durante los 14 d de almacenamiento, similar a lo reportado por Salvá (2016), al utilizar extracto etanólico de *Mentha spicata* en un embutido de *Cavia porcellus*, obteniendo valores de pH de 6.15-6.17, sin mostrar efecto sobre la actividad de agua, contrario a lo encontrado en hamburguesas a las que se les adicione *Zingiber officinale* obteniendo pH de 5.58-5.59 al día 0 (Mancini et al., 2017) y *Curcuma longa L.* con valores de 6.28 al día 7 (Mancini et al., 2015), así como lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), quienes al incluir *Chenopodium ambrosioides* observaron valores de 5-6.8.

4.6 CONCLUSIÓN

Al incluir extracto etanólico de *Dalbergia palo-escrito*, como aditivo en la dieta de conejos durante la etapa de engorda, afecta el rendimiento en canal, la calidad de la canal (medidas morfométricas y cortes primarios), la proporción de carne, hueso y grasa de las piernas; así como la calidad de la carne, incrementando el pH, la resiliencia y la cohesividad, disminuyendo el índice de masticabilidad, la capacidad de retención de agua, pérdidas de peso por cocción y el valor de L*. Sin embargo, disminuye la cantidad de enterobacterias para el día 0 y la cuenta total viable para el día 7, estabilizando el pH y la actividad de agua del producto cárnico (albóndigas).

4.7 REFERENCIAS

Abdel-Wareth, A. A. A., Hammad, S., y Ahmed, H. (2014). Effects of *Khaya senegalensis* leaves on performance, carcass traits, hematological and biochemical parameters in rabbits. *EXCLI Journal*, 13, 502–512. <https://doi.org/10.17877/DE290R-15999>

American Meat Science Association. (2012). *AMSA Meat Color Measurement Guidelines Pautas para la medición del color de la carne de la AMSA*. AMSA Meat Color Measurement Guidelines. Consultado en Junio del 2020. <https://www.virtualpro.co/biblioteca/pautas-para-la-medicion-del-color-de-la-carne-de-la-amsa>

Astrogano, E. C. (2018). *Mejora de la calidad de la carne de conejo mediante actuaciones nutricionales, adición de semillas de lino*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/28299>

Blasco, A., y Ouhayoun, J. (1993). Armonización de criterios y terminología en la investigación de carne de conejo. *World Rabbit Science*, 4, 93–99. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/view/278/265>

Bourne, M. C. (1978). Texture Profile Analysis. En *Texture Profile Analysis*. Consultado en Marzo del 2020. <https://texturetechnologies.com/resources/textureprofileanalysis#:~:text=Texture%20Profile%20Analysis%20is%20a,%2C%20gels%2C%20and%20personal%20care.&text=The%20TPA%20test%20was%20often,mimics%20the%20mo>

uth's%20biting%20action.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. In *LWT - Food Science and Technology*, 28 (1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Cabrera, C. E., Gómez, R. F., y Zúñiga, A. E. (2007). La resistencia de bacterias a antibióticos, antisépticos y desinfectantes una manifestación de los mecanismos de supervivencia y adaptación. *Colombia Medica* 38 (2), 149–158). <http://www.foxitsoftware.comforevaluationonly>.

Cardinali, R., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Mattioli, S., Ruggeri, S., Dalle Z. A., Sartori, A., Cullere, M., y Castellini, C. (2012). Effect of Different Dietary Aromatic Essences on Meat Quality of Rabbit. *World Rabbit Congress*, 3 (6), 925–929. <https://www.researchgate.net/publication/235644763>

Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C., Trabalza M. M., y Dalle Z. A. (2015). Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livestock Science*, 175, 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.010>

Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M., Castellini, C., y Dalle Zotte, A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*, 158,

86. 107921. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107921>

Dalle Z. A., y Cossu, M. E. (2009). Dietary inclusion of tannin extract from red quebracho trees (*Schinopsis spp.*) in the rabbit meat production. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (2), 784–786. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.784>

Dalle Z. A., Celia, C., y Szendro, Z. (2016). Herbs and spices inclusion as feedstuff or additive in growing rabbit diets and as additive in rabbit meat: A review. *Livestock Science*, 189, 82–90. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2016.04.024>

Dalle, Z. A., Celia, C., Cullere, M., Szendrő, Z., Kovács, M., Gerencsér, Z., Dal Bosco, A., Giaccone, V., y Matics, Z. (2019). Effect of an *in-vivo* and/or *in-meat* application of a liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) extract on fattening rabbits live performance, carcass traits and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 260, 114333. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114333>

De Mendonça, M. L. S. (2016). Caracterização química e identidade genética de *Dalbergia ecastaphyllum* para produção de extratos padronizados. In Rede Noreste de Biotecnología. 111 p. https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3269/1/LUCYANA_SANTOS_MENDONCA_MELO.pdf

FEDNA. (2020). *FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal*. Consultado en Julio del 2020. <http://www.fundacionfedna.org/>

García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Ocampo-López, J., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2019). Efecto de la Inclusión de Extracto de *Dalbergia palo-escrito* sobre los parámetros productivos de conejo en engorda. *Revista*

Mexicana de Agroecosistema, 2 (6), 1095-1110.

https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

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.
<https://doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>

García-Vázquez, L., Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M., y Soto-Simental, S. (2020). Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Science and Technology*, 7.
https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612020005010209&script=sci_arttext

Herrera-Soto, I., García-Flores, M., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., & Ayala-Martínez, M. (2018). Aromatic plants in the feeding of rabbits and their effect on meat. *Abanico Veterinario*, 0 (2), 81–87.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.7>

Jaramillo, B. Á. H. (2018). Evaluación del extracto de ajo (*Allium sativum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) en el agua de bebida y su efecto en los parámetros productivos y salud intestinal de conejos, pollos de engorde y cerdos. Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA). 149p.
<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5290>

Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F., y 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 Science*, 110 (2015), 93-100. <https://sci-hub.se/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005#>

Mancini, S., Preziuso, G., Fratini, F., Torracca, B., Nuvoloni, R., Dal Bosco, A., y Paci, G. (2017). Qualitative improvement of rabbit burgers using *Zingiber officinale* roscoe powder. *World Rabbit Science*, 25 (4), 367–375. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.7656>

Morsy, W. A., Younan, G. E., y El-Gabry, H. E. (2019). Effect of dietary guava (*Psidium guajava L.*) leaf extract supplementation on productive performance, blood parameters and carcass traits of growing rabbits. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*, 22 (2), 183–192. <https://www.researchgate.net/publication/340389873>

NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*. México. Publicado el 26 de Agosto.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015

NOM-110-SSA1-1994. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. *Diario Oficial de la Federación*. México. Publicado el 2 de Febrero.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4868292&fecha=02/02/1995

NOM-092-SSA1-1994. (1995). Secretaría de Salud. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. *Diario Oficial de la Federación*. México. Publicado el 12 de Diciembre de 1995.

<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

NRC. (1977). Nutrient Requirements of Rabbits,. In *Nutrient Requirements of Rabbits*,. National Academies Press.Consultado en Marzo del 2019.
<https://doi.org/10.17226/35>

Pérez-Martínez, K., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2018). Productive parameters rabbits fed with different parts of the *Tithonia tubaeformis* plant. *Abanico Veterinario*, 8 (2), 108–114.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.10>

Pogány, S. M., Chrastinová, L., Mojto, J., Lauková, A., Szabóová, R., y Rafay, J. (2010). Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech Journal Food Sci*, 28, 161–167.

<https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=CZ2010000636>

Puig, P. Y., Espino, H. M., y Leyva, C. V. (2011). Resistencia antimicrobiana en *Salmonella* y *E. coli* aisladas de alimentos: revisión de la literatura. *Panorama Cuba y Salud*, 6 (1), 6–6.
<http://www.revpanorama.sld.cu/index.php/panorama/article/view/74>

Salvá, M. A. D. (2016). *Estabilidad Oxidativa y Microbiológica de un embutido cocido*

de vísceras rojas de Cavia porcellus con extracto etanólico de Mentha spicata.

[Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Agraria la Molina]. 129 p.

<http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/2607>

Shafey, T. M., Al-Ruqaei, I. M., y Almufarij, S. I. (2013). Effect of feeding olive leaves extract (*Oleuropein*) on the performance, nutrient utilization, small intestine and carcass characteristics of broiler chickens. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 12 (6), 740–746. <https://doi.org/10.3923/javaa.2013.740.746>

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)

Younan, G. E., Mohamed, M. S., y Morsy, W. A. (2018). Effect of dietary supplementation of olive leaf extract on productive performance, blood parameters and carcass traits of growing rabbits. *Egyptian Journal Nutrition and Feeds*, 22, 173–182. <https://www.researchgate.net/publication/340389865>

Zepeda-Bastida, A., Ayala, M. A., y Simental, S. S. (2019). Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, 20190074. <https://doi.org/10.1590/RBZ4820190074>

CAPÍTULO V. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE Y ANTIMICROBIANA DE EXTRACTO METANÓLICO DE *Dalbergia palo-escrito* Y SU EFECTO SOBRE LA CALIDAD DE LA CANAL, CARNE Y UN PRODUCTO CÁRNICO DE CONEJO.

5.1 RESUMEN

La carne de conejo puede proporcionar compuestos bioactivos a los consumidores, debido a la manipulación de la dieta de los animales, por lo cual se han desarrollado estudios sobre el uso de extractos de plantas, semillas y frutos en la alimentación animal, para evaluar el efecto que tienen sobre la carne, un ejemplo de ello es el extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito*, que demostró tener actividad antioxidante y efecto antimicrobiano contra *Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis* (Capítulo II), por lo que en este trabajo se planteó, evaluar este extracto, como aditivo en la dieta de conejos durante la etapa de engorda, sobre la calidad de la canal, carne y producto cárnico, para incrementar la vida de anaquel. Se utilizaron 40 conejos de 35 d de edad y se asignaron en dos tratamientos (sin extracto y 2 g de extracto metanólico de *D. palo-escrito*, Kg⁻¹ de alimento), después de 28 d en engorda, fueron sacrificados para evaluar la calidad de la canal, carne y un producto cárnico (albóndigas) mediante análisis morfométricos, físico químicos y microbiológicos, se demostró que al incluir extracto metanólico de *D. palo-escrito* en la dieta, se disminuyó ($P < 0.05$) el consumo de alimento, la calidad de la canal, el pH de la carne y el valor de L*, sin afectar la capacidad de retención de agua y las pérdidas de peso por cocción, además de disminuir el crecimiento microbiano, al estabiliza pH y actividad de agua del producto cárnico. Concluyendo que adicionar extracto metanólico de *D. palo escrito* en la dieta de conejos de engorda mejora la calidad del producto cárnico y aumenta su vida de anaquel.

5.2 INTRODUCCIÓN

La estrecha relación entre la dieta y la salud ha llevado a que los consumidores cambien sus hábitos alimenticios, Hernández, (2008) asegura que el consumo de la carne de conejo podrían proporcionar compuestos bioactivos a los consumidores, por la manipulación de la dieta del conejo, aunado a esto y a la preocupación de los consumidores por una alimentación saludable e inocua, diversos estudios se han enfocado en mejorar la calidad de la carne, desde la alimentación de los animales con plantas aromáticas o medicinales (Herrera_Soto et al., 2018; Pérez-Martínez et al., 2018; Meineri y Peiretti, 2009), infusiones o extractos de plantas (García-Vázquez et al., 2017; Dal Bosco et al., 2019), ya que los compuestos de las plantas que ingieren los animales o los metabolitos secundarios que se extraen de ellas puede traer beneficio a los animales, igual al que desempeñan en las plantas como degradar la pared celular de microorganismos, inactivar tóxicos de origen microbiano, hasta destruir especies reactivas de oxígeno y mantener el efecto en el producto cárnico (Sepúlveda et al., 2003; Mendoza et al., 2018), específicamente se ha determinado la actividad antioxidante y antimicrobiana de plantas del género *Dalbergia* (De Mendonça, 2016), además que al analizar la actividad biológica de extractos de *D. Palo-escrito* obtenidos con solventes de diferente polaridad (Capítulo II), el extracto metanólico presentó el mejor rendimiento (29.56%), alta actividad antioxidante en el ensayo 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH), efecto antibacteriano contra *Escherichia coli* y *Salmonella enteritidis*, por lo que en este trabajo se planteó evaluar el efecto del extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito*, al adicionarlo en la dieta de conejos en etapa de engorda, sobre la calidad de la canal, carne de y un producto cárnico de conejo.

5.3 MATERIALES Y MÉTODOS

5.3.1 Obtención del extracto metanólico

El extracto metanólico se obtuvo por maceración de 500 g hojas deshidratadas molidas de *Dalbergia palo-escrito* con 1 L de metanol grado técnico, protegido de la luz, en constante agitación a temperatura ambiente, durante 24 h, transcurrido el tiempo se filtró a través de tres capas de gasa, el sobrenadante se deshidrato en un horno de convección (Barnstead International, modelo 3510, USA), para posteriormente incluirse en las dietas para conejos en etapa de engorda

5.3.2 Ensayo *in vivo* con conejos

Se utilizaron 40 conejos, de 35 d de edad, raza California y Mariposa, distribuidos completamente al azar en dos tratamientos (sin extracto y con extracto metanólico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento), los cuales permanecieron durante 28 d, en la Nave de Investigación de Producción de conejo ciclo completo del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (20°03'00" N., 099°21'00" E.) con una temperatura de 17 °C y 70 % de humedad relativa promedio. Se alojaron en grupos de 4 animales, en jaulas con dimensiones de 45 x 60 x 40 cm, acondicionadas con comederos de acero tipo tolva y bebederos automáticos, con agua y alimento disponibles. Se alimentó a los animales diariamente, registrando alimento consumido y rechazado, con dietas isoproteicas (16 % PC), isoenergéticas (2.5 Mcal Kg⁻¹), e isofibrosa (26 % FDN), considerando los requerimientos nutricionales de los animales (NRC, 1977) y los aportes nutricionales de los ingredientes (FEDNA, 2020) (Cuadro 5.1), el alimento fue peletizado con una máquina modelo SKJ120 (Sandong, China) y conservado en

contenedores herméticos. Transcurridos los 28 d de la engorda, se registró el peso vivo de los animales, utilizando una balanza granataria (Mettria, modelo MTNUV-40, precisión 5 g) y se trasladaron al taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias, para ser sacrificados de acuerdo a la NOM-033-SAG/ZOO-2014.

5.3.3 Diseño experimental

Los 40 animales se distribuyeron completamente al azar en 2 tratamientos (sin extracto y con extracto metanólico de hojas de *Dalbergia palo-escrito* (2 g kg⁻¹ de alimento) con 5 repeticiones en cada uno, de los cuales cada repetición constaba de 4 animales.

5.3.4. Calidad de la canal

Para el análisis de la calidad de la canal se siguieron las recomendaciones de (Blasco y Ouhayoun, 1993), se realizaron mediciones *ante mortem* (Anexo 6.3.1) de peso vivo (PV), longitud del animal, circunferencia del animal, peso de la piel, vísceras completas y patas, así como las mediciones *post mortem* (Anexo 6.3.2) de longitud de la canal, circunferencia de la canal, peso de la canal caliente (PCC), peso de canal fría (PCF) y rendimiento en canal (RC %). Los cortes primarios cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas.

Cuadro 5.1. Formulación y composición nutricional de las dietas utilizadas en ensayo *in vivo* de conejos en etapa de engorda

| Ingrediente | Con extracto | Sin extracto |
|--|---------------------|---------------------|
| | BS % | |
| Maíz | 21.00 | 21.00 |
| Sorgo rojo | 20.00 | 20.00 |
| Granos secos de destilería cebada | 3.24 | 3.20 |
| Salvado trigo | 9.00 | 9.00 |
| Melaza de caña | 2.00 | 2.00 |
| Pasta de canola | 5.00 | 5.00 |
| Pasta de soya | 14.00 | 14.00 |
| Cascarilla soya | 10.00 | 10.00 |
| Paja de cebada | 12.06 | 12.30 |
| Premezcla de micronutrientes | 3.00 | 3.00 |
| Carbonato de calcio | 0.50 | 0.50 |
| Extracto metanólico de <i>Dalbergia palo-escrito</i> (g) | 0.24 | 0.00 |
| Composición nutricional calculada | | |
| Proteína cruda % | 15.07 | 15.08 |
| Energía digestible Mcal MS Kg ⁻¹ | 2.6 | 2.6 |
| FDN % | 26.02 | 26.19 |
| FDA % | 14.95 | 15.00 |
| Ca % | 0.86 | 0.87 |
| P % | 0.56 | 0.56 |
| Na % | 0.19 | 0.18 |
| K % | 0.97 | 0.97 |

BS: Base seca

FDN= fibra detergente neutro

FDA= fibra detergente ácido

Aportes nutricionales de los ingredientes obtenidos de FEDNA (2020)

Requerimientos nutricionales obtenidos de NRC (1977)

5.3.5 Calidad de la carne

5.3.5.1 Medición de pH

La medición de pH se realizó en el lomo, siguiendo la metodología de (Astrogano, 2018), para lo cual se utilizó un medidor de pH adecuado para muestras de carne (modelo HI99163, instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania).

5.3.5.2 Color

Para medir el color, se utilizó un espectrofotómetro (CM-508d Konica-Minolta, Tokio, Japón), utilizando el espacio de color CIE (Comisión Internacional sobre la Iluminación) L* a* b* (iluminante D65 y ángulo estándar de 10 °). Se hicieron 5 mediciones en el músculo *Longissimus dorsi*, siguiendo las recomendaciones de (American Meat Science Association, 2012).

5.3.5.3 Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua (Anexo 6.4.1) se realizó en el lomo, mediante el método de compresión en papel filtro, sugerido por Pla et al., (1998).

5.3.5.4 Pérdidas de peso por cocción (PPC)

Las pérdidas de peso por cocción, se realizaron diseccionando la mitad del lomo de las vértebras lumbares y posteriormente se registró el peso crudo y cocido, para lo cual se calentaron a 80° C, durante 20 min en baño maría (StableTemp, Cole Parmer, USA).

5.3.5.5 Análisis de perfil de textura

Se realizó un análisis de perfil de textura (APT) usando el software Texture Pro CT en un analizador de textura Brookfield CT3 (Brookfield, Middleboro, MA, USA). Se colocó un cubo de 10 x10 x 10 mm de carne para obtener la dureza, adhesividad,

resiliencia, cohesividad e índices de elasticidad y masticabilidad de la carne siguiendo las recomendaciones de (Bourne, 1978).

5.3.6 Calidad del producto cárnico

5.3.6.1 Elaboración de producto cárnico

En el taller de cárnicos del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, se elaboraron albóndigas de carne obtenida de las piernas de conejo, para lo cual se molió en un molino de carne (Torrey, Monterrey, NL, México), se adicionaron 10 g de sal común y 200 mL de agua a 1 kg de carne, se hicieron albóndigas de 50 g cada una y se almacenaron 3 albóndigas en charolas de unicel empacadas con plástico auto adherible, de cada tratamiento, en refrigeración a 4 °C hasta su evaluación.

5.3.6.2 Análisis microbiológico

Se realizó análisis microbiológico (Anexo 6.5.1) a las albóndigas de conejo conservadas en refrigeración a 4 °C durante 0, 7 y 14 d, utilizando la metodología para la preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológico la NOM-110-SSA1-1994 y para la cuenta de bacterias aerobias en placa la NOM-092-SSA1-1994.

5.3.6.3 Actividad antioxidante

Para el ensayo de reducción del radical 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH) se siguió la metodología de Brand-Williams et al., (1995) (Anexo 6.5.2).

5. 3.6.4 Medición de pH en albóndigas

El pH se midió con la ayuda de un potenciómetro para cárnicos marca Hanna instruments modelo HI99163 (Instrumentos Hanna, Cluj-Napoca, Rumania), se tomó el pH de una albóndiga por triplicado, con cada tratamiento, a los 0, 7 y 14 d, de almacenamiento.

5. 3.6.5 Actividad de agua (aW)

Se midió la aW para una albóndiga de cada tratamiento, haciendo uso de un equipo HigoPalm modelo HP23-aW, empresa ROTONIC ® USA, durante los 0, 7 y 14 d.

5.3.7 Análisis estadístico

Se utilizó un modelo completamente al azar para la evaluación de la canal y la carne, y un diseño completamente al azar con repeticiones a través del tiempo para la evaluación microbiológica y fisicoquímica del producto cárnico. Las variables se analizaron mediante un modelo lineal general del paquete estadístico SPSS ver 20 (IBM, Chicago, IL, USA). Utilizando una prueba de comparación de medias de Tukey ($P < 0.05$).

5.4 RESULTADOS

5.4.1 Ensayo *in vivo* con conejos

El consumo de alimento (Cuadro 5.2) de los animales que consumieron la dieta con extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito*, fue menor ($P<0.05$) durante todas las semanas que duró el experimento, en comparación con los animales que no lo consumieron.

Cuadro 5.2. Consumo de alimento de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Semana | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|--------|---------------------|-------------------------|------|
| | g d ¹ | | |
| 1 | 72.35 ^a | 35.27 ^b | 4.45 |
| 2 | 97.33 ^a | 49.53 ^b | 2.87 |
| 3 | 110.75 ^a | 61.86 ^b | 2.85 |
| 4 | 116.86 ^a | 63.09 ^b | 3.23 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por semana. $P<0.05$
MEE: Media del error estándar

5.4.2 Calidad de la canal

En el Cuadro 5.3, se observa que los animales que consumieron extracto metanólico de *D. palo-escrito*, presentaron menores ($P<0.05$) medidas morfométricas (longitud del animal, longitud de la canal, circunferencia lumbar de los animales y circunferencia lumbar de la canal), así como el peso vivo, de la piel, patas, vísceras, de la canal caliente, de la canal fría y rendimiento que aquellos que no lo consumieron (Cuadro 5.4).

Cuadro 5.3. Medidas morfométricas del animal y de la canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|---|---------------------|--------------------------------|------------|
| Longitud del animal (cm) | 30.40 ^a | 27.50 ^b | 0.82 |
| Longitud de la canal (cm) | 30.74 ^a | 26.66 ^b | 0.75 |
| Circunferencia lumbar vivo (cm) | 20.68 ^a | 17.83 ^b | 0.74 |
| Circunferencia a lumbar canal (cm) | 15.03 ^a | 12.23 ^b | 0.57 |
| Piel (g) | 250.60 ^a | 142.16 ^b | 19.37 |
| Patas (g) | 44.06 ^a | 29.66 ^b | 0.96 |
| Vísceras completas (g) | 435.13 ^a | 330.66 ^b | 25.00 |

^{ab} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05
MEE: Media del error estándar

Cuadro 5.4. Calidad de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|--------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------|
| Rendimiento (%) | 50.30 ^a | 46.38 ^b | 0.804 |
| Peso vivo (g) | 1717.33 ^a | 1093.33 ^b | 110.39 |
| Peso canal caliente (g) | 883.20 ^a | 530.66 ^b | 61.98 |
| Peso canal fría (g) | 867.20 ^a | 514.00 ^b | 61.36 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05,
MEE: Media del error estándar

Los cortes primarios (cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas), así como la proporción de carne y hueso de las piernas, obtenidos de canales de animales que consumieron extracto metanólico de *D. palo-escrito* en la dieta, presentaron menor peso (P<0.05), que aquellos que no lo consumieron. En cambio, no se

observaron diferencias ($P>0.05$) entre tratamientos en el peso de la grasa riñonada, escapular y la intermuscular de las piernas (Cuadro 5.5).

Cuadro 5.5. Cortes primarios de canal de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|------------------------|---------------------|-------------------------|-------|
| | g | | |
| Grasa riñonada | 9.80 | 5.50 | 1.64 |
| Grasa escapular | 4.07 | 2.18 | 4.26 |
| Cabeza | 89.86 ^a | 70.66 ^b | 3.51 |
| Parte anterior | 206.40 ^a | 128.33 ^b | 14.33 |
| Parte media | 84.26 ^a | 49.00 ^b | 8.21 |
| Lomo | 158.80 ^a | 86.00 ^b | 13.78 |
| Piernas | 305.46 ^a | 176.33 ^b | 21.08 |
| Carne | 214.26 ^a | 115.66 ^b | 16.13 |
| Hueso | 84.00 ^a | 58.33 ^b | 4.83 |
| Grasa | 4.43 | 0.38 | 1.87 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($P<0.05$).
MEE: Media del error estándar

5.4.3 Calidad de la carne

5.4.3.1. Medición de pH y medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

El pH de la carne de conejos alimentados con extracto metanólico de *D. palo-escrito*, fue mayor ($P<0.05$) y el parámetro de color de L* fue menor, que la obtenida de animales que no consumieron el extracto, en cambio los valores de a* y b* no fueron

diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos, al igual que la capacidad de retención de agua y las pérdidas de peso por cocción (Cuadro 5.6).

Cuadro 5.6. Color y CRA de carne de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|--------------|--------------------|-------------------------|------|
| pH | 5.49 ^b | 5.73 ^a | 0.05 |
| L* | 48.49 ^a | 43.49 ^b | 0.82 |
| a* | 1.44 | 1.25 | 0.26 |
| b* | 7.79 | 7.67 | 0.28 |
| CRA % | 23.72 | 19.23 | 2.50 |
| PPC % | 26.11 | 27.47 | 1.15 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. $P<0.05$.

CRA: Capacidad de retención de agua

PPC: Pérdidas de peso por cocción

MEE: Media del error estándar

5.4.3.2. Análisis de perfil de textura

La resiliencia y la cohesividad del lomo de conejos alimentados con extracto metanólico de *D. palo-escrito*, fueron mayores ($P<0.05$) en comparación con aquellos que no lo consumieron, en cambio la dureza, fuerza de adhesividad, índice de elasticidad e índice de masticabilidad no fueron diferentes ($P>0.05$) entre tratamientos (Cuadro 5.7).

Cuadro 5.7. Perfil de textura del lomo de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | Sin extracto | Con extracto metanólico | MEE |
|--|-------------------|-------------------------|------|
| Dureza (N) | 16.16 | 15.40 | 1.23 |
| Fuerza adhesividad (g.s⁻¹) | 0.05 | 0.02 | 0.01 |
| Resiliencia | 0.16 ^b | 0.21 ^a | 0.00 |
| Cohesividad | 0.48 ^b | 0.53 ^a | 0.01 |
| Índice elasticidad | 0.02 | 0.02 | 0.00 |
| Índice masticabilidad | 4.75 | 4.59 | 0.55 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos. P<0.05.

MEE: Media del error estándar

5.4.4 Calidad del producto cárnico

5.4.4.1 Actividad antimicrobiana

Al incluir en la dieta de los animales extracto metanólico de *D. palo-escrito*, las albóndigas elaboradas con su carne, presentó menor (P<0.05) crecimiento bacteriano de cuenta total viable, estafilococos y enterobacterias al día 0, estafilococos en el día 7 y enterobacterias en el día 14 de su almacenamiento, en comparación con las obtenidas de animales que no lo consumieron (Cuadro 5.8).

Cuadro 5.8. Calidad microbiológica a través del tiempo del producto cárnico de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Variable | CTV | Log ⁻¹ UFC g ⁻¹ | |
|--------------------------------|-------------------|---------------------------------------|-------------------|
| | | Estafilococos | Enterobacterias |
| | | 0 d | |
| Sin extracto | 4.10 ^a | 3.77 ^a | 3.49 ^a |
| Con extracto metanólico | 3.55 ^b | 3.20 ^b | 2.95 ^b |
| MEE | 0.05 | 0.07 | 0.08 |
| | | 7 d | |
| Sin extracto | 4.23 | 6.25 ^a | 5.02 |
| Con extracto metanólico | 4.89 | 4.86 ^b | 4.88 |
| MEE | 0.17 | 0.06 | 0.41 |
| | | 14 d | |
| Sin extracto | 9.50 | 8.68 | 9.20 ^a |
| Con extracto metanólico | 8.72 | 8.47 | 8.76 ^b |
| MEE | 0.31 | 0.15 | 0.05 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. P<0.05.

MEE: Media del error estándar

CTV= cuenta total viable

UFC: Unidades formadoras de colonias

5.4.4.2 Actividad antioxidante

El Cuadro 5.9 se observa que la actividad antioxidante del producto cárnico (albóndigas) de los animales que consumieron extracto metanólico de *D. palo escrito*, no fue diferente (P>0.05) entre tratamientos, durante los 14 d de almacenamiento.

5.4.4.3 Determinación de pH y actividad de agua (aW)

El pH de las albóndigas de carne de conejos alimentados con extracto de *D. palo-escrito* fueron menores (P<0.05) al día 14 de almacenamiento, que los que no lo consumieron; mientras que en la actividad de agua no se encontraron diferencias (P>0.05) entre las albóndigas de los tratamientos (Cuadro 5.9).

Cuadro 5.9. Calidad fisicoquímica del producto cárnico de conejos, a los cuales se les incluyó como aditivo, extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en su dieta

| Tratamientos | DPPH mg mL ⁻¹ | pH | aW |
|--------------------------------|--------------------------|-------------------|-------|
| | | 0 d | |
| Sin extracto | 55.15 | 5.92 | 0.945 |
| Con extracto metanólico | 60.05 | 5.98 | 0.946 |
| MEE | 0.92 | 0.03 | 0.000 |
| | | 7 d | |
| Sin extracto | 51.12 | 5.86 | 0.910 |
| Con extracto metanólico | 54.54 | 5.97 | 0.902 |
| MEE | 2.02 | 0.04 | 0.000 |
| | | 14 d | |
| Sin extracto | 54.45 | 7.19 ^a | 0.957 |
| Con extracto metanólico | 57.45 | 6.70 ^b | 0.962 |
| MEE | 3.34 | 0.05 | 0.000 |

^{abc} Indican diferencias estadísticas entre tratamientos por d. P<0.05.

MEE: Media del error estándar

aW: Actividad de agua

5.5 DISCUSIÓN

5.5.1. Ensayo *in vivo* en conejos

Los animales en etapa de engorda que consumieron extracto metanólico de *Dalbergia palo-escrito* en la dieta, presentaron menor consumo, en comparación con los que no lo consumieron (Cuadro 5.2), lo cual se explica debido al metanol (solvente de alta polaridad), solubiliza altas concentraciones de taninos, que son compuestos de sabor amargo, que afectan la palatabilidad y por ende el consumo de los animales (Pedraza, 2008), además de intervenir directamente en el metabolismo energético (Cuadro 6.1 del Anexo 6.5.3), coincide con García-Valencia et al., (2019), quienes demostraron que al incrementar la concentración de extracto acuoso de *D. palo-escrito* de 50 a 300 mL en el alimento, disminuye el consumo de los animales de 106 a 59.28 g d⁻¹, respectivamente, siendo este consumo menor al obtenido en esta investigación (63.09 g d⁻¹), de manera contraria a lo reportado al utilizar extractos de orégano (108 a 110 g)(Cardinali et al., 2015)), ajo (139 g), tomillo (148), ajo con tomillo (137 g) (Jaramillo 2018), *Glycyrrhiza glabra* L. (108 g) (Dalle et al., 2019), *Chenopodium ambrosioides* (136 g) (García-Vázquez et al., 2017).

5.5.2 Calidad de la canal

El extracto metanólico de *D. palo-escrito* en la dieta de conejos en etapa de engorda, disminuye ($P < 0.05$) las medidas morfométricas (longitud del animal, longitud de la canal, circunferencia lumbar de los animales y circunferencia lumbar de la canal) Cuadro 5.3, así como el peso vivo, de la piel, patas, vísceras, de la canal caliente, de la canal fría y rendimiento que aquellos que no lo consumieron (Cuadro 5.4), lo cual se puede explicar debido a que existen metabolitos secundarios o factores antinutricionales en las plantas que pueden actuar como inhibidores de proteasas,

que alteran la digestión de las proteínas, inhibiendo la acción de las enzimas digestivas que se enfocan en la hidrólisis de las proteínas de la dieta y algunos de los efectos mencionados causados por los inhibidores de proteasas es la inhibición del crecimiento (De Dios et al., 2009). Datos similares a los obtenidos en el presente investigación, son los reportados por Afuang et al., (2003) quienes probaron extractos metanólicos de hoja de moringa como sustituto de proteína dietética del alimento para tilapia, obteniendo una reducción del crecimiento, contrario a lo reportado por Herrera-Soto et al., (2018), en engorda de conejos, al utilizar ruda y manzanilla, incrementaron el largo del animal (33.33 cm), el largo de la canal (32.50 cm); circunferencia del animal de 20-21 cm, circunferencia de la canal de 15-16 cm y patas de 46-57 g; Zepeda-Bastida et al., (2019) con *Tithonia tubaeformis* (hoja, tallo y planta completa), reportaron vísceras de 235-260 g; Dalle et al., (2019) con *Glycyrrhiza glabra L.* obtuvieron peso de patas de 203-218 g y García-Vázquez et al., (2020) con *Chenopodium ambrosioides*, una circunferencia de la canal de 22-23 cm. Dalle y Cossu, (2009), quienes al incluir extracto de tanino de quebracho rojo, incrementaron el peso a los 86 d de engorda (2623 – 2661 g); Jaramillo, (2018), quien mejoró el rendimiento (55 %) en canal y el peso vivo (1492 g) al utilizar extracto de tomillo; Dalle y Cossu, (2009) quienes aunque mejoraron el rendimiento en canal (60 – 61%), si incrementaron el peso vivo (2623 – 2661 g) al adicionar 1 y 3% de extracto de tanino de quebracho rojo.

Los cortes primarios (cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas), así como la proporción de carne y hueso de las piernas, obtenidos de canales de animales que consumieron extracto metanólico de *D. palo-escrito* en la dieta, presentaron

menor peso ($P < 0.05$), que aquellos que no lo consumieron, en cambio, no se observaron diferencias ($P > 0.05$) entre tratamientos en el peso de la grasa riñonada, escapular y la intermuscular de las piernas (Cuadro 5.5), contrario a lo reportado por Gracia-Vázquez et al., (2020) al adicionar *Chenopodium ambrosioides*, no encontraron efecto sobre la parte anterior, parte media, lomo, piernas además de la relación de carne, hueso y grasa (2.44- 2.49, 71.17- 84.03, 221- 224.65, 332- 336, 100, 696- 706 y 259- 263 g kg⁻¹, respectivamente), sin embargo, se reportan menores pesos de la grasa intermuscular (7.6 g) al agregar 5 g L⁻¹ de la planta en la dieta, por otro lado Zepeda-Bastida et al., (2019), no encontraron efecto sobre los pesos de los cortes primarios que corresponden a la cabeza, parte anterior, parte media, parte posterior y piernas (60, 61, 154 – 156, 62 – 71 y 110 – 117, 202 – 211 g kg⁻¹, respectivamente), al igual que la relación de carne hueso y grasa intermuscular, (737 – 765, 214- 229, 5.85 – 10.97 g kg⁻¹, respectivamente) al adicionar con *Tithonia tubaeformis* la dieta de conejos en la etapa de engorda y Cordero-Caballero et al., (2019), quienes adicionaron extracto de *Cymbopogon citratus* y obtuvieron para los cortes primarios pesos de cabeza de 104 g, parte anterior de 232- 237 g, parte media de 97- 102 g, parte posterior de 190 g, piernas de 343- 347 g, al igual que la relación de carne, hueso y grasa intermuscular (720 - 724, 255- 258, 5.51- 7.63 g kg⁻¹, respectivamente).

5.5.3 Calidad de la carne

5.5.3.1. Medición de pH y medición de color, capacidad de retención de agua (CRA) y pérdidas por cocción

El pH de la carne de conejos alimentados con extracto metanólico de *D. palo-escrito*, fue mayor ($P < 0.05$) y el parámetro de color de L^* fue menor, que la obtenida de animales que no consumieron el extracto, en cambio los valores de a^* y b^* no fueron diferentes ($P > 0.05$) entre tratamientos, al igual que la capacidad de retención de agua y las pérdidas de peso por cocción (Cuadro 5.6), similar a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020) quienes obtuvieron pH de 5.6 en animales que consumieron *Chenopodium ambrosioides*; al igual que Zepeda-Bastida et al., (2019) con *Tithonia tubaeformis* con valores de 5.84 y 5.83 y Herrera-Soto et al., (2018), con manzanilla y ruda, valores correspondientes a un proceso normal, ya que 24 h post mortem, el pH de la carne de conejo desciende hasta 5.70 – 5.80 (García et al., 2012).

En lo que se refiere al color, Pla et al., (1998) plantea que la luminosidad de la carne de conejo es elevada ($L^* > 50$), al igual que García-Vázquez et al., (2020), quienes obtuvieron en el parámetro de color L^* 54.28, al adicionar 10 g L^{-1} de *Chenopodium ambrosioides* y Zepeda-Bastida et al., (2019) con *Tithonia tubaeformis*, encontraron valores de 57.94 a 59.89, en cambio al adicionar extractos metánolicos en la dieta en esta investigación, se obtuvieron valores de 43.49 de L^* , similares a lo reportado por Cordero-Caballero et al., (2019) quienes al incluir *Cymbopogon citratus* observaron valor de L^* de 46.

Aunque en esta investigación la capacidad de retención de agua (19.23%) y pérdidas de peso por cocción (27.47 %), no fueron afectadas por la adición de extracto metánolico de *D. palo-escrito*, los valores obtenidos fueron similares a los obtenidos por García et al., (2012) quienes al suplementar con follaje *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis guineensis* la dieta de los conejos obtuvieron una capacidad de retención de agua de 18 a 20 %, sin embargo los valores de esta investigación fueron menores a lo reportado por García-Vázquez et al., (2020), con *Chenopodium ambrosioides*, quienes obtuvieron capacidad de retención de agua de 23 a 26 % y pérdidas de peso por cocción de 39 a 45.51 %, al igual que Cardinali et al., (2012) que al incluir extracto de orégano, encontraron capacidad de retención de agua de 54.64 %.

5.5.3.2. Análisis de perfil de textura

La resiliencia y la cohesividad del lomo de conejos se incrementaron ($P < 0.05$) al incluir extracto metanólico de *D. palo-escrito* en su dieta, en cambio no se afectó ($P > 0.05$) la dureza, fuerza de adhesividad, índice de elasticidad e índice de masticabilidad (Cuadro 5.7), al igual que Zepeda-Bastida et al., (2019), quienes al incluir tallo de *Tithonia tubaeformis*, incrementaron la fuerza (7.61 N), con hojas y planta completa la resiliencia (0.18 y 0.17), cohesividad (0.47) y elasticidad (2.33 y 2.20); contrario a lo reportado por (García-Vázquez et al., 2020), quienes al incluir *Chenopodium abrosioides* disminuyeron adhesividad (0.01), no afectaron la resiliencia (20-21), cohesividad (52-54), elasticidad (2.52-2.76) y fuerza (9.10-10.86 N). Así como Coreno et al., (2017) quienes al ofrecer vinagre, obtuvieron valores de resiliencia de 0.21 y cohesividad de 0.53.

5.5.4 Calidad del producto cárnico

5.5.4.1 Actividad antimicrobiana

Al incluir en la dieta de los animales extracto metanólico de *D. palo-escrito*, las albóndigas elaboradas con su carne, disminuyeron ($P < 0.05$) el crecimiento bacteriano de cuenta total viable, estafilococos y enterobacterias al día 0, estafilococos en el día 7 y enterobacterias en el día 14 de su almacenamiento; si bien hasta donde se tuvo alcance en la investigación no se encontraron reportes de adición de extractos metanólicos en la alimentación de animales ni su efecto antimicrobiano, sin embargo, existen trabajos donde se evalúa la actividad antimicrobiana de extractos metanólicos de plantas *in vitro*, encontraron mayor inhibición para *Staphylococcus aureus* con el extracto de mezquite (*Prosopis velutina*) con una CMI_{90} $100 \mu\text{g mL}^{-1}$ (Castillo, 2016), dentro de los ensayos *in vivo* que se han realizado con plantas aromáticas se encontró una disminución al día 0 de la cuenta total viable (0.40 UFC g^{-1}) al incluir *Chenopodium ambrosioides* en el agua de bebida (García-Vázquez et al., 2020) y adicionar directamente en el producto cárnico (hamburguesas) polvo de *Curcuma longa L* disminuyeron al día 0, estafilococos ($1.97 \text{ Log UFC g}^{-1}$), al día 7, la cantidad de cuenta total viable ($7.03 \text{ Log UFC g}^{-1}$) y estafilococos ($3.76 \text{ Log UFC g}^{-1}$) (Mancini et al., 2015).

5.5.4.2 Actividad antioxidante

La actividad antioxidante del producto cárnico (albóndigas), no se vio afectada ($P > 0.05$) al incluir extracto metanólico de *D. palo escrito* en la dieta de conejos en etapa de engorda durante los 14 d de almacenamiento (Cuadro 5.9). En cambio García-Vázquez et al., (2020), encontraron $0.18 \text{ mg malonaldehído (MDA) kg}^{-1}$

reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) al día 0 de almacenamiento en hamburguesas al ofrecer en el agua de bebida *Chenopodium ambrosioides*, así como Mancini et al., (2015), quienes obtuvieron al día 7, 1.1 mmol equivalentes de trolox kg⁻¹ de carne, al adicionar polvo de cúrcuma directamente en hamburguesas, en cambio al incluir en el alimento extracto de *Glycyrrhiza glabra* L. se obtuvieron 4.25, 3.22 y 3.12 mg g⁻¹ de α -tocoferol al día 0, 3 y 6 de almacenamiento, respectivamente, al aplicar el extracto directamente en la carne, obtuvieron valores de 4.46, 4.07 y 3.84 mg g⁻¹ de α -tocoferol, demostrando con ello que aunque se obtiene mayor cantidad de compuestos antioxidantes como el α -tocoferol al aplicarlo directamente a la carne, cuando es incluido en la alimentación de los animales, además del beneficio funcional en el alimento de origen animal, se obtiene un beneficio productivo (Dal Bosco et al., 2019).

5.5.4.3 Determinación de pH y actividad de agua (aW)

El pH de las albóndigas de carne de conejos alimentados con extracto de *D. paloescrito* fueron menores (6.70) (P<0.05) al día 14 de almacenamiento; mientras que en la actividad de agua (0.90) no se observó efecto (P>0.05) (Cuadro 5.9), contrario a lo reportado por Cobos et al., (2014), quienes obtuvieron al día 7 d de almacenamiento incremento en el pH en un producto cárnico crudo, con valores entre 4.7 y 4.9, siendo más ácidos debido a que el producto era madurado; al igual que Mancini et al., (2017) quienes reportaron en hamburguesas con polvo de jengibre, incremento del pH el día 7; en cambio García-Vázquez et al., (2020), no encontraron efecto sobre pH al incluir *Chenopodium ambrosioides*, lo cual coincide

con Mancini et al., (2017) al adicionar *Zingiber officinale* y Mancini et al., (2015) con polvo de *Curcuma longa* L. en el día 0 con valores de 5.7- 5.8.

Contrario a lo encontrado en esta investigación la actividad de agua al adicionar fibra de trigo Cobos et al., (2014) fue incrementada, sin embargo los valores son muy similares (0.94), en cambio la aW, lo cual impide el deterioro bacteriano, ya que estabiliza el producto final y asegura su vida útil.

5.6 CONCLUSIÓN

Al utilizar como aditivo el extracto metanólico de *Dalbergia Palo-escrito* en la dieta de conejos en la etapa de engorda, se disminuye el consumo, con este el peso vivo, y la calidad de la canal, en cambio incrementa el pH y disminuye el valor de L*, manteniendo capacidad de retención de agua y pérdidas de peso por cocción, mejora la calidad del producto cárnico (albóndigas), debido a que estabiliza la actividad de agua y el pH, con lo cual disminuye la carga bacteriana.

5.7 REFERENCIAS

Afuang, W., Siddhuraju, P., y Becker, K. (2003). Comparative nutritional evaluation of raw, methanol extracted residues and methanol extracts of moringa (*Moringa oleifera* Lam.) leaves on growth performance and feed utilization in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). *Aquaculture Research*, 34 (13), 1147–1159. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2109.2003.00920.x>

American Meat Science Association. (2012). AMSA Meat Color Measurement Guidelines Pautas para la medición del color de la carne de la AMSA. AMSA Meat Color Measurement Guidelines. Consultado en Junio del 2020. <https://www.virtualpro.co/biblioteca/pautas-para-la-medicion-del-color-de-la-carne-de-la-amsa>

Astrogano, E. C. (2018). *Mejora de la calidad de la carne de conejo mediante actuaciones nutricionales, adición de semillas de lino*. [Tesis de Licenciatura, Universidad Pública de Navarra]. <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/28299>

Blasco, A., y Ouhayoun, J. (1993). Armonización de criterios y terminología en la investigación de carne de conejo. *World Rabbit Science*, 4, 93–99. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/view/278/265>

Bourne, M. C. (1978). Texture Profile Analysis. En Texture Profile Analysis. Consultado en Marzo del 2020. <https://texturetechnologies.com/resources/textureprofileanalysis#:~:text=Texture%20Profile%20Analysis%20is%20a,%2C%20gels%2C%20and%20personal>

%20care.&text=The%20TPA%20test%20was%20often,mimics%20the%20mouth's%20biting%20action.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. In *LWT - Food Science and Technology*, 28 (1), 25–30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)

Cardinali, R., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Mattioli, S., Ruggeri, S., Dalle Z. A., Sartori, A., Cullere, M., y Castellini, C. (2012). Effect of Different Dietary Aromatic Essences on Meat Quality of Rabbit. *World Rabbit Congress*, 3 (6), 925–929. <https://www.researchgate.net/publication/235644763>

Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Castellini, C., Trabalza M. M., y Dalle Z. A. (2015). Oregano, rosemary and vitamin E dietary supplementation in growing rabbits: Effect on growth performance, carcass traits, bone development and meat chemical composition. *Livestock Science*, 175, 83–89. <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2015.02.010>

Castillo, M. L. C. (2016). *Actividad antibacteriana de extractos metanólicos de plantas como probable fuente botánica de propóleos de Ures*, [Tesis de Licenciatura, Sonora. Universidad de Sonora]. <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/handle/unison/1997>

Cobos, V. J. E., Soto, S. S., Alfaro, R. R. H., Aguirre, Á. G. , Rodríguez, P. B. R., y González, T. R. (2014). Evaluación de parámetros de calidad de chorizos elaborados con carne de conejo, cordero y cerdo, adicionados con fibra de trigo.

In *Nacameh*, 1 (8), 50-64.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6031413&info=resumen&idoma=ENG>

Cordero-Caballero, V., García-Vázquez, L. M., Ayala-Martínez, M., Soto-Simental, S., Hernández-Aco, R. S., y Zepeda-Bastida, A. (2019). Efecto de extracto de zacate limón (*Cymbopogon citratus*) sobre parametros productivos, calidad de la canal y de la carne de conejos. *Revista Mexicana de Agroecosistemas*, 2 (6), 1109-1115.

https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

Coreno, H. O., García, valencia S., Ayala, M. M., Soto, S. S., Ojeda, R. D., y Zepeda, B. A. (2017). Efecto del consumo de vinagre y una bebida fermentada sobre la calidad de la canal y carne de conejos. *Avanico Veterinario*, 7 (1), 48–52. <http://www.scielo.org.mx/pdf/av/v7n1/2448-6132-av-7-01-00048.pdf>

Dal Bosco, A., Mattioli, S., Matics, Z., Szendrő, Z., Gerencsér, Z., Mancinelli, A. C., Kovács, M., Cullere, M., Castellini, C., y Dalle Z. A. (2019). The antioxidant effectiveness of liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) extract administered as dietary supplementation and/or as a burger additive in rabbit meat. *Meat Science*, 158, 107921. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107921>

Dalle, Z. A., Celia, C., Cullere, M., Szendrő, Z., Kovács, M., Gerencsér, Z., Dal Bosco, A., Giaccone, V., y Matics, Z. (2019). Effect of an in-vivo and/or in-meat application of a liquorice (*Glycyrrhiza glabra L.*) extract on fattening rabbits live

performance, carcass traits and meat quality. *Animal Feed Science and Technology*, 260, 114333. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2019.114333>

Dalle Z. A., y Cossu, M. E. (2009). Dietary inclusion of tannin extract from red quebracho trees (*Schinopsis* spp.) in the rabbit meat production. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (2), 784–786. <https://doi.org/10.4081/ijas.2009.s2.784>

De Dios, E. A., Porrilla, P. Y., & Chaparro, C. D. C. (2009). Factores antinutricionales en semillas. *Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cauca*, 7 (1), 45–53.

<https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/703/331>

De Mendonça, M. L. S. (2016). Caracterização química e identidade genética de *Dalbergia ecastaphyllum* para produção de extratos padronizados. In Rede Noreste de Biotecnología. 111 p. https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3269/1/LUCYANA_SANTOS_MENDONCA_MELO.pdf

FEDNA. (2020). FEDNA | Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. Consultado en Julio del 2020. <http://www.fundacionfedna.org/>

García, A., Córdova, L., Urpin, L., Méndez, R., & Malavé, A. (2012). Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejo suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis guineensis*. *Revista Científica UDO Agrícola*, 12 (4), 939–946. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6104330>

García-Valencia, S., Soto-Simental, S., Ocampo-López, J., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2019). Efecto de la Inclusión de Extracto de *Dalbergia palo-*

escrito sobre los parámetros productivos de conejo en engorda. *Revista Mexicana de Agroecosistema*, 2 (6), 1095-1110.
https://www.voaxaca.tecnm.mx/revista/docs/RMAE%20vol%206_Sup2_2019/Congreso_AMPA_2019-Sup2.pdf

García-Vázquez, L., Ayala-Martínez, M., Zepeda-Bastida, A., Ojeda-Ramírez, D., y SotoSimental, 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.
<https://doi.org/10.21929/abavet2017.71.4>

García-Vázquez, L., Zepeda-Bastida, A., Ayala-Martínez, M., y Soto-Simental, S. (2020). Infusion of *Chenopodium ambrosioides* consumed by rabbits: effects on carcass, meat and burger quality. *Food Science and Technology*, 7.
https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S010120612020005010209&script=sci_arttext

Hernández, P. (2008). Enhancement of nutritional quality and safety in rabbit meat. *Meat Quality and Safety*, 1287–1300.

Herrera-Soto, I., Zepeda-Bastida A., Ayala-Martínez. M., García-Flores, M., y Soto-Simental S. (2018). Aromatic plants in the feeding of rabbits and their effect on meat. *Abanico Veterinario*, 8(2), 81–87.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.7>

Jaramillo, B. Á. H. (2018). Evaluación del extracto de ajo (*Allium sativum*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) en el agua de bebida y su efecto en los parámetros

productivos y salud intestinal de conejos, pollos de engorde y cerdos. *Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)*. 149.
<https://repositorio.sena.edu.co/handle/11404/5290>

Mancini, S., Preziuso, G., Dal Bosco, A., Roscini, V., Szendrő, Z., Fratini, F., y 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 Science*, 110 (2015), 93-100. <https://scihub.se/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005#>

Mancini, S., Preziuso, G., Fratini, F., Torracca, B., Nuvoloni, R., Dal Bosco, A., y Paci, G. (2017). Qualitative improvement of rabbit burgers using *Zingiber officinale roscoe* powder. *World Rabbit Science*, 25 (4), 367–375. <https://doi.org/10.4995/wrs.2017.7656>

Meineri, G., y Peiretti, P. G. (2009). Effects of Chia (*Salvia hispanica L.*) seed supplementation on rabbit meat quality, oxidative stability and sensory traits. *Italian Journal of Animal Science*, 9 (1), 778–780. <https://doi.org/10.4081/ijas.2007.1s.778>

Mendoza, M. G. D., Martínez, G. J. A., Hernández, G. P. A., y Lee, R. H. . (2018). Uso de productos herbales nutracéuticos en la alimentación de rumiantes. In *Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México*, 69–86.

NOM-033-SAG/ZOO-2014. (2015). NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Métodos para dar muerte a los animales domésticos y silvestres. Diario

Oficial de la Federación. México. Publicado el 26 de Agosto.

https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5405210&fecha=26/08/2015

NOM-110-SSA1-1994. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 2 de Febrero.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4868292&fecha=02/02/1995

NOM-092-SSA1-1994. (1995). Secretaría de Salud. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 12 de Diciembre de 1995. <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

NRC. (1977). Nutrient Requirements of Rabbits,. In Nutrient Requirements of Rabbits,. National Academies Press. Consultado en Marzo del 2019. <https://doi.org/10.17226/35>

Pedraza, O. R. M. (2008). Non-Phenolic Secondary Metabolites in Trees and Shrubs Foliage. Effects on Ruminant Digestion Physiology. *Rev. prod. animal*, 20 (2), 97-101.

https://www.researchgate.net/publication/277132775_Metabolitos_secundarios_no_fenolicosen_el_follaje_de_arboles_y_arbustos_Efecto_en_la_fisiologia_digestiva_de_rumiantes

Pérez-Martínez, K., Soto-Simental, S., Zepeda-Bastida, A., y Ayala-Martínez, M. (2018). Productive parameters rabbits fed with different parts of the *Tithonia*

tubaeformis plant. *Abanico Veterinario*, 8 (2), 108–114.
<https://doi.org/10.21929/abavet2018.82.10>

Pla, M., Guerrero, L., Guardia, D., Oliver, M. A., & 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)

Sepúlveda, J. G., Porta, D. H., & Rocha, S. M. (2003). La Participación de los Metabolitos Secundarios en la Defensa de las Plantas. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 21 (3), 355–363. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61221317>

Zepeda-Bastida, A., Martínez, M. A., y Simental, S. S. (2019). Carcass and meat quality of rabbits fed *Tithonia tubaeformis* weed. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 48, 20190074. <https://doi.org/10.1590/RBZ4820190074>

VI. ANEXOS

6.1 DETERMINACIÓN DE FENOLES TOTALES

Para la determinación de fenoles totales, se realizó la solución madre, disolviendo 0.5 g de ácido gálico en 100 mL de etanol, para la curva de calibración se realizaron 5 diluciones a partir de la solución madre, tomando 0, 5, 10, 15, 25 y 50 μL de la misma y aforando a 50 mL cada dilución, para obtener 0, 0.5, 1, 1.5, 2.5, y 5 mg L^{-1} de ácido gálico, de las cuales se tomó 1.58 mL y se adicionaron 100 μL de reactivo Folin-Ciocalteu (Sigma-Aldrich, USA), se homogenizó y se dejó reaccionar, durante 8 min en oscuridad, se añadieron 300 μL de solución de carbonato de sodio (20 g en 100 mL), se homogenizó e incubó durante 15 min a 50 °C, debido a que se necesitan dos reacciones 1) el ácido fosfomolibdotúngstico (formado por las dos sales en el medio ácido), de color amarillo (a temperatura ambiente), 2) al ser reducido por los grupos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso (50 °C), cuya intensidad es la que medimos para evaluar el contenido de polifenoles. Posteriormente se leyó en un espectrofotómetro (Jenway, modelo 6305, USA) a una absorbancia a 765 nm. Para la evaluación de las muestras se repitió el mismo procedimiento, excepto que se realizaron diluciones de extracto con agua destilada 1:1000, se tomaron 1.58 mL de las diluciones en vez de la solución madre Lamuela (2017).

6.2 DETERMINACIÓN DE ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE

6.2.1 Por reducción del radical 2,2-diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH)

Para la determinación de actividad antioxidante por reducción del radical DPPH, Se preparó una solución madre de DPPH 3.9 mg / 100 mL en metanol y se realizó una

curva de calibración con 4 diluciones de la solución madre 5, 10, 15, 20 mL, aforando a 25 mL. Para las muestras de extractos se prepararon diluciones seriales, 1:1000 con agua destilada, posteriormente se tomaron 1950 μ L de solución madre y se mezclaron con 50 μ L de dilución del extracto y se leyó en un espectrofotómetro (Jenway, modelo 6305, USA) a una absorbancia a 765 nm, cada 10 min, durante 1 h Brand-Williams et al., (1995).

6.2.2 Determinación de actividad antioxidante por reducción del ion Fe_3

Para la determinación de actividad antioxidante por reducción del ion Fe_3 , se preparó una solución FRAP (Ferric Reducing/Antioxidant Power), para la cual se mezclaron 25 mL de la solución TPTZ (0.0312 g de 2,4,6 tris,2 pyridyl-s- triazine, aforando a 10 mL con HCl 40 mM) con 25 mL de solución $FeCl_3$ (0.162 g en agua destilada y se aforó a 50 mL, protegido de la luz) y 25 mL de amortiguador de acetato de sodio (4.921 g, en agua destilada, se ajustó el pH a 3.6 y se aforo a 200 mL) , se mantuvo a 37 °C hasta su posterior uso; para la curva se hizo una solución madre de 5 mg de Trolox (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), mezclados con 5 mL de metanol al 80 % y 5 mL de agua destilada, de la cual se colocaron para la curva 20, 30, 40, 60, 80, 100, 120, 180, 240, 300 y 400 μ L, a los cuales se les adiciono la cantidad correspondiente de metanol al 80 % para llegar a 400 μ L volumen final, para posteriormente adicionar 300 μ L de solución FRAP, para las muestras se realizaron diluciones de 1:1000 con agua destilada en un volumen final de 2 mL, se toman 100 μ L de la muestra, se agregaron 300 μ L de agua destilada y 300 μ L de solución FRAP, se agitaron en vortex y se incubaron a 37 °C

por 30 min, posteriormente se hizo la lectura en un espectrofotómetro (Jenway, modelo 6305, USA), a una absorbancia a 593 nm (Benzie y Strain, 1996).

6.3 CALIDAD DE LA CANAL

6.3.1 Para obtener las mediciones *ante mortem*:

Siguiendo la metodología de Blasco y Ouhayoun, (1993), se obtuvo:

Peso vivo (PV): Se consideró el peso del animal al término de la engorda, sin ayunar, (incluyó contenido digestivo y vejiga llena).

Longitud del animal: Se midió desde el atlas hasta la última vertebra isquémica.

Circunferencia del animal: Se midió a nivel de las vértebras lumbares.

6.3.2 Para obtener las mediciones *post mortem*:

Siguiendo la metodología de Blasco y Ouhayoun, (1993), se obtuvo:

Longitud de la canal: Se midió desde el atlas hasta la última vertebra isquémica.

Circunferencia de la canal: Se midió a nivel de las vértebras lumbares.

Peso de piel, vísceras completas y patas.

Peso de la canal caliente (PCC): Se realizó 30 min después del sacrificio.

Peso de canal fría (PCF) o canal comercial: Se realizó después de estar en refrigeración (4 °C), durante 24 h, posterior al sacrificio.

Rendimiento en canal (RC %): Se obtuvo la relación entre el peso de la canal fría y el peso vivo.

Los cortes primarios, se obtuvieron, realizando cuatro cortes (Figura 6.1), 1) para separar la cabeza, se hace el corte entre las vértebras occipital y atlas, 2) entre la última vértebra torácica y primera lumbar, siguiendo la prolongación de la doceava costilla, 3) entre la sexta y séptima vértebra lumbar, cortando la pared abdominal

transversalmente a la columna vertebral, 4) separación de las extremidades pelvianas, incluyendo el hueso coxal y parte posterior de los músculos iliopsoas, psoas mayor, iliaco parte lateral y medial (Blasco y Ouhayoun, 1993). Los cortes primarios cabeza, parte anterior, parte media, lomo y piernas (Figura 6.2), se pesaron en una balanza granataria (Torrey L-PCR), la grasa escapular y renal se pesaron en una balanza (marca ADAM, serie AQT – 2000). Posteriormente las piernas fueron diseccionadas para obtener la proporción carne, hueso y grasa intermuscular.

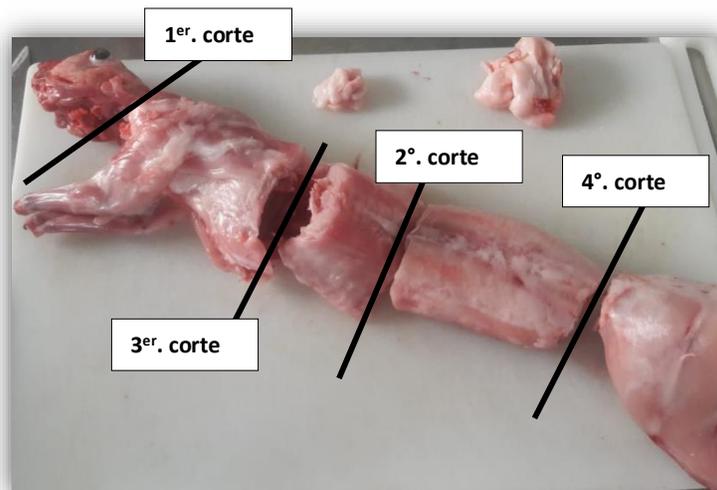


Figura 6.1. Disección de cortes primarios de canal de conejos

(García, 2019, autoría propia)

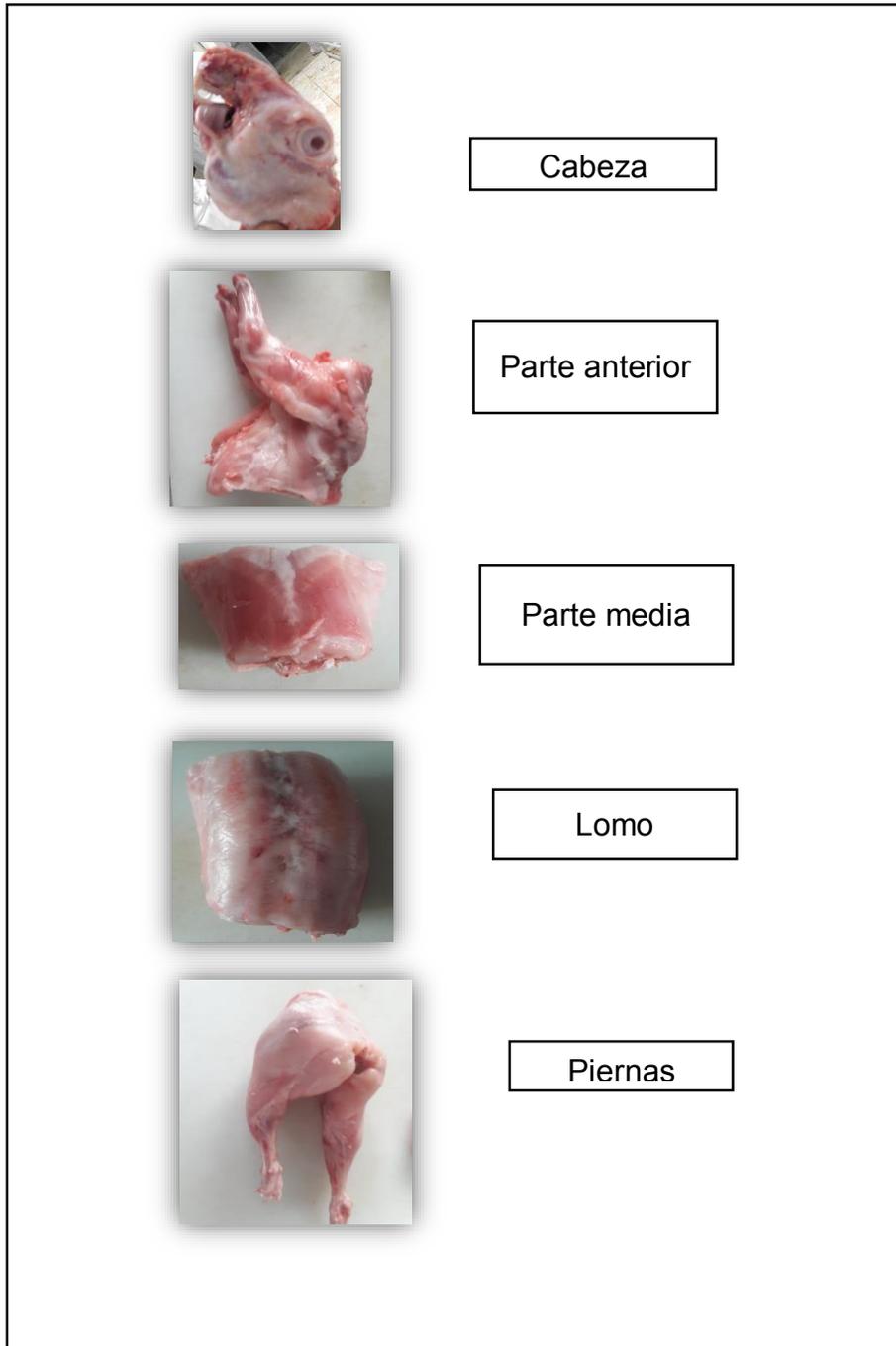


Figura 6.2. Cortes primarios, de canal de conejo

(García, 2019, autoría propia)

6.4 CALIDAD DE LA CARNE

6.4.1 Capacidad de retención de agua (CRA):

La capacidad de retención de agua se realizó en el lomo, mediante el método de compresión en papel filtro, se colocaron 0.3 g de carne en un cuadro de papel filtro, ejerciendo presión entre dos placas de vidrio con peso de 1 kg sobre cada una, durante 10 min sugerido por Pla et al., (1998). Se utilizó la siguiente ecuación para obtener el cálculo de capacidad de retención de agua (CRA):

$$\text{CRA} = \frac{\text{peso inicial de la muestra} - \text{peso de la muestra tras la compresión}}{\text{peso de la muestra inicial}} \times 100$$

6.5 CALIDAD DEL PRODUCTO CÁRNICO

6.5.1 Análisis microbiológico

Se realizó análisis microbiológico a las albóndigas de conejo conservadas en refrigeración a 4 °C durante 0, 7 y 14 d, utilizando la metodología para la preparación y dilución de muestras de alimentos para análisis microbiológico la NOM-110-SSA1-1994 y para la cuenta de bacterias aerobias en placa la NOM-092-SSA1-1994. Se pesó 1 g de carne de cada albóndiga y se homogenizó en 9 mL de agua de peptona (Bioxon ®) a pH de 7.2, se realizaron diluciones decimales de 10⁻¹ a 10⁻⁸, se tomó 1 mL de la dilución correspondiente a la concentración de unidades formadoras de colonias (UFC), para inocularlo en agar soya tripticaseína (Bioxon®), agar específico para estafilococos (Bioxon ®) y agar McConkey (Bioxon ®), los cuales se incubaron a 37 °C durante 24 h, para posteriormente obtener la cuenta total viable (CTV), *Staphylococcus sp* y enterobacterias, respectivamente, reportadas en Log de UFC g⁻¹ de muestra.

6.5.2 Actividad antioxidante

Para el ensayo de reducción del radical 2,2-Diphenyl-picrylhydrazyl (DPPH), se preparó una solución madre de DPPH 3.9 mg / 100 mL del radical en metanol y se realizó una curva de calibración con 4 diluciones de la solución madre 5, 10, 15, 20 mL, aforando a 25 mL, calibrando espectrofotómetro a una longitud de onda de λ 517 nm. Para las muestras se preparó una dilución con 1g de carne de las albóndigas y se homogenizan con 9 mL de agua destilada, posteriormente se toman 1950 μ L de solución madre y se mezclaron con 50 μ L de dilución 10^{-1} de la muestra y se leyó absorbancia cada 10 min., durante 1 h (Brand-Williams et al., 1995).

6.5.3 Compuestos obtenidos con solventes de diferente polaridad y su actividad biológica

Cuadro 6.1 Compuestos fitoquímicos y actividad biológica de extracción por maceración con hexano, diclorometano, acetato de etilo, etanol, metanol y agua

| Compuesto | Actividad biológica | Hex | DH | AE | EtOH | MeOH | H ₂ O |
|--------------------------|--------------------------|-----|----|----|------|------|------------------|
| Antocianina | Anticancerígeno | | | | | | |
| | Antitumoral | | | | | | |
| | Antiinflamatorio | | | | X | X | X |
| | Antidiabético | | | | | | |
| Ácidos fenólicos | Antioxidante | | | | | | |
| | Antioxidantes | | | X | X | X | X |
| Saponinas | Antibacteriana (G- y G+) | | | | | | |
| | Antiinflamatorio | | | | | | |
| | Antibacteriano | | | | | | |
| | Anticancerígeno | | | | | X | X |
| | Antifúngico | | | | | | |
| Ácido rosmarínico | Antiviral | | | | | | |
| | Hipocolesterolemiantes | | | | | | |
| | Antioxidante | | | | | | |
| | Anticonvulsionantes | | | | | | X |
| Terpenos | Antimicrobiana | | | | | | |
| | Antifúngica | | | | | | |
| | Amebicida | | | | | | |
| | Antiinflamatoria | | | | | | |
| | Antimicrobiana | | | | | | |
| | Anticancerígena | X | X | | | X | X |
| | Antiinflamatoria | | | | | | |
| Flavonoides | Hipocolesterolemiantes | | | | | | |
| | Antioxidante | | | | | | |
| | Antioxidantes | X | X | x | X | X | |
| Taninos | Antibacterianos | | | | | | |
| | Antidiabética | | | | | | |
| Alcaloides | Antioxidante | | | | X | X | X |
| | Anticancerígena | | | | | | |
| | Anticancerígena | | | | | | |
| | Inmunoestimulante | X | | | X | | X |
| Esteroles | Bacteriostático | | | | | | |
| | Antiprotozoario | | | | | | |
| | Hipocolesteronemia | X | | | | | |

Fuente: Oreopoulou et al., 2019, Bergoñon, 1994, Garzón, 2008, Troisi et al., 2014, Vázquez-Flores et al., 2012, Martín, 2017, Meco, 2016

Hex:Hexano, DM: Diclorometano, AE. Acetato de etilo, EtOH: Etanol, MetOH Metanol, H₂O: Agua

6.6 REFERENCIAS

- Benzie, F. F. I., y Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239 (1), 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Bergoñón, F. S. (1994). *Aislamiento y caracterización Química de alcaloides del tipo Amarylidaceae. Producción de Galantamina por cultivos in vitro de Narcissus confusus*. [Tesis de Maestría, Universidad de Barcelona]. 292 p. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/2629/02.SBF_2de2.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Blasco, A., y Ouhayoun, J. (1993). Armonización de criterios y terminología en la investigación de carne de conejo. *World Rabbit Science*, 4, 93–99. <https://polipapers.upv.es/index.php/wrs/article/view/278/265>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 1 (28), 25–30). [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Garzón, G. A. (2008). Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos: revisión. *Acta biol. Colombia*, 3(13), 27-36. <https://www.redalyc.org/pdf/3190/319028004002.pdf>
- Lamuela, R. R. M. (2017). Folin-Ciocalteu method for the evaluation of the antimicrobial activity of the plant extracts *Lippia organoides* measurement of total phenolic content and antioxidant capacity, *Measurement of Antioxidant*

Activity and Capacity: Recent Trends and Applications, (107–115).
<https://doi.org/10.1002/9781119135388.ch6>

Martín, G. D. A. (2017). Los compuestos fenólicos, un acercamiento a su biosíntesis, síntesis y actividad biológica. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9 (1), 81–104. <https://doi.org/10.22490/21456453.1968>

Meco, L. J. F., Pascual, F. V., y Solá, A. R. (2016). La utilización de los esteroides vegetales en la práctica clínica: de la química a la clínica. In *Clinica e Investigacion en Arteriosclerosis* 6 (28), 283–294.
<https://doi.org/10.1016/j.arteri.2016.04.001>

NOM-092-SSA1-1994. (1995). Secretaría de Salud. NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de Bacterias Aerobias en Placa. Norma Oficial Mexicana. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 12 de Diciembre de 1995.
<http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html>

NOM-110-SSA1-1994. (1995). Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Bienes y servicios. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Diario Oficial de la Federación. México. Publicado el 2 de Febrero.

http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4868292&fecha=02/02/1995

Oreopoulou, A., Tsimogiannis, D., y Oreopoulou, V. (2019). Extraction of polyphenols from aromatic and medicinal plants: an overview of the methods and the effect of extraction parameters. En Ross, WR. (Ed.), *Polyphenols in*

Plants (243–259 p). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-813768-0.00025-6>

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)

Troisi, J., Di Fiore, R., Pulvento, C., D'andria, R., Vega-Galvés, A., Miranda, M., Martínez AE, y Lavin, A. (2014). *Saponinas*. en Bazle D, (ed). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013, 330 p. https://www.researchgate.net/publication/266969103_Saponinas

Vázquez-Flores, A. A., Alvarez-Parrilla, E., López-Díaz, J. A., Wall-Medrano, A., y De La Rosa, L. A. (2012). Taninos hidrolizables y condensados: naturaleza química, ventajas y desventajas de su consumo. *Tecnociencia Chihuahua*, 6 (2), 84–93. <https://www.researchgate.net/publication/277816258>