



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA**

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

**EFFECTO DE LA ADICIÓN DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE LA
RESPUESTA PRODUCTIVA, CALIDAD Y OXIDACIÓN LIPÍDICA DE CARNE
DE CONEJO**

**TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**ÁREA DE INVESTIGACIÓN:
PRODUCCIÓN ANIMAL**

PRESENTA:

SALVADOR PULIDO HUERTAS

COMITÉ DE TUTORES:

NOMBRE DEL TUTOR ACADÉMICO:

DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

TUTORES ADJUNTOS:

DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA

DR. GERMÁN DAVID MENDOZA MARTÍNEZ

Amecameca, Estado de México, 2018

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIAS.....	iv
RESUMEN	v
ABSTRACT	vi
1 Introducción	1
2 Revisión de literatura	3
2.1 Cunicultura	3
2.1.1 Razas de conejo para producción de carne.....	3
2.1.2 Alimentación	3
2.1.3 Propiedades nutricionales de la carne de conejo	4
2.2 Definición de carne	4
2.2.1 Procesos bioquímicos de músculo a carne.....	5
2.2.2 Características de la carne.....	5
2.2.3 Factores que provocan pérdidas de carne en la producción	7
2.3 Métodos de conservación de la carne	8
2.3.1 Transporte y sacrificio zoonosanitario	8
2.3.2 Temperatura en el almacén de la carne.....	9
2.3.3 Aditivos.....	9
2.3.4 Nutrición del ganado en finalización.....	10
2.4 Productos herbales	10
2.4.1 Hierbas, extractos y formulas poliherbales.....	10
2.4.2 Adición de productos herbales en dietas de finalización en diferentes especies en la respuesta productiva y calidad de la carne.....	12
3 Planteamiento del problema	15
4 Hipótesis.....	16
5 Objetivo	17
5.1 Objetivo general.....	17
5.2 Objetivo general.....	17
6 Material y Métodos.....	18
6.1 Aplicación de tratamientos	18

6.1.1	Evaluación de la respuesta productiva.....	19
6.2	Matanza y obtención de las canales	20
6.3	Valoración de las características físicas y químicas de la carne de conejo a las 24 horas postmortem	20
6.3.1	Peso y rendimiento de la canal	20
6.3.2	Valoración de pH	21
6.3.3	Capacidad de retención de agua de la carne	21
6.3.4	Valoración colorimétrica	22
6.3.5	Análisis del perfil de ácidos grasos.....	22
6.3.6	Oxidación lipídica	22
6.4	Análisis económico.....	23
6.5	Diseño experimental	23
7	Resultados	24
7.1	Proyectos generados por esta investigación.....	24
7.1.1	Capítulo de libro: “EFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO”	25
7.1.2	II. Artículo científico: “EVALUATION OF A PLANT FEED ADDITIVE ON RABBIT PERFORMANCE AND MEAT CHARACTERISTICS”	33
7.1.3	III. Capítulo de libro: “ANÁLISIS PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA ADICIÓN DE FÓRMULA POLIHERBAL EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN”	46
8	Conclusiones.....	54
9	Bibliografía	55

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo, al otorgarme la beca para estudios de posgrado, misma que me permitió realizar esta investigación

A la Universidad Autónoma del Estado de México por permitirme realizar mis estudios de posgrado en su programa de Maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales

Al Centro Universitario UAEM Amecameca por sus áreas, espacios y materiales prestados para la realización de esta investigación.

A la Universidad Autónoma del Estado de México por el financiamiento para la investigación a través del proyecto clave 3792/2014 CID “Evaluación de la adición de *Erythrina coralloides* en parámetros productivos y calidad de la carne de conejo”.

DEDICATORIAS

En estas líneas quiero agradecer, a todas las personas que se volvieron un engrane para que pudiera obtener el grado como Maestro en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Quiero iniciar con mi comité tutorial, agradecerles por darme su confianza de llevar a cabo su proyecto de investigación, al Dr. Enrique por su orientación, consejos y apoyo, al Dr. Pedro y Dr. German por su guía y capacitación, que fueron fundamentales para poder iniciar y finalizar la Maestría

A mis Padres y Hermanos por su apoyo y consejos, porque ¿qué es un fracaso donde no hay quien te aliente y que es un éxito si no tienes con quien compartirlo y celebrarlo?, en verdad gracias familia

A mis compañeros de trabajo, gracias por trabajar en equipo, me mostraron que apoyándonos las cosas se facilitan o por lo menos se vuelven menos pesadas

Un agradecimiento para aquellos Doctores que, a pesar de no ser parte de mi comité tutorial, se dieron tiempo para apoyarme y aconsejarme

En verdad muchas gracias a todos, le deseo lo mejor y solo lo mejor, ¡cual sea nuestro camino sigan teniendo éxitos y felicidad!

RESUMEN

Se realizó un experimento para evaluar un aditivo alimentario basado en *Emblica officinalis*, *Ocimum santctum*, *Tinospora cordifolia* y *Withania somnifera* en los parámetros productivos y la calidad de la carne de conejo en la finalización. Utilizamos 40 conejos (Nueva Zelanda x California, peso inicial 980 ± 70 g), donde los tratamientos se asignaron de acuerdo con un diseño completamente al azar y consistió en la inclusión en la alimentación del aditivo ImmuPlus en: 0, 200, 400, 600 y 800 mg / kg. Se observó una respuesta lineal ($P < 0.05$) al aumentar la concentración de ImmuPlus en la ingesta de alimento ($Y = 120.8 + 0.0359X$; $r^2 = 0.72$), consumo total de nutrientes digestibles ($Y = 93.602 + 0.0257X$; $r^2 = 0.63$), ganancia diaria promedio ($Y = 33.12 + 0.001X$; $r^2 = 0.07$), peso corporal final ($Y = 1891.5 + 0.2499X$; $r^2 = 0.43$) y peso de la canal ($Y = 966.08 + 0.1687X$; $r^2 = 0.39$), y no hubo efectos ($P > 0.05$) en la conversión y digestibilidad. No se encontraron efectos ($P < 0.05$) en el rendimiento de la canal, pH en muestras de *Longissimus dorsi* y *Quadriceps femoris* (24 horas después del sacrificio), capacidad de retención de agua, color u oxidación de lípidos. En lo económico los tratamientos con 400 y 600 mg/kg de la fórmula polihierbal presentaron una mayor utilidad y relación ingreso/egreso en conejo vivo y en canal. La adición de la fórmula polihierbal puede ser una opción para mejorar la respuesta productiva, sin generar un impacto económico negativo ya que se observó un incremento en la relación ingreso/egreso en canales, todo esto sin afectar negativamente la calidad de la carne.

Palabras clave: aditivo plantas comestibles, fitobióticos, antioxidantes, calidad de la carne, respuesta productiva, peroxidación lipídica

ABSTRACT

An experiment was carried out to evaluate a feed additive based on *Emblica officinalis*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia* and *Withania somnifera* in the productive parameters and quality of rabbit meat in finalization. We used 40 rabbits (New Zealand x California, initial weight 980 ± 70 g), where the treatments were assigned according to a completely random design and consisted in the inclusion in the feed the ImmuPlus additive in: 0, 200, 400, 600 and 800 mg/kg. A linear response was observed ($P < 0.05$) by increasing the concentration of ImmuPlus in feed intake ($Y = 120.8 + 0.0359X$; $r^2 = 0.72$), the consumption of total digestible nutrients ($Y = 93.602 + 0.0257X$; $r^2 = 0.63$), average daily gain ($Y = 33.12 + 0.001X$; $r^2 = 0.07$), final body weight ($Y = 1891.5 + 0.2499X$; $r^2 = 0.43$) and weight of the carcass ($Y = 966.08 + 0.1687X$; $r^2 = 0.39$), and there were no effects ($P > 0.05$) in the conversion and digestibility. No effects were found ($P < 0.05$) on carcass yield, pH in samples of *Longissimus dorsi* and *Quadriceps femoris* (24 hours post slaughter), water retention capacity, color or lipid oxidation. In the economic, treatments with 400 and 600 mg / kg of the polyherbal formula presented a higher utility and income/discharge ratio in live and carcass rabbit. The addition of the polyherbal formula can be an option to improve the productive response, without generating a negative economic impact since there was an increase in the income / discharge ratio in channels, all without negatively affecting the quality of the meat.

Key Words: feed plant additive, phytobiotics, antioxidants, meat quality, performance, lipid peroxidation

1 Introducción

Las plantas ricas en metabolitos secundarios como polifenoles, flavonoides, taninos, terpenos, carotenoides, oligosacáridos, vitaminas E y C (Singh *et al.*, 2003 y Jiang y Xiong, 2016), pueden contener un efecto inmunoestimulante (Kumari *et al.*, 2007), antioxidante (Hoffman *et al.*, 2014) y antibacterial (Koné *et al.*, 2015).

Teniendo esto como antecedente se han empleado plantas en dietas para animales en finalización para estudiar su actividad antimicrobiana como un promotor de crecimiento, mejorando la respuesta productiva en ganancia de peso, consumo voluntario y conversión alimenticia (Cullere *et al.*, 2016), y en su efecto antioxidante se ha observado en la calidad de la carne que pueden reducir la oxidación lipídica (Zhang *et al.*, 2015 y Wu *et al.*, 2016), además se ha observado que hierbas ricas en ácidos grasos instaurados pueden modificar el perfil de ácidos grasos de la carne (Dalle Zote *et al.*, 2014), disminuyendo los ácidos grasos saturados (Vizzarri *et al.*, 2017) y aumentando los insaturados (Dal Bosco *et al.*, 2014).

Existen fórmulas herbales que contienen una mezcla de diferentes hierbas ricas en metabolitos secundarios, el cual se han utilizado en dietas para conejo mejorando el rendimiento de la canal (Celia *et al.*, 2016a), la calidad de la carne al aumentar los ácidos grasos insaturados y la disminución de la oxidación lipídica (Mattioli *et al.*, 2016) y para mejorar la digestibilidad de proteína (Celia *et al.*, 2016b).

El producto comercial Immuplus® es una fórmula polihierbal con una potente capacidad antioxidante (Cecchini *et al.*, 2014), el cual está compuesto por cuatro hierbas siendo la *Emblica officinalis* que ha sido estudiado su efecto antimicrobiano al reducir las cargas de bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhi* (Saeed y Tariq, 2007), la planta *Ocimum santctum* que presenta un efecto antimicrobiano el cual reduce poblaciones de bacterias gram positivas (Singhal *et al.*, 2011), la *Tinospora cordifolia* el cual tiene efecto sobre la peroxidación lipídica, disminuyendo el malondialdehído y aumentando la enzima peroxidasa (Mainzen-Prince y Menon, 2001) y la *Withania somnifera* el cual tiene un efecto antioxidante por su contenido de flavonoides y alcaloides (Ganguly *et al.*, 2017).

La fórmula herbal Immuplus® podría ser una opción para la adición en la dieta de conejos en finalización debido a que la carne de conejo por naturaleza es considerada un alimento

funcional por ser rica en proteína y en grasas insaturadas (Dalle Zote *et al.*, 2011), al ser una carne rica en ácidos insaturados se vuelve propensa a sufrir la oxidación lipídica en un menor tiempo en comparación a otras carnes (Wood *et al.*, 2004), con las propiedades que contiene el ImmuPlus® podría proteger a la carne de la oxidación lipídica, al igual al tener un efecto antimicrobiano podría actuar en la microbiota del tracto digestivo, aumentando la digestibilidad del alimento, absorbiendo un mayor número de nutrientes, mejorando la respuesta productiva en la ganancia de peso y en la conversión alimenticia.

La utilización de la fórmula polihierbal ImmuPlus® hasta donde se tiene información fue nuestro trabajo el primero en estudiar sus efectos sobre la respuesta productiva y la calidad de carne de conejos, pudiendo ser una opción para producir efectos positivos en estas características.

2 Revisión de literatura

2.1 Cunicultura

De acuerdo con la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) “la cunicultura es una actividad del sector pecuario que consiste en la crianza del conejo, con el objetivo de producir principalmente carne blanca para su consumo alimenticio, la cual beneficia al cuerpo humano mediante sus proteínas, bajas calorías y grasas, colesterol, vitaminas y minerales” (2018).

Actividad donde se deben cubrir las áreas de selección genética, reproducción, nutrición animal, manejo sanitario, instalaciones y superficies.

2.1.1 Razas de conejo para producción de carne

Existen diferentes razas de conejo que se utilizan para producción de carne, en México se pueden encontrar las razas Gigante de Flandes, Gigante de España, Belier Inglés y Francés, Holandés o Bragado Americano, Nueva Zelanda, California o Ruso Grande, Azteca Negro, Liebre Belga (SAGARPA, 2018).

Nueva Zelanda y California se consideran razas medianas, debido a que alcanzan 3.04 a 3.58 kg de peso vivo a sus 68 a 72 días de edad, son las razas más comunes que se utilizan debido a su buena calidad materna, son de fácil manejo, con un alto rendimiento productivo (conversión alimenticia 3.04), ofrecen canales de grandes músculos, y con un alto rendimiento de canal entre 55 a 60% (SENA, 2010 y MAGRAMA, 2017)

2.1.2 Alimentación

Los requerimientos nutricionales del conejo serán de acuerdo con la etapa fisiológica en que se encuentre, las tablas de requerimientos nutricionales para conejo del National Research Council (1977), un conejo en la etapa crecimiento-finalización en su dieta debe aportar 2500 kcal para energía digestible, de 10 a 12% de fibra cruda, un 16% de proteína cruda y el 2% de grasa, con el 65% de nutrientes digeribles totales, en minerales de contener el 0.4% de calcio, el 0.22% de fósforo y sodio, el 0.6% de potasio, y en vitaminas 580 UI para la vitamina A y 40 mg para la vitamina E.

2.1.3 Propiedades nutricionales de la carne de conejo

La carne de conejo por naturaleza se considera un alimento funcional debido a que es rica en ácidos grasos insaturados (Dalle Zotte y Szendrő, 2011), del 100% de la canal aporta en proteína el $20.3 \pm 1.6\%$, $8.4 \pm 2.3\%$ en lípidos y $1.8 \pm 1.3\%$ de cenizas (Hernández y Dalle Zotte, 2010).

En su perfil de ácidos grasos, contiene en comparación con otras carnes un porcentaje menor en ácidos grasos saturados con el $38.9 \pm 4.4\%$, en monoinsaturados con el $28.0 \pm 4.1\%$, y rica en poliinsaturados con el $32.5 \pm 6.1\%$, n-6 $24.1 \pm 5.6\%$ y en n-3 con $5.50 \pm 4.6\%$ siendo la carne que más aporta en estos ácidos grasos en comparación con otras carnes, y siendo la carne que aporta menos colesterol con el 47.0 ± 7.9 mg por cada 100 g de carne (Hernández y Dalle Zotte, 2010).

2.2 Definición de carne

Para la Norma Oficial Mexicana NOM-009-Z00-1994, Proceso sanitario de la carne define a la carne como “estructura compuesta por fibra muscular estriada, acompañada o no de tejido conjuntivo elástico, grasa, fibras nerviosas, vasos linfáticos y sanguíneos, de las especies animales autorizadas para el consumo humano”

Para Codex (2017) es “todas las partes de un animal que han sido dictaminadas como inocuas y aptas para el consumo humano o se destinan para este fin, compuesta de agua, proteínas y aminoácidos, minerales, grasas y ácidos grasos, vitaminas y otros componentes bioactivos, así como pequeñas cantidades de carbohidratos”.

La obtención de la carne es a través de un proceso delicado donde se debe de cuidar desde el manejo del animal producción sacrificio, obtención de la canal hasta el almacenaje de la carne, ya que se puede perjudicar en cualquier momento la calidad de la carne, reduciendo su aporte nutricional o sus características organolépticas.

2.2.1 Procesos bioquímicos de músculo a carne

El rigor mortis constituye la fase inicial en la transformación del músculo en carne, proceso de suma importancia donde se generará la calidad de la carne en su textura, color, sabor (Li *et al.*, 2010).

En un músculo vivo, las proteínas miofibrilares miosina y actina se mantienen separadas entre sí por el trifosfato de adenosina (ATP); esto continúa post mortem con ATP regenerado a través de la glucogenólisis. Cuando la temperatura cae por debajo de 12-15 ° C, incluso con ATP disponible, la bomba de calcio del retículo sarcoplásmico se vuelve menos efectiva, de modo que los iones de Ca^{2+} se escapan causando una contractura, denominada acortamiento frío. Además, cuando el ATP sarcoplasmático ya no está disponible, nuevamente Ca^{2+} los iones se liberan del retículo sarcoplásmico y el rigor se produce de forma secuencial en cada fibra, con ATP unido a la miosina que da como resultado una contractura de rigor que es mayor a altas temperaturas, denominado acortamiento de rigidez (o acortamiento de calor). La carne del músculo acortado es dura. Todos estos efectos pueden modificarse positivamente mediante estimulación eléctrica. Proceso que consiste en la unión irreversible de miosina y actina para formar actomiosina. Esta unión puede ir acompañada o no de contracción muscular, pero se manifiesta en la rigidez cadavérica que le caracteriza (Honikel, 2014).

La baja disponibilidad de ATP también incrementa la dificultad para mantener la integridad estructural de las proteínas, al mismo tiempo que el bajo pH, causado por la acumulación de ácido láctico, favorece su desnaturalización. La desnaturalización frecuentemente está acompañada por la pérdida de la capacidad para retener agua y la caída del pH, que se aproxima al punto isoeléctrico de las proteínas miofibrilares, ambos fenómenos causan exudación (Lawrie y Ledward, 2006).

2.2.2 Características de la carne

2.2.2.1 Color

El color de la carne se debe a la proteína mioglobina, y esta macromolécula que contiene hemo continúa reaccionando dentro del sarcoplasma de miofibra post mortem. La cantidad y la estabilidad redox de la mioglobina afectan su color percibido, y estas propiedades están

influenciadas por una variedad de factores que son endógenos y exógenos a la carne (Faustman y Suman, 2017).

Para determinar el color de la carne se hace a través del grado de rojo (a^*), amarillez (b^*), luminosidad (L), saturación o croma, tonalidad o hue (Hunter Lab, 2001; CIE, 2004).

2.2.2.2 Textura

La textura es la dureza o terneza que tiene la carne, es una de las características sensoriales más importantes, la cual es considerada en la evaluación de calidad por parte del consumidor, el cual es afectada por diversos factores como los prevenciones que son que se pueden controlar en cierto punto mediante la selección genética y el manejo cuidadoso de los animales hasta el momento del sacrificio, y además de la relación con el estado e interacción de las diferentes estructuras del músculo y sus componentes (miofibrillas, tejido conjuntivo y agua) (Hopkins, 2017).

2.2.2.3 Capacidad de retención de agua

La capacidad de retención de agua es causada en primer lugar por una inmovilización de agua de los tejidos en el sistema miofibrilar, más específicamente el agua es mantenida o atrapada en el músculo o producto muscular por una acción capilar que es generada por pequeños poros o capilares, teniendo en cuenta además que las miofibrillas ocupan aproximadamente el 70% del volumen total de la masa molecular; esto significa que una notable parte del agua inmovilizada debe estar localizada en los filamentos gruesos y entre los filamentos gruesos y finos de las miofibrillas, característica que puede ser afectada por la cantidad de proteína, tipo de sacrificio, pH, temperatura de almacén (Warner, 2017)

2.2.2.4 pH

El pH es uno de los principales parámetros a considerar para verificar la calidad de la carne, porque afecta varias de sus cualidades (color, capacidad de retención de agua, etc.). El pH es definido como el logaritmo negativo de la concentración de protones. El pH del músculo de animales sanos y vivos es de alrededor de 7.04, este valor se disminuye tras la muerte del

animal, principalmente, debido a la degradación del glucógeno a ácido láctico, una reacción en la que el músculo trata de producir energía en ausencia de oxígeno. Esta reacción, depende importantemente de la actividad de una serie de enzimas que son sensibles a la temperatura, por lo que es relevante considerar la temperatura del músculo al momento de hacer la medición del pH, el pH de la carne normal tiene un rango entre 5.4 a 5.6. La variación en los valores de pH es afectado por diferentes factores, que puede ser características del animal (genética, alimentación) y normalmente por los factores más relevantes tienen que ver con el ambiente en que se manejó el animal al momento del sacrificio y transporte, y al manejo de la canal durante las 24 h previas y posteriores al faenado (Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

2.2.3 Factores que provocan pérdidas de carne en la producción

2.2.3.1 Oxidación lipídica

La peroxidación lipídica o autooxidación hace referencia a la reacción donde se degradan los ácidos grasos, proceso en el cual a través de moléculas oxidantes como el oxígeno o los radicales libres capturan electrones de los lípidos en las membranas celulares.

Este proceso es iniciado por un mecanismo de reacción en cadena de un radical libre. En la mayoría de los casos afecta principalmente a los ácidos grasos poliinsaturados, debido a que contienen múltiples dobles enlaces entre los cuales se encuentran los grupos metileno (-CH₂-) que poseen hidrógenos particularmente reactivos. Al igual que cualquier reacción con radicales, esta consiste en tres pasos fundamentales: iniciación, propagación y terminación (Beltran *et al.*, 2004).

Esta reacción genera la rancidez oxidativa, donde provoca una degradación y una alteración de las características organolépticas del alimento, el cual desarrolla aromas y sabores típicos de la rancidez, así como la decoloración de los pigmentos y sobre todo a la formación de productos tóxicos (Guyon *et al.*, 2016).

2.2.3.2 Pérdida de agua por goteo

La pérdida por goteo es definida como la cantidad de líquido exudado en la superficie de la carne, sin la aplicación de una fuerza mecánica externa, utilizando únicamente la gravedad. El exudado es básicamente agua y proteínas que se liberan y se oxidan del músculo posterior al *rigor mortis* (Traore *et al.*, 2012).

La medición de las pérdidas por goteo se ve afectada por el tiempo que dure la medición. No es lo mismo reportar el goteo que tuvo una carne en 24 que en 48 h, por lo que el tiempo siempre se debe estandarizar y reportar; lo más común es a 24 y 48 h (Jia *et al.*, 2017). Otro factor que puede aumentar la pérdida por goteo es la geometría de la pieza, debido a que se tendrá una mayor pérdida en una pieza delgada, en comparación con una de mayor grosor. En este mismo sentido, los cortes que se hagan para producir la pieza deben de ser los menos posibles, cortando la carne con trazos rectos y continuos, ya que en la medida en que se incrementen los cortes sobre la pieza, aumentará más la pérdida de agua (Otto *et al.*, 2006).

2.3 Métodos de conservación de la carne

2.3.1 Transporte y sacrificio zoonosanitario

Un procedimiento elemental para la conservación de la carne, es realizar con buenas prácticas el transporte y sacrificio zoonosanitario de los animales, debido a que a un mal manejo se puede provocar lesiones o fracturas los que son perdidas para el productor, al igual provocar un gasto energético de la utilización del glucógeno muscular el pH tiende a cambiar provocando que se cambien características en la calidad de la carne como el aumento de la pérdida de agua por goteo, sabor, textura, incluso la presencia de la rancidez de la carne (IFAPA, 2013).

En México existen normas oficiales mexicanas para asegurar el realizar con buenas prácticas el transporte de animales el cual es la “NOM-051-ZOO-1995, TRATO HUMANITARIO EN LA MOVILIZACION DE ANIMALES” y para el sacrificio zoonosanitario se encuentra la “NOM-033-SAG/ZOO-2014, MÉTODOS PARA DAR MUERTE A LOS ANIMALES DOMÉSTICOS Y SILVESTRES” donde indica las condiciones que debe tener el animal en los espacios de descanso, su estado fisiológico, los espacios y áreas de matanza, tipos de insensibilidad y la forma de matanza que puede ser por desangrado.

2.3.2 Temperatura en el almacén de la carne

Se han realizado diferentes trabajos donde se ha demostrado que la temperatura es primordial para la conservación de la carne, debido a que siempre la carne y los canales contiene poblaciones bacterianas (Rodríguez-Calleja *et al.*, 2005), además interviene en la regulación del pH, es por esto que en vida en anaquel se recomienda una temperatura de 1 a 4°C donde se ha observado que el crecimiento de las poblaciones bacterianas se detienen (Pereira y Ferreira, 2015) bajo ciertas condiciones como el empaquetamiento a alto vacío, y para mantener en congelación a la carne se recomienda temperaturas menores a -18° C, observando que se detiene el crecimiento bacteriano y se evita la rancidez (Javanmard *et al.*, 2006).

2.3.3 Aditivos

En la industria de productos cárnicos se han utilizados conservadores del tipo antisépticos, como antioxidantes y antimicrobianos, pero debido a que se ha cuestionado su uso por poner en riesgo la salud del consumidor (Lourenço *et al.*, 2018) se están estudiando extractos de productos herbales como los aceites esenciales, polifenoles, vitaminas, el cual se ha observado que evitan incluso reducen las poblaciones bacterianas (Qin *et al.*, 2013 y Van Haute *et al.*, 2016) y además sirven como antioxidantes evitando la rancidez de los productos cárnicos (Armenteros *et al.*, 2013; Cunha *et al.*, 2013 y Costa-Menezes *et al.*, 2018), el problema de estos aditivos es que no todos son viables para introducir en los productos de la carne debido a que cambian características sensoriales como el sabor y olor, e incluso nutricionales (Ahmad Shah *et al.*, 2014).

2.3.4 Nutrición del ganado en finalización

En algunos trabajos se ha observado que la dieta que se ofrece al animal para abasto, esta puede tener un efecto positivo en la calidad de la carne, creando una protección contra la rancidez de las grasas (Botsoglou *et al.*, 2003) y protección antimicrobiana en la carne (Soultois *et al.*, 2009) al ofrecer productos herbales, como las hojas, aceites esenciales, extractos ricos en polifenoles, flavonoides, vitaminas (Simitzis *et al.*, 2010 y Possamai *et al.*, 2018). En el punto 2.4.2 se presentan trabajos donde introdujeron productos herbales en dietas en diferentes especies de animales para abasto y sus observaciones en la calidad de la carne.

2.4 Productos herbales

2.4.1 Hierbas, extractos y formulas poliherbales

El efecto antioxidante y antimicrobiano que genera una hierba o una parte de ella es gracias a los metabolitos secundarios que contienen, dependiendo la hierba estos metabolitos se pueden encontrar en mayor cantidad en sus hojas, tallos, semillas, aceites o frutos, y no solo contienen diferente cantidad, sino también existe una variación en el tipo de metabolito secundario (Jiang y Xiong, 2016).

Una hierba cormofita está compuesta por raíces, tallos y hojas, que se reproducen por semillas o frutos, la hoja es el órgano de la hierba con la función de absorber bióxido, rayos ultravioletas, agua, y de acuerdo con Ganhão *et al.* (2010) esta parte es rica en flavonoides y vitaminas solubles en agua.

De las semillas y tallos se pueden obtener extractos herbales que son sustancias específicas, como los aceites esenciales (Kong *et al.*, 2010) que son ricos en ácidos fenólicos, terpenoides, tocoferoles y polifenoles (Jiménez-Colmenero *et al.*, 2010; Jiang *et al.*, 2013 y Loizzo *et al.*, 2015).

Al saber que cada hierba contiene diferentes metabolitos, se han elaborado productos conocidos como fórmulas poliherbales, que son compuestos por diferentes hierbas o partes de ellas, con la intención de obtener una mezcla de metabolitos que puedan producir diferentes efectos ya sea como inmunoestimulante, antibacteriano o antioxidante (Chauhan, 1999; Cecchini *et al.*, 2014 y Vizzarri *et al.*, 2017).

2.4.1.1 Fórmula polihierbal ImmuPlus®

La fórmula ImmuPlus® es elaborado por la compañía INDIAN HERBS SPECIALITIES PVT. LTD., el cual es una mezcla de cuatro hierbas que son *Emblica officinalis*, *Ocimum santctum*, *Tinospora cordifolia* y *Withania somnifera*, este producto es ofrecido como un inmunoestimulante, cuya propiedad se ha estudiado en diferentes trabajos.

Chauhan (1999) en perros aplicó una dieta con la fórmula, obteniendo como resultado una mejor respuesta en producir linfocitos T al ser estimulados con un mítogeno, Kumari *et al.* (2004) alimentó con ImmuPlus® a gambas gigantes de agua dulce (*M. rosenbergii*) y como resultado presentaron un aumento en la producción de las enzimas fenoloxidasa y lisozima, y aumento la hemaglutinación, Dhote *et al.* (2008) adicionó en la bebida de polluelos para observar si afectaba al desarrollo de sistema inmune, el cual como respuesta ayudó mostrando un aumento significativo en el total de leucocitos.

Por otra parte, debido a los fitoquímicos de las hierbas que conforman a la fórmula, se ha observado que poseen propiedades antioxidantes y antibacterianas, Cecchini *et al.* (2014) analizó su capacidad antioxidante, y de acuerdo a sus resultados contiene un alto efecto antioxidante, en su actividad total antioxidante presentó $2538 \pm 248 \mu\text{g ISE mg}^{-1}$, en su poder total reductor $255 \pm 55 \mu\text{g AAE mg}^{-1}$, en la actividad depuradora de radicales libres $35.3 \pm 2.1 \%$ de inhibición de DPPH, en el contenido total de polifenoles $236 \pm 19 \mu\text{g GAE mg}^{-1}$ y en su contenido total de flavonoides $216 \pm 5 \mu\text{g QE mg}^{-1}$, lo que nos puede indicar que estos dos últimos resultados expliquen su capacidad antioxidante.

Algunas de las hierbas han estudiado su capacidad antioxidante como la *Tinospora cordifolia* el cual tiene efecto sobre la peroxidación lipídica, disminuyendo el malondialdehído y aumentando la enzima peroxidasa (Mainzen-Prince y Menon, 2001), la *Withania somnifera* presenta un efecto antioxidante por su contenido de flavonoides y alcaloides (Ganguly *et al.*, 2017) y la *Ocimum santctum* disminuyo la peroxidación lipídica y aumento la enzima peroxidasa lipídica en tejido de ratones (Shetty *et al.*, 2017).

En la *Emblica officinalis* se estudió su efecto antimicrobiano al reducir cargas de bacterias patógenas como *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*, *Pseudomonas aeruginosa*,

Salmonella typhi (Saeed y Tariq, 2007), y la *Ocimum santctum* redujó poblaciones de bacterias gram positivas y negativas (Singhal *et al.*, 2011).

En su valor nutricional la hierba *Emblica officinalis* contiene el 82.91% de carbohidratos, 6.04% de proteína, 2.78% de fibra y el 0.54% de grasa (Variya *et al.*, 2016), la *Tinospora cordifolia* es rica en glucosidos, terpenos, esteroides y alcaloides (Singh *et al.*, 2003), y la *Withania somnifera* aporta 7.17% de carbohidratos, 4.27% de proteína, 1.38% de lípidos (Ganguly *et al.*, 2017).

2.4.2 Adición de productos herbales en dietas de finalización en diferentes especies en la respuesta productiva y calidad de la carne

En diferentes trabajos han estudiado los efectos que pueden generar hierbas o fórmulas poliherbales ricas en fitoquímicos, en la respuesta productiva y en la calidad de la carne, en características como la ganancia de peso, conversión alimenticia, mortalidad, y en la carne su coloración, perfil de ácidos grasos y oxidación lipídica.

Qwele *et al.* (2013) alimento a cabras con *Moringa oleífera*, pasta de girasol y heno de pastos (*Pennisetum clandestinum*, *Sporobolus africanus* y *Cynodon dactylon*), el grupo con *M. oleífera* presentó una diferencia significativa en la disminución de ácidos grasos saturados en la carne, así como un aumento de producción de enzimas catalasa, superoxidasa dismutasa, reducción de glutanion y de la oxidación lipídica.

Rotolo *et al.* (2013) adicionó a dietas para conejo en finalización hojas secas de salvia y orégano, en comparación al grupo testigo observaron una diferencia significativa en el aumento de peso final, ganancia diaria de peso y una mejor conversión alimenticia, encontrado una tendencia del peso final en el peso de los canales al tener un mayor peso, todo esto sin afectar la calidad de la carne, Cardinali *et al.* (2015) implementó en dietas para conejo en finalización orégano, romero y vitamina E, obteniendo en sus resultados un peso mayor en peso vivo final y en la canal con orégano y en la combinación orégano romero, por su parte orégano presentó una mejor conversión alimenticia y con el grupo vitamina E fueron los grupos en reducir la oxidación lipídica de la carne.

En diversos trabajos han empleado a la espirulina y tomillo en dietas de conejo, Dalle Zotte *et al.* (2014) suplementó a conejos en su etapa de crecimiento con espirulina y tomillo,

aumentando con espirulina ácido γ -linolénico en el contenido de carne y el tomillo mejoró la estabilidad oxidativa de la carne cruda y liofilizada, mismos resultados observaron Dal Bosco *et al.* (2014) al combinar espirulina con tomillo en reducir la oxidación lipídica y la pérdida de agua por goteo, aumentaron ácidos grasos n-3, la coloración rojo y amarillo, en la respuesta productiva no han sido muy eficientes, Dalle Zotte *et al.* (2014b) y Gerencser *et al.* (2014) no encontró efecto en la ganancia de peso, peso final, mortalidad, peso, rendimiento y características de la canal.

Dal Bosco *et al.* (2015) implemento alfalfa y brotes de lino en la dieta de conejo en finalización, en comparación al grupo testigo la alfalfa y los brotes de lino aumentaron significativamente el ácido alfa-linolénico, ácidos grasos poliinsaturados y n-3 totales, mejorando la relación n-3 / n-6 y los índices trombogénicos, sin embargo, el grupo alimentado con los brotes de lino perjudicaron la oxidación lipídica al presentar valores mayores en la absorción de ácido tiobarbitúrico.

Se ha utilizado la fórmula polihierbal Digestarom® (*Allium cepa L.*, *Allium sativum L.*, *Carum carvi L.*, *Foeniculum vulgare L.*, *Gentiana lutea L.*, *Melissa officinalis L.*, *Mentha arvensis L.*, *Pimpinella anisum L.*, *Quercus cortex* y *Syzygium aromaticum L.*), Mattioli *et al.* (2016) la empleó la adicionando 0 y 300 mg kg⁻¹ para dietas en conejos en finalización, observando un incremento de ácidos grasos de cadena larga C18:3 y una disminución de la oxidación lipídica de la carne, en contra parte Celia *et al.* (2016a) al emplearlo en conejos aumentó la oxidación lipídica y el porcentaje de pérdida de agua por goteo, y Celia *et al.* (2016b) en la respuesta productiva solo observaron aumento en la digestibilidad de la proteína sin aumentar la ganancia de peso.

Cullere *et al.* (2016) utilizó en sus dietas *Silybum marianum* a una dosis de 0, 5 y 10 g kg⁻¹, y de acuerdo a su hipótesis esperaban a que mostraría un efecto en la respuesta productiva y antioxidante, pero en sus resultados no encontraron cambios en ambas partes, solo una reducción en el porcentaje de mortalidad durante la duración del periodo tratamiento.

Vizzarri *et al.* (2017) empleó en dietas de conejo en finalización extractos de *Lippia citriodora*, *Raphanus sativus* y *Solanum lycopersicum*, sin encontrar un efecto en la respuesta productiva, pero los grupos tratados redujeron significativamente en la carne colesterol,

ácidos grasos saturados y sustancias reactivas tiobarbitúricas, además aumentaron el contenido de alfa-tocoferol y retinol

3 Planteamiento del problema

En la producción de animales para abasto se han utilizado antibióticos como promotores de crecimiento, sin embargo, se han prohibido en la Unión Europea y en Estados Unidos de América por la resistencia que han creado agentes patógenos a ellos, además al llevar un mal control de estos pueden quedar atrapados en la carne llegando así al consumidor, al existir dicho problema se están buscando alternativas para poder sustituirlos.

Los productos herbales podrían ser una opción, en investigaciones se ha observado que contienen propiedades antibacteriales, al ofrecerlos en la dieta de los animales para abasto, actuarían como un promotor de crecimiento al modificar la microbiota del tracto digestivo por contener propiedades antibacteriales, aumentarían la digestibilidad del alimento, con ello la absorción de los nutrientes y con esto el animal ganaría peso corporal.

Entre los productos herbales existen fórmulas poliherbales que contiene diferentes hierbas con diferentes propiedades, tal es el caso del producto ImmuPlus® una fórmula compuesta por cuatro hierbas que son *Emblica officinalis*, *Ocimum santctum*, *Tinospora cordifolia* y la *Withania somnifera*, hierbas con propiedades antibacteriales y antioxidantes, por su propiedad antibacterial podría actuar en la respuesta productiva y como antioxidante en la calidad de la carne.

Las carnes al ser almacenadas sufren la oxidación lipídica, en especial las carnes ricas en ácidos grasos insaturados, como es la carne de conejo, tras la alimentación con la fórmula, los antioxidantes que contiene la fórmula quedarían atrapados en las células del músculo, y al convertirse en carne, los antioxidantes protegerían la carne de la oxidación lipídica.

Bajo este fundamento se adicionó la fórmula polih herbal en la dieta para conejos en finalización, para observar si presenta un efecto como promotor de crecimiento que ayude a la respuesta productiva y un efecto antioxidante que proteja a la carne de la oxidación lipídica.

4 Hipótesis

- La adición de la fórmula polihierbal en la dieta de conejos en finalización generara un efecto positivo en la respuesta productiva y en la calidad de la carne.

5 Objetivo

5.1 Objetivo general

- Evaluar la respuesta productiva y la calidad de la carne, tras la adición de la fórmula polihierbal ImmuPlus® en la dieta de conejos en finalización

5.2 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la fórmula polihierbal sobre el peso vivo final, consumo voluntario, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y digestibilidad
- Valorar el efecto en el peso de las canales, porcentaje del rendimiento, la pérdida de agua, pH y colorimetría de la carne
- Analizar el perfil de ácidos grasos de la carne
- Evaluar el efecto en la oxidación lipídica de la carne de conejo

6 Material y Métodos

El experimento se realizó dentro de las instalaciones del Centro Universitario UAEM Amecameca, de la Universidad Autónoma del Estado de México, dividido en dos etapas, la primera etapa consistió en la aplicación de los tratamientos experimentales en la Posta Zootécnica del Centro Universitario UAEM, y en la segunda etapa se realizaron las técnicas para la valoración de la calidad de la carne en el Laboratorio Multidisciplinario de Investigaciones, espacios que se encuentran en las coordenadas geográficas longitud 98°37'34" y 98°49'10"; latitud 19°3'12" y 19°11'2", la altura sobre el nivel del mar es de 2,420 metros, con una temperatura máxima de 32° C y una mínima de -8° C.

6.1 Aplicación de tratamientos

Esta investigación se realizó bajo los lineamientos establecidos por el Comité Académico y de Ética del Departamento de Ciencia Animal, siguiendo lo establecido por la Ley de Protección Animal del Estado de México. Para el experimento se utilizaron un total de 40 conejos gazapos (*Oryctolagus cuniculus*) de la cruce Nueva Zelanda con California, recién destetados, con 30 días de edad, no fueron sexados.

A su llegada a la posta zootécnica, se alojaron aleatoriamente en jaulas individuales (65 cm X 50 cm X 40 cm), las jaulas se encuentran bajo techo y con paredes, con iluminación natural, se les dio una semana de adaptación, ofreciéndoles alimento comercial de finalización con 17.4% proteína cruda, 35.8% fibra detergente neutras y 28.8% de fibra detergente ácida, formulado sin antibióticos y para cubrir los requerimientos de crecimiento (Nutrient Requirements of Rabbits, NRC 1977) y bebida *ad libitum*.

Posteriormente a su adaptación (día 8 de su llegada), se inició el periodo tratamiento con una duración de 30 días, los conejos fueron distribuidos aleatoriamente en 5 tratamientos, con un peso vivo promedio de 980±70 g, cada tratamiento contó con 8 conejos (cada conejo fue considerado como unidad experimental), el tratamiento consistió en ofrecer alimento comercial más la adición de la fórmula polihierbal (ImmuPlus®) a una dosis de 0, 200, 400, 600 y 800 ppm.

Cuadro 1. Tratamientos adicionados con fórmula polihierbal (ImmuPlus®) en partes por millón (ppm) en conejos en finalización de la cruce Nueva Zelanda con California

Tratamiento	0	200	400	600	800
Dosis	Alimento Comercial +	Alimento Comercial +	Alimento Comercial +	Alimento Comercial +	Alimento Comercial +
	0 ppm	200 ppm	400 ppm	600 ppm	800 ppm
No. de conejos	8	8	8	8	8

Para la adición de la fórmula polihierbal en el alimento comercial, el alimento se molió, se le adicionó las partes por millón de la fórmula polihierbal el cual viene en presentación polvo, de acuerdo a cada tratamiento, se mezcló homogenizándolo y posteriormente se peletizó la mezcla, para ofrecerles en pellets a los conejos.

6.1.1 Evaluación de la respuesta productiva

Del periodo tratamiento se obtuvo el peso vivo inicial, peso vivo final, consumo voluntario, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, eficiencia alimenticia, digestibilidad del alimento y el consumo total de nutrientes digestibles (Cullere *et al.*, 2016).

Para la obtención del peso vivo final los conejos se pesaron al final del periodo tratamiento, el consumo voluntario (CV) se calculó de la diferencia del alimento ofrecido y alimento rechazado, pesando todos los días ofrecido y rechazado:

$$CV = \text{Alimento Ofrecido} - \text{Alimento rechazado}$$

Ganancia Diaria de Peso (GDP):

$$GDP = \frac{\text{Peso Final} - \text{Peso Inicial}}{\text{Días de duración del periodo}}$$

Conversión alimenticia (CA) se calculó con:

$$CA = \frac{\text{Alimento consumido}}{\text{Ganancia Diaria de Peso}},$$

Eficiencia alimenticia (EA) con:

$$EA = \frac{1}{\text{Conversión Alimenticia}}.$$

A los 20 días del periodo experimental se recolectaron excretas de cada conejo para determinar la digestibilidad por cenizas insolubles en ácido (CIA) siguiendo la técnica de vanKeulen e Young (1977), y para el cálculo del consumo total de nutrientes digestibles (TND) se realizó mediante la ecuación:

$$TND = \frac{\text{Digestibilidad del alimento}}{100} * CV$$

6.2 Matanza y obtención de las canales

Al finalizar el experimento, los 40 conejos fueron llevados a matanza con base a la NOM-033-ZOO-2014, se realizó el faenado que consistió en el retiro de piel, vísceras torácicas y abdominales incluyendo riñones, se pesó cada canal y a los 45 minutos post matanza se determinó el pH en el músculo *Longissimus dorsi* y *Quadriceps femoris* utilizando un potenciómetro portátil provisto de un electrodo de penetración y con compensación de temperatura automática (Hanna Instruments, modelo HI 99163). Las canales se colocaron en bolsas de nylon, colgándolas de sus extremidades posteriores a una temperatura de 4° C por 24 horas.

6.3 Valoración de las características físicas y químicas de la carne de conejo a las 24 horas postmortem

6.3.1 Peso y rendimiento de la canal

A las 24 horas de la matanza se pesaron las canales para la obtención del peso de la canal fría (PCF) y con esto poder calcular el rendimiento de la canal (RC), el cual se calculó con la ecuación:

$$RC = \frac{PCF * 100}{\text{Peso Vivo Final}},$$

6.3.2 Valoración de pH

La determinación del pH a las 24 h postmortem fue en el músculo *Longissimus dorsi* y *Quadriceps femoris* utilizando un potenciómetro portátil provisto de un electrodo de penetración y con compensación de temperatura automática (Hanna Instruments, modelo HI 99163).

6.3.3 Capacidad de retención de agua de la carne

6.3.3.1 Pérdida de agua por goteo

Para determinarla se siguió la metodología propuesta por Tartrakoon *et al.* (2016), el cual fue almacenar las canales colgándolos de sus extremidades posteriores en bolsas de nylon a una temperatura de 4°C durante 24 horas, transcurrido este tiempo volvieron a ser pesadas para obtener peso de la canal fría, y con el peso de la canal caliente se calculó con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Pérdida de agua por goteo} = \frac{\text{Peso Canal Caliente} - \text{Peso Canal Frío}}{\text{Peso Canal Caliente}} * 100$$

6.3.3.2 Pérdida de agua por cocción

Se realizó la técnica de pérdida de agua por cocción, del músculo *Longissimus dorsi*, se empleó una muestra de 5 g y se colocaron a baño húmedo a una temperatura de 80°C por una hora, con la diferencia entre peso inicial y post cocción se determinó el porcentaje de pérdida (Volek *et al.*, 2013) con la ecuación:

$$\begin{aligned} \% \text{ Pérdida de agua por cocción} \\ = \frac{\text{Peso Muestra} - \text{Peso Muestra postcocción}}{\text{Peso Muestra}} * 100 \end{aligned}$$

6.3.4 Valoración colorimétrica

La medición colorimétrica se realizó siguiendo la técnica de Dal Bosco *et al.* (2014), utilizando un colorímetro Konika Minolta, modelo Chroma Meter CR-400, obteniendo los parámetros L*, a*, b*, siendo L* para luminosidad, a* para rojo, b* para amarillez, para el cálculo de Croma (Saturación de color) y Hue (grado de tonalidad) se realizaron con las siguientes ecuaciones:

$$Croma = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5} \quad y \quad Hue = \arctan\left(\frac{b^*}{a^*}\right)$$

6.3.5 Análisis del perfil de ácidos grasos

Se evaluó la composición de los ácidos grasos de los lípidos musculares, la cual se obtuvo por medio de ácidos grasos metil-esterificados (FAME) mediante una transesterificación directa de grasa del músculo, mediante la técnica propuesta por Cert *et al.* (2000), para la cual se utilizó 1 g del músculo *Longissimus dorsi*. Los ésteres de los ácidos grasos fueron analizados por medio de un cromatógrafo de gases (Perkin Elmer Clarus 580), utilizando una columna capilar de 100 m x 0.25 mm x 0.2 µm (SupelcoTM-2560) y nitrógeno como gas de acarreador a una presión de 80 a 90 psi.

6.3.6 Oxidación lipídica

Se determinó la oxidación lipídica a los 90 días post mortem a través de la peroxidación lipídica siguiendo la técnica de Qwele *et al.* (2013), utilizando ácido tiobarbitúrico 0.02M, malonaldehído (0.0125 M) como solución stock con ácido tricloroacético (1:20), con una lectura de 535 nm en espectrofotómetro (Hewlett Packard, UV/visible light), con 3 g de muestra del músculo *Longissimus dorsi*. Los resultados se expresaron como % de inhibición calculado con la ecuación:

$$\begin{aligned} \% \text{ inhibición de oxidación lipídica} \\ = [(1 - (\text{absorbancia muestra} / \text{absorbancia control})) \times 100 \end{aligned}$$

6.4 Análisis económico

Se realizó un análisis económico considerando el costo del gazapo, de la alimentación por cada tratamiento, incluyendo el costo de la fórmula polihierbal, considerando esto como egresos parciales, por otro lado se determinó el precio de venta de los animales en pie y en canal, considerando estos como ingresos, finalmente se obtuvo la utilidad (ingresos – egreso), así como la relación ingresos/egresos ambos en pie y en canal

6.5 Diseño experimental

Los resultados se analizaron de acuerdo a un diseño completamente al azar y se determinaron efectos lineales o cuadráticos mediante polinomios ortogonales del nivel de aditivo con el software JMP (Sall *et al.*, 2012) a un nivel de significancia de 0.05.

7 Resultados

7.1 Proyectos generados por esta investigación

De esta investigación se generaron tres trabajos:

- I. Capítulo para el congreso: Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria., A. C. El cual se realizó del 6 al 8 de septiembre de 2017, bajo el título “EFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO”, el cual integró el libro que lleva por título *Clima y Ganadería: Productividad sustentable*.
- II. Envió de un artículo científico bajo el título “EVALUATION OF A PLANT FEED ADDITIVE ON RABBIT PERFORMANCE AND MEAT CHARACTERISTICS”, a la revista *Journal World Rabbit Science*.
- III. Capítulo para el congreso: Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria., A. C. El cual se realizó del 13 al 15 de junio del 2018, bajo el título “ANÁLISIS PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA ADICIÓN DE FÓRMULA POLIHERBAL EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN”, el cual integró el libro que lleva por título *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*

7.1.1 Capítulo de libro: “EFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO”

The cover features a collage of images related to agriculture and animal husbandry, including a brown cow, a water buffalo, a herd of cattle in a field, sheep, a pig, chickens, and horses. The background is a mix of green and yellow. At the top left is the logo of the Universidad Autónoma de Chiapas. At the top right is the logo of the Asociación Mexicana para la Producción Animal y Seguridad Alimentaria (ASPA).

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHIAPAS
DES: CIENCIAS AGROPECUARIAS

XLIV
REUNIÓN CIENTÍFICA DE LA ASOCIACIÓN MEXICANA PARA LA PRODUCCIÓN ANIMAL Y SEGURIDAD ALIMENTARIA, A.C.

CLIMA Y GANADERÍA: PRODUCTIVIDAD SUSTENTABLE

Compiladores:
Alberto Yamasaki Maza
Gilberto Yong Angel
Gpe. Patricia Macías Ferrera
Leonardo Yamasaki Maza
Esaú de Jesús Pérez Luna
José Bernardo Sánchez Muñoz
Horacio León Velasco
Jorge Luis Ruiz Rojas

6 al 8 de septiembre, 2017. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, México

© Universidad Autónoma de Chiapas (UNACH)

© Asociación Mexicana de Producción Animal y Seguridad Alimentaria (AMPA A. C.)

Edita: Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNACH.

Editores: Alberto Yamasaki Maza

Leonardo Yamasaki Maza

Gilberto Yong Angel

Guadalupe Patricia Macias Farrera

Horacio León Velasco

Esaú de Jesús Pérez Luna

José Bernardo Sánchez Muñoz

Maquetación: Leonardo Yamasaki Maza, Alberto Yamasaki Maza

Imagen portada: Carlos Alberto de la Torre de la Torre

ISBN: 9781370695799

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores.

Prohibida la reproducción parcial o total, sin la autorización por escrito de los editores, compiladores y autores.

COMPOSICIÓN LIPÍDICA Y ESTABILIDAD OXIDATIVA DE CARNE DE OVINOS ALIMENTADOS CON INCLUSIÓN DE HARINA DE AGUACATE O ACEITE DE GIRASOL	242
RELACIÓN DE LAS MEDIDAS ALOMÉTRICAS DEL TRACTO GASTROINTESTINAL E HÍGADOS CON RESPECTO AL PESO VIVO EN PAVOS NICHOLAS 700	248
PRODUCCION, CALIDAD Y ENRIQUECIMIENTO DE LA MELAZA PRODUCIDA EN CHIAPAS.....	253
EFFECTO DE <i>Pithecellobium dulce</i> , <i>Tagetes erecta</i> Y <i>Cosmos bipinnatus</i> SOBRE LA EMISIÓN DE METANO Y LA PRODUCCIÓN DE LECHE DEL GANADO BOVINO.	257
EVALUACIÓN <i>in vivo</i> DE NANOPARTÍCULAS DE FOSFATO DICÁLCICO EN POLLOS DE ENGORDA EN INICIACIÓN	261
EFFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO.....	267
EFFECTO DEL LA DOSIS DE PROBIÓTICO Y EL GRANO DE LA DIETA EN EL CRECIMIENTO Y FERMENTACIÓN CECAL DE CONEJOS.....	272
DEGRADABILIDAD <i>in vitro</i> DE DIETAS CON INCLUSIÓN DE PULPA DE NARANJA	277
PRODUCCIÓN DE GAS <i>in vitro</i> DE RACIONES PARA OVINOS EN FINALIZACIÓN ADICIONADAS CON PROPIONATO DE CALCIO	282
EFFECTOS DE LOS FACTORES AMBIENTALES (TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA) AL ELABORAR SACCHARINA RUSTICA	287
CONTENIDO DE TANINOS Y DIGESTIBILIDAD <i>in vitro</i> DE LA MATERIA SECA EN HOJAS: REBROTE TIERNO vs HOJAS ANTERIORES, EN DOS ECOTIPOS DE <i>Leucaena</i>	291
EFFECTIVIDAD DEL HCL-ZILPATEROL EN LA RESPUESTA PRODUCTIVA DE TORETES CON CRECIMIENTO COMPENSATORIO.....	296
PREFERENCIA DE FORRAJES TROPICALES EN CONEJOS EN CRECIMIENTO	300
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN CON UREA Y ZEOLITA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE AVENA FORRAJERA	305
IMPACTO DEL SISTEMA DE ALIMENTACIÓN SOBRE EL PERFIL DE ÁCIDOS GRASOS DE LA LECHE EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE EN PEQUEÑA ESCALA	310
EVALUACIÓN DE TRES DIETAS FES A BASE DE MORERA (<i>Morus alba</i>), TUSA Y NABO (<i>Tropaeolum tuberosum</i>) EN GANADERÍA LECHERA	314
EVALUACIÓN DE pH, CALIDAD MICROBIOLÓGICA Y CALIDAD COMPOSICIONAL DE ENSILAJE DE MORERA-SAUCO.....	318
EFFECTO DE ROMERO (<i>Rosmarinus officinalis L.</i>) Y TOMILLO (<i>Thymus vulgaris</i>) SOBRE PARÁMENTRO PRODUCTIVOS, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y CALIDAD DE LA CARNE EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN.....	322

EFFECTO DE FÓRMULA POLIHERBAL SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE DE CONEJO

[EFFECT OF POLYHERBAL FORMULA ON PRODUCTION PARAMETERS AND QUALITY OF RABBIT MEAT]

Salvador Pulido Huertas¹, Enrique Espinosa Ayala^{1*}, Pedro Abel Hernández García¹, German David Mendoza Martínez², Ofelia Márquez Molina¹.

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca

²Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

*Correspondencia: enresaya1@hotmail.com

RESUMEN

El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de fórmula polihierbal sobre los parámetros productivos y calidad de la carne de conejos en finalización, para cumplirlo se utilizaron 40 conejos en finalización Nueva Zelanda con California, ocho conejos por tratamiento, los cuales fueron alimentados con concentrado comercial adicionado con 0, 200, 400, 600 y 800 ppm de la fórmula polihierbal con un alto potencial antioxidantes. Se determinó ganancia de peso, consumo voluntario, conversión alimenticia, peso de canal caliente y fría, rendimiento de la canal, pérdida de agua por goteo y por cocción, pH y coloración, para el análisis de los datos se empleó un diseño completamente al azar con una significancia de 0.05, se determinó si hubo efectos lineales o cuadráticos mediante polinomios ortogonales. En los parámetros productivos se observó diferencia significativa en el peso vivo final, ganancia diaria de peso, consumo voluntario y en las características de la canal presentó un efecto en el peso de la canal caliente y frío y el pH disminuyó en los músculos *Longissimus dorsi* y del cuádriceps femoral a los 45 minutos de sacrificio. La adición de 600 y 800 ppm de la fórmula polihierbal puede ser una opción para mejorar la ganancia diaria de peso, aumentando el peso vivo final y el peso de la canal caliente y frío, sin afectar la coloración y su capacidad de retención de agua.

Palabras clave: antioxidantes, calidad de carne, conejos

SUMMARY

The objective of the study was to determine the effect of a polyherbal formula on the production parameters and rabbit meat quality in finishing. For this purpose, 40 rabbits were used in finishing New Zealand with California, 8 rabbits per treatment, which were fed with concentrate commercial added with 0, 200, 400, 600 and 800 ppm of the polyherbal formula. Weight gain, voluntary consumption, feed conversion, hot and cold channel weight, carcass yield, loss of drip and cooking water, pH and coloration were determined for data analysis using a completely randomized design with a significance of 0.05, it was determined whether there were linear or quadratic effects by orthogonal polynomials. In the productive parameters we observed a significant difference in the final live weight, daily gain of weight, voluntary consumption and in the characteristics of the channel had an effect on the weight of the hot and cold channel, and in the pH decreased in the muscles *Longissimus Dorsi* and femoral quadriceps at 45 minutes of sacrifice. The addition of 600 and 800 ppm of the polyherbal formula may be an option to improve the daily weight gain, increasing the final live weight and the weight of the hot and cold channel, without affecting the coloration and its water retention capacity.

Key words: Antioxidants, meat quality, rabbits

INTRODUCCIÓN.

En la producción de animales para abasto se han utilización en las dietas antibióticos que actúan como promotores de crecimiento, modificando la flora microbial para mejorar la digestibilidad del alimento (Seydim *et al.*, 2006), en la actualidad se ha prohibido el uso de estos, por sus efectos secundarios tal como la resistencia de agentes patógenos (Anadón *et al.*, 2006), por dicha razón se han buscado alternativas para dejar de utilizarlos, para lo cual se ha empleado aditivos de origen orgánico. Una alternativa es el empleo de hierbas ricas en fenoles, polifenoles, terpenos, carotenoides, oligosacáridos, vitaminas como E y C (Vizzarri, *et al.*, 2017), cuyas sustancias tienen un potente efecto antioxidante, que son las que pueden actuar como promotores de crecimiento, ya que funcionan como bactericidas modificando la microbiota del tracto digestivo

(Hanczakowska *et al.*, 2015) y de esta forma afectar positivamente la ganancia de peso. Además, en la carne, las hierbas ricas en antioxidantes pueden producir efectos en la coloración, en la capacidad de retención de agua (Dal Bosco *et al.*, 2014) y en el rendimiento del canal (Celia *et al.*, 2016). El producto comercial ImmuPlus® es una fórmula polihierbal que contiene *Withania somnifera*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia*, *Emblica officinalis* que son hierbas procedentes de la India ricas en antioxidantes que podrían producir efectos en los parámetros productivos y en las características físico químicas de la carne. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto sobre la respuesta productiva y en la calidad de la carne, tras la adición de 0, 200, 400, 600, 800 ppm de la fórmula polihierbal en dietas de conejos en finalización.

MATERIAL Y MÉTODO

El experimento se realizó en el Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se emplearon 40 conejos Nueva Zelanda con California, teniendo un peso vivo promedio de 980 ± 70 g, destetados con 30 días de edad. Previo al inicio del periodo de los tratamientos se les proporciono una adaptación de 7 días, los conejos se alojaron en jaulas individuales, ofreciéndoles el 4% de su peso vivo en materia seca de alimento comercial y agua a libre acceso. Posteriormente a la adaptación se inició el periodo de los tratamientos con una duración de 30 días, utilizando ocho conejos por tratamiento, cada tratamiento consistió en ofrecer alimento comercial más la adición en partes por millón (ppm) de una fórmula polihierbal del producto comercial ImmuPlus®, utilizándolas siguientes dosis 0, 200, 400, 600 y 800 ppm.

Se determinó la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia pesando el alimento ofrecido y rechazado todos los días, los conejos fueron pesados al inicio, cada 7 días y al final del período de tratamiento (Cullere *et al.*, 2016), al finalizar el periodo experimental los 40 conejos fueron sacrificados, se realizó el faenado que consistió en el retiro de piel, vísceras torácicas y abdominales incluyendo riñones, se pesó cada canal y a los 45 minutos del sacrificio utilizando un potenciómetro portátil provisto de un electrodo de penetración y con compensación de temperatura automática (Hanna Instruments, modelo HI 99163) se determinó el pH del músculo *Longissimus dorsi* y del cuádriceps femoral. Para el almacenaje de los canales se colocaron en bolsas de nylon, colgándolos de sus extremidades posteriores a una temperatura de 4° C (Qwele *et al.*, 2013). A las 24 horas del sacrificio se pesaron los canales y se determinó el pH del músculo *Longissimus dorsi* y del cuádriceps femoral, al mismo tiempo utilizando un colorímetro de la marca Konika Minolta, modelo Chroma Meter CR-400 para determinar los parámetros de color del músculo *Longissimus dorsi*, valorando las variables L*, a*, b*, Cromo y Hue, siendo L* para luminosidad, a* para amarillez, b* para rojo y Hue el grado de tonalidad. Posteriormente a la medición de la coloración se realizó la técnica de pérdida de agua por cocción, del músculo *Longissimus dorsi* se empleó una muestra de 5 g y se colocaron a baño húmedo a una temperatura de 80°C por una hora (Volek *et al.*, 2013).

Para el análisis de los datos, cada conejo fue considerado como unidad experimental, se empleó un diseño completamente al azar con una significancia de 0.05, se determinó efectos lineales o cuadráticos mediante polinomios ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se muestran los resultados obtenidos en los parámetros productivos, con respecto al peso final se encontraron diferencias significativas ($P < 0.05$) siendo los tratamientos 600 y 800 ppm los que presentaron un mayor peso con 2126.43 y 2041.00g respectivamente. Referente a la

ganancia diaria de peso, el tratamiento 400, 600 y 800 ppm fueron los que obtuvieron una mejor ganancia con 36.9, 38.2, 37.0 g, mismos resultados observaron Cardinali *et al.*, (2015) al adicionar 0.2% de orégano y 0.2% de romero, observando un peso final mayor con orégano y con la combinación de 0.1% de orégano y 0.1% de romero, tal incremento del peso es debido posiblemente a que los antioxidantes del romero y del orégano afectaron la microbiota cecal y como consecuencia ayudó a una mejor absorción de los nutrientes de los alimentos, situación que pudo haber sucedido en este trabajo.

Cuadro 1. Características productivas de los conejos alimentados con diferentes niveles de productos herbales (ImmuPlus®)

	ppm kg ⁻¹ MS de alimento					EEM	P-valor	
	0	200	400	600	800		L	C
Peso Inicial (g)	1003.38	1002.88	925.33	1054.71	1003.00	54.228	0.594	0.666
Peso Final (g)	1949.63 ^b	1809.38 ^a	2030.83 ^{ab}	2126.43 ^b	2041.00 ^b	77.236	0.048	0.284
CV (g d ⁻¹)	122.43 ^a	121.19 ^a	137.13 ^{ab}	152.39 ^a	142.69 ^{ab}	6.542	0.001	0.431
GDP (g)	33.79 ^{ab}	28.80 ^{ab}	36.98 ^a	38.27 ^a	30.07 ^a	1.796	0.009	0.212
CA (kg)	3.63	4.3	3.71	3.98	3.88	0.156	0.317	0.450

P<0.05, L: Efecto Lineal, C: Efecto cuadrático, CV: Consumo voluntario, GDP: Ganancia Diaria de Peso, CA: Conversión Alimenticia

Con respecto al consumo voluntario por día se encontraron diferencias (P=0.001) siendo el tratamiento 600 y 800 ppm de ImmuPlus® con un mayor consumo con 152.3 y 142.6 g respectivamente, posiblemente sea un efecto de la presencia de polifenoles y oligosacáridos de la fórmula polihierbal, los cuales cambiaron la palatabilidad produciendo un sabor agradable para los conejos (Jiang y Xiong *et al.*, 2016). En la conversión alimenticia no se encontraron diferencias significativas.

En los resultados de las características de las canales (Cuadro 2), el tratamiento 600 ppm fue el que mostró un peso mayor en la canal caliente con 1175.43 g y en el canal frío con 1118.43 g, siendo correlacional al peso vivo final del tratamiento 600 ppm, sin presentarse diferencias en el rendimiento del canal. En la pérdida de agua por goteo y por cocción no se observaron diferencia, en un estudio realizado por Celia *et al.*, (2016) al adicionar Digestarom® en la dieta a conejos antes del destete afectó la pérdida de agua por cocción, argumentando que los antioxidantes presentes en el Digestarom® al utilizarlas por un tiempo prolongado, afectan las proteínas de la línea Z del músculo, evitando que se oxiden y como consecuencia no las deje actuar en la retención del agua. En este trabajo no hubo efecto debido que se expuso solo por 30 días a la fórmula polihierbal.

Cuadro 2. Características de los canales de conejos alimentados con diferentes niveles de productos herbales (ImmuPlus ®)

	0	200	400	600	800	EEM	P-valor	
	ppm kg ⁻¹ MS Alimento						L	C
Canal Caliente (g)	1066.13 ^{ab}	945.37 ^b	1120.67 ^{ab}	1175.43 ^a	1122.88 ^{ab}	48.87	0.03	0.18
Canal Fría (g)	1013.13 ^{ab}	896.52 ^b	1069.00 ^{ab}	1118.43 ^a	1070.88 ^{ab}	47.80	0.03	0.20
RC (%)	45.38	48.10	44.82	44.78	44.96	0.80	0.21	0.21
PAG (%)	5.018	5.31	4.62	4.86	4.64	0.20	0.219	0.56
PAC (%)	34.75	35.62	34.48	36.09	36.33	0.81	0.26	0.59
pH 45 min de <i>L. dorsi</i>	6.54 ^a	6.16 ^b	6.05 ^b	6.07 ^b	5.96 ^b	0.07	0.001	0.01
pH 45 min de c. femoral	6.41 ^b	6.21 ^{ab}	6.24 ^{ab}	6.13 ^a	6.07 ^a	0.81	0.04	0.54
pH 24 h de <i>L. dorsi</i>	6.01	6.06	6.12	6.15	6.01	0.06	0.13	0.85
pH 24 h de c. femoral	6.09	6.30	6.27	6.24	6.19	0.05	0.076	0.08
L*	43.25	44.32	43.29	45.31	42.39	1.56	0.560	0.98
a*	12.25	12.15	13.58	11.98	12.47	1.41	0.89	0.68
b*	5.58	5.35	5.99	5.88	4.59	0.75	0.62	0.85
Croma	13.49	13.44	14.85	13.36	13.36	1.53	0.85	0.72
Hue	24.57	23.37	24.17	25.81	19.50	2.24	0.65	0.52

P<0.05, L: Efecto Lineal, C: Efecto cuadrático, RC: Rendimiento de la canal, PAG: Pérdida de agua por cocción, PAC: Pérdida de agua por cocción

En las características físico químicas de la carne (Cuadro 2), en el pH a los 45 minutos del sacrificio en el músculo cuádriceps femoral el tratamiento 600 y 800 ppm presentaron menor valor con 6.13 y 6.07 respectivamente, y en el músculo *Longissimus dorsi* todos los tratamientos fueron más ácidos, de acuerdo a García *et al.*, (2012) debido a la fisiología de los conejos, en el proceso del sacrificio utilizan el glucógeno muscular para reacción fuga, obteniendo ácido láctico en el músculo, lo que podría indicar que los compuestos de la fórmula polihierbal utilizada facilita la transformación del glucógeno a ácido láctico.

La adición de la fórmula polihierbal no afectó los parámetros de la coloración, ni el pH a las 24 horas del sacrificio, sin embargo, son pH que se encuentran en los rangos normales al igual que los parámetros de color (Rotolo *et al.*, 2013).

CONCLUSIÓN

La adición de la fórmula polihierbal a dosis de 600 a 800 ppm en la dieta de los conejos en finalización presentó un efecto positivo en el peso final y en la ganancia diaria de peso, reflejándose en un incremento del peso de la canal caliente y fría, lo que indica que la utilización de la fórmula polihierbal puede ser una opción para mejorar los parámetros productivos sin afectar las variables de calidad de la carne.

REFERENCIAS.

Anadón A., 2006. The EU ban of antibiotics as feed additives: Alternatives and consumer safety, *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 29:41-44

- Cardinali R., Cullere M., Dal Bosco A., Mugnai C., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., Trabalza Marinucci M., Dalle Zotte 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
- Celia C., Cullere M., Gerencsér Z., Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A. 2016. Effect of pre- and post-weaning dietary supplementation with Digestarom® herbal formulation on rabbit carcass traits and meat quality. *Meat Science* 118:89-95
- Cullere M., Dalle Zotte A., C. Celia, b, Renteria-Monterrubio A.L., Gerencsér Z., Szendrő Z., Kovács M., Kachlekb M.L., Matics Z. 2016. Effect of *Silybum marianum* herb on the productive performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Livestock Science* 194:31-36
- Dal Bosco A., Gerencsér Z., Szendrő Z., Mugnai C., Cullere M., Kovács M., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., Dalle Zotte A. 2014. Effect of dietary supplementation of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display. *Meat Science* 96: 114-119
- García A., Córdova L.E., Urpin L.A., Méndez R., Malavé A. 2012. Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis guineensis*. *UDO Agrícola* 12:939-946g
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Grela E. R., 2015. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality, *Meat Science* 108:61-66
- Jiang J., Xiong Y., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review, *Meat Science* 120:107-117
- Qwele K., Hugo A., Oyedemi S.O., Moyo B., Masika P.J., Muchenje V., 2013, Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves, sunflower cake and grass hay, *Meat Science* 93, 455-462
- Rotolo L., Gai F., Nicola S., Zoccarato I., Brugiapaglia A., Gasco L., 2013. Dietary Supplementation of Oregano and Sage Dried Leaves on Performances and Meat Quality of Rabbits. *Journal of Integrative Agriculture*. 11:1937-1945
- Seydim A.C. y Sarikus G., 2006. Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils, *Food Research International* 39, 639-644
- Vizzari F., Palazzo M., D'Alessandro A.G., Casamassim D. 2017. Productive performance and meat quality traits in growing rabbit following the dietary supplementation of *Lippia citriodora*, *Raphanus sativus* and *Solanum lycopersicum* extracts. *Livestock Science* 200:53-59
- Volek Z., Marounek M. 2011. Effect of feeding growing–fattening rabbits a diet supplemented with whole White lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perirenal fat, *Meat Science* 87:40-4

7.1.2 II. Artículo científico: “EVALUATION OF A PLANT FEED ADDITIVE ON RABBIT PERFORMANCE AND MEAT CHARACTERISTICS”

**EVALUATION OF A PLANT FEED ADDITIVE ON RABBIT PERFORMANCE
AND MEAT CHARACTERISTICS**

Pulido S. *, Espinosa A. *, Hernández P.A. *, Mendoza G.D. **

* Autonomous University of the State of Mexico, UAEM Amecameca University Center

** Metropolitan Autonomous University, Campus Xochimilco

Correspondence: Espinosa A.* enresaya1@hotmail.com, telephone and fax: (597) 9782158 and 59

ABSTRACT: An experiment was carried out to evaluate a feed additive based on *Embllica officinalis*, *Ocimum santctum*, *Tinospora cordifolia* and *Withania somnifera* on the productive parameters and quality of rabbit meat (in finalization). 40 rabbits (New Zealand x California, initial weight 980 ± 70 g), were assigned according to a completely randomized design. Treatments consisted in supplementing the feed with ImmuPlus additive at 0, 200, 400, 600 and 800 mg/kg. A linear response was observed ($P < 0.05$) with increasing concentration of ImmuPlus on: feed intake ($Y = 120.8 + 0.0359X$; $r^2 = 0.72$), average daily gain ($Y = 33.12 + 0.001X$; $r^2 = 0.07$), final body weight ($Y = 1891.5 + 0.2499X$; $r^2 = 0.43$) and carcass weight ($Y = 966.08 + 0.1687X$; $r^2 = 0.39$). There were no effects ($P > 0.05$) on feed conversion

or digestibility. No effects were found ($P < 0.05$) on carcass yield, pH in samples of *Longissimus dorsi* and *Quadriceps femoris* (24 hours post slaughter), water retention capacity, color or lipid oxidation. The inclusion of the ImmuPlus product promoted greater consumption and weight gain in rabbits, which allowed for heavier carcass weights without alterations in the quality of the meat.

Key Words: feed plant additive, phytobiotics, antioxidants, meat quality, performance, lipid peroxidation

INTRODUCTION

The prohibition of the use of antibiotics as growth promoters (Anadón et al., 2006) has promoted the evaluation of plant feed additives with different phytoactive compounds as potential alternatives. It is known that phenolics, polyphenols, terpenes, carotenoids, and oligosaccharides found in plants (Cullere et al., 2016 and Dalle Zotte et al., 2016) can act as growth promoters (Cardinali et al., 2015). Depending on the type of phytoactive compounds and their derivatives metabolites, inclusion of herbal products in rabbit diets can improve feed digestibility and weight gain (Celia et al., 2016a). Some of these products contain powerful antioxidants (Fernando et al., 2013) that may improve meat quality (Dal Bosco et al., 2014) and carcass yield (Celia et al., 2016b). This is important in rabbit production since their meat has a high content of polyunsaturated fats (Dalle Zotte and Szendrő, 2011) which are prone to oxidation in less time (Vizzarri et al., 2017) and the inclusion of phytobiotics has reduced lipid oxidation (Hanczakowska et al., 2017).

Feed plant additives need to be evaluated to identify those that are effective, along with appropriate doses to be used under the circumstances as well as the species that allow the

greatest benefit (Frankič et al, 2009). One polyherbal formulation (ImmuPlus) has shown positive results in different species (Kumari et al., 2007; Roy et al., 2003) and could be useful in rabbit production. Therefore, this experiment was designed to evaluate this feed plant additive consisting of *Emblica officinalis*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia* and *Withania somnifera* which contain polyphenols, glycosides, flavonoids and other antioxidant phytoactive compounds (Cecchini et al., 2014). The hypothesis was that inclusion of ImmuPlus in diets of rabbits fed to market weight could improve the productive parameters and the physical and chemical characteristics of the meat.

MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Experimental Cuniculture Unit of the Amecameca University Center of the Autonomous University of the State of Mexico (UAEM). The Animal Care and Use Committee of the Veterinary Faculty from the UAEM approved all procedures.

Forty New rabbits (New Zealand x California) with an initial live weight of 980 ± 70 g weaned at 30 days of age were used in the evaluation, which were housed in individual cages and fed at 4% of their live weight and offered clean water *ad libitum*. The animals had 7 days of adaptation to the experimental rations. The trial lasted 30 days, using eight rabbits per treatment, which consisted of the inclusion of the feed plant additive ImmuPlus® (Technofeed Mexico) in the concentrate at doses of 0, 200, 400, 600 and 800 mg/kg. The concentrate was manufactured by Productores Agropecuarios Tepexpan, S.A. de C.V. Mexico Union Tepexpan with 17.4% CP, NDF 35.8% and ADF 28.8%, without antibiotics to meet growth requirements (Nutrient Requirements of Rabbits, NRC 1977).

Voluntary intake was recorded daily and the rabbits were weighed at the beginning and end of the experiment period to estimate daily average daily gain and feed conversion (Cullere *et al.*, 2016). On day 20, excreta from each rabbit were collected to estimate digestibility using acid-insoluble ash as an internal marker (van Keulen and Young, 1977).

All rabbits were slaughtered and carcass, liver and kidney weight were recorded. The carcasses were placed in nylon bags and were recorded chilled carcass weight (24 h at 4° C), pH of the *Longissimus dorsi* and *Quadriceps femoris* muscles (potentiometer Hanna model HI 99163) and meat color (Konika Minolta colorimeter, model Chroma Meter CR-400), to obtain the parameters L *, a *, b *, Chroma and Hue, being L * for luminosity, a * for red, b * for yellowness and Hue the degree of hue (Dal Bosco *et al.*, 2014).

The percentage of water loss was determined by cooking the *Longissimus dorsi* muscle with 5 g sample in a wet bath at 80° C for one hour by difference between initial and post-cooking weight (Volek *et al.*, 2013). Lipid oxidation was measured with 3 g of sample of the *Longissimus dorsi* muscle at 90 days post mortem following the Qwele *et al.* (2013) with 0.02M thiobarbituric acid, malonaldehyde (0.0125 M) as stock solution with trichloroacetic acid (1:20), reading reactions at 535 nm in a spectrophotometer (Hewlett Packard, UV / visible light).

The results were analyzed according to a completely random design testing linear and quadratic effects of the additive level with the JMP software (Sall *et al.*, 2012).

RESULTS AND DISCUSSION

Performance of rabbits fed ImmuPlus was improved (Table 1); intake ($Y = 120.8 + 0.0359X$; $r^2 = 0.72$), daily weight gain ($Y = 33.12 + 0.001X$; $r^2 = 0.07$), final weight ($Y = 1891.5 + 0.2499X$; $r^2 = 0.43$) and carcass weight ($Y = 966.08 + 0.1687X$, $r^2 = 0.39$) were increased

linearly ($P < 0.05$) with increasing concentration of ImmuPlus in the feed without changes in feed conversion, digestibility (Table 1) and carcass yield (Table 2). Weight gain was positively correlated with consumption ($r = 0.84$). Although there were no changes in digestibility, the consumption of total digestible nutrients increased linearly ($Y = 93.602 + 0.0257X$; $r^2 = 0.63$) with ImmuPlus, which resulted in heaviest weight.

Table 1. Production characteristics of rabbits fed ImmuPlus (mg/kg)

	0	200	400	600	800	MSE	P-value	
							L	Q
Initial body weight (g)	1003.3	1002.9	995.3	1054.7	1003.0	60.96	0.59	0.66
Final body weight (g)	1949.6	1809.4	2030.8	2126.4	2041.0	59.74	0.040	0.28
Daily feed intake (g/d)	122.4	121.2	137.1	152.3	142.7	5.54	0.001	0.43
Average daily gain (g/d)	33.7	28.8	36.9	38.2	30.0	1.39	0.009	0.21
Feed conversion ratio	3.6	4.3	3.7	3.9	3.9	0.15	0.31	0.45
Digestibility (%)	77.5	76.8	76.0	77.8	76.1	0.91	0.43	0.86
Digestible nutrient intake (g)	95.04	93.64	103.95	118.38	108.64	5.21	0.003	0.54

SEM: standard error of the mean, L: Linear effect; Q: Quadratic effect

The increase in weight gain was reflected in increased feed consumption and it is presumed that phytobiotics may have improved the palatability of the food. Oligosaccharides have aromatic properties in the plants that make up the polyherbal product (Jiang and Xiong, 2016), 80% of the phytochemicals of *Embllica officinalis* are carbohydrates (Variya *et al.*, 2016) and *Tinospora cordifolia* contains glucosides (Singh *et al.*, 2013). Another compound that could stimulate consumption is the eugenol present in *Ocimum santctum* (Prakash and Gupta, 2005). In other studies it has been observed that weight can be increased without changes in yield (Dal Bosco *et al.*, 2012).

Table 2. Carcass characteristics of rabbits fed with ImmuPlus (mg/kg)

	0	200	400	600	800	MSE	P-value	
							L	C
Carcass weight (g)	1066.1	945.3	1120.6	1175.4	1122.88	48.87	0.035	0.18
Chilled carcass weight (g)	1013.1	896.5	1069.0	1118.4	1070.88	47.80	0.036	0.20
Chilled carcass yield (%)	45.3	48.1	44.8	44.7	44.96	0.80	0.21	0.21

Thawing losses (%)	5.0	5.31	4.6	4.8	4.64	0.20	0.21	0.56
Cooking losses (%)	34.7	35.6	34.4	36.0	36.33	0.81	0.26	0.59
Liver (g)	48.0	58.1	50.5	55.5	50.75	3.01	0.17	0.71
Kidneys (g)	15.5	14.2	13.0	14.2	13.00	0.70	0.13	0.13

SEM: standard error of the mean; L: Linear effect; C: Quadratic effect

The inclusion of the plant feed additive did not modify the quality of meat (Table 3) and the results are similar to others reported (Liu *et al.*, 2009). Although there was a greater consumption of digestible nutrients, the reserves of muscle glycogen are not modified to modify the changes in the meat. The decrease in pH is related to the formation of lactic acid in the muscle after slaughter (García *et al.* (2012).

Other feed plant additives in the diet for rabbits included before weaning caused a negative effect on the loss of water by cooking, presumably by the antioxidants that affected the proteins of the muscle Z line, preventing them from oxidizing and consequently not allowing them to act on water retention (Celia *et al.*, 2016) but this effect was not observed with ImmuPlus in this trial.

Table 3. Characteristics of rabbit meat fed ImmuPlus (mg/kg)

	0	200	400	600	800	SEM	P-value	
							L	C
<i>Longissimus dorsi</i> pH 24 h	6.01	6.06	6.12	6.15	6.01	0.066	0.133	0.857
<i>Quadriceps femoris</i> pH 24 h	6.09	6.30	6.27	6.24	6.19	0.056	0.076	0.086
Lightness (L)	43.2	44.3	43.2	45.3	42.39	1.56	0.560	0.985
Redness (a)	12.2	12.1	13.5	11.9	12.47	1.41	0.899	0.685
Yellowness (b)	5.5	5.3	5.9	5.8	4.59	0.75	0.627	0.855
Chroma	13.4	13.4	14.8	13.3	13.36	1.53	0.857	0.729
Hue	24.5	23.3	24.1	25.8	19.5	2.24	0.655	0.522
*Inhibition of lipid oxidation (%)	43.2	56.4	47.5	61.0	54.5	6.85	0.422	0.112

SEM: standard error of the mean; L: Linear effect; Q: Quadratic effect; Chroma: color saturation; *Inhibition of lipid oxidation (%): Percentage absorbance of acid thiobarbituric 90 d post mortem

The antioxidants of the polyherbal product did not inhibit lipid oxidation of the meat (Table 3). Similar results have been reported by Dabbou *et al.* (2016) in rabbit meat stored for two months in freezing (-20° C) with different levels of cranberry residue. Peiretti *et al.* (2013)

also found no effects with different levels of tomato marc in rabbit meat stored for 3 months in freezing at -25° C. It is possible that the antioxidants in the products have not been used at the cellular level, reducing the damage caused by the peroxides (Qwele *et al.*, 2013) or inhibiting the reactive hydrogen of the methylene groups, preventing the free radicals from acting (Verma *et al.*, 2009 and Moyo *et al.*, 2012) before slaughter, or that its content or antioxidant capacity is lower than that of vitamin E where effects on meat have been reported in lipid oxidation (Ebeid *et al.*, 2013).

The plants from polyherbal ImmuPlus also have metabolites that have shown effects that can help the immune response under stress conditions. This has been demonstrated in several rodent experiments using different stresses supplemented with *Ocimum sanctum* (Jothie *et al.*, 2016), *Withania somnifera* (Bhattacharya and Muruganandam, 2003), and *Tinospora cordifolia* (Alsuhaibani and Khan, 2017; Bishayi *et al.*, 2002). The feed additive ImmuPlus has been used in other herbivores with positive responses where nutraceutical effects have been reported (Roy *et al.*, 2003, Das *et al.*, 2003 and Cecchini *et al.*, 2014). Although immune response effects were not evaluated in this experiment, presumably the feed plant additive evaluated could have improved animal welfare.

Polyherbal mixtures are not purified extracts, containing more molecules with one or more predominant active substances (and nutrients) that are responsible for the biological effects (Frankič *et al.*, 2009) and could presumably give advantages over the extracts.

CONCLUSIONS

The inclusion of the plant feed additive ImmuPlus promoted greater consumption and weight gain in rabbits, resulting in greater carcass weights without changes in the quality of the meat. Although there was a linear response, the recommended dose is 600 mg/kg in rabbit's diets.

Acknowledgement: The authors thanks Technofeed México S.A., Nuproxa Switzerland and Indian Herbs Co. for supplying the herbal product for this experiment and Ray Jones for the revision and contributions of the document.

REFERENCES

- Anadón A., 2006. The EU ban of antibiotics as feed additives: Alternatives and consumer safety, *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 29, 41-44
- Alsuhaibani S., Khan M. A. 2017. Immune-stimulatory and therapeutic activity of *Tinospora cordifolia*: Doubled-edged sword against salmonellosis. *Journal of Immunology Research* 2017, Article ID 1787803, <https://doi.org/10.1155/2017/1787803>
- Bhattacharya S. K., Muruganandam, A. V. 2003. Adaptogenic activity of *Withania somnifera*: and experimental study using a rat model of chronic stress. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* 75:547-555
- Bishayi B., Roychowdhury S., Ghosh S., Sengupta M. 2002. Hepatoprotective and immunomodulatory properties of *Tinospora cordifolia* in CCl₄ intoxicated mature albino rats. *Journal of Toxicology Science* 27: 139-46
- Cardinali R., Cullere M., Dal Bosco A., Mugnai C., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., TrabalzaMarinucci M., DalleZotte 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

- Cecchini S., Paciolla M., Caputo A.R., Bavoso A., 2014. Antioxidant potential of the polyherbal formulation "ImmuPlus": A nutritional supplement for horses. *Veterinary Medicine International*, 434239 Article ID 434239
- ^aCelia C., Cullere M., Gerencsér Z, Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A., 2016. Dietary supplementation of Digestarom® herbal formulation: effect on apparent digestibility, faecal and caecal microbial counts and live performance of growing rabbits, *World Rabbit Science* 24: 95-105
- ^bCelia C., Cullere M., Gerencsér Z, Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A., 2016. Effect of pre- and post-weaning dietary supplementation with Digestarom® herbal formulation on rabbit carcass traits and meat quality, *Meat Science* 118 :89-95
- Cullere M., Dalle Zotte A., Celia C., Renteria-Monterrubioa A.L., Gerencsér Z., Szendrő Z., Kovács M., Kachlekb M.L., Matics Z. 2016. Effect of *Silybum marianum* herb on the productive performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Livestock Science* 194:31-36
- Dal Bosco A., Mourvaki E., Cardinali R., Servili M., Sebastiani B., Ruggeri S., Mattioli S., Taticchi A., Esposto S., Castellini C., 2012. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits, *Meat Science* 92: 783-788
- Dal Bosco A., Gerencsér Z., Szendrő Z., Mugnai C., Cullere M., Kovács M., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., Dalle Zotte A., 2014. Effect of dietary supplementation of *Spirulina (Arthrospira platensis)* and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display, *Meat Science* 96: 114-119

- Dalle Zotte A. Celia C. Szendrő 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
- Das P.K., Das M.R., Acharya K.C., Ray S.K., 2003. Evaluation of herbal immuno-stimulant "Immu-21" in prevention and treatment of bovine clinical mastitis, *Phytomedica* 4, 13-20
- Ebeid T.A., Zeweil H.S., Basyony M.M., Dosoky W.M., Badr H., 2013. Fortification of rabbit diets with vitamin E or selenium affects growth performance, lipid peroxidation, oxidative status and immune response in growing rabbits, *Livestock Science* 155: 323-331
- Fernando I., Abeysinghe D., Dharmadasa R., 2013. Determination of phenolic contents and antioxidant capacity of different parts of *Withania somnifera* (L.) Dunal. from three different growth stages, *Industrial Crops and Products* 50: 537-539
- Frankič T., Voljč M., Salobir J., Rezar V., 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta agriculturae Slovenica* 94, 95-102.
- García A., Córdova L.E., Urpin L.A., Méndez R., Malavé A. 2012. Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis quineensis*, *UDO Agrícola* 12:939-946
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Grela E. R., 2015. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality, *Meat Science* 108, 61-66
- Jiang J. and Xiong Y., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review, *Meat Science* 120: 107-117
- Jothie, R. E., Illuri R., Bethapudi B., Anandhakumar S., Bhaskar A., Chinampudur Velusami C., Mundkinajeddu D., Agarwal A. 2016. Anti-stress Activity of *Ocimum sanctum*:

- Possible Effects on Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis. *Phytotherapy Research* 30:805-814.
- Kumari J., Sahoo P. K., Giri S. S. 2007. Effects of polyherbal formulation 'Immuplus' on immunity and disease resistance of Indian major carp, *Labeo rohita* at different stages of growth. *Indian Journal of Experimental Biology* 45:291-298.
- Liu H.W., Gai F., Gasco L., Brugiapaglia A., Lussiana C., Guo K.J., Jian Ming Tong, Zoccarato I., 2009. Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits, *Meat Science* 83: 678-683
- Moyo B., Oyedemi S., Masika P.J., Muchenje V., 2012. Polyphenolic content and antioxidant properties of *Moringa oleifera* leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with *Moringa oleifera* leaves/sunflower seed cake, *Meat Science* 91: 441-447
- Peiretti P. G. and Meineri G., 2008. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica L.*) seed supplements, *Meat Science* 80: 1116-1121
- Qwele K., Hugo A., Oyedemi S., Moyo B., Masika P., Muchenje V. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with *Moringa (Moringa oleifera)* leaves, sunflower cake and grass hay, *Meat Science* 93: 455-462
- Prakash P. and Gupta N., 2005. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum linn* (tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: A short review, *Indian Journal Physiol Pharmacol* 49 (2): 125-131
- Roy S., Tiwari A., Roy M., 2003. Studies on the efficacy of herbal Zycox alone and in combination with ImmuPlus in caprine coccidiosis. *Phytomedica* 4: 29-33.

- Sall J., Lehman A., Stephens M., Creighton L., JMP® Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis. Cary, NC, USA: SAS Institute In. 2012.
- Singhal G., Bhavesh R., Kasariya K., Sharma A., Pal Singh R., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity, *Journal of Nanoparticle Research* 13: 2981-2988
- Dabbou S., Francesco Gai F., Manuela Renna M., Luca Rotolo L., Samia Dabbou S., Carola Lussiana C., Attawit Kovitvadh A., Alberto Brugiapaglia A., Michele De Marco M., Ahmed Nouredine Helal A. N., Zoccarato I., Gasco L., 2016. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: effects on carcass characteristics and meat Quality, *Meat Science* 124: 77-83
- Singh S.S., Pandey S.C., Srivastava S., Gupta V.S., Patro B., Ghosh A.C., 2003. Chemistry and medicinal properties of *Tinospora cordifolia* (guduchi), *Indian Journal of Pharmacology* 35: 83-91
- Variya B.C., Bakrania A.K., Patel S.S., 2016. *Embllica officinalis* (Amla): A review for its phytochemistry, ethnomedicinal uses and medicinal potentials with respect to molecular mechanisms, *Pharmacological Research* 111: 180-200
- Verma A.R., Vijayakumar M., Mathela C.S., Rao C.V., 2009. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves, *Food and Chemical Toxicology* 47: 2196-2201
- Vizzarri F., Palazzo M., D'Alessandro A.G., Casamassim D., 2017. Productive performance and meat quality traits in growing rabbit following the dietary supplementation of *Lippia citriodora*, *Raphanus sativus* and *Solanum lycopersicum* extracts. *Livestock Science* 200: 53-59

Volek Z., Marounek M., 2011. Effect of feeding growing–fattening rabbits a diet supplemented with whole White lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perirenal fat, Meat Science 87: 40-4

7.1.3 III. Capítulo de libro: “ANÁLISIS PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA ADICIÓN DE FÓRMULA POLIHERBAL EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN”



**Avances de la Investigación sobre
Producción Animal y Seguridad
Alimentaria en México**



Editores:

José Herrera Camacho, Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo,
Ángel Trinidad Piñero Vázquez, Liliana Márquez Benavides, Evelia Santillán
Ferreira, José Arce Menocal

EDITORES Y ADSCRIPCIONES

EDITORES

José Herrera Camacho

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Alfonso Juventino Chay Canul

División Académica de Ciencias Agropecuarias, Universidad Juárez Autónoma de Tabasco

EDITORES ASOCIADOS

Fernando Casanova Lugo

Instituto Tecnológico de la Zona Maya, Tecnológico Nacional de México.

Angel Piñeiro Vázquez

Instituto Tecnológico de Conkal, Tecnológico Nacional de México.

UMSNH CA-273 CAMBIO CLIMATICO, PRODUCCION Y SUSTENTABILIDAD

Liliana Márquez Benavides

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

Evelia Santillán Ferreyra

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

José Arce Menocal

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo

"Avances de la investigación sobre producción animal y seguridad alimentaria en México"/ Editores

José Herrera Camacho et al. -- Primera edición. – Morelia, Michoacán, México 2018

1327 páginas en las que se incluye cuadros, figuras, ilustraciones y referencias bibliográficas en cada uno de los temas contenidos en la obra

ISBN: 978-607-542-022-6

1. Agricultura – Investigación - México. \ 2. Ganadería – Investigación – México.

\ 3. Seguridad Alimentaria – Biotecnología – Investigación – México.

Primera edición: 2018-07-13

D. R. © Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Av. Francisco J Múgica, Ciudad Universitaria, C.P. 58030, Morelia, Michoacán, México. www.umich.mx

Esta obra consta de 700 ejemplares CD ROOM, 16.4 Mb, en formato PDF y fue dictaminada mediante el sistema de pares ciegos, por un Comité Científico interinstitucional que contó con el apoyo de evaluadores de diferentes Instituciones y dependencias públicas. Las denominaciones empleadas y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Editores, juicio alguno sobre la delimitación de fronteras o límites y la mención de empresas o productos de fabricantes en particular, estén o no patentados, no implica que la editores los apruebe o recomiende de preferencia a otros de naturaleza similar que no se mencionan. Aunque la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, fomenta la reproducción y difusión parcial o total del material contenido, queda prohibida su reproducción total sin contar previamente con la autorización expresa y por escrito del titular, en términos de la Ley Federal de Derechos de Autor. Su uso para fines no comerciales se autorizará de forma gratuita previa solicitud. La reproducción para la reventa u otros fines comerciales, incluidos fines educativos, podría estar sujeta a pago de derechos o tarifas.

Las opiniones expresadas por los autores no necesariamente reflejan la de los editores de la publicación.

ISBN: 978-607-542-022-6

Coordinadores de la edición: José Herrera Camacho y Alfonso Juventino Chay Canul

Responsable de la edición: Alfonso Juventino Chay Canul, Fernando Casanova Lugo, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Diseño de portada: Fernando Casanova Lugo, Alfonso Juventino Chay Canul, Ángel Piñeiro Vázquez y José Herrera Camacho

Asistentes editoriales: Jessica Herrera Ojeda y Alejandra Sosa Solá

Impreso y hecho en Morelia, Michoacán, México.

ANÁLISIS PRODUCTIVO Y ECONÓMICO DE LA ADICIÓN DE FÓRMULA POLIHERBAL EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN

Pulido Huertas S.¹, Espinosa Ayala E.¹, Hernández García P.A.¹, Mendoza Martínez G.D.²

¹Universidad Autónoma del Estado de México, Centro Universitario UAEM Amecameca. ² Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco

*Autor de correspondencia: enresaya1@hotmail.com

Palabras clave:		Resumen
fitoquímicos, productiva, económico	respuesta análisis	<p>El objetivo del trabajo fue determinar el efecto de una fórmula polihierbal sobre la respuesta productiva y variables económicas de conejos en finalización, se utilizaron 40 conejos en finalización Nueva Zelanda con California, se distribuyeron en cinco tratamientos con ocho conejos en cada uno, los cuales fueron alimentados con concentrado comercial adicionados con 0, 200, 400, 600 y 800 mg/kg de la fórmula polihierbal rica en fitoquímicos. Se determinó la ganancia de peso, consumo voluntario, conversión alimenticia y peso de la canal, además se obtuvo el costo por consumo de alimento, la utilidad de conejo vivo y en canal, y la relación ingreso/egreso de conejo vivo y en canal, los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con una significancia de 0.05, se determinó si hubo efectos lineales o cuadráticos mediante polinomios ortogonales. En la respuesta productiva se observó un efecto lineal en el peso final, ganancia diaria de peso, consumo voluntario, peso de la canal (0.05), y en lo económico los tratamientos con 400 y 600 mg/kg de la fórmula polihierbal presentaron una mayor utilidad y relación ingreso/egreso en conejo vivo y en canal. La adición de la fórmula polihierbal puede ser una opción para mejorar la respuesta productiva, sin generar un impacto económico negativo observándose un incremento en la relación ingreso/egreso en canales.</p>
Keywords: phytochemicals, performance, economic analysis.		Summary <p>The objective of the work was to determine the effect of a polyherbal formula on the productive response and economic variables of rabbits in finalization, 40 rabbits were used in completion New Zealand with California, were distributed in five treatments with eight rabbits in each one, which were fed with commercial concentrate added with 0, 200, 400, 600 and 800 mg / kg of the polyherbal fomula rich in phytochemicals. The weight gain, voluntary consumption, feed conversion and carcass weight were determined, as well as the cost per feed consumption, the live and carcass rabbit utility, and the income / output ratio of live and carcass rabbit, the data were analyzed by a completely random design with a significance of 0.05, it was determined if there were linear or quadratic effects by orthogonal polynomials. In the productive response, a linear effect was observed in the final weight, daily weight gain, voluntary consumption, carcass weight (0.05), and economically treatments with 400 and 600 mg / kg of the polyherbal fomula presented a higher utility and income / discharge ratio in live rabbit and carcass. The addition of the</p>

polyherbal formula can be an option to improve the productive response, without generating a negative economic impact since an increase in the income / expenditure ratio in channels was observed.

INTRODUCCIÓN

La prohibición del uso de antibióticos como promotores de crecimiento por sus efectos secundarios tal como la resistencia de agentes patógenos (Anadón *et al.*, 2006) ha generado que se realicen diversas investigaciones para sustituirlos, tal es el caso de la evaluación de plantas ricas en fitoquímicos. Se sabe que los fenoles, polifenoles, terpenos, carotenoides, oligosacáridos, vitaminas como E y C de especies vegetales (Dalle Zotte *et al.*, 2016) pueden actuar como promotores de crecimiento (Cardinali *et al.*, 2015) y dependiendo del metabolito y su mecanismo de acción, su inclusión en las dietas puede mejorar la digestibilidad del alimento y la ganancia de peso (Celia *et al.*, 2016), dicha respuesta se debe a plantas como *Emblica officinalis*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia* y *Withania somnifera* que contiene metabolitos con propiedades antibacterianas y antioxidantes (Cecchini *et al.*, 2014) permitiendo que estas se empleen como promotores de crecimiento e inmuoestimulantes.

Existen extractos y mezclas poliherbales, que están siendo evaluados para identificar los impactos que estos tienen en la producción animal, así como establecer las dosis para usarlos en las circunstancias y en las especies que permitan obtener el mayor beneficio productivo y económico (Frankič *et al.*, 2009), por lo tanto, la presente investigación pretende evaluar un producto polihierbal basado en *Emblica officinalis*, *Ocimum sanctum*, *Tinospora cordifolia* y *Withania somnifera* con el objetivo de determinar el impacto productivo y económico al ser adicionados a dieta de conejos en crecimiento-finalización.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México. Se emplearon 40 conejos Nueva Zelanda con California, teniendo un peso vivo inicial de 980 ± 70 g, destetados con 30 días de edad. Previo al inicio del periodo de los tratamientos se les proporciono una adaptación de 7 días, los conejos se alojaron en jaulas individuales, ofreciéndoles el 4% de su peso vivo en materia seca de alimento comercial y agua a libre acceso. Posteriormente a la adaptación se inició el periodo de los tratamientos con una duración de 28 días, utilizando ocho conejos por tratamiento, cada tratamiento consistió en ofrecer alimento comercial más la adición en mg/kg de una fórmula polihierbal del producto comercial ImmuPlus®, utilizándolas siguientes dosis 0, 200, 400, 600 y 800 mg/kg. Se determinó el consumo voluntario pesando el alimento ofrecido y rechazado diariamente, y los conejos fueron pesados al inicio y al final del periodo experimento para estimar ganancia diaria de peso y conversión alimenticia (Cullere *et al.*, 2016). Al finalizar el periodo experimental los 40 conejos procedieron a matanza para la obtención de los canales, el peso de las canales refrigeradas por 24 horas post mortem se registraron.

Se realizó un análisis económico considerando el costo del gazapo, de la alimentación por cada tratamiento, incluyendo el costo de la fórmula polihierbal consideran esto como egresos parciales, por otro lado se determinó el precio de venta de los animales en pie y en canal, considerando estos como ingresos, finalmente se obtuvo la utilidad (ingresos – egreso), así como la relación ingresos/egresos ambos en pie y en canal Para el análisis de los datos,

cada conejo fue considerado como unidad experimental, se empleó un diseño completamente al azar con una significancia de 0.05, se determinó efectos lineales o cuadráticos mediante polinomios ortogonales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El peso final, ganancia diaria de peso, consumo voluntario y peso de la canal (Cuadro 1) presentaron un efecto lineal (0.05), se observa que el tratamiento de 600 mg/kg fue el que obtuvo el mayor peso final, ganancia diaria de peso y mayor consumo de alimento, siendo positivamente correlacional la ganancia de peso con el consumo voluntario ($r= 0.85$), esta respuesta es posible a la composición fitoquímica de las plantas que constituyen la fórmula polihierbal, la planta *Ocimum sanctum* su principal compuesto es el eugenol (Prakash and Gupta, 2005), químico que utiliza la industria alimenticia para expresar el sabor de los alimentos, además la planta *Emblica officinalis* el 80% de su composición son

carbohidratos (Variya *et al.*, 2016) y la *Tinospora cordifolia* contiene una gran cantidad de glucosidos (Singh *et al.*, 2013), de acuerdo a Jiang y Xiong (2016) los oligosacáridos tienen propiedades aromáticas, las cuales pueden ser los responsables de mejorar la palatabilidad del alimento para los conejos. En el análisis económico (Cuadro 2), se observó que el menor costo por animal se obtuvo en el tratamiento sin fórmula polihierbal, mientras que al emplear la fórmula se incrementa el costo, siendo el tratamiento con 600mg/kg el de mayor costo, con respecto a los ingresos, se observa que en el conejo en pie se podría obtener un ingreso de \$78.00 en el tratamiento sin fórmula polihierbal, mientras que en el tratamiento con 600 mg/kg se genera un ingreso de \$85.04 siendo este superior en un 9%, en el mismo sentido, en ingreso generado por venta en canal el tratamiento con mejor ingresos es el de 600 mg/kg, tal situación se debe a que este tratamiento fue el que generó las canales más pesadas y el ingreso está en función al peso del animal vivo y de la canal.

Cuadro 1. Características productivas de los conejos adicionados con ImmuPlus (mg/kg)

	0	200	400	600	800	EEM	P-valor	
							L	C
Peso Inicial (g)	1003.3	1002.8	995.3	1054.7	1003.0	54.22	0.59	0.66
Peso Final (g)	1949.6	2030.0	2032.8	2126.4	2041.0	77.23	0.048	0.28
Consumo Voluntario (g/d)	122.4	132.0	137.1	152.3	142.6	6.54	0.001	0.43
Ganancia Diaria de Peso (g)	33.7	28.8	36.9	38.2	30.0	1.79	0.009	0.21
Conversión Alimenticia (kg)	3.6	4.3	3.7	3.9	3.8	0.15	0.31	0.45
Peso de la canal (g)	1013.1	1030.6	1120.6	1175.4	1122.8	48.85	0.035	0.18

L: Efecto lineal; C: Efecto cuadrático

Cuadro 2. Costo de producción de los conejos adicionados con ImmuPlus (mg/kg)

	0	200	400	600	800
Alimento por kg (\$)	7.50	7.52	7.54	7.56	7.57
Alimento por animal (\$)	25.71	27.80	28.94	32.24	30.26
Costo por animal (\$)	65.71	67.80	68.94	72.24	70.26
Ingreso conejo vivo (\$)	78.00	81.28	81.24	85.04	81.64
Ingreso conejo canal (\$)	86.11	87.60	90.87	95.03	91.04
Utilidad conejo vivo (\$)	12.29	13.48	12.30	12.80	11.38
Utilidad conejo canal (\$)	20.39	19.80	21.93	22.79	20.77
Relación ingreso/egreso conejo vivo	1.18	1.20	1.18	1.18	1.16
Relación ingreso/egreso canal	1.31	1.29	1.32	1.32	1.30

L: Efecto lineal; C: Efecto cuadrático;

Con respecto a la utilidad en el conejo vivo, el tratamiento con 200mg/kg de fórmula polihierbal mostró la mayor ganancia, mientras que en la utilidad en canal fue el tratamiento con 600 mg/kg, siendo esta utilidad 11% superior a la reportada para el tratamiento sin fórmula, se observa que en el tratamiento de 600 mg/kg se incrementó el costo pero al incrementar el peso vivo y de la canal se genera la mayor utilidad. Con respecto a la relación ingreso/egreso conejo vivo, el tratamiento 200 mg/kg fue el que presentó la mayor relación con 1.20, el cual es uno de los tratamientos más ligeros en peso final, pero debido a que tuvo un menor consumo voluntario el costo disminuyó en términos proporcionales. Por otra parte, en la relación ingreso/egreso canal los tratamientos 400 y 600 mg/kg fueron los que presentaron una mayor relación, ambos con 1.32 indicando la máxima rentabilidad estando una unidad por encima de la dieta sin fórmula.

CONCLUSIONES

La utilización de la fórmula polihierbal presentó un efecto positivo en el peso final, ganancia diaria de peso y en el peso de las canales, reflejándolo en la relación ingreso egreso superior a la encontrada en el tratamiento sin fórmula, lo que indica que la utilización de la fórmula polihierbal puede ser una opción para mejorar la respuesta productiva y económica de los conejos, siendo la dosis de 600 mg/kg la que mostró los mejores parámetros productivos y económicos, sin embargo, se sugiere realizar más ensayos para obtener una dosis óptima.

BIBLIOGRAFÍA

- Anadón A., 2006. The EU ban of antibiotics as feed additives: Alternatives and consumer safety, *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 29, 41-44
- Cardinali R., Cullere M., Dal Bosco A., Mugnai C., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., TrabalzaMarinucci M., DalleZotte 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
- Cecchini S., Paciolla M., Caputo A.R., Bavoso A., 2014. Antioxidant potential of the polyherbal formulation "ImmuPlus": A nutritional supplement for horses. *Veterinary Medicine International*, 434239 Article ID 434239
- Celia C., Cullere M., Gerencsér Z., Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A., 2016. Dietary supplementation of Digestarom® herbal formulation: effect on apparent digestibility, faecal and caecal microbial counts and live performance of growing rabbits, *World Rabbit Science* 24: 95-105
- Cullere M., Dalle Zotte A., C. Celiaa,b, Renteria-Monterrubioa A.L., Gerencsér Z., Szendrő Z., Kovácsb M., Kachlekb M.L., Matics Z. 2016. Effect of *Silybum marianum* herb on the productive performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Livestock Science* 194:31-36
- Dal Bosco A., Mourvaki E., Cardinali R., Servili M., B. Sebastiani B., Ruggeri S., Mattioli S., Taticchi A., Esposito S., Castellini C., 2012. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits, *Meat Science* 92: 783-788
- Dalle Zotte A. Celia C. Szendrő 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
- Frankič T., Voljč M., Salobir J., Rezar V., 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta agriculturae Slovenica* 94, 95-102
- Jiang J., Xiong Y., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote

- health benefits and quality of meat products: A review, *Meat Science* 120: 107-117
- Prakash P. and Gupta N., 2005. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum linn* (tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: A short review, *Indian Journal Physiol Pharmacol* 49 (2): 125-131
- Singh S.S., Pandey S.C., Srivastava S., Gupta V.S., Patro B., Ghosh A.C., 2003. Chemistry and medicinal properties of *Tinospora cordifolia* (guduchi), *Indian Journal of Pharmacology* 35: 83-91
- Variya B.C., Bakrania A.K., Patel S.S., 2016. *Emblica officinalis* (Amla): A review for its phytochemistry, ethnomedicinal uses and medicinal potentials with respect to molecular mechanisms, *Pharmacological Research* 111: 180-200

8 Conclusiones

Con la inclusión de la fórmula polihierbal ImmuPlus® desatancando las dosis 400 y 600 ppm, se obtuvo un efecto positivo en la respuesta productiva, estimulando el consumo voluntario y reflejándolo en una mayor ganancia de peso en los conejos, lo que permitió obtener canales de mayor peso, y como consecuencia se observó un ingreso-egreso superior, todo esto sin afectar la calidad de la carne, sin embargo, se sugiere realizar más trabajos para encontrar una dosis óptima.

9 Bibliografía

- Anadón A., 2006. The EU ban of antibiotics as feed additives: Alternatives and consumer safety, *Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics* 29, pp 41-44
- Alsuhaibani S., Khan M. A. 2017. Immune-stimulatory and therapeutic activity of *Tinospora cordifolia*: Doubled-edged sword against salmonellosis. *Journal of Immunology Research*, ID 1787803, <https://doi.org/10.1155/2017/1787803>
- Andrés S., L. Morán, N. Aldai, M. Tejido, N. Prieto, R. Bodas, F. Giráldez, 2014. Effects of linseed and quercetin added to the diet of fattening lambs on the fatty acid profile and lipid antioxidant status of meat samples, *Meat Science*, Vol 97, pp 156-163
- Ahmad Shah M., Don Bosco S.J., Ahmad Mir S., 2014. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products, *Meat Science*, Vol 98, pp 21-33
- Armenteros M., Morcuende D., Ventanas S., Estévez M., 2013. Application of Natural Antioxidants from Strawberry Tree (*Arbutus unedo L.*) and Dog Rose (*Rosa canina L.*) to Frankfurters Subjected to Refrigerated Storage, *Journal of Integrative Agriculture*, Vol 12, pp 1972-1981
- Aslani B. y S. Ghobadi, 2016. Studies on oxidants and antioxidants with a brief glance at their relevance to the immune system, *Life Science*, Vol 146, pp 163-173
- Awad M. A., Al-Qurashi A. D. y Mohamed S. A., 2011. Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening, *Scientia Horticulturae*, Vol 129, pp 688-693
- Beltran E., Pla R., Capellas M., Yuste J., Mor-Mur M., 2004. Lipid oxidation and colour in pressure- and heat-treated minced chicken thighs, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, Vol 84, 1285-1289
- Bhattacharya S. K., uruganandam, A. V. 2003. Adaptogenic activity of *Withania somnifera*: and experimental study using a rat model of chronic stress. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, Vol 75, pp 547-555
- Bishayi B., Roychowdhury S., Ghosh S., Sengupta M. 2002. Hepatoprotective and immunomodulatory properties of *Tinospora cordifolia* in CCl₄ intoxicated mature albino rats, *Journal of Toxicology Science* Vol 27, pp 139-46
- Botsoglou N.A., Grigoropoulou S.H., Botsoglou E., Govaris A., Papageorgioud G., 2003. The effects of dietary oregano essential oil and α -tocopheryl acetate on lipid

oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage, *Meat Science*, Vol 65, pp 1193-1200

- Cardinali R., Cullere M., Dal Bosco A., Mugnai C., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., TrabalzaMarinucci M., DalleZotte 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
- Cecchini S., Paciolla M., Caputo A.R., Bavoso A., 2014. Antioxidant potential of the polyherbal formulation "ImmuPlus": A nutritional supplement for horses. *Veterinary Medicine International*, 434239 Article ID 434239
- aCelia C., Cullere M., Gerencsér Z, Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A., 2016. Dietary supplementation of Digestarom® herbal formulation: effect on apparent digestibility, faecal and caecal microbial counts and live performance of growing rabbits, *World Rabbit Science*, Vol 24, pp 95-105
- bCelia C., Cullere M., Gerencsér Z, Matics Z., Tasoniero G., Dal Bosco A., Giaccone V., Szendrő Z., Dalle Zotte A., 2016. Effect of pre- and post-weaning dietary supplementation with Digestarom® herbal formulation on rabbit carcass traits and meat quality, *Meat Science*, Vol 118, pp 89-95
- Chauhan R.S., 1999. Effect of immuplus on humoral and cell mediated immunity in dogs, *Journal of Immunology and Immunopathology* Vol 1, pp 54-57
- CIE 15. Technical report, colorimetry. Commission Internationale de L'Eclairage. 2004
- Costa Menezes N.M., Martins W. F., Longhi D.A., Falcão de Aragão G.M., 2018. Modeling the effect of oregano essential oil on shelf-life extension of vacuum-packed cooked sliced ham, *Meat Science*, Vol 139, pp 113-119
- Cullere M., Dalle Zotte A., Celia C., Renteria-Monterrubio A.L., Gerencsér Z., Szendrő Z., Kovács M., Kachlekb M.L., Matics Z. 2016. Effect of *Silybum marianum* herb on the productive performance, carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Livestock Science*, Vol 194, pp 31-36
- Cunha L., Monteiroab M.L., Lorenzo J.M., Munekata E.S., Muchenje V., L. de Carvalho F.A., Conte-Junior C.A., 2018. Natural antioxidants in processing and storage stability of sheep and goat meat products, *Food Research International*. Vol 111, pp 379-390

- Dabbou S., Francesco Gai F., Manuela Renna M., Luca Rotolo L., Samia Dabbou S., Carola Lussiana C., Attawit Kovitvadhi A., Alberto Brugiapaglia A., Michele De Marco M., Ahmed Nouredine Helal A. N., Zoccarato I., Gasco L., 2016. Inclusion of bilberry pomace in rabbit diets: effects on carcass characteristics and meat Quality, *Meat Science*, Vol 124, pp 77-83
- Dal Bosco A., Mourvaki E., Cardinali R., Servili M., Sebastiani B., Ruggeri S., Mattioli S., Taticchi A., Esposito S., Castellini C., 2012. Effect of dietary supplementation with olive pomaces on the performance and meat quality of growing rabbits, *Meat Science* 92: 783-788
- Dal Bosco A., Gerencsér Z., Szendrő Z., Mugnai C., Cullere M., Kovács M., Ruggeri S., Mattioli S., Castellini C., Dalle Zotte A., 2014. Effect of dietary supplementation of *Spirulina* (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on rabbit meat appearance, oxidative stability and fatty acid profile during retail display, *Meat Science* 96: 114-119
- Dal Bosco A., C. Castellini, M. Martino, S. Mattioli, O. Marconi, V. Sileoni, S. Ruggeri, F. Tei, P. Benincasa, 2015. The effect of dietary alfalfa and flax sprouts on rabbit meat antioxidant content, lipid oxidation and fatty acid composition, *Meat Science*, Vol 106, pp 31-37
- Dalle Zotte A. y Szendrő Z., 2011. Review The role of rabbit meat as functional food, *Meat Science*, Vol 88, pp 319-331
- Dalle Zotte A. Celia C. Szendrő 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
- Das P.K., Das M.R., Acharya K.C., Ray S.K., 2003. Evaluation of herbal immunostimulant "Immu-21" in prevention and treatment of bovine clinical mastitis, *Phytomedica* 4, 13-20
- Dhote B. S., Singh G.K., Chauhan R.S., 2008. Effect of immuplus (an Herbal Immunomodulator) on paraspecific immune responses in chicks, *Journal of Immunology and Immunopathology*, Vol 10, pp 36-41
- Ebeid T.A., Zeweil H.S., Basyony M.M., Dosoky W.M., Badr H., 2013. Fortification of rabbit diets with vitamin E or selenium affects growth performance, lipid peroxidation,

oxidative status and immune response in growing rabbits, *Livestock Science* 155: 323-331

- Falowo A. y Fayemi P., 2014. Natural antioxidants against lipid–protein oxidative deterioration in meat and meat products: A review, *Food Research International*, Vol 64, pp 171-181
- Faustman C. y Suman S.P., 2017. Chapter 11: The Eating Quality of Meat: I-Color, *Lawrie´s Meat Science (Eight Edition)*, pp 329-356
- Fernando I., Abeysinghe D., Dharmadasa R., 2013. Determination of phenolic contents and antioxidant capacity of different parts of *Withania somnifera* (L.) Dunal. from three different growth stages, *Industrial Crops and Products* Vol 50, pp 537-539
- Fu H., Xie B., Ma S., Zhu X., Fan G., y Pan S., 2011. Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*), *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol 24, pp 288-297
- Frankič T., Voljč M., Salobir J., Rezar V., 2009. Use of herbs and spices and their extracts in animal nutrition. *Acta agriculturae Slovenica*, Vol 94, pp 95-102
- Ganguly B., Kumar N., Ahmad A.H., Rastogi S.K., 2017. Influence of phytochemical composition on in vitro antioxidant and reducing activities of Indian ginseng [*Withania somnifera* (L.) Dunal] root extracts, *Journal of Ginseng Research*, Vol 30, pp 1-7
- García A., Córdova L.E., Urpin L.A., Méndez R., Malavé A. 2012. Propiedades fisicoquímicas de la carne de conejos suplementados con follaje de *Gliricidia sepium* y fibra de *Elaeis quineensis*, *UDO Agrícola* 12:939-946
- Guyon C., Meynier A., Lamballerie M., 2016. Protein and lipid oxidation in meat: A review with emphasis on high-pressure treatments, *Trends in Food Science & Technology*, Vol 50, pp 131-143
- Hanczakowska E., Świątkiewicz M., Grela E. R., 2015. Effect of dietary inclusion of a herbal extract mixture and different oils on pig performance and meat quality, *Meat Science* 108, 61-66
- Hernández, P., Dalle Zotte, A., 2010. Influence of diet on rabbit meat quality, *Nutrition of the rabbit (Second edition)*, pp 163-178
- Hoffman L.C., Jones M., Muller N., Joubert E., Sadie A., 2014. Lipid and protein stability and sensory evaluation of ostrich (*Struthio camelus*) droëwors with the addition

of rooibos tea extract (*Aspalathus linearis*) as a natural antioxidant, *Meat Science*, Vol 96, pp 1289-1296

- Honikel K.O., 2014. Conversion of muscle to meat | Rigor mortis, Cold, and Rigor shortening, *Encyclopedia Meat Science (Second Edition)*, pp 358-365
- Hopkins D.L., 2017. Chapter 12 - The Eating Quality of Meat: II-Tenderness, *Lawrie's Meat Science (Eight Edition)*, pp 357-381
- Huff-Lonergan E., Steven M. Lonergan S. M., 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes, *Meat Science*, Vol 71, pp 194-204
- Hunter Lab. Principios básicos de medida y percepción de color. Información técnica. Hunter Lab; 2001
- Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera (IFAPA) 2013, Bienestar Animal en el Transporte, Consejería de Agricultura, Pesca y Medio Ambiente: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, D.L.: SE 972-2013
- Javanmarda M., Roknia N. Bokaiea S., Shahhosseinib G., 2006. Effects of gamma irradiation and frozen storage on microbial, chemical and sensory quality of chicken meat in Iran, *Food Control*, Vol 17, pp 469-473
- Jia G., Liu H., Nirasawa S., Liu H., 2017. Effects of high-voltage electrostatic field treatment on the thawing rate and post-thawing quality of frozen rabbit meat, *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, Vol 41, pp 348-356
- Jiang J., Zhang X., True A.D., Zhou L., y Xiong Y. L., (2013). Inhibition of lipid oxidation and rancidity in precooked pork patties by radical-scavenging licorice (*Glycyrrhiza glabra*) extract. *Journal of Food Science*, Vol 78, pp 1686-1694.
- Jiang J. y Xiong Y., 2016. Natural antioxidants as food and feed additives to promote health benefits and quality of meat products: A review, *Meat Science*, Vol 120, pp 107-117
- Jothie, R. E., Illuri R., Bethapudi B., Anandhakumar S., Bhaskar A., Chinampudur Velusami C., Mundkinajeddu D., Agarwal A. 2016. Anti-stress Activity of *Ocimum sanctum*: Possible Effects on Hypothalamic-Pituitary-Adrenal Axis. *Phytotherapy Research*, Vol 30, pp 805-814

- Koné A.P., Cinq-Mars D., Desjardins Y., Guay F., Gosselin A., Saucier L., 2015. Improvement of rabbit meat microbial quality by feed supplementation with natural sources of polyphenols, *Meat Science*, Vol 99, pp 145
- Kumari J., Sahoo P. K., Giri S. S., Pillai B. R., 2004. Immunomodulation by 'ImmuPlus (AquaImmu)' in giant freshwater prawn, *Macrobrachium rosenbergii* (De Man), *Journal of Experimental Biology*, Vol 42, pp 1073-1077
- Lawrie R.A., Ledward, D.A., 2006. The eating quality of meat, *Meat Science*, seventh ed. Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, pp 279-341
- Li C., Shi P., Xu C., Xu X., Zhou G., 2010. Tracing processes of rigor mortis and subsequent resolution of chicken breast muscle using, *Journal of Food Engineering*, Vol 100, pp 388-391
- Liu H.W., Gai F., Gasco L., Brugiapaglia A., Lussiana C., Guo K.J., Jian Ming Tong, Zoccarato I., 2009. Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits, *Meat Science* 83: 678-683
- Lourenço S., Gunge V.B., Andersson T.M., Andersen C.E., Lunda A.Q., Køster B., Hansen G.L., 2018. Avoidable colorectal cancer cases in Denmark – The impact of red and processed meat, *Cancer Epidemiology*, Vol 55, pp 1-7
- Ma Y., P. Feng, J. Zhang, Z. Wu, D. Yu, 2016. Prediction of surface residual stress after end milling based on cutting force and temperature, *Journal of Materials Processing Technology*, Vol 235, pp 41-48
- Mainzen-Prince P.S. y Menon V.P., 2001. Antioxidant action of *Tinospora cordifolia* root extract in alloxan diabetic rats, *Phytotherapy Research*, Vol 15, pp 213-218
- Mattioli S., Dal Bosco A., Szendrő Z., Cullere M., Gerencsér Z., Matics Z., Castellini C., Dalle Zotte A., 2016. The effect of dietary Digestarom® herbal supplementation on rabbit meat fatty acid profile, lipid oxidation and antioxidant content, *Meat Science*, Vol 121, pp 238-242
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAGRAMA), 2017. Sistemas de producción y nutrición animal – Cunicultura, link: <http://www.mapama.gob.es/es/ministerio/servicios/informacion/plataforma-de->

conocimiento-para-el-medio-rural-y-pesquero/observatorio-de-tecnologias-probadas/sistemas-prodnut-animal/cunicultura.aspx, citado, 2018

- Moyo B., Oyedemi S., Masika P.J., Muchenje V., 2012. Polyphenolic content and antioxidant properties of Moringa oleifera leaf extracts and enzymatic activity of liver from goats supplemented with Moringa oleifera leaves/sunflower seed cake, Meat Science 91: 441-447
- Otto G., Roehe R., Looft H., Thoelking L., Henning M., Plastowe G.S., Kalm E., 2006. Drip loss of case-ready meat and of premium cuts and their associations with earlier measured sample drip loss, meat quality and carcass traits in pigs, Meat Science, Vol 72, pp 680-687
- Peiretti P. G. and Meineri G., 2008. Effects on growth performance, carcass characteristics, and the fat and meat fatty acid profile of rabbits fed diets with chia (*Salvia hispanica* L.) seed supplements, Meat Science, Vol 80, pp 1116-1121
- Pérez L. y E. Ponce, Manual de prácticas de laboratorio Tecnología de Carnes, UAM Iztapalapa, 2013. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa.
- Pereira M., Malfeito-Ferreira M., 2015. A simple method to evaluate the shelf life of refrigerated rabbit meat, Food Control, Vol 49, pp 70-74
- Possamai A.S., Alcaldea C.R., Feihmann A. C., Possamaic A.S., Rossid R.M., Lala B., Claudino-Silva S.C., Macedog F.F., 2018. Shelf life of meat from Boer-Saanen goats fed diets supplemented with vitamin E, Meat Science, Vol 139, pp 107-112
- Prakash P. and Gupta N., 2005. Therapeutic uses of *Ocimum sanctum* linn (tulsi) with a note on eugenol and its pharmacological actions: A short review, Indian Journal Physiol Pharmacol 49 (2): 125-131
- Qwele K., Hugo A., Oyedemi S., Moyo B., Masika P., Muchenje V. Chemical composition, fatty acid content and antioxidant potential of meat from goats supplemented with Moringa (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay, Meat Science 93: 455-462
- Qin Y.Y., Ji-Yi Yang J.Y., Hong-Bo Lu H.B., Wang S., Yang J., Yang X.C., Lin Li M.C., Cao J.X., 2013. Effect of chitosan film incorporated with tea polyphenol on quality and shelf life of pork meat patties, International Journal of Biological Macromolecules, Vol 61, pp 312-316

- Rodríguez-Calleja J.M., García-López M.L., Santos J.A., Otero A., 2005. Development of the aerobic spoilage flora of chilled rabbit meat, *Meat Science*, Vol 70, pp 389-394
- Rotolo L., Gai F., Nicola S., Zoccarato I., Brugiapaglia A., Gasco L., 2013. Dietary Supplementation of Oregano and Sage Dried Leaves on Performances and Meat Quality of Rabbits. *Journal of Integrative Agriculture*, Vol 11, pp 1937-1945
- Roy S., Tiwari A., Roy M., 2003. Studies on the efficacy of herbal Zycox alone and in combination with ImmuPlus in caprine coccidiosis, *Phytomedica*, Vol 4, pp 29-33
- Saeed S. y Tariq P., 2007. Antibacterial activities of *Emblica officinalis* and *Coriandrum sativum* against Gram negative urinary pathogens, *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, Vol 20, pp 32-35
- Sall J., Lehman A., Stephens M., Creighton L., JMP® Start Statistics: A Guide to Statistics and Data Analysis. Cary, NC, USA: SAS Institute In. 2012.
- Schiavon S., E. Pellattiero, A. Cecchinato, F. Tagliapietra, D. Dannenberger, K. Nuernberg, G. Nuernberg, G. Bittante, 2016. The influence of different sample preparation procedures on the determination of fatty acid profiles of beef subcutaneous fat, liver and muscle by gas chromatography, *Journal of Food Composition and Analysis*, Vol 50, pp 10-18
- Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA), 2010. Cunicultura, Razas de conejo y cruzamiento, Vol 1, link: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/44714/html/car_1.pdf, citado 2018
- Shetty S., Udupa S., Udupa L., 2008. Evaluation of Antioxidant and Wound Healing Effects of Alcoholic and Aqueous Extract of *Ocimum sanctum* Linn in Rats, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Vol 5, pp 95-101
- Singh S.S., Pandey S.C., Srivastava S., Gupta V.S., Patro B., Ghosh A.C., 2003. Chemistry and medicinal properties of *Tinospora cordifolia* (guduchi), *Indian Journal of Pharmacology*, Vol 35, pp 83-91
- Simitzis P.E., Symeon G.K., Charismiadou M.A., Bizelis J.A., Deligeorgis S.G., 2010. The effects of dietary oregano oil supplementation on pig meat characteristics, *Meat Science*, Vol 84, pp 670-676

- Singhal G., Bhavesh R., Kasariya K., Sharma A., Pal Singh R., 2011. Biosynthesis of silver nanoparticles using *Ocimum sanctum* (Tulsi) leaf extract and screening its antimicrobial activity, *Journal of Nanoparticle Research* 13: 2981-2988
- Soutos N., Tzikas Z., Christaki E., Papageorgiou K., Sterisa V., 2009. The effect of dietary oregano essential oil on microbial growth of rabbit carcasses during refrigerated storage, *Meat Science*, Vol 8, pp 474-478
- Tartrakoon W., Tartrakoon T., Kitsupree N., 2016. Effects of the ratio of unsaturated fatty acid to saturated fatty acid on the growth performance, carcass and meat quality of finishing pigs, *Animal Nutrition*, Vol 2, pp 79-85
- Traore S., Aubry L., Gatellier P., Przybylski W., Jaworska D., Kajak-Siemaszko K., Santé-Lhoutellier V., 2012. Higher drip loss is associated with protein oxidation, *Meat Science*, Vol 90, pp 917-924
- Van Hautea S., Raesa K., Van der Meeren P., Sampersa I., 2016. The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products, *Food Control*, Vol 68, pp 30-39
- Variya B.C., Bakrania A.K., Patel S.S., 2016. *Emblica officinalis* (Amla): A review for its phytochemistry, ethnomedicinal uses and medicinal potentials with respect to molecular mechanisms, *Pharmacological Research*, Vol 111, pp 180-200
- Verma A.R., Vijayakumar M., Mathela C.S., Rao C.V., 2009. In vitro and in vivo antioxidant properties of different fractions of *Moringa oleifera* leaves, *Food and Chemical Toxicology*, Vol 47, pp 2196-2201
- Vizzarri F., Palazzo M., D'Alessandro A.G., Casamassim D., 2017. Productive performance and meat quality traits in growing rabbit following the dietary supplementation of *Lippia citriodora*, *Raphanus sativus* and *Solanum lycopersicum* extracts. *Livestock Science*, Vol 200, pp 53-59
- Volek Z., Marounek M., 2011. Effect of feeding growing–fattening rabbits a diet supplemented with whole White lupin (*Lupinus albus* cv. Amiga) seeds on fatty acid composition and indexes related to human health in hind leg meat and perirenal fat, *Meat Science*, Vol 87, pp 40-48
- Warner R.D., 2017. Chapter 14: The Eating Quality of Meat—IV Water-Holding Capacity and Juiciness, *Lawrie’s Meat Science* (Eight Edition), pp 419-459

- Wood J.D., Richardson R.I., Nute G.R., Fisher A.V., Campo M.M., Kasapidou M., Sheard P.R., Enser M., 2004. Effects of fatty acids on meat quality: a review, *Meat Science*, Vol 66, pp 21-32
- Wu P., C. Wen, Z. Leng, Y. Zhou, 2014. Effect of oolong tea (*Camellia sinensis*) powder particle size on growth performance, fat deposition, meat quality and antioxidant activity in meat ducks, *Animal Feed Science and Technology*, Volume 194, pp 131–135
- Ying Y., H. Chun-yan, C. Tabassum, L. Ling, Y. Jia-ying, W. Sheng-nan, 2015. Effect of Quercetin on Egg Quality and Components in Laying Hens of Different Weeks, *Journal of Northeast Agricultural University*, Vol 22, pp 23-32
- Zhang C., J. Luo, B. Yu, P. Zheng, Z. Huang, X. Mao, J. He, J. Yu, J. Chen, D. Che, 2015. Dietary resveratrol supplementation improves meat quality of finishing pigs through changing muscle fiber characteristics and antioxidative status, *Meat Science*, Vol 102, pp 15-21