



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO  
CENTRO UNIVERSITARIO UAEM AMECAMECA

MAESTRÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

EFEECTO DEL ROMERO (*Rosmarinus officinalis*. L.) Y TOMILLO (*Thymus vulgaris*)  
ADICIONADO EN LA DIETA DE CONEJOS EN ENGORDA, SOBRE PARÁMETROS  
PRODUCTIVOS Y CALIDAD DE LA CARNE

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

PRESENTA:

MINERVA JAUREZ ESPINOSA

COMITÉ DE TUTORES

NOMBRE DEL TUTOR:  
DR. ENRIQUE ESPINOSA AYALA

TUTORES ADJUNTOS:  
DR. PEDRO ABEL HERNÁNDEZ GARCÍA  
DRA. OFELIA MÁRQUEZ MOLINA

Amecameca, Estado de México, Marzo 2018

## ÍNDICE GENERAL

<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	i
<b>DEDICATORIA</b> .....	ii
<b>RESUMEN</b> .....	iii
<b>ABSTRACT</b> .....	iv
<b>1 INTRODUCCIÓN</b> .....	5
<b>2 REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....	7
2.1 Empleo de aditivos en producción animal .....	7
2.2 Aditivos naturales, empleados en producción animal .....	8
2.2.1 Prebióticos.....	8
2.2.2 Probióticos.....	9
2.2.3 Simbióticos.....	10
2.2.4 Enzimas .....	10
2.2.5 Acidificantes.....	11
2.2.6 Flavonoides .....	11
2.2.7 Carotenoides.....	12
2.2.8 Taninos .....	12
2.2.9 Fitobióticos o aceites esenciales.....	13
2.2.10 Compuestos fenólicos .....	14
2.3 Plantas aromáticas y especias como aditivos en la alimentación animal.....	15
2.4 Tomillo ( <i>Thymus vulgaris</i> ) .....	16
2.5 Romero ( <i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	17
2.6 Estrés oxidativo .....	19
2.7 Radicales libres.....	20
2.8 Antioxidantes en la alimentación animal y su uso en la industria cárnica.....	21
2.9 Clasificación de los antioxidantes .....	23
2.9.1 Antioxidantes primarios .....	23
2.9.2 Antioxidantes secundarios.....	24
2.10 Tipo de antioxidantes.....	25
2.10.1 Antioxidantes sintéticos .....	25
2.10.2 Antioxidantes naturales .....	25
2.11 Alimentos funcionales o nutraceuticos.....	26

2.12	Alimentos funcionales.....	27
2.13	Carne de conejo como alimento funcional .....	28
2.14	Calidad de la carne .....	29
2.15	Características de calidad de la carne .....	30
2.15.1	Capacidad de Retención de Agua (CRA).....	30
2.15.2	Color.....	31
2.15.3	Ph.....	32
2.15.4	Oxidación lipídica .....	33
<b>3</b>	<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>35</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESIS.....</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>37</b>
5.1	Objetivo específico:.....	37
<b>6</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>38</b>
6.1	Material vegetal y adición a las dietas .....	38
6.2	Capacidad antioxidante.....	38
6.2.1	Radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracile).....	38
6.2.2	Reactivo ABTS (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico)) .....	39
6.3	Animales y dietas .....	39
6.4	Matanza y preparación de la canal .....	40
6.5	Mediciones para calidad de la carne a las 24 horas <i>postmortem</i> .....	41
6.5.1	Mediciones de pH.....	41
6.5.2	Color.....	41
6.5.3	Capacidad de retención de agua (CRA) .....	41
6.6	Actividad antioxidante en carne .....	42
6.7	Oxidación lipídica .....	42
6.8	Perfil de ácidos grasos de la carne .....	43
6.9	Análisis Estadístico .....	43
<b>7</b>	<b>RESULTADOS.....</b>	<b>44</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIÓN.....</b>	<b>77</b>
<b>9</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>78</b>

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la concesión de la beca para posgrado, misma que me permitió realizar esta investigación.

A la Universidad Autónoma del Estado de México al permitirme iniciar los estudios de Maestría en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales sobre el efecto de plantas aromáticas adicionado en dietas para conejos en finalización.

Al Centro Universitario UAEM Amecameca por las facilidades prestadas para la realización del estudio.

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”.

## **DEDICATORIA**

La presente tesis se realizó en la Universidad Autónoma del Estado de México, como resultado de un esfuerzo en conjunto de distantes personas de manera directa e indirecta, a las cuales deseo agradecer en dicho apartado. En primer lugar al director de tesis, Dr. Enrique Espinosa Ayala por haberme confiado este proyecto de investigación, así mismo a los asesores, Dr. Pedro Abel Hernández García y Dra. Ofelia Márquez Molina, a todos y cada uno por su tiempo y dirección, cuya experiencia y dedicación han sido pilares para concluir este trabajo.

A la Maestra María Zamira Tapia Rodríguez, a mi familia y amigos, con especial agradecimiento por su paciencia, complicidad y apoyo durante todo este proceso de aprendizaje académico, profesional y personal.

## RESUMEN

El objetivo fue evaluar la adición de romero (*Rosmarinus officinalis L.*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre características productivas, de la canal y calidad de la carne de conejo. Se emplearon 40 conejos de 30 días de edad que fueron asignados aleatoriamente en cinco tratamientos con ocho repeticiones. El experimento tuvo una duración de 35 días, los tratamientos consistieron en adicionar en la dieta el 0.0, 1.5 y 3.0 % de tomillo y romero. Las variables analizadas fueron, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia, digestibilidad, peso de la canal fría y caliente, medidas zoomórficas, pH, color, retención de agua, oxidación lipídica y perfil de ácidos grasos. Los datos se analizaron mediante un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2 X 3, con dos plantas y tres niveles, esto con una significancia de 0.05. El uso de estas plantas, no modificaron la ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. La digestibilidad se incrementó con el uso del tomillo al 1.5% ( $P < 0.01$ ). En las características de la canal no se encontraron variaciones, sin embargo, el peso de tracto gastrointestinal, órganos torácicos y riñones disminuyeron su peso ( $P < 0.001$ ). El pH de la carne presentó acidificación por la adición de tomillo ( $P < 0.01$ ). En el perfil de ácidos grasos se incrementó el ácido cáprico por nivel ( $P < 0.05$ ), el eláidico tuvo efectos por planta y nivel ( $P < 0.05$ ) y el palmítico por la interacción planta nivel ( $P < 0.01$ ), finalmente la oxidación lipídica de la carne se modificó negativamente por efecto de las plantas y niveles ( $P < 0.001$ ). Se concluye que la adición de romero y tomillo no modifican los parámetros productivos ni de calidad de carne, sin embargo la adición de las plantas incrementó la digestibilidad de la materia seca.

Palabras clave: Aditivos, alimentos funcionales, calidad de carne, conejo

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris*) on productive characteristics of the carcass and quality of rabbit meat. Used 40 rabbits of 30 days of age that were randomly assigned in five treatments with eight repetitions. The experiment lasted 35 days; the treatments consisted in the addition of 0.0, 1.5 and 3.0% of thyme and rosemary. The variables analyzed were weight gain, feed intake, feed conversion, digestibility, cold and hot carcass weight, zoomorphic measurements, pH, color, water retention, lipid oxidation and fatty acid profile. The data were analyzed using a completely random design with a 2X3 factorial arrangement, with two plants and three levels, this with a significance of 0.05. The use of these plants did not modify the daily weight gain and feed conversion. The digestibility was increased with the use of thyme at 1.5% ( $P<0.01$ ). No variations were found in the characteristics of the carcass, however, the weight of the gastrointestinal tract, thoracic organs and kidneys decreased ( $P<0.001$ ). The pH of the meat presented acidification by the addition of thyme ( $P<0.01$ ). In the fatty acid profile the capric acid was increased by level ( $P<0.05$ ), the elaidic had effects by plant and level ( $P<0.05$ ) and the palmitic by the plant level interaction ( $P<0.01$ ), finally the lipid oxidation of the meat was modified by the effect of plants and levels ( $P<0.001$ ). It is concluded that the addition of rosemary and thyme do not modify the productive parameters or meat quality, however the addition of the plants increased the digestibility of the dry matter.

Key words: Additives, functional foods, meat quality, rabbit

## 1 INTRODUCCIÓN

A partir de la prohibición en Europa de los antibióticos como promotores de crecimiento en la producción animal, a causa de sus efectos secundarios como la transmisión y proliferación de bacterias resistentes (Brenes y Roura. 2010), se enfatizó la necesidad encontrar sustancias naturales que promuevan la salud en general y el rendimiento en la producción animal (Cullere *et al.*, 2016), tal interés se debe a que la carne es uno de los alimentos de mayor consumo y de la cual se obtienen proteínas y micronutrientes, como el hierro, selenio, vitaminas B3, B12 y B9 (de Andrade *et al.*, 2016), vitaminas liposolubles (A, D, E y K) así como ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) (Trebušak *et al.*, 2014), y en consecuencia la relación que existe entre la dieta de los seres humanos y la salud, de ahí que los consumidores están exigiendo productos con mejor calidad nutricional (Dal Bosco *et al.*, 2014b) que incluso puedan disminuir riesgos de enfermedades cardiovasculares, neuronales, diabetes, cáncer y obesidad (Decker y Park. 2010).

Para tales fines se han investigado una serie de alternativas no terapéuticas, entre las que se encuentran los aceites esenciales o fitobióticos que son sustancias químicas naturales derivadas de plantas aromáticas, y en especial compuestos fenólicos, los cuales han demostrado tener actividad antimicrobiana, antiviral, antiinflamatoria y antioxidante (Zengin *et al.*, 2015), que con el objetivo de emplearse en la industria alimenticia, buscan aumentar el rendimiento vivo y en canal (Wojdyło *et al.*, 2007), así como retardar la oxidación de los lípidos al evitar cambios en parámetros de calidad de la carne, sobre atributos de color, sabor, olor, textura e incluso valor nutricional (Adeyemil *et al.*, 2016). Estudios realizados con la adición de compuestos polifenólicos se observaron mejores resultados en niveles de ácidos grasos poliinsaturados de la familia n-3 y disminución en colesterol total (Pieszka *et al.*, 2017) situación similar al emplear aceite de linaza en conejos, quienes al final del experimento mostraron efectos en la composición de ácidos grasos al reducir la proporción n-6 / n-3 (Trebušak *et al.*, 2014).

Entre los fitobióticos con capacidad antioxidante se encuentran las plantas aromáticas de romero y tomillo, destacando al tomillo con más de 60 ingredientes bioactivos, de los cuales los de mayor importancia son el timol y carvacrol (Abdulkarimi *et al.*, 2011), que favorecen el ecosistema microbiótico gastrointestinal e hipocolesterolemia (Dalle Zotte *et*



*al.*, 2013), poseen efecto antiséptico, antimicrobiano, carminativo y antioxidantes, gracias a sus componentes, que al adicionarse en dietas, han logrado proporcionar retardar la oxidación de lípidos y en consecuencia mayor estabilidad en color en carne de corderos (Nieto *et al.*, 2010b), caso similar a lo ocurrido en carne de conejo sobre valores de  $a^*$  y  $b^*$  en músculo *Longissimus dorsi*, así como en pérdida de agua por goteo y aumento del contenido de  $\alpha$ -tocoferol y n-3 (Dal Bosco *et al.*, 2014a). Por otra parte, el romero presenta propiedades solubles en grasa y ha sido formalmente aceptado por regulaciones europeas ya que ha mostrado su capacidad antioxidante, siendo esta atribuida a la presencia de diterpenos fenólicos (Yang *et al.*, 2016) entre los que se encuentran el carnosol, ácido carnósico, rosmanol, ácido rosmarínico, rosmadial (Dalle Zotte *et al.*, 2013), isorosmanol y carnosato de metilo (O'Grady *et al.*, 2006). Su implementación en dietas de cordero ha mejorado parámetros de color, TBARS y características sensoriales de olor (Nieto *et al.*, 2010a). También existe evidencia que incluir antioxidantes naturales en la dieta de animales para producción, pueden controlar la estabilidad *postmortem* de la carne, así como de sus productos, debió a la probabilidad de que funcionen como una vía para pasar los compuestos antioxidantes al sistema circulatorio, distribuirlos y retenerlos en los tejidos (Qwele *et al.*, 2013).

El uso de plantas aromáticas o especies son nuevas opciones para comenzar a sustituir a los antioxidantes sintéticos, debido a que como se ha comentado su actividad antioxidante asociada a los compuestos fenólicos, tienen la capacidad de secuestrar radicales libres, quelar metales de transición, su capacidad para apagar el oxígeno singlete y propiedades redox (Widowati *et al.*, 2015), por tal motivo se han elegido al romero y tomillo de los cuales se tienen información de ser ricos en antioxidante, con el objetivo de emplearlos como promotores de crecimiento en la alimentación de conejos, y evaluar sus efectos sobre parámetros productivos, calidad de la carne, perfil de ácidos grasos, así como sus efectos sobre medidas zoomórficas y capacidad de fijar antioxidantes en la carne.

## **2 REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Empleo de aditivos en producción animal**

Llámesse aditivo a cualquier sustancia que no se consume como alimento de manera rutinaria y no se utiliza como ingrediente característico de un alimento, ya sea que tenga o no un valor nutritivo y que su única finalidad sea solo tecnológico (Carocho *et al.*, 2015) por tal motivo las actividades funcionales y nutracéuticas de algunos nutrientes han estado ganando interés tanto de la comunidad científica como de la industria alimentaria (Carocho *et al.*, 2014).

La importancia de manipular las dietas de los animales, es debido a que puede influir en la composición y la actividad metabólica de la microbiota gastrointestinal e incluso intervenir en procesos que puedan mejorar la respuesta inmune y las respuestas productivas y nutricionales (Celi *et al.*, 2017), es por esta situación que el empleo de aditivos se ha llevado a cabo desde los años cuarenta, como parte de la alimentación animal, con la intención de ir más allá y también mejorar las características organolépticas de la materia prima, forrajes y productos y subproductos animales, a través de hacer más eficiente la producción con la disminución de la mortalidad, que como ya se mencionó intervendrían en el desarrollo de un sistema inmune con mayor resistencia y como resultado un aumento de peso (Castillo-López *et al.*, 2017). Dentro de los aditivos de mayor demanda y que se intentan desplazar por sus efectos secundarios y residuales están los antibióticos, que debido su uso desmedido, han impulsado un estado de emergencia prevalente de la resistencia en una variedad de organismos patógenos y comensales (Silbergeld *et al.*, 2008).

A causa de los diferentes efectos secundarios de los mismos, ocasionó que su uso se prohibiera en el 2006 por la Unión Europea (Celia *et al.*, 2016) y en el año 2016, la Asamblea General de las Naciones Unidas (ONU) reconoció el uso inapropiado de antimicrobianos en animales como una causa principal en el aumento de resistencia a antimicrobianos, para septiembre de 2018, la ONU dio a conocer la problemática de su uso desmedido, y la importancia de su reducción así como la evaluación de políticas globales con la finalidad de detener el consumo de antimicrobianos para dicha actividad, entre dichas políticas se encuentran, el hacer cumplir las regulaciones para limitar el uso de antimicrobianos, adherencia a las pautas nutricionales e imponer tarifas en el uso de

antimicrobianos veterinarios (Van Boeckel *et al.*, 2017), ya que entre las de mayor resistencia y gastos en salud pública se encuentran cepas que incluyen la *Salmonella* spp., *Campylobacter* spp., *Escherichia coli* y *Enterococcus* spp. (Hashemi, y Davoodi, 2011).

Los aditivos alternos propuesto para la producción animal y como sustitutos de los antibióticos se tienen la incorporación de hierbas, extractos de plantas y aceites esenciales, al contener diferentes ingredientes bioactivos entre los que se encuentran alcaloides, flavonoides, taninos y saponinas que se espera que actúen sobre la microbiota intestinal a través de la estimulación de actividad enzimática endógena que pueden beneficiar la salud y el aumento de peso de los animales de granja (Castillo – López *et al.*, 2017). Entre los aditivos naturales de mayor uso se encuentran los probióticos, prebióticos, simbióticos, (Peinado *et al.*, 2013), ácidos orgánicos (Arslan *et al.*, 2017) e inorgánicos, enzimas (Huyghebaert *et al.*, 2011), aceites esenciales o fitobióticos (Celia *et al.*, 2016), estos últimos consiste principalmente agregarse alguna parte de la planta, según se considere, ya sea frescos en forma de infusiones o extracto o deshidratados ofrecidos en pellets (Dalle Zotte *et al.*, 2015).

## **2.2 Aditivos naturales, empleados en producción animal**

### **2.2.1 Prebióticos**

Los prebióticos no son microorganismos, sino una fuente de nutrición para la biota existente en el individuo, permitiendo que crezca y replique de forma natural, es por esto que se definen como ingredientes alimentarios no digestibles (alimento) que alteran de manera benéfica al huésped debido a que es estimulado selectivamente el crecimiento y/o actividades de un número limitado de bacterias en el intestino, mejorando así la salud del huésped (Alloui *et al.*, 2013), sin embargo la evidencia de nuevos datos en donde se analizan el microbioma demuestra un amplio efecto de los prebióticos sobre los microorganismos intestinales y no solo un número limitado y selectivo (Valcheva y Dieleman, 2016), entre las modificaciones benéficas que se pueden mencionar están la actividad metabólica de los microorganismos intestinales, al regular los niveles de glucosa, el metabolismo lipídico (disminución de triglicéridos y colesterol), e incrementar la biodisponibilidad de minerales (García – Curberlo *et al.*, 2012) y asimismo comportarse

como inmunoestimuladores, previniendo de esta forma la colonización por patógenos a través de la adhesión y bloqueo en la superficie intestinal como respuesta del estímulo de las células inmunocompetentes del intestino, esto, por la activación de macrófagos e inmunoglobulinas (Seifert y Watzl, 2008).

Los productos de la fermentación de los prebióticos son el ácido acético que se absorbe y llega al hígado por la vena porta, esto para la obtención de energía por los carbohidratos solubles no digerible, ácido propiónico que actúa sobre el metabolismo del colesterol y ácido butírico que es la principal fuente de energía para el epitelio intestinal y que regula el crecimiento y la diferenciación celular (García *et al.*, 2012).

Sin embargo, para ser considerados prebióticos deben cumplir con tres criterios que consisten en la: resistencia acida gástrica, hidrolisis por las enzimas de los mamíferos y absorción intestinal, ser un sustrato fermentado por microorganismos intestinales de los mamíferos y estimulación selectiva del crecimiento y/o actividad de las bacterias intestinales asociados con la salud y el bienestar. Los compuestos que cumplen con los criterios son los oligosacáridos que constan de moléculas de azúcar de tres a seis cadenas y fibra soluble (Alloui *et al.*, 2013), glucano, inulina, lactulosa, lactitol, xiloglucanos y oligogalacturonidos (Peinado *et al.*, 2013).

### **2.2.2 Probióticos**

Se definen como un alimento constituido por microorganismos vivos que al ser administrado en cantidades adecuadas proporciona beneficios al huésped, mejorando su salud a nivel gastrointestinal (Kenny *et al.*, 2011), su funcionalidad está relacionado con si son unicepas, (constan de una cepa de la misma especie o probióticos) o multicepas (más de una cepa) ya sea de la misma especie o al menos del mismo género, siendo estas últimas las que han demostrado mejor resultado (Timmerman *et al.*, 2004), para que se les considere probióticos deben cumplir con diferentes características, entre las que destacan las siguientes: no ser patógenos, resistir procesamientos y almacenamientos, resistir al ácido gástrico y la bilis, adherirse al epitelio y moco, persistir en el tracto intestinal, producir compuestos inhibidores, modular la respuesta inmune y alterar las actividades microbianas (Patterson *et al.*, 2003).

Los probióticos más investigados y empleados en producción animal con el objetivo de mejorar el rendimiento, como aumento de peso, eficiencia de la alimentación, digestibilidad y salud, se encuentran: *Lactobacillus acidophilus*, *L. cacei*, *L. fermentum*, *L. plantarum*, *Faecium* (Santillo *et al.*, 2011), *Lactococcus*, *Escherichia coli*, *Enterococcus*, *Bifidobacterium*; entre las levaduras están 18 cepas de *Saccharomyces cerevisiae*, y 8 cepas de *Saccharomyces cerevisiae var. Boulardii* (Van der Aa Kühle *et al.*, 2005).

### **2.2.3 Simbióticos**

Los simbióticos son una mezcla de probióticos y prebióticos que benefician al huésped mejorando la supervivencia e implantación de vida microbiana en el tracto gastrointestinal debido a sinergismos (Oso *et al.*, 2013). La principal importancia de esta forma de sinergia es que un probiótico solo, es decir, sin una fuente de nutrición que pueda ser representada por un prebiótico, no puede sobrevivir bien en el sistema digestivo, este tipo de aditivos son populares como suplementos alimenticios funcionales y terapéuticos, ya que se cree que pueden asegurar un alto nivel de células probióticas viables una vez ingeridas (Alloui *et al.*, 2013).

### **2.2.4 Enzimas**

Se les conoce como productos de origen biológico que catalizan reacciones bioquímicas celulares, al ser proteínas con alto peso molecular (10000 a 50000 Dalton) y debido a ello pueden combinarse con uno o varios sustratos, por lo que (Acosta y Cárdenas, 2006) se emplean para disminuir los efectos de los alimentos con alto contenido de polisacáridos no digeribles en pollo de engorda principalmente, de manera que se ha podido observar incremento en el rendimiento productivo (Lázaro *et al.*, 2003). En la alimentación animal casi siempre se complementa con enzimas exógenas con el objetivo hacer más eficiente la utilización de nutrientes, dentro de estas enzimas se encuentran las proteasas que busca mejorar la hidrólisis de proteínas in vivo y las xilanasas para aliviar factores antinutricionales relacionados con la propia alimentación (Dillon *et al.*, 2017), otros tipos de enzimas empleados con mayor frecuencia mencionados por, se encuentran a  $\beta$ -manosa

celulosas, pectinasas, fitasas, proteasas,  $\alpha$ -amilasas, galactosidasas,  $\beta$ -glucanasas y xylanases (García y García, 2015).

### **2.2.5 Acidificantes**

Se propone que los acidificantes alimentarios pueden proporcionar una medida profiláctica similar a la administración de antibióticos a través de la reducción de microorganismos patógenos y por ende ayudar a los microorganismos benéficos a que predominen en el tracto gastrointestinal (Kim *et al.*, 2005).

Los acidificantes de mayor uso en la alimentación animal, son los ácidos orgánicos ya que sus efectos positivos sobre la calidad de la alimentación y el rendimiento animal se han investigado desde hace décadas, la mayoría de estos ácidos son de cadena corta (C1–C7) entre los que se encuentran el ácido fórmico, propiónico, láctico, acético, málico o cítrico, que tienen una estructura alifática y representan una fuente de energía para las células, en el caso del ácido fórmico tiene propiedades conservantes, antibacterianas, antifúngicas, de sabor y olor fuerte con efectos inhibidores sobre aminas biogénicas en el tracto digestivo, este ácido orgánico volátil se usa como aditivo de ensilaje para estimular la fermentación del ácido láctico e inhibir la producción de ácido butírico y la conversión de la proteína de la alimentación en nitrógeno no proteico, sin embargo pueden aumentar la acidez de la dieta, alterar el equilibrio ácido–base, disminuir consumo alimenticio, dañar el estómago y la mucosa duodenal (Kara *et al.*, 2017).

### **2.2.6 Flavonoides**

Los flavonoides se refieren a grupos aromáticos, pigmentos heterocíclicos que constituye la mayoría de los colores amarillo, rojo y azul de las plantas y frutos son polifenoles con esqueletos de difenilpropano (C6–C3–C6) y es considerado el grupo más grande de los fenoles naturales y se estima que el 2% del total de carbono fotosintético de las plantas, dentro de su clasificación se encuentran las antocininas, 4–oxiflavonoides (flavonas y flavonoides), isoflavononas y derivados de flavon (catequinas y taninos) (Atothman *et al.*, 2009).

### **2.2.7 Carotenoides**

Son compuestos isoprenoides que presentan un esqueleto de hidrocarburo con dobles enlaces conjugados y son estas características estructurales las que influyen en sus propiedades químicas (Meléndez – Meléndez *et al.*, 2010). Son pigmentos liposolubles de colores intensos, sintetizados por las plantas y microorganismos cuya funciones principales es actuar como fotoprotectores en la fotosíntesis (El – Agamey *et al.*, 2004) debido que al absorber la luz entre 400 y 500 nm se logran presentar los colores amarillos, naranjas y rojizos, e incluso se pueden extender a azul, púrpura y verde debido a la formación de complejos con proteínas esta característica se encuentra principalmente en invertebrados marinos (Meléndez – Meléndez *et al.* 2010) y es por sus pigmentos carotenoides que el interés para los investigadores es por la relación que existe entre el consumo de alimentos con esta coloración con la prevención de enfermedades cardiacas, cáncer, degeneración macular (Meléndez – Martínez *et al.* 2007) y cataratas, entre otras (Fратиanni *et al.*, 2010).

### **2.2.8 Taninos**

Se definen como un grupo de compuestos polifenólicos solubles en agua que se forman a partir del metabolismo de las plantas y constan de uno o más anillos aromáticos con uno o más grupos hidroxilos que pueden combinarse con radicales libres (Liu *et al.*, 2016), por tal característica es que los taninos pueden tener interacción con las proteínas (proteínas salivales) y es esta interacción en donde radica su importancia de biodisponibilidad (Soares *et al.*, 2011), al estar relacionada con la astringencia y que por esta particularidad son utilizados dentro de la industria alimenticia para la preparación de bebidas y alimentos (Jouany y Morgavi, 2007). Los taninos se pueden clasificar en taninos condensados o hidrosolubles (Liu *et al.*, 2009).

Los taninos condensados tienen la capacidad de evitar la oxidación lipídica de baja densidad (LDL) y de aumentar las lipoproteínas de alta densidad (HDL) conocido como colesterol bueno, así como también de tener propiedades antibacterianas, acciones anticancerígenas, antiinflamatorias (Fine, 2000). Los taninos hidrosolubles, son compuesto que contienen hidrato de carbono con grupos hidroxilos, núcleo central de glucosa y otro esterificado con ácido gálico (galotaninos) o ácido élágico (elagitaninos), las proteínas

ligadas con los taninos a través de enlaces de hidrógeno, resultado en complejos tanino–proteína (Jouany y Morgavi, 2007).

### **2.2.9 Fitobióticos o aceites esenciales**

Como definición se tiene que los aceites esenciales son compuestos volátiles, naturales y complejos caracterizados por un fuerte olor y formados como metabolitos secundarios por plantas aromáticas (Bakkali *et al.*, 2008) y entre sus cualidades al emplearse como aditivo para la alimentación animal, se tiene que no se acumulan en el ambiente y no causan contaminación, así como también reducen riesgos de desarrollar cepas resistentes (Khosravi y Jalali, 2013). Todas las plantas producen compuestos químicos (compuestos fenólicos) como parte de sus actividades metabólicas normales, divididos en metabolitos primarios como los azúcares y grasas y secundarios o fitoquímicos, que son compuestos no esenciales para realizar funciones como la presencia de color, atracción de los polinizadores, protección del organismo a la radiación (Hashemi y Davoodi, 2011) y contra depredadores, parásitos y algunas enfermedades (Jouany y Morgavy, 2007), esto gracias a moléculas biológicamente activas así como a sus diferentes estructuras químicas, que consistente en terpenos (mono–, sesqui– y diterpenos), alcoholes, ácidos, ésteres, epóxidos, aldehídos, cetonas, aminas y sulfuros (Calo *et al.*, 2015).

El mecanismo más importante de los aditivos fitogenéticos se presume podría deberse a la afectación benéfica del ecosistema de la biota intestinal a través del control de patógenos potenciales, mejorando la capacidad digestiva en el intestino delgado, lo cual puede considerarse como un efecto secundario indirecto de la eubiosis microbiana por lo que los fitogenéticos ayudarían a los animales huéspedes a mejorar el manejo del estrés al presentar un eficiente sistema inmune en el manejo de situaciones críticas y en consecuencia, reflejarse en el aumento de la disponibilidad intestinal de nutrientes esenciales para la absorción, teniendo como resultado mayor crecimiento de los animales (Hashemi y Davoodi, 2011).



### 2.2.10 Compuestos fenólicos

Los compuestos se distribuyen ampliamente en el reino vegetal y son los más abundantes de los metabolitos secundarios en las plantas, derivados de la fenilalanina y de la tirosina, hoy en día se conocen más de 8000 estructuras fenólicas, que van desde moléculas sencillas como los ácidos fenólicos hasta sustancias altamente polimerizadas como los taninos. (López – Andrés *et al.*, 2014) Los compuestos fenólicos pueden funcionar como antioxidantes, por mecanismos que incluyen la terminación de los radicales libres, actúan como quelantes de metales, reducen la concentración de oxígeno (Tili *et al.*, 2015), transforman productos primarios de oxígenos en moléculas no oxidantes (Kocak *et al.*, 2016).

Estos compuestos pueden encontrarse comúnmente en hierbas y frutos, tales como bayas, manzanas, cítricos, verduras, cebollas, aceites, tomates, soja, granos, entre otros y muchos de estos fenoles son responsables de los atributos de color de las hojas, frutas y flores, para su clasificación pueden dividirse dependiendo del número de subunidades del fenol, ya sean fenoles simples (ácidos fenólicos) o polifenoles (poseen al menos 2 subunidades del fenol), al poseer 3 o más de subunidades (Leopoldini *et al.*, 2011). Los polifenoles son de los grupos más interesantes de los compuestos naturales en el reino vegetal debido a su capacidad antioxidante y dentro de los cuales encontramos los ácidos fenólicos, ácidos hidroxibenzoicos o hidroxicinámico, flavonoides, incluyendo antocianinas, lignanos, estilbenos y cumarinos (Carocho *et al.*, 2015), carotenoides, quinonas, cumarinas, taninos así como sus compuestos nitrogenados (alcaloides, aminas, betalacinas), vitaminas y terpenoides (Cai *et al.*, 2004).

Dentro de las funciones de los compuestos fenólicos es brindar defensa a las plantas y además ejercer funciones (Karre *et al.*, 2013), antimicrobianas, antiparasitarias, insecticidas, antifúngicas, antivirales, antitóxicas (Arslan *et al.*, 2017), anticancerígenas, antiinflamatorias, antialérgicas, estrogénicas e inmunoestimulantes y actividades asociadas a la quelación de metales y propiedades redox, como antioxidantes es cuando actúan como donadores de hidrógeno y extintores de ROS (Fatiha *et al.*, 2015), también se les atribuye la capacidad de regenerar el  $\alpha$  – tocoferol endógeno en la bicapa de fosfolípidos de las partículas lipoproteicas de nuevo a su forma antioxidante activa, todas estas características

funcionales, dependerá de cada hierba, debido a que al contener sustancias biológicas heterogéneas, producen un efecto diferente por mecanismos diferentes (Erkan *et al.*, 2008).

### **2.3 Plantas aromáticas y especias como aditivos en la alimentación animal**

Su utilización en producción animal han reportado mejor rendimiento, debido a que tienen la capacidad de estimular la circulación sanguínea, salivación, secreciones enzimáticas pancreáticas y mejorar el estado inmunológico (Jiang *et al.*, 2015), como por ejemplo los aceites esenciales constan de más de sesenta compuestos individuales, que al ser suplementados en la dieta de los animales han conseguido mejorar el contenido endógeno en tejidos (Koščová *et al.*, 2006), al permitir la incorporación uniforme de sus compuestos en la membrana subcelular, lo que hace suponer que podría inhibir las reacciones oxidativas y crecimiento de microorganismos (Simitzis *et al.*, 2014).

Los extractos de plantas se han empleado por los humanos durante miles de años en la medicina tradicional, entre las más populares se encuentran las de la familia *Lamiaceae*, dicha familia contiene importantes plantas aromáticas utilizadas en la medicina tradicional y moderna, así como en las industrias alimentaria y farmacéutica (Nieto. 2017). Las plantas aromáticas ricas en compuestos polifenólicos elegidas para realizar la presente investigación se encuentran el tomillo y romero, ambos perteneciente a dicha familia, son conocidas por presentar actividad antiespasmódicas, antisépticas, antimicrobiana y antioxidantes (Khosravi y Sendi, 2013; Abdulkarimi *et al.*, 2011).

El mayor interés en ambas plantas son la extracción de sus aceites esenciales, definidos como líquidos volátiles o semilíquidos, solubles en solventes orgánicos con una densidad más baja que la del agua, y también en lípidos, pueden sintetizarse por todos los órganos de la planta (flores, hojas, tallos, ramitas, semillas, frutos, raíces, madera o corteza) y se almacenan en células secretoras, cavidades, canales, células epidérmicas o tricomas glandulares (Nieto. 2017).

La familia *Labiatae (Lamiaceae)* es de las más grandes y distintivas de plantas con flores, se calculan más de 220 géneros y casi 4000 especies en todo el mundo, su distribución es casi cosmopolita, de esta familia se han aislados más aceites esenciales biológicamente activos por la presencia de diterpenoides y compuestos polifenólicos, dichos compuestos

pueden eliminar los radicales libres y ejercer efectos protectores contra enfermedades cardiovasculares (Moein *et al.*, 2017), por lo que de acuerdo a sus propósitos de uso, pueden agruparse como medicinal, ornamental, plantas aromáticas utilizadas como hierbas culinarias, verduras, industria del perfume (Naghbi *et al.*, 2005) y en la industria alimenticia para prevenir oxidación lipídica asociada a pérdida de color, así como para reducir crecimiento microbiano (Nieto *et al.*, 2010a).

En los últimos años se emplea es en dietas para animales, ofrecidos principalmente en forma de pellets, con la intención de mejorar rendimiento de la canal, calidad de la carne y modificar los perfiles de ácidos grasos (Dalle Zotte *et al.*, 2015), sin embargo es importante mencionar que la eficiencia de cualquiera de los aceites aromáticos y volátiles se encuentra estrechamente ligado a sus características genotípicas (especie, cultivar, clonar, ecotipo), ecológicas (origen geográfico, condición climática, composición del suelo) y tecnológicas (cultivo, tipos de recolección, almacenamiento del material crudo y procesamiento), esto significa que una planta de la misma especie, puede expresar diferentes características y composición química (Al – Asmari *et al.*, 2017).

#### **2.4 Tomillo (*Thymus vulgaris*)**

Es una planta anual con aspecto herbáceo que crece en casi todo el mundo, durante años su uso es principalmente como agente aromático, hierba culinaria por su sabor picante, medicinal al tener propiedades expectorantes, antitusivas, antibroncolíticas, antiespasmódicas, antihelmínticas, carminativa, diuréticas, antimicrobianas, relajante muscular (Al – Asmari *et al.*, 2017), antiespasmódico, sedante, antimicótico, antiinflamatoria antioxidante (Karoui *et al.*, 2016), y en investigaciones recientes se intenta demostrar su actividad, hepatoprotectora, antimicrobiana, anti-VIH-1, antiulcerosa, gastroprotectora, hipoglucémica, antihiperlipidémica y citotoxicidad específica contra una variedad de líneas celulares tumorales (Leal *et al.*, 2017).

El género *Thymus* tiene numerosas especies y variedades entre las que se encuentran *Thymus zygis*, *Thymus mastichina*, *Thymus capitatus* y *Thymus vulgaris* entre otras (Ballester-Costa *et al.*, 2017). La composición de *Thymus vulgaris* contiene altas concentraciones de fenoles, incluyendo timol (12-61%), carvacrol (0.4-20.6%), 1,8-cineol

(0.2-14.2%), q-cimeno (9.1-22.2%), linalool (2.2-4.8%), borneol (0.6-7.5%), a-pineno (0.9-6.6%) y alcanfor (0-7.3%), de los cuales carvacrol y timol son los de mayor actividad al considerárseles responsables de la actividad antioxidante (Komaki *et al.*, 2016) y con la interacción con ergosterol causan daño en la membrana celular, este mismo mecanismo también se presenta con los monoterpenos de linalool que interfieren con la formación y estabilidad de la biopelícula (Leal *et al.*, 2017).

El uso de plantas aromáticas dentro de la industria alimentaria, busca desafiar principalmente sus propiedades antioxidante, tal como se ha realizado en algunos estudios en donde lo emplean como aditivo natural, en un principio solo fue en aves de corral y ganado demostrando que podría considerarse como un promotor de crecimiento natural (Silbergeld *et al.*, 2008), dichas propiedades y beneficios se relaciona con su estructura, al presentar anillos conjugados y grupos de hidroxilos, de tal manera que estabilizan a los radicales libres mientras que su grupo de ácido carboxílico inhibe la oxidación de lípidos para quelación de metales y de esta manera preservar las características de calidad como el color e incluso valores nutriciones (Nieto *et al.*, 2010b).

Entre los resultados de sus efectos existen diferentes investigaciones, entre las que se encuentran los de Celia *et al.* (2015) al incluir en alimento para conejos fórmulas comerciales que contienen compuestos polifenólicos o Nieto *et al.* (2010b) quienes utilizaron tomillo al 2.5% en corderos y Dalle Zotte *et al.* (2014) al incluir el 3% de tomillo en conejos, en los cuales mantuvieron y/o mejoraron algunos de los parámetros producción, sino también características de la canal y calidad de la carne.

## **2.5 Romero (*Rosmarinus officinalis* L.)**

El romero, se encuentra como un pequeño arbusto perenne denso, aromático, con una altura que puede alcanzar los 2 metros de altura, con hojas ramificadas, pegajosas y angostas, presenta flores pequeñas de color púrpura pálido o azulado, sus hojas frescas o secas (verde grisáceo), enteras, picadas, trituradas o molidas, o en aceite esencial son algunas de las formas utilizables (Soltani *et al.*, 2016) cualidad demostrada en varios estudios al inhibir eficazmente la formación de hidroperóxido debido a su alto compuestos fenólicos como monoterpenos (olis éter), diterpeno fenoles (carnoso) ácido rosmarínico, carnosol,

rosmanol, epirosmanol, isosmanol y metilcarnosato), ácidos fenólicos (ácido rosmarínico), flavonoles y ácidos triterpénicos (ácido ursólico, ácido oleanólico y ácido butilínico) (Bulbul, *et al.*, 2012).

El ácido rosmarínico es el componente con mayor actividad antioxidante, al presentar una estructura química con dos grupos hidroxilo O-fenólicos localizados en el único anillo de benceno, con un grupo carboxílico adyacente ( $-\text{CO}_2\text{H}$ ), lo que da lugar a su fuerte capacidad antioxidante, esta capacidad se atribuye por su habilidad de capturar oxígeno singlete, radical hidroxilo y radicales de peróxido lipídico y en consecuencia evita la oxidación de los lípidos (Yang *et al.*, 2016).

El ácido carnósico se encontró por primera vez en *Salvia officinalis* L., sin embargo años más tarde fue identificado a niveles mucho más altos (~3% en peso de hojas secadas al aire) en hojas de *Rosmarinus officinalis*, el ácido carnósico solo se encuentra presente en una sola familia de plantas, en una sola (*Nepetoideae*) de las 10 subfamilias *Lamiaceae*, en solo dos (*Menthae*, *Ocimum*) de 66 tribus y en solo nueve de 220 géneros (Birtić *et al.*, 2015). Se le considera uno de los principales compuesto de diterpeno fenólico que se encuentra en las hojas de romero, es un antioxidante lipófilo que barre el oxígeno singlete, radicales hidroxilo y lípidos peroxilo, evitando la peroxidación lipídica y la disrupción de las membranas biológicas (Zhang *et al.*, 2010), la biosíntesis y acumulación del ácido carnósico tiene lugar exclusivamente en las hojas jóvenes de romero en los ápices de las ramas, y la molécula de diterpeno se consume parcialmente durante el desarrollo y envejecimiento de las hojas, las propiedades antioxidantes del ácido carnósico, presumiblemente debido a la presencia de un resto catecol (Loussouarn *et al.*, 2017).

Entre las especies animales en las que se ha utilizado, se tienen a los cerdos, al ser ofrecido en forma de extracto acuso como lo hizo Smeti *et al.* (2013), o los realizado por Cardinali *et al.* (2015) en combinación con orégano, consiguiendo resultados en los que se mejoró peso vivo y ganancia de peso, en ambos ejemplos sobre el modelo conejo, o bien probado en dietas para novillo aromáticas tal como lo hizo Rivaroli *et al.* (2016). También se ha observado que el ácido carnósico contenido en plantas de la familia *Lamiaceae* previene la oxidación de lipoproteínas de baja densidad en células endoteliales aórticas humanas y el

estrés oxidativo mediado por hidroperóxidos lipídicos en células Caco-2 (Loussouarn *et al.*, 2017).

## 2.6 Estrés oxidativo

Es a partir de la segunda mitad del siglo XX el creciente interés y conciencia de la importancia de las reacciones mediadas por los radicales en la biología, y en consecuencia el papel que desempeñan el consumo de ciertos alimentos ricos en antioxidantes, como por ejemplo la vitamina E y C con la finalidad de proteger a biomoléculas del daño oxidativo (Amorati y Valgimiglia, 2015).

Una gran variedad de funciones fisiológicas dependen del equilibrio entre los antioxidantes y las especies reactivas ya que estas son subproductos del metabolismo esencial para suministrar energía, desintoxicación (Catoni *et al.*, 2008), activación e inactivación de biomoléculas, la transducción de señales, el recambio celular, entre otros (Núñez, 2011). Sin embargo cuando se pierde la homeostasis, es decir hay una sobreproducción de las especies reactivas, las células y órganos comienzan con daño oxidativo y por lo tanto se está ante la presencia de estrés oxidativo, el cual puede definirse como la perturbación entre el equilibrio prooxidante – antioxidante siendo el primero el beneficiado (Sies *et al.*, 2017). Los prooxidantes son sustancias químicas que inducen el estrés oxidativo, generalmente a través de la formación de especies reactivas o inhibiendo a los sistemas antioxidantes (Puglia y Powell, 1984), los radicales libres se consideran prooxidantes, pero sorprendentemente, los antioxidantes también pueden tener un comportamiento prooxidante (Carocho y Ferreira. 2013).

Entre las principalmente especies reactivas se encuentran las de oxígeno y nitrógeno referidas como ROS/RNS por sus siglas en inglés (López-Alarcón y Denicola. 2013), es importante señalar que todos los radicales de oxígeno son especies reactivas al oxígeno, pero no todas las especies reactivas de oxígeno son radicales de oxígeno, la mayoría de las especies reactivas de oxígeno no son radicales libres (Sies *et al.*, 2017) por lo que entre las especies de oxígeno e incluso nitrógeno que pueden actuar como moléculas de señalización se encuentran el óxido nítrico y peróxido de hidrógeno que muestran una función reguladora al tener cualidades de estabilidad y reactividad (Azzi *et al.*, 2004), como por

ejemplo los radicales de oxígeno están implicados en actividades bioquímicas de células como ya se ha mencionada en la transducción de señales, transcripción de genes, así como en la regulación de la actividad de guanilato ciclasa soluble, en el caso del óxido nítrico (NO) es una molécula importante de señalización que regula la relajación y proliferación de las células del músculo liso vascular, la adhesión de los leucocitos, la agregación de plaquetas, la angiogénesis, la trombosis, el tono vascular y la hemodinámica (Uttara *et al.*, 2009).

Es importante destacar que algunos de los productos reductores del oxígeno son de naturaleza radicales libres, es decir que tiene un electrón libre (radical anión superóxido e hidroxil), mientras que el peróxido de hidrógeno el producto de reducción de dos electrones, no es un radical y como tal es una molécula químicamente estable, asimismo se pueden encontrar otras especies reactivas biológicamente, importantes entre las que se tienen las especies de cloro y bromo como ácidos hipohalos, hipoclorito y cloraminas (Sies *et al.*, 2017). Las especies reactivas al oxígeno pueden producirse de manera exógena a partir de contaminantes, tabaco, drogas, xenobióticos o radiación; mientras que las endógenas se producen intracelularmente a través de múltiples mecanismos, dependiendo de los tipos de células y tejidos, las principales fuentes son los complejos NADPH oxidasa es decir siete isoformas distintas en las membranas celulares, las mitocondrias, los peroxisomas y el retículo endoplásmico (Maulucci *et al.*, 2016).

## **2.7 Radicales libres**

Son estructuras químicas que tienen uno o más electrones no apareados (Coronado *et al.*, 2015) y son altamente reactivas, por lo que puede formar otros radicales libres en cadena. Los radicales libres (Delgado *et al.*, 2010) se derivan de procesos metabólicos esenciales y normales en el cuerpo humano o de fuentes externas como la exposición a los rayos X, el ozono, contaminantes del aire y productos químicos industriales, su formación ocurre continuamente en las células como consecuencia de reacciones enzimáticas (incluyen a los involucrados en la cadena respiratoria, fagocitosis, síntesis de prostaglandinas y en el sistema del citocromo P-450) y no enzimáticas (pueden formarse en reacciones de oxígeno con compuestos orgánicos, así como aquellos iniciados por reacciones ionizantes) de

acuerdo a Lobo *et al.* (2010), la mayoría de las reacciones se llevan a cabo principalmente en la mitocondria por reacciones redox, realizadas por enzimas como NADHP oxidasa lipoxigenasa, cicloxigenasa y peroxidasa (Jiménez-Zamora *et al.*, 2016) pero al haber una sobreproducción en los organismos y la peroxidación lipídica de las membranas celulares (Bozin *et al.*, 2007) y al sumarse con especies reactivas al oxígeno pueden causar daño oxidativo a macromoléculas funcionales entre las que se encuentran el ADN, proteínas y lípidos y eventualmente progresar a enfermedades crónicas como puede ser cáncer, diabetes arterosclerosis, inmunosupresión o neurodegeneración como Alzheimer y Parkinson (Cai *et al.*, 2004).

A pesar de que la mayoría de las publicaciones hacen mención de los daños que pueden causar a la salud, también tienen participación positiva en la regulación de la respuesta inmune ya que al presentarse un patógeno la respuesta innata comienza a generar ROS en el interior de la células fagocíticas y posteriormente será destruido (Seifried *et al.*, 2015). Los ROS incluyen a los radicales libres y a otras moléculas derivadas del oxígeno de gran interés biológico en cuanto a su relación con los organismos vivos, entre los que se pueden encontrar: Átomo de Hidrogeno (H<sup>-</sup>), Triclorometil (CCL<sub>3</sub>), Tiol (RS), Peroxil (RO<sub>2</sub>), Alkil (RO), Superoxido de Hidrogeno (O<sub>2</sub><sup>-</sup>), Oxigeno singlete (O<sub>2</sub>), Radical Hidroxilo (OH<sup>•</sup>), Radical alcoxilo (RO<sup>-</sup>), Óxido Nítrico (NO), Peróxido de Hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), Ácido Hipocloroso (HOClO) y Peroxinitrito (ONOO<sup>-</sup>) (Núñez, 2011 y Huerta *et al.*, 2005). Esto ocurre cuando el oxígeno molecular (O<sub>2</sub>), al respirarse y ser utilizado por los organismos aerobios da lugar a la formación de ROS, la reducción de oxígeno se produce cuando los electrones escapan de la cadena respiratoria, teniendo como resultado al súper oxido (O<sub>2</sub><sup>-</sup>) que al dismutar forma el peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) que en presencia de metales como el hierro (Fe<sup>2+</sup>) y cobre (Cu<sup>+</sup>) produce el radical hidroxilo (OH<sup>•</sup>) mediante la reacción de Fenton, considerando la especie más dañina en los sistemas biológicos y el principal responsable de daño oxidativos (Delgado *et al.*, 2010).

## **2.8 Antioxidantes en la alimentación animal y su uso en la industria cárnica**

Se considera como antioxidante a cualquier sustancia que al estar presente en baja cantidad retarda, inhibe o elimina el daño oxidativo de una molécula a causa de la producción de



especies reactiva al oxígeno (ROS) y también debe tener la capacidad de formar un nuevo radical estable a través de enlaces de hidrógeno (Carocho y Ferreira. 2013).

Las defensas antioxidantes están compuestas por fracciones lipofílicas (por ejemplo la vitamina E y la mayoría de los carotenoides) que se encuentran a nivel de la membrana celular e hidrófilas (vitamina C y gran parte de los polifenoles) localizada en el citoplasma de la célula (Catoní *et al.*, 2008), la actividad antioxidante dependerá de diversas formas como inhibir reacciones de oxidación de radicales libres (oxidantes preventivos) formación de radicales lípidos libres; cuando interrumpe la propagación de reacciones en cadena de la autooxidación (antioxidantes que rompen cadena); como inactivadores de oxígeno singlete; sinergia con otros antioxidantes; actuando como agentes reductores al convertir hidroperóxidos en compuestos estables; como agentes quelantes metálicos que convierten los pro – oxidantes metálicos tales como el hierro y derivados del cobre, en productos estables y por último como inhibidores de enzimas pro – oxidativas del tipo lipooxigenasas (Carocho y Ferreira, 2013) y al emplearlo en la industria alimenticia se busca retardar la oxidación de biomoléculas fácilmente oxidables, tales como lípidos y proteínas en productos cárnicos, mejorando así la vida útil de los productos (Karre *et al.*, 2013), a través de diferentes modelos enfocados en estudiar el equilibrio y la interacción entre las sustancias anti y pro-oxidantes (Descalzo y Sancho 2008).

El uso de hierbas dentro de la alimentación aumenta tanto en la medicina humana como veterinaria, debido a que su importancia abarca desde la cadena alimentaria del productor hasta el consumidor (Chrenková *et al.*, 2013), por lo que es común encontrar prácticas en donde a menudo se añaden antioxidantes a los alimentos para prevenir reacciones en cadena de radicales de la oxidación, para inhibir los pasos de iniciación y propagación que conducen a la terminación de las reacciones y un retraso en el proceso de oxidación (Bajpai *et al.*, 2014).

La composición de los ácidos grasos de los productos animales es el resultado de la biosíntesis de ácidos grasos del tejido y composición de ácidos grasos de los lípidos ingeridos esta relación es mejor percibida en los monogástricos (cerdos, aves y conejos) que en los rumiantes, debido a la hidrogenación de estos ácidos grasos en el rumen (Kouba y Mourot, 2011). La producción excesiva de ROS, inicia reacciones en cadena que pueden

afectar la calidad y la aceptabilidad de los productos cárnicos debido a que compromete la integridad de la célula al afectar diferentes estructuras como ADN, proteínas, lípidos (Abdel – Khalek *et al.*, 2013) especialmente los ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) e hidratos de carbono en el animal (Badarinath *et al.*, 2010).

Las moléculas más sensibles a la oxidación en sistemas biológicos están representados principalmente por los lípidos (triglicéridos y colesterol), proteínas y carbohidratos (Amorati y Valgimigli. 2015). Es por ello que se busca retardar la autooxidación de los lípidos durante el almacenamiento y procesamiento ya que en alguno momento resultará en la formación de radicales libres, los cuales son responsables en el deterioro de la calidad de los alimentos, ocasionando afectación en color, sabor, textura y valor nutritivo (Bajpai *et al.*, 2017).

Existen varias diferentes opciones para clasificar a los antioxidantes, entre los que se encuentran en relación a su origen (natural o sintético), la naturaleza (enzimática o no enzimática), las propiedades químico-físicas (hidrofílicas o lipófilas), la estructura (flavonoides, polifenoles, etc.), el mecanismo (preventivo, rompedor de cadena), de acuerdo con Vertuani *et al.* (2004), y de los más empleados es el que presenta Moharram y Youssef. (2014) en antioxidantes se hace en primarios y secundarios.

## **2.9 Clasificación de los antioxidantes**

Hasta ahora no existe una clasificación universal de los antioxidantes, por lo que se pueden encontrar los que emplean desde el peso molecular, mecanismo de acción la cual incluye actividad catalítica, hidrofobicidad e hidrofilia (Pradedova *et al.*, 2011).

### **2.9.1 Antioxidantes primarios**

Son los antioxidantes que rompen la cadena que reaccionan con los radicales lipídicos y los convierten en productos más estables. Los antioxidantes de este grupo son principalmente fenólicos, en estructura e incluyen los siguientes: minerales antioxidantes, vitaminas antioxidantes y fitoquímicos que incluyen flavonoides, catequinas, carotenoides,  $\beta$ -

caroteno, licopeno, diterpeno de, pimienta negra, tomillo, ajo, comino y sus derivados Moharram y Youssef, (2014).

### **2.9.2 Antioxidantes secundarios**

Los cuales tienen la función de capturar radicales libres y detener las reacciones en cadena, entre estos compuestos se incluyen: anhídrido hidroxilado butilado (BHA), hidroxitolueno butilado (BHT) y galato de propilo (PG); dentro de esta clasificación se encuentran los antioxidantes enzimáticos y no enzimáticos de los cuales estos últimos, la mayoría se obtienen a través del consumo de alimentos ricos en polifenoles como ácidos fenólicos y flavonoides, vitaminas, carotenoides, organosulfural y minerales Moharram y Youssef. (2014).

Los antioxidantes enzimáticos se caracterizan por tener la capacidad de prevenir o neutralizar radicales libres en el organismo, al romper moléculas en tres diferentes fases: iniciación, propagación y terminación, por la formación de las enzimas (Krishnaiah et al., 2011) como superóxido dismutasa (SOD) junto con algunas enzimas de soporte como superóxido dismutasa, catalasa, glutatión reductasa y glutatión peroxidasa que ejercen acciones sinérgicas en la eliminación de los radicales libres (Uttara *et al.*, 2009), las disfunciones de las enzimas antioxidantes se han asociado a la esclerosis lateral amiotrófica, enfermedad de Alzheimer, Huntington y Parkinson (Matés. 2000).

Los no enzimáticos (antioxidantes de acción directa, importantes en la defensa contra el estrés oxidativo), incluyen al ácido ascórbico y lipoico, polifenoles y carotenoides, derivados de fuentes dietéticas como el glutatión, arginina, citrulina, taurina, creatina, selenio, zinc, vitamina E, vitamina C, vitamina A y los polifenoles de algunos téis ayudan a regular los ROS (Uttara *et al.*, 2009). Las reacciones de autooxidación como las de ubisemiquinona, catecoles, ferredoxinas y hemoproteínas, así como de grupos sulfhidrilo puede resultar en la producción de  $O_2^-$ , debido a que iones ferrosos catalizan la reducción del elemento  $O_2$  a  $O_2^-$ , el cual reaccionara con aceptadores de electrones intermedios, sus reactivos son grupos sulfhidrilo como los que se localizan en sitios activos de enzimas y ácidos grasos insaturados como lo que se encuentran en los lípidos de membranas (Puglia y Powell, 1984).

## **2.10 Tipo de antioxidantes**

Pueden ser de origen sintético o natural, en el caso de los sintéticos se encuentran restringidos en algunos países por efectos negativos a la salud humana, mientras que los naturales son de origen vegetal en su mayoría (Sarikurkcü, 2011).

### **2.10.1 Antioxidantes sintéticos**

Como se mencionó ha estado mencionando a lo largo de la investigación, los antioxidantes son sustancias que en bajas concentraciones retardan la oxidación de biomoléculas fácilmente oxidables y específicamente hablando de productos cárnicos, de tal manera se busca mejorar la vida útil de los mismos protegiéndolos del deterioro (Karren *et al.*, 2013), para tal fin el uso de productos químicos sintéticos por su alta estabilidad a la oxidación y bajos costos al adicionarlos, habían sido los de elección (Yang *et al.*, 2016) sin embargo, su uso se ha vuelto limitado, por aspectos indeseables como carcinogenicidad, toxicidad aguda, teratogenicidad y períodos de degradación lentos, que pueden conducir a problemas ambientales como contaminación (Calo *et al.*, 2015).

Los antioxidantes sintéticos con mayor popularidad y por lo tanto uso, se encuentran, hidroxianisol butilado (BHA), con efectos de posible toxicidad y presentar carcinogénesis (Caleja *et al.*, 2017), caso similar ocurre con hidroxitolueno butilado (BHT) y terci, butilhidroquinona (TBHQ) de acuerdo a Bajpai *et al.* (2014), el galato de propilo (PG) (Karren *et al.*, 2013) y ésteres de ácido gálico causan o provocan efectos negativos para la salud, por lo tanto, se han impuesto restricciones sobre su aplicación (Pourmorad *et al.*, 2006) también se cuanta con ácido nordihydroguaiaretic (NDGA) el cual se ha demostrado en estudios llevados a cabo en roedores enfermedad quística (Carocho y Ferreira, 2013).

### **2.10.2 Antioxidantes naturales**

Los antioxidantes naturales están compuestos de diversas sustancias con diferentes características químicas que se encuentran ampliamente presentes en plantas y que proporcionan beneficios como el poder retardar o inhibir la oxidación de otras sustancias a través de la inhibición de la iniciación o propagación de reacciones en cadena oxidante

(Smeti *et al.*, 2013). Dentro de las fuentes más ricas en polifenoles se encuentran las frutas y verduras, al presentar una fuerte actividad antioxidante contra los radicales libres, los cuales se producen durante la oxidación en organismos vivos y en alimentos musculares (Hygreeva *et al.*, 2014).

La importancia de los antioxidantes en un proceso fisiológico es evitar la concentración de ROS dentro de la célula, es por eso que en las últimas dos décadas una serie de estudios tanto en medicina como en salud animal (Seifried *et al.*, 2007), han demostrado que al proporcionar dietas ricas en antioxidantes se presenta beneficios como una mejor inmunocompetencia, retardar procesos de envejecimiento y reducir la aparición de enfermedades crónicas (Catoni *et al.*, 2008).

### **2.11 Alimentos funcionales o nutraceuticos**

Los alimentos ya no solo son vistos como productos que alivia el hambre, sino que deben proporcionar salud y bienestar para quienes los consumen, dentro de las cualidades que se exigen se encuentran los perfiles de ácidos grasos tanto saturados como insaturados y su impacto sobre la salud humana (Hajji *et al.*, 2016), por estas razones se hace mayor énfasis en consumir dietas balanceada bajas en grasas saturadas, sodio y colesterol y más alta en fibra, este nuevo estilo de alimentación saludable se base en productos denominados nutraceuticos en donde se incluyen a los aditivos a ciertos alimentos convencionales, fitoquímicos, alimentos funcionales e incluso suplementos dietéticos está creciendo a un ritmo astronómico (Li – Chan. 2015). Al hacer referencia nutraceuticas la cual es una palabra compuesta por dos palabras: “nutriente” (cualquier componente de alimento en una forma y en un nivel que ayudará a mantener la vida de humana o animal) y “farmacéuticos”, se hace referencia a productos que tienen un beneficio fisiológico al brindar protección contra enfermedades como la obesidad, cardiovasculares, cáncer, osteoporosis, artritis y diabetes, través de mantener las funciones fisiológicas normales (Shinde *et al.*, 2014).

Por lo tanto es considerado nutraceutico, cualquier sustancia que pueda ser alimento o parte de un alimento (Li – Chan. 2015), e incluso diversos productos con base de hierbas (por la producción de metabolitos secundarios), suplementos dietéticos, alimentos diseñados

genéticamente, alimentos procesados (sopas, cereales y bebidas), considerando que los nutraceuticos son alimentos de cría agrícola que contienen nutrientes agregados para aumentar sus valores nutricionales, como por ejemplo, el licopeno en los tomates y los ácidos grasos omega-3 en organismos como el salmón (Keshwani *et al.*, 2015).

## **2.12 Alimentos funcionales**

El término alimento funcional así como su concepto aparecieron por primera vez en 1984 en Japón como parte de una investigación de la funcionalidad de los alimentos, en donde el factor nutricional atrajo mayor interés académico y público antes, durante y después de la segunda guerra mundial por la escases de alimentos que se sufría (Arai, 1996) y desde entonces se han presentado diferentes definiciones, sin embargo la propuesta por Roberfroid. (1996) aún continua siendo aceptada al considerar un alimento funcional, a aquellos que contienen un componente (nutritivo o no) que afecte a un número limitado de funciones en el cuerpo de manera específica, teniendo efectos positivos y que puedan reivindicarlo como funcional o incluso con propiedades saludables. Al mencionar reivindicación funcional es hacer referencia a las consecuencias positivas e interacciones entre un componente del alimento y la función genómica, bioquímica, celular o fisiológico específico sin referencia directa a cualquier efecto de salud o prevención de enfermedad, los efectos benéficos esperados deben demostrarse con la cantidad consumida normalmente (Dalle y Szendro, 2011).

Para que un alimento pueda considerarse funcional debe cumplir con requerimientos que los acrediten, como son el ser derivados de un producto natural, consumirse dentro de la dieta diaria y regular procesos específicos en humanos, incluyendo procesos de envejecimiento (Zhang *et al.*, 2010).

En la práctica todas las categorías de alimentos y propiedades funcionales se pueden incluir de diferentes maneras ya sea agregándose un ingrediente funcional a una alimento tradicional para obtener un alimento enriquecido (nutrientes adicionales) o un alimento enriquecido (nuevos nutrientes o componentes adicionales que normalmente no se encuentran); también, a través de modificar el proceso tecnológico (fermentación, extracción, tratamiento térmico) al permitir o mejorar la formación de compuestos que

tienen actividades biológicas específicas o eliminan un componente nocivo del alimento; mejorar los nutrientes o compuestos funcionales desde la alimentación animal (Dalle y Szendro, 2011), este punto es una de las mayores tendencias en la industria alimentaria, constituyendo mejores opciones para obtener carnes más saludable por medio de la aplicación de estrategias (prácticas de producción animal y sistemas de transformación de la carne) con la adición de compuestos bioactivos (Jiménez – Colmenero *et al.*, 2017).

Dentro de las principales categorías de ingredientes utilizados para la alimentación de animales y así puedan considerarse como alimentos funcionales se tienen a los probióticos (bacterias del ácido láctico, bifidobacterias), prebióticos (oligosacáridos, almidón resistente, pectinas), vitaminas, minerales (Ca, Mg, Zn, Se), antioxidantes (tocoferoles, carotenoides, flavonoides, polifenoles), proteínas, péptidos, aminoácidos, ácidos grasos (ácidos grasos omega-3, GLA, CLA) y fitoquímicos (fitoesteroles, beta- glucano isoflavonas, lignanos) (Dalle y Szendro, 2011).

### **2.13 Carne de conejo como alimento funcional**

En los últimos años, se ha presentado mayor interés en la influencia de la dieta en la salud y el bienestar humano, ya que a través de la dieta se obtienen los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales, esto en función a que algunos alimentos y sus componentes tienen efectos fisiológicos y psicológicos más allá de la contribución de los nutrientes básicos de ahí que se les considera alimentos funcionales (Hernández y Dalle Zotte, 2010).

La carne proveniente de cualquier especie, es reconocida como fuente importante, de la cual a través de su consumo se pueden obtener proteínas y micronutrientes como hierro, selenio, vitamina A, B<sub>3</sub>, B<sub>12</sub> y B<sub>9</sub> entre otros (de Andrade *et al.*, 2016), a pesar de que todas contienen las cantidades nutricionales adecuadas para mantener la salud humana, de las carnes con mayor interés por su valor nutricional y apreciada por sus propiedades dietéticas, si se comparada con otras especies animales, es la carne de conejo, misma que a través de su consumo podría proporcionar compuestos bioactivos y que además puede diferenciarse de otras por ser una carne magra rica en proteínas de altos valores biológicos, bajo contenido de colesterol (Hernández y Dalle Zotte, 2010), alto contenido de

potasio y baja concentración de sodio lo que la hace ser recomendada para formar parte de la dieta de personas con hipertensión, ya que por ejemplo al consumir una porción de 100g de carne proporciona aproximadamente el 30% de la ingesta diaria recomendada de fósforo (Hermida *et al.*, 2006).

Su carne proporciona ácido grasos poliinsaturados (PUFA) y el ácido docosahexaenoico (DHA) que logran mejorar funciones fisiológicas, además muestra una baja relación en ácidos grasos saturado e insaturados n-6/n-3 (Wang *et al.*, 2016), que están estrictamente involucrados en la salud humana y por lo tanto es importante señalar que el contenido de PUFA varía del 35 al 40% del total de ácidos grasos en la carne de conejo, mientras que el 4.0% del total de ácidos grasos en el músculo del ganado 5.2% en la carne de cordero y 17.7% en la carne de cerdo (Mattioli *et al.*, 2017) y siendo las cualidades mencionadas que hacen a la carne de conejo sea considerada como un alimento funcional al presentar potencial para mejorar la salud y reducir riesgos de enfermedades cardiovasculares (Wang *et al.*, 2016).

#### **2.14 Calidad de la carne**

Antes de definir calidad de carne es importante definir que es carne ya que de acuerdo a sus componentes es que se verán alterados los atributos que la consideren de calidad, así como los productos derivados de ella, entonces se tiene que carne es el tejido muscular que se obtiene después de la matanza del animal y que se compone de agua, proteínas, lípidos, minerales y carbohidratos (Shah *et al.*, 2014).

En cuanto al concepto de calidad de la carne está en continuo cambio debido al mayor interés de los consumidores en tener un estilo de vida saludable y que cada vez más se liga a conceptos como inocuidad, calidad hedonista y Bienestar Animal al haber una mayor exigencia en saber bajo qué condiciones se lleva a cabo la producción de los alimentos así como también el impacto ambiental e incluso la seguridad alimentaria (Dalle Zotte, 2002), por lo que la definición de los consumidores sobre que es calidad de la carne ya no solo incluye propiedades nutricionales tales como compuestos bioactivos, proteínas, lípidos y sus sub-constituyentes esenciales, sino características sensoriales como terneza, sabor, color, salubridad como grasa y ácidos grasos saturados sino incluso factores tecnológicos



tales como aptitud para ser procesada y en lo que se refiere al criterio de evaluación en el punto de compras son los atributos visuales, como el color, textura, suavidad, jugosidad y frescura (Dal Basco *et al.*, 2014a).

## **2.15 Características de calidad de la carne**

### **2.15.1 Capacidad de Retención de Agua (CRA)**

El agua es una molécula dipolar atraída por especies cargadas como las proteínas debido a ello, la parte del agua en las células musculares está estrechamente ligada a las proteínas, por lo que cuando se hace mención en la definición de capacidad de retención, a agua ligada, es debido a que el agua que existe en constituyentes no acuosos como proteínas y la movilidad reducida no se mueve fácilmente a otros compartimentos (Huff – Lonergan y Lonergan, 2005).

Una vez que el músculo está en proceso post rigor su constitución es de aproximadamente 75% agua, con hasta 87% del volumen de las células musculares como las miofibrillas, al ser parte de la estructura muscular, el agua, no solo permite difusión e interacción de sustratos y enzimas, sino también determina la plasticidad, la rigidez y la gelatinización de las proteínas insolubles, por lo tanto CRA, es importante además de la aceptabilidad visual y sensorial, por las razones económicas y por su papel en el moldeado de la estructura muscular (Hughes *et al.*, 2014), ya que la mayoría del agua en el músculo se mantiene dentro de las miofibrillas, entre las miofibrillas y entre las miofibrillas y la membrana celular (sarcolema), entre las células musculares y entre los haces musculares (grupos de células musculares), la cantidad y ubicación de esa agua pueden cambiar dependiendo de numerosos factores relacionados con el propio tejido y el manejo del producto y por consiguiente tiene efectos sobre un significativo peso menor de canales, rendimiento, cortes y la calidad de la carne (Huff – Lonergan y Lonergan, 2005).

Por lo antes mencionado se puede definir en términos generales la capacidad de retención de agua es la capacidad de la proteína en la carne que tiene para retener el agua (Kaewthong *et al.*, 2017), un ejemplo, es que al haber una desnaturalización parcial de proteínas se presenta una mayor pérdida de la CRA, resultando en un color más claro en la carne (Tartrakoon *et al.*, 2016).

Existe diferentes métodos para determinar la capacidad de retención de agua, como la pérdida por goteo, cocción, descongelación (Kaewthong *et al.*, 2017) y por compresión Tartrakoon *et al.*, 2016), haciendo solo mención de los dos primeros métodos al haberse sido los que se llevaron a cabo en la práctica. En el caso de pérdida de agua por goteo su importancia radica al representar significativamente bajo peso en la canal y corte y por lo tanto afecta el rendimiento y calidad de la carne procesada por lo que son económicamente importante (Pearce *et al.*, 2011). Con respecto a la cocción se pierde gran cantidad de masa en forma de jugo de la carne dicho proceso se relaciona con la temperatura (intervalos de 45 a 80°C mayor cantidad de % de pérdida de agua) y el tiempo, ya ocasionando un incremento en la rigidez de las estructuras miofibrilares a causa de la desnaturalización de las proteínas que se asociadas a la pérdida de agua (Hughes *et al.*, 2014).

### **2.15.2 Color**

El color es uno de los factor más importante que afecta la decisión del consumidor al considerarse como un indicador de frescura y por lo tanto se puede anticipar a la palatabilidad (Nieto *et al.*, 2010a), esta característica se relaciona con diferentes factores, como son la concentración de pigmentos, principalmente la mioglobina y su estado químico, el potencial antioxidante de la carne, la estructura de la fibra y el estado físico de las proteínas musculares, así como por el tipo y nivel de grasa intramuscular (Ponnampalam *et al.*, 2017).

La mioglobina es la principal proteína responsable de color de la carne, aunque otras proteínas hemo como la hemoglobina y el citocromo C también puede jugar un papel es soluble en agua y contiene 8  $\alpha$ -hélices (A-H) unidas por secciones cortas no helicoidales, de los numerosos residuos en mioglobina, la histidina es de los más importante al ser un factor clave en la estructura y función de la mioglobina (Mancini y Hunt, 2005), y se presenta en tres formas químicas, como la deoximioglobina, que proporciona el color púrpura y que se oxigena rápidamente a (O'Grady *et al.*, 2006) oximioglobina ferroso (OxyMb), que es de color rojo brillante y que es la preferible por los consumidores para indicar la frescura, cuando se prolonga el contacto de Mb con oxígeno conduce a la formación de la forma oxidada, conocida como metmioglobina férrica (MetMb) dando la

coloración marrón y que durante el almacenamiento su acumulación en la superficie de la carne se afecta por factores intrínsecos como la edad del animal, raza, sexo, dieta, pH, tipo metabólico del músculo y factores extrínsecos entre los que se encuentran la temperatura, disponibilidad de oxígeno, tipo de iluminación, crecimiento de superficie microbiana así como tipo de empaque, o bien por una combinación de estos factores (Li *et al.*, 2017).

El color de la carne puede evaluarse a nivel laboratorio por el modelo o sistema CIE, el cual depende de las características presentes en la carne, para dicha evaluación se emplean letras: *L* refiriéndose a la luminosidad y va de los rangos de 0 para negro y de 100 para blanco perfecto,  $+a$  es el enrojecimiento y  $-a$  es para coloración verde;  $+b$  representa al color amarillo y  $-b$  al azul (Węglarz *et al.*, 2010).

### 2.15.3 Ph

El pH final de la carne y la tasa de caída del pH se relacionan con los eventos bioquímicos en los periodos *pre* y *postmortem* al ejercer acción sobre los componentes estructurales en las células musculares y tejido conectivo asociado, es decir la velocidad y el grado de pH sobre la desnaturalización de las proteínas, el espaciamiento del retículo miofibrilar y la contracción en las células musculares es fundamental para determinar la calidad de la carne cruda y cocida (Hughes *et al.*, 2014).

La mayoría de los cambios se dan cuando la interrupción del metabolismo vivo después de la matanza y el sangrado del animal dando inicio al proceso de descomposición la mayoría de las sustancias orgánicas, administrado por enzimas tisulares que cambian de los procesos de síntesis a los procesos de descomposición y todo esto en función al suministro de oxígeno a las células y tejidos, también por la degradación del glucógeno muscular a ácido láctico ya que los indicadores de la calidad de la carne dependen del nivel de glucógeno durante proceso de glucólisis anaeróbica, al determina significativamente el pH final de la carne en donde también se influye indicadores, como las propiedades de hidratación, fuerza cortante, color y pérdida de agua, ya que durante la glucólisis anaeróbica, el ácido láctico acidifica el medio ambiente la inactivación de las enzimas glicolíticas resultado pH bajo o el agotamiento de la mayoría del glucógeno disponible, esta formación de ácido láctico y iones de hidrógeno reducen el pH intercelular de los músculos desde un pH de 7.0, que es

la medida estándar en un animales vivos, hasta 5.4-5.7 en las primeras 48 h post-mortem, dicha disminución del pH tiene un efecto inhibitor en el desarrollo de la microflora proteolítica, lo que aumenta la vida útil de anaquel, lo cual significa que se requiere una concentración suficiente de glucógeno en el tejido cárnico para reducir el nivel de pH, sin embargo la concentración de glucólisis posterior a la matanza depende del tipo de músculo, su histología y sus propiedades bioquímicas como el tipo, número y proporciones de cada fibra musculare, así como de sus propiedades glicolíticas y oxidativas (Onopiuk *et al.*, 2016).

Por lo antes mencionado si se comparan los músculos glicolíticos con los oxidativos, estos últimos presentan niveles bajos de glucógeno *antemortem*, lo que puede contribuir a un pH final más elevado, por esta razón es que se piensa que al aumentar la disponibilidad de glucógeno habrá una disminución adicional del pH en los músculos oxidativos a valores equivalentes o similares al pH final de los músculos glucolíticos, ya que el músculo oxidativo produce carne con un pH máximos altos independientemente del contenido de glucógeno y sugieren que los factores musculares inherentes asociados con el músculo glucolítico controlan el grado de disminución del pH en los músculos, por lo menos en la carne de cerdo (England *et al.*, 2016).

La carne de alta calidad debe tener un pH de 5.4 a 5-6, pero cuando presenta acidez baja en el periodo de envejecimiento resulta en cambio de color, estructura, sabor, y terneza. Una de las causa de agotamiento del glucógeno de reserva en el músculo es el estrés, ocasionando una mayor producción de ácido láctico (Węglarz *et al.*, 2010).

#### **2.15.4 Oxidación lipídica**

El principal componente de la carne relacionado con la oxidación lipídica son los ácidos graso poliinsaturados (PUFA) debido a que la fracción fosfolipídica de la membrana conduce a la producción de hidroperóxidos que son susceptibles a la posterior oxidación o descomposición de reacción secundaria a productos como los aldehídos de cadena corta, cetonas y otros compuestos oxigenados (Simitzis *et al.*, 2014), por lo tanto su tendencia a oxidarse durante procesamiento y cocción que a ciertas concentraciones dan un sabor deseable o no (Nute *et al.*, 2007), es por ello que el deterioro oxidativo de lípidos e incluso

de proteínas son la principal causa de deterioro en calidad sensorial, funcional y nutricional de la carne que al consumirse podría tener efectos perjudiciales en la salud humana (Adeyemil *et al.*, 2016). La oxidación lipídica después de la cocción, relacionada con el sabor rancio, es por la acelerada de hierro, tanto el que se encuentra libre y el que está unido a la porción hemo de la mioglobina (Martin *et al.*, 2016), el que se da por almacenamiento es a causa de la exposición ambiental, luz, temperatura (Sarikurkcü, 2011), otros de los cambios no deseables dependientes de la estabilidad oxidativa de las grasas se incluye la firmeza o dureza del tejido graso (Tartrakoon *et al.*, 2016), la textura, olor y apariencia (Yang *et al.*, 2016).

### 3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Hoy en día, la alimentación se ha convertido en un tema de interés no solo para los consumidores, sino también para los investigadores, debido a un creciente conocimiento de la relación que existe entre la dieta y la salud humana, es por ello que la atención se centra en cómo y cuál es el manejo alimenticio de los animales, ya que se sabe que algunos aditivos empleados en su producción, específicamente los antibióticos se han prohibido por sus efectos secundarios, relacionados a resistencias de bacterias o bien, como los antioxidantes sintéticos con potencial carcinogénico.

Es por ello que en los últimos 10 años una de las tendencias es proporcionar alimentos funcionales, cuya finalidad es mejorar la salud y reducir el riesgo de enfermedades cardiovasculares principalmente, por esta razón surge la necesidad de buscar aditivos naturales con componentes biológicamente activos, que puedan ser empleados en la producción animal. Entre los aditivos empleados, se encuentran los minerales, vitaminas (tocoferoles, ácido ascórbico), ácidos grasos, antocianinas, carotenoides y compuestos polifenólicos, todos considerados como antioxidantes naturales y cuyo uso no han mostrado riesgos sobre la salud.

Bajo este contexto, el empleo de plantas ricas en compuesto bioactivos con potencial antioxidante es una alternativa para la alimentación animal, tal es el caso del romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris*), estas plantas al ser adicionadas en la dieta de conejos durante el periodo de engorda pueden mejorar los parámetros productivos y de calidad de carne, todo ello con la finalidad de cumplir con las exigencias actuales de los consumidores en el sentido de obtener alimentos que no estén manipulados con productos tóxicos y en consecuencia mejorar la salud a través del consumo de alimentos con alto valor nutricional y funcional.

#### **4 HIPÓTESIS**

La adición de plantas aromáticas como el romero (*Rosmarinus officinalis L*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) ricos en compuestos polifenólicos en dieta de conejos en etapa de finalización mejora la calidad de la carne, modificará perfil de ácidos grasos insaturados y disminuye la oxidación de los lípidos.

## **5 OBJETIVO GENERAL**

Evaluar el efecto de la inclusión de romero y tomillo en dietas para conejos sobre parámetros productivos, calidad de la carne, perfil de ácidos grasos y oxidación lipídica

### **5.1 Objetivo específico:**

Determinar parámetros productivos como son consumo voluntario, ganancia de peso, ganancias de peso diario, conversión alimenticia, digestibilidad de conejos en finalización, así como las medidas zootécnicas

Analizar calidad de carne mediante capacidad de retención de agua (CRA), pH, color y capacidad antioxidante

Analizar perfil de ácidos grasos y la oxidación lipídica de la carne de conejo.



## **6 MATERIALES Y MÉTODOS**

El trabajo se realizó en la posta Zootécnica del Centro Universitario UAEM, Amecameca localizado en Amecameca de Juárez, Estado de México, México, así como en el Laboratorio Multidisciplinario de Investigaciones del mismo campus. Dichos espacios 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. Presenta un clima templado subhúmedo con lluvias en verano C(w2) y semifrío subhúmedo C(E)(w2) con precipitaciones anual de 935.6 milímetros.

### **6.1 Material vegetal y adición a las dietas**

Las especias de romero (*Rosmarinus officinalis L.*) y tomillo (*Thymus vulgaris*) se obtuvieron en solo lote, utilizándose solo las hojas, las cuales fueron secadas en una estufa de aire forzado a una temperatura de 25-30°C 72 horas sin la aplicación de tratamiento intenso de calor, con el objetivo de reducir al mínimo pérdida de componentes activos (Erkan *et al.*, 2008), una vez deshidratadas las hojas se molieron en un molino convencional para granos de café (Braum®) y posteriormente fueron integradas a la dieta comercial para conejos una vez homogenizada la dieta comercial y las plantas se peletizaron (Pelletizer - Manufacturer of China, modelo KL120B), el almacenamiento de los alimentos fue a temperatura ambiente y sin luz, para evitar la autoxidación de lípidos. Se realizó extracción metanólica a cada planta aromática para determinar su capacidad antioxidante total, la cual es útil para evaluar el equilibrio de los radicales libres y antioxidantes en los sistemas biológicos (Fraga *et al.*, 2014), mediante técnicas colorimetrías, empleando un espectrofotómetro (Thermo scientific. Geneys 10S UV-VIS).

### **6.2 Capacidad antioxidante**

#### **6.2.1 Radical DPPH (1,1-difenil-2-picrilhidracile)**

Esta técnica se basa en medir la capacidad de los antioxidantes para eliminar DPPH, en este caso el color del radical cambia de violeta a amarillo después de la reducción, lo que se demuestra con la reducción de la absorbancia (Bajpai *et al.*, 2017), esto ocurre debido a que

el radical libre estable reacciona con los compuestos que tienen la capacidad de donar un átomo de hidrógeno, a través de la captura de DPPH causando la decoloración de la solución (Krishnaiah *et al.*, 2011), para determinar este valor, se siguió la metodología de Awad *et al.* (2011) para lo cual indica DPPH a 0.2mM, con una lectura de absorbancia a 517nm con un espectrofotómetro (Thermo scientific. Geneys 10S UV-VIS). Los resultados se reportaron en porcentaje de inhibición de los radicales utilizando la fórmula:

$$\% \text{ inhibición} = (A \text{ control} - A \text{ muestra}) / A \text{ control} \times 100$$

### 6.2.2 Reactivo ABTS (ácido 2,2-azino-bis (3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico))

ABTS es un radical estable y este método permite medir la pérdida de color cuando se añade un antioxidante al cromóforo azul-verde ABTS•+, antioxidante reduce ABTS•+ a ABTS y lo decolora (Alam *et al.*, 2013).

Siguiendo la metodología de Fu *et al.* (2011) se preparara la solución ABTS (7 mM) que se hará reaccionar con solución de persulfato de amonio (2.45 mM) y mantendrá durante 12 a 16 h en la oscuridad, para producir una solución de color oscuro que contiene los cationes radicales ABTS. La absorbancia inicial se midió en 734 nm. Esta solución primaria se diluirá con metanol para dar un valor final de absorbancia de aproximadamente 0.7 ( $\pm 2$ ) y se equilibrara en 30°C, diferentes concentraciones de la muestra se prepararon y aproximadamente 0.5 ml de las muestras serán mezcladas con 3 ml de ABTS. La disminución de la absorbancia se medirá un min después de ser mezclada la solución, y después hasta los 6 min. El porcentaje de inhibición se calculara con la fórmula:

$$\% \text{ inhibición} = [(A \text{ control} - A \text{ muestra}) / A \text{ control}] 100\%$$

### 6.3 Animales y dietas

Todos los procedimientos empleados en este estudio fueron apegados a ley protectora de animales del Estado de México (Capítulo V. de los experimentos con animales). Fueron empleados 40 gazapos recién destetados (30 días de edad) de la cruce de conejos raza California X Nueva Zelanda, con un peso promedio de 583 g, provenientes de una granja semi-tecnificada con las mismas características climatológicas. Desde el inicio del

experimento, los conejos se asignaron de manera aleatoria en jaulas individuales y se considerándose cada uno como unidad experimental, las jaulas estaban equipadas con comederos y bebederos. El experimento duró 35 días, con una semana de adaptación con dieta comercial, al término de este periodo se dividieron en 5 tratamientos de 8 unidades experimentales cada uno, a cada tratamiento se le asignó una dieta basada en alimento concentrado comercial adicionado con las plantas aromáticas, las cuales se integraron de la siguiente manera: dieta control (0.0% de inclusión), dieta 2 tomillo (1.5%), dieta 3 tomillo (3%), dieta 4 romero (1.5%) y dieta 5 romero (3%), se ofreció agua *ad libitum*.

Al inicio del experimento, los animales se pesaron, el cual se reportó como peso inicial (PI), posteriormente cada siete días fueron para calcular ganancia de peso diario (GPD), a través de la siguiente fórmula  $GPD = \frac{\text{Ganancia total de los animales}}{\text{días de alimentación}}$ , el peso final (PF) se registró un día antes del sacrificio, para determinar el consumo voluntario (CV) se pesó alimento ofrecido y rechazado diariamente, los datos fueron sustituidos en la siguiente fórmula  $CA = \frac{\text{Consumo diario}}{GPD}$  y por último con ganancia de peso (GP) y CV se calculó Conversión Alimenticia (CA).

#### **6.4 Matanza y preparación de la canal**

Los conejos fueron sacrificados a los 65 días de edad conforme a la NOM-033-SAG/ZOO-2014. La preparación de la canal fue de acuerdo a lo recomendado por Peiretti y Meineri. (2008), para lo cual se removió piel, patas, órganos genitales, vejiga urinaria, cabeza, hígado, riñones, corazón y pulmones, una vez obtenida la canal se pesará para obtener peso de la canal caliente con cabeza, además se pesará piel, las vísceras abdominales y las torácicas. Las canales se almacenaron a 4°C durante 24 horas para realizar análisis de calidad de la carne, así como disección bilateral de los músculos *Longissimus dorsi*. Se realizó nuevamente el pesaje de la canal para obtener el peso de la canal fría, además del pesaje de los órganos abdominales, torácicos, piel y cabeza en el momento de sacrificio, también se determinó longitud dorsal, longitud del músculo, circunferencia lumbar (Blasco y Ohayun, 1996).

## **6.5 Mediciones para calidad de la carne a las 24 horas *postmortem***

### **6.5.1 Mediciones de pH**

La medición de pH(24h) se realizaron a nivel de la 5<sup>ta</sup> vértebra lumbar, con un potenciómetro portátil con cuchilla para carne (Hanna instruments H199163), el cual fue calibrado a temperatura ambiente con soluciones buffers de 4.0 y 7.0 (Hajji *et al.*, 2016).

### **6.5.2 Color**

Los valores para evaluar color se tomaron a las 24 horas y posteriormente a los siete meses en carne almacenada a -18°C, dichas mediciones se tomaron por triplicado con un colorímetro (Konica Minolta, tricromático) y se expresó en términos de CIELAB color (CIE, 1976). Las lecturas se reportaron en el sistema  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , haciendo referencia a luminosidad ( $L$ ) que va de blanco [100] a negro [0], croma ( $C^*$ ) muestra la saturación del color y ángulo Hue ( $H^*$ ) que se basa en formar grados en un rango de 0° (rojo) a cercano a 90° (amarillo), 180° (verde) y 270° (azul), todos los valores se calcularon a través de las siguientes fórmulas (Wang *et al.*, 2016):

$$C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}; Hue = 180 + (\arctan b/a)$$

### **6.5.3 Capacidad de retención de agua (CRA)**

#### **6.5.3.1 Pérdida de agua por goteo**

Se determinó con la metodología propuesta por Tartrakoon *et al.* (2016), para lo cual, las canales se almacenaron y colgaron en bolsas de polietileno a 4°C durante 24 horas, transcurrido este tiempo volvieron a ser pesadas para obtener peso de la canal fría (PF), y con la diferencia del peso de la canal caliente, se determinó la pérdida por goteo.

#### **6.5.3.2 Pérdida de agua por cocción**

Para determinar pérdida de agua por cocción (Liu *et al.*, 2016). se tomaron muestras de 5 g del músculo *L. dorsi* derecho de cada conejo (PI) y se empaquetaron al vacío en bolsas de

plástico, posteriormente fueron sometidas a cocción por inmersión en baño de agua a temperatura de 80°C durante 60 minutos, una vez cocidas las muestras se enfriaron con agua corriente durante 30 minutos. Las muestras se retiraron de las bolsas y pesaron (PF), los valores fueron sustituidos en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pérdida por cocción} = PI - PF/PI \times 100$$

## 6.6 Actividad antioxidante en carne

Sobre el músculo *L. dorsi* se determinó capacidad antioxidante a través del radical DPPH 0.2mM la absorbancia fue leída a 517nm utilizando un espectrofotómetro (Thermo scientific. Geneys 10S UV-VIS). La actividad quelante de las muestras se expresó en porcentaje de inhibición a través de la fórmula:

$$\begin{aligned} \% \text{ inhibición de DPPH} \\ = [1 - (\text{absorbancia de la muestra}/\text{absorbancia del control})] \times 100 \end{aligned}$$

## 6.7 Oxidación lipídica

Malondialdehído (MDA) es el responsable de la formación de un complejo rosado con TBA que muestra máxima absorbancia a 532nm y es el principal producto de la peroxidación lipídica por lo que es el centro de atención en la monitorización de la oxidación de la carne y productos cárnicos (Díaz *et al.*, 2014). La oxidación lipídica se realizó a los 7 meses de almacenamiento de la muestra y fue a través del método de destilación de ácido 2-tiobarbitúrico (TBARS) cada muestra se analizó por triplicado (Peiretti *et al.*, 2013), para la lectura fue utilizado un espectrofotómetro (Thermo scientific. Geneys 10S UV-VIS) a una longitud de onda de 532nm. Los resultados se expresaron como % de inhibición calculado con la fórmula propuesta de Qwele *et al.* (2013):

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

## **6.8 Perfil de ácidos grasos de la carne**

La carne se analizó, empleando muestras de L. dorsi esterificadas con hexano, el análisis se realizó por cromatografía de gases utilizando un instrumento Perkin Elmer Clarus 580 USA equipado con una columna capilar de sílice fundida – Supelco SPTM-2560 (100m x 0.25mm x 0.2µm). Los puertos de inyección y detector de ionización de llama (FID) se fijaron a 240°C y 250°C respectivamente y como gas de arrastre fue el nitrógeno (Cert *et al.*, 2000).

## **6.9 Análisis Estadístico**

El análisis de datos se realizó con el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI, empleando un diseño completamente la azar con arreglo factorial 2 X 3 (dos plantas a tres niveles cada una 0, 1.5 y 3.0%), con efectos principales, y una significancia de  $P < 0.05$ ;  $p < 0.01$   $p < 0.00$ .

## 7 RESULTADOS

Las plantas empleadas en este estudio fueron analizadas para determinar su capacidad antioxidante, obteniendo como resultados que en el caso de tomillo mostró 89.11% de capacidad para inhibir radicales libres bajo la técnica ABTS y del 91.07% con radical DPPH mientras que para romero fue ligeramente superior con un 93.41 y 97.51% respectivamente.

Radical antioxidante	Tomillo	Romero
ABTS (%)	89.11	93.41
DPPH (%)	91.07	97.51

ABTS: ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico);  
DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidracil

A partir de este proyecto se originaron dos trabajos:

- I. Capítulo y ponencia 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 de “Efecto del romero (*Rosmarinus officinalis* L.) y tomillo (*Thymus vulgaris*) sobre parámetros productivos, características de la canal y calidad de la carne en conejos en finalización”, el cual integro las memorias Clima y Ganadería: Productividad sustentable.
- II. Envío de artículo bajo el título “Addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris*) on performance and meat quality of rabbit”.



**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  
Gpc. 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

Esau 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 ROMERO (*Rosmarinus officinalis L.*) Y TOMILLO (*Thymus vulgaris*)  
SOBRE PARÁMETROS PRODUCTIVOS, CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL Y  
CALIDAD DE LA CARNE EN CONEJOS EN FINALIZACIÓN**

**[EFFECT OF ROSEMARY (*Rosmarinus officinalis L.*) AND THYME (*Thymus vulgaris*)  
ON GROWTH PERFORMANCE, CARCASS TRAITS AND MEAT QUALITY OF  
RABBITS]**

**Minerva Jaurez Espinosa, Enrique Espinosa Ayala, Pedro Abel Hernández García, Ofelia Márquez Molina,  
María Zamira Tapia Rodríguez, Ana Isabel Mireles Arriaga**

\*correspondencia: enresaya1@hotmail.com

**RESUMEN**

El objetivo de este estudio, fue determinar efecto de tomillo y romero en dietas de conejos, sobre parámetros productivos y calidad de la carne. Se emplearon 40 conejos destetados, divididos en 5 grupos. Grupo control se alimentó con dieta comercial y los otros 4 grupos con adición al 1.5 y 3.0% tanto de tomillo y romero. Desde el primer día se pesaron cada semana, hasta el sacrificio, para obtener peso inicial y final, ganancia diaria de peso, alimento ofrecido y rechazado, se obtuvo consumo voluntario, conversión y eficiencia alimenticia. A las 24 horas postmortem se midió pH, color, capacidad de retención de agua y potencial antioxidante (DPPH) de la carne. Los datos se analizaron empleando un diseño completamente al azar con un arreglo factorial 2X3 y efectos principales con significancia de 0.05. No se encontraron diferencias significativas en ganancia de peso, consumo voluntario, eficiencia alimenticia, peso al sacrificio, canal caliente y fría. Sin embargo conejos alimentados con los aditivos, tuvieron diferencia significativa en pH, pérdida de agua por cocción y en enrojecimiento ( $\alpha^*$ ) en comparación con dieta control. Valores de DPPH en carne presentaron diferencias significativas en nivel e interacción planta\*nivel. Los resultados permiten concluir que dietas de conejos adicionadas con romero y tomillo en finalización no modificaron los parámetros productivos, mientras que se modificaron parámetros de calidad como pH, pérdida de agua por cocción y DPPH.

**Palabras clave:** aditivos, antioxidantes naturales, calidad de carne, conejo

**SUMMARY**

The objective of this study was to determine the effect of thyme and rosemary on rabbit diets, on production parameters, carcass and meat quality. 40 weaned rabbits were used, divided into 5 groups. Control group was fed commercial diet and the other 4 groups with addition to 1.5 and 3% both of thyme and rosemary. From the first day they were weighed each week, until sacrifice, to obtain initial and final weight, daily gain of weight, food offered and rejected, voluntary consumption, conversion and nutritional efficiency were obtained. At 24 hours postmortem pH, color, water retention capacity and antioxidant potential of the meat were measured in Longissimus dorsi muscle. The data analysis was using analysis of variance with a factorial arrangement 2X3 and main effects, statistical differences with Tukey test with significance of 0.05. There were no significant differences between the groups, on weight gain, voluntary consumption, feed efficiency or sacrifice weight, hot and cold channel. However rabbits fed the additives had a significant difference in pH, loss of water by cooking and redness ( $\alpha^*$ ) compared to control diet. DPPH values in meat showed significant differences in level and plant interaction \* level in the groups treated with the control. The results allow to conclude that diets of rabbits added with rosemary and thyme in finishing did not modify the productive parameters or characteristics of the channel. However, I present greater loss of water by cooking the treated groups.

**Key words:** additives, natural antioxidant, meat quality, rabbit

**INTRODUCCIÓN**

Los productos cárnicos son una de las principales fuentes de nutrientes como proteínas, aminoácidos esenciales, minerales, vitaminas y ácidos grasos poliinsaturados (Trebušak *et al.*, 2014), siendo estos atributos los que generan procesos de degradación, conocido como oxidación lipídica, causando deterioro en calidad sensorial, funcional y nutricional de la carne, además de generar efectos negativos sobre la salud humana (Adeyemil *et al.*, 2016), para evitar dichos cambios negativos se han empleado una serie de antioxidantes sintéticos, pero que debido a su potencial carcinogénico su uso ha disminuido (Nieto *et al.*, 2010b), con la misma finalidad el uso

de antibióticos en la industria alimenticia ha buscado mejorar el rendimiento vivo y en canal así como evitar cambios en parámetros de calidad de la carne como el color, sabor, olor, textura y valor nutricional (Zhang *et al.*, 2016), sin embargo su uso se ha prohibido por transmisión y proliferación de bacterias resistentes (Brenes y Roura, 2010). En los últimos años se han realizado estudios que sugieren el uso de aceites esenciales (fitobióticos) que son sustancias químicas naturales derivadas de plantas aromáticas con propiedades antimicrobianas, antivirales, antiinflamatorias y antioxidantes (Zengin *et al.*, 2015). Existe evidencia que el emplear antioxidantes naturales en la dieta de los animales pueden controlar la estabilidad postmortem de la carne, así como de sus productos, probablemente al funcionar como vía para pasar compuestos antioxidantes al sistema circulatorio, distribuirlos y retenerlos en los tejidos (Qwele *et al.*, 2013). Existen plantas ricas en fitoquímicos que pueden ser empleadas en la alimentación de conejos, por ejemplo; el romero y tomillo los cuales podrían modificar características productivas, de la canal y calidad de la carne como el pH, CRA (pérdida de agua por goteo y cocción), color ( $L$ ,  $a$ ,  $b$ ,  $croma$ , ángulo  $hue$  e índice de color) debido a que tienen timol, carvacrol, ácido rosmarínico y rosmanol, sustancias con alto potencial antioxidante. Considerando lo antes expuesto, el objetivo de este estudio fue evaluar el uso del romero y tomillo en dietas para conejos en finalización con la intención de determinar su efecto sobre el comportamiento productivo y las características de la carne.

## MATERIALY MÉTODO

Este trabajo se realizó en el Centro Universitario UAEM Amecameca de la Universidad Autónoma del Estado de México, empleando 40 conejos destetados. Al inicio del experimento se asignaron de manera aleatoria en jaulas individuales. El experimento duró 35 días, con una semana de adaptación con dieta comercial, al término de este periodo, se dividieron en 5 grupos, cada tratamiento consistió en alimento comercial adicionado con las plantas aromáticas, integrándose de la siguiente manera: dieta control (0.0%), dieta 2 tomillo (1.5%), dieta 3 tomillo (3.0%), dieta 4 romero (1.5%) y dieta 5 romero (3%). Desde el primer día se pesaron cada semana, para obtener peso inicial y final y con la diferencia de estos datos obtener ganancia de peso; se pesó el alimento ofrecido y rechazado de cada unidad experimental para obtener el consumo voluntario, se determinó conversión alimenticia y eficiencia alimenticia.

Previo al sacrificio se les dio 24 horas de ayuno, posteriormente el sacrificio de los animales fue acorde a lo establecido por la NOM- SAG-ZOO-033-2014, se retiraron órganos abdominales y torácicos (Peiretti y Meineri. 2008). A las 24 horas *postmortem*, se diseccionó en su totalidad el músculo *Longissimus dorsi* derecho e izquierdo de cada conejo y se realizaron mediciones de pH, a nivel de la 5<sup>ta</sup> vértebra lumbar, con un potenciómetro portátil con cuchilla de penetración para carne (Hanna instruments H199163), el cual fue calibrado a temperatura ambiente con soluciones buffers de 4.0 y 7.0 (Hajji *et al.*, 2016).

Las mediciones de color, se realizaron con un colorímetro (Konica Minolta), las lecturas fueron reportadas en el sistema  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ , todos los valores se calcularon a través de las siguientes fórmulas (Wang *et al.*, 2016):

$$Croma^* = (a^* 2 + b^* 2)^{1/2}$$

$$\text{Para ángulo } Hue = 180 + \left( \frac{\arctan b}{a} \right).$$

La capacidad de retención de agua (CRA) se llevó a cabo a través de pérdida agua por goteo de acuerdo con Tartrakoon *et al.* (2016) para lo cual las canales se almacenaron en bolsas de polietileno y colgadas a +4°C durante 24 horas, al término de este tiempo se pesaron nuevamente, para obtener peso de la canal fría (PF) y con la diferencia del peso de la canal caliente fue que se obtuvo este valor. La pérdida de agua por cocción se tomaron muestras de 5 g del músculo *L. dorsi* derecho de cada unidad experimental y se empaquetaron al vacío en bolsas de plástico, posteriormente fueron sometidas a cocción por inmersión en baño de agua a temperatura de 80°C durante 60 minutos, una vez cocidas las muestras se enfriaron con agua corriente durante 30 minutos.

Las muestras se retiraron de las bolsas y pesaron (PF) (Liu *et al.*, 2016), la pérdida por cocción se calculó con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ pérdida por cocción} = PI - \frac{PF}{PI} \times 100$$

Para determinar la capacidad antioxidante en carne se empleó la técnica de DPPH descrita por Qwele *et al.* (2013). El análisis de los datos se realizó empleando un diseño completamente la azar con arreglo factorial 2 X 3 (dos plantas a tres niveles cada una 0, 1.5 y 3.0%), se obtuvieron los efectos principales y las diferencias estadísticas significativas mediante la prueba de Tukey con una significancia de 0.05.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En cuanto a la prueba productiva, no se observaron diferencias significativas ( $p > 0.05$ ) en peso inicial, final, ganancia diaria de peso, consumo voluntario, conversión y eficiencia alimenticia, así como peso canal caliente y fría (Cuadro 1), tales resultados coinciden con los reportados por Hanczakowska *et al.* (2015) al incluir en dietas de cerdos extractos herbales y no presentar efectos en estos valores, tal situación se puede explicar a los bajos niveles de inclusión ya que a pesar de contar con metabolitos con efectos antibiótico no se genera una modificación en la microbita intestinal y por consecuencia no se da el efecto como promotor de crecimiento, situación que sería diferente si se emplearan los aceites esenciales de las plantas (Zengin *et al.*, 2015).

Cuadro 1. Efecto de tomillo y romero sobre parámetros productivos y características de la canal en dieta de conejos

	Control	Tomillo		Romero		EEM	P	Niv	P*N
	0.0%	1.5%	3.0%	1.5%	3.0%				
PI (g)	1168.63	1065.54	1124.75	1094.63	1080.25	0.912	NS	NS	NS
PF(g)	2002.62	1864.38	1955.00	1930.63	1869.88	0.9063	NS	NS	NS
GDP(g)	39.71	38.04	39.53	39.81	37.61	0.952	NS	NS	NS
CV(g)	4321.62	4131.88	4179.00	4399.00	4116.25	153.45	NS	NS	NS
CA(g)	2.154	2.210	2.137	2.271	2.190	0.066	NS	NS	NS
EA(g)	0.466	0.455	0.468	0.446	0.458	0.132	NS	NS	NS
PCC (g)	1024.000	983.625	1025.000	992.750	958.000	27.940	NS	NS	NS
PCF (g)	994.375	951.875	996.875	966.875	935.625	27.908	NS	NS	NS

NS No significativo ( $P > 0.05$ ); P: planta; Niv: nivel; \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ ; Peso Inicial (PI); Peso Final (PF); Ganancia Diaria de Pes (GDP); Consumo Voluntario (CV); Conversión alimenticia (CA); Eficiencia Alimenticia (EA); Peso Canal Caliente (PCC); Peso Canal Fría (PCF)



Con respecto pH 24 (Cuadro 2) se encontraron diferencias significativas ( $P<0.01$ ) por planta e interacción (planta\* nivel), se observa que los tratamientos con tomillo fueron ligeramente más ácidos que con romero, aun siendo estos valores normales para carne de conejo, estos resultado difieren con los reportados por Nieto *et al.* (2010a) quienes obtuvieron pH de 5.64 a 5.69. Los valores bajos pueden deberse que durante el proceso en que el músculo se convierte en carne, ocurren cambios como: agotamiento de la energía disponible, cambios del metabolismo aerobio a anaerobio, favoreciendo así la producción de ácido láctico y dando como resultado pH entre 5.4 a 5.8 (Lonergan *et al.*, 2010).

Cuadro 2. Características de calidad de la carne de conejo en finalización y potencial antioxidante en músculo *Longissimus dorsi*

	Control	Tomillo		Romero		EEM	P	Niv	P*N
	0.0%	1.5%	3.0%	1.5%	3.0%				
pH 24	5.652	5.589	5.519	5.625	5.692	0.140	**	NS	**
PAG %	2.89	3.25	2.77	2.71	2.39	0.187	NS	NS	NS
PAC%	36.04	39.14	37.75	36.43	37.47	0.683	NS	*	NS
$L^*$	57.680	52.546	49.936	52.005	59.338	1.725	NS	NS	NS
$a^*$	6.017	6.798	6.243	5.243	5.311	0.273	*	NS	NS
$b^*$	4.573	4.421	4.080	4.056	4.386	0.408	NS	NS	NS
C	7.714	8.153	7.536	6.653	6.945	0.610	NS	NS	NS
Hue	180.623	180.580	180.590	180.663	180.688	0.055	NS	NS	NS
IC	29.104	31.533	33.360	25.290	21.534	4.556	NS	NS	NS
DPPH (%)	73.85	67.55	59.34	57.29	62.49	2.007	NS	***	**

NS No significativo ( $P>0.05$ ); P: planta; Niv: nivel; IC: índice de color \*  $p<0.05$  \*\*  $p<0.01$  \*\*\*  $p<0.001$ ; Pérdida de Agua por Goteo (PAG); Pérdida de Agua por Cocción (PAC)

Referente a la calidad de la carne, la pérdida de agua por goteo no presentó diferencias significativas ( $p>0.05$ ), no así para pérdida de agua por cocción, donde se encontraron diferencias ( $p<0.01$ ) por nivel, al mostrar una menor aptitud para mantener ligada el agua en el tratamiento de tomillo al 1.5% (39.14%) y romero 3.0% (37.47%), datos que difieren con los reportados por Peiretti *et al.* (2013), al no encontrar diferencias en conejos alimentados con cáscara de tomate a concentraciones de 3.0 y 6.0%. Con respecto al color, se observó un efecto significativo en  $a^*$  (enrojecida) por planta, siendo el grupo de romero quien presentó disminución y en consecuencia mayor palidez en la carne, mientras que la carne de conejos alimentados con tomillo al 1.5% y el grupo control presentaron los valores más altos de 6.798 y 6.017 respectivamente; resultados mostrados por Smeti *et al.* (2013) indican que no encontraron cambios en el valor de  $a^*$ (24h) en corderos alimentados con aceite esencial de romero al 0.06% (11.96) y la dieta control (11.26). Los resultados encontrado en este experimento se pueden explicar por la acumulación de metamioglobina en la superficie de la carne tal como lo indica Liotta *et al.* (2015). Finalmente, valores de DPPH en carne se encontraron diferencias significativas por nivel e interacción planta\*nivel mostrando que tomillo al 1.5% tuvo potencial antioxidantes de 67.552 y romero al 3.0% de 62.487, a diferencia de la dieta control con 73.848, lo que la hace con mejor capacidad

antioxidante, datos que se contraponen a los de Qwele *et al.* (2013) al emplear Moringa en dietas de cabra y que presentaron mayor porcentaje de inhibición (58.95%) que la dieta control, los resultados observados en el presente trabajo indican que los niveles de antioxidantes suministrados en las dietas no alcanzan niveles altos que permitan la fijación en la carne.

## CONCLUSIÓN

La adición de romero y tomillo en alimento para conejos en finalización no generó cambios en la prueba productiva, aunque si modificó algunas variables de calidad de carne, en el caso del tomillo disminuyó el pH, generó carne más pálida y con mayor pérdida de agua por cocción siendo estos atributos desfavorables en los parámetros de calidad de carne, por otro lado, el romero ocasionó una disminución en la capacidad antioxidante de la carne. Con base a los resultados obtenidos se recomienda continuar con investigaciones a diversos niveles que permitan establecer una dosis óptima así como realizar más estudios con diferentes fuentes de antioxidantes naturales útiles para evitar estrés oxidativos y mejorar las características tanto productivas como de calidad de la carne.

## REFERENCIAS

- Adeyemi, K. D., Shittu, R. M., Sabow, A. B., Abubakar, A. A., Karim, R., Karsani, S. A., Sazili, A. Q. (2016). Comparison of myofibrillar protein degradation, antioxidant profile, fatty acids, metmyoglobin reducing activity, physicochemical properties and sensory attributes of gluteus medius and infraspinatus muscles in goats. *Journal of animal science and technology*, 58(1), 23.
- Brenes, A., Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1), 1-14.
- 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
- Liotta, L., Chiofalo, V., D'Alessandro, E., Presti, V. L., Chiofalo, B. (2015). Supplementation of Rosemary extract in the diet of Nero Siciliano pigs: evaluation of the antioxidant properties on meat quality animal, 9(6), 1065-1072.
- Liu, H., Li, K., Mingbin, L., Zhao, J., Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat science*, 116, 236-242.
- Lonergan, E. H., Zhang, W., Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat science*, 86(1), 184-195.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010a). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84(1), 23-29.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010b). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat science*, 85(1), 82-88.

- Peiretti, P. G., Gai, F., Rotolo, L., Brugiapaglia, A., Gasco, L. (2013). Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Meat science*, 95(2), 345-351.
- Peiretti, P. G., 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(4), 1116-1121.
- 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* (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93(3), 455-462.
- 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*, 2(2), 79-85.
- Trebušak, T., Levart, A., Salobir, J., Pirman, T. (2014). Effect of *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) or *Olea europaea* (olive) leaves on oxidative stability of rabbit meat fortified with n-3 fatty acids. *Meat science*, 96(3), 1275-1280.
- Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S., Lai, S. (2016). Comparison of Carcass and Meat Quality Traits among Three Rabbit Breeds. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(1), 84-89.
- Zengin, G., Uysal, S., Ceylan, R., Aktumsek, A. (2015). Phenolic constituent, antioxidative and tyrosinase inhibitory activity of *Ornithogalum narbonense* L. from Turkey: A phytochemical study. *Industrial Crops and Products*, 70, 1-6.
- Zhang, H., Wu, J., y Guo, X. (2016). Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*, 5(1), 39-48.



Addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris*) on  
performance and meat quality of rabbit

Minerva Jaurez – Espinosa<sup>1</sup>, Enrique Espinosa – Ayala<sup>1\*</sup>, Pedro Abel Hernández – García<sup>1</sup>,  
Ofelia Márquez – Molina<sup>1</sup>, María Zamira Tapia – Rodríguez<sup>1</sup> y Germán David Mendoza –  
Martínez<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Universitario UAEM, Amecameca.  
Carretera Amecameca – Ayapango, Km. 2.5. Amecameca, Estado de México. 56900  
México

<sup>2</sup>Universidad Autónoma Metropolitana–Xochimilco, Departamento Producción Agrícola y  
Animal. Cd de México, México

\* Corresponding author: [enresaya1@hotmail.com](mailto:enresaya1@hotmail.com)

## ABSTRACT

The objective was to evaluate the addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and thyme (*Thymus vulgaris*) on performance, characteristics of the carcass and quality of rabbit meat. Forty rabbits 45-day-old (initial body weight  $BW_{1106} \pm 41$  g) were randomly assigned in five treatments with eight repetitions in an experiment which lasted 35 days. Treatments consisted in the dietary inclusion of 0.0, 1.5 and 3.0% of thyme or rosemary using a factorial arrangement design (2 x 3) with two plants and three levels. The variables analyzed were weight gain, feed intake, feed conversion, dry matter digestibility, carcass and organs weight and meat characteristics (pH, color, water retention, lipid oxidation and fatty acid profile). The addition of these plants did not modify the daily weight gain and feed conversion however digestibility was increased with the inclusion of thyme at 1.5% ( $p < 0.01$ ). No effects were found in carcass characteristics of the, however, weight of gastrointestinal tract, kidneys and thoracic organs decreased ( $p < 0.001$ ). Meat pH was acidified by the addition of thyme ( $p < 0.01$ ). There was an interaction ( $p < 0.05$ ) plant by level in some fatty acids (capric, elaidic, and palmitic acids). The lipid oxidation of meat was modified by the level of the plants ( $p < 0.001$ ). It is concluded that the inclusion of rosemary and thyme up to 3% in rabbit's diets did not modify the productive parameters or meat quality, and digestibility can be improved with thyme only at 1.5% and with Rosemary up to 3% in the ration.

**Key Words:** Aromatic herbals, rabbits, performance, meat quality.

## INTRODUCTION

Since the prohibition of the use of antibiotics as growth promoters in animal production in the European Union and the United States of America (Brenes and Roura, 2010), the need to find alternative substances to promote animal productivity has been emphasized. (Cullere et al., 2016) with the intention of generating meat products of quality and functionality, thus decreasing the risk of cardiovascular, neuronal, diabetes, cancer and obesity (Decker and Park, 2010). For these purposes, a series of alternatives have been investigated without the use of synthetic drugs, among which are essential oils and phytobiotics, natural substances derived from aromatic plants with a high content of phenolic compounds, which have been shown to have antimicrobial, antiviral, anti-inflammatory and antioxidant (Wojdyło *et al.*, 2007; Zengin *et al.*, 2015). There is evidence that the addition of polyphenolic compounds in pigs increases the levels of n-3 polyunsaturated fatty acids and decreases total cholesterol (Pieszka *et al.*, 2017), the addition of flaxseed oil in rabbit feed, modifies the composition of fatty acids by reducing the n-6 and n-3 ratio (Trebušak *et al.*, 2014).

On the other hand, there are plants rich in bioactive compounds such as thyme (Dalle Zotte *et al.*, 2014) and rosemary (Nieto *et al.*, 2010a); thyme contains more than 60 metabolites, notably thymol and carvacrol (Abdulkarimi *et al.*, 2011), which favor the gastrointestinal microbiotic ecosystem at the cecal level in rabbits (Dalle Zotte *et al.*, 2013). Nieto et al. (2010b) reported that the addition of thyme in diets for lambs had antimicrobial and antioxidant action on the quality and lipid oxidation of the meat, likewise, in rabbits an improvement was observed on the color parameters in muscle Longissimus dorsi, as well as drip loss and higher  $\alpha$ -tocopherol content (Dal Bosco *et al.*, 2014a). On the other hand, rosemary has fat-soluble properties and has been accepted by European regulations since it

has shown antioxidant capacity, being attributed to the presence of phenolic diterpenes (Yang *et al.*, 2016) among which are carnosol, rosmanol, isorosmanol, methyl carnosate, rosmadial, carnosic acid and rosmarinic acid (O'Grady *et al.*, 2006; Dalle Zotte *et al.*, 2013), it has been reported that the addition of this plant in diets for lambs improves the parameters of color, lipid oxidation and sensory characteristics (Nieto *et al.*, 2010a).

Rosemary and thyme have an antioxidant effect and considering their phytochemicals reported could be used as a growth promoters and to improve meat quality by decreasing lipid oxidation, for this reason, the objective of this study was to evaluate the effect of the inclusion of thyme and rosemary in diets for rabbits on production parameters, meat quality, fatty acid profile and lipid oxidation.

## **MATERIALS AND METHODS**

### **Experimental site and collection of plants**

The experiment was conducted in the experimental facilities of the UAEM Amecameca University Center, of the Autonomous University of the State of Mexico, Mexico, in compliance with the Animal Welfare and Protection Law of the State of Mexico. The plants used were thyme (*Thymus vulgaris*) and rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) obtained in a single batch, using the leaves, which were dried by the technique of Erkan *et al.* (2008). The antioxidant capacity of the vegetative material was determined through the DPPH radical (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) following the proposal of Awad *et al.* (2011), ABTS • + was also performed (Fu *et al.*, 2011), obtaining an antioxidant capacity through DPPH of 91.0739 and 97.5174% in thyme and rosemary, in terms of ABTS 89.1085 and 93.4114% in thyme and rosemary.

## **Animals and Diets**

The experiment lasted 35 days, using 40 weaned rabbits (California x New Zealand) of 45 days of age with an initial body weight of  $1106 \pm 41$  g. Each rabbit was considered as an experimental unit and were randomly assigned to treatments. During the experiment were housed in individual cages with a high, depth and width of 40 x 60 x 40 cm, equipped with feeders and drinkers with access to water ad libitum, the animals were at a temperature that oscillated from 12 to 18 ° C with a relative humidity of 48%.

Dietary treatments (Table 1; five treatments with eight repetitions) consisted in the addition of the plants in the following levels: control diet (0.0%), thyme 1.5 and 3.0%; rosemary 1.5 and 3.0%. Diets were elaborated in pellets (Pelletizer - Manufacturer of China, model KL120B). For analysis, samples were ground to a particle size of 2 mm (Wiley mill, Model 4, Thomas Scientific, Swedesboro, NJ), then analyzed for dry matter (MS; 930.15) and ash (942.05) by the AOAC (1997), the neutral detergent fiber and acid detergent fiber by Van Soest *et al.* (1991), as well as DPPH (Awad *et al.*, 2011) and ABTS • + (Fu *et al.*, 2011), obtaining the reading at an absorbance of 517 nm using a spectrophotometer (Thermo Scientific, Geneys 10S UV-VIS) .

Table 1. Chemical composition and antioxidant capacity of experimental diets

Items	Control	Thyme , %		Rosemary, %	
	0.0	1.5	3.0	1.5	3.0
Dry matter (%)	90.71	90.79	90.82	90.18	89.58
Ash (%)	9.28	8.73	8.14	8.15	8.12
Neutral detergent fiber (%)	30.80	31.08	35.01	33.74	36.03
Acid detergent fiber (%)	13.48	16.07	19.88	18.75	18.89
ABTS (%)	52.48	52.86	54.53	52.82	53.80
DPPH (%)	54.08	58.61	60.08	54.25	59.49

ABTS: ácido 2,2'-azino-bis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfónico); DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidracil

### Productive response

Live weight were recorded at the beginning of the experiment and on day 35 (final weight) to estimate average daily gain (ADG); intake was measured daily by difference between offered and rejected food and the feed conversion ratio was obtained from the proportion of intake/ADG. In vivo digestibility was determined by collecting excreta samples from the last two weeks of the experimental period, using the insoluble acid ash (CIA) as internal marker as described by van Keulen and Young (1977).

### Quality of the meat

At the end of the experimental period, rabbits were fasted for 24 hours, then slaughter was carried out following the official Mexican norms (NOM-033-SAG/ZOO-2014). Hot carcass measurements and weight of the abdominal and thoracic organs were done as proposed by Peiretti and Meineri (2008); then were stored at 4 ° C for 24 hours to obtain cold carcass weight and samples of Longissimus dorsi muscle were used for meat quality analysis. The

dorsal, thigh, lumbar circumference, leg and bone weight were recorded, as well as the meat: bone relationship (Blasco and Ohayun, 1996).

The pH (24 h) of L. dorsi was measured at the level of the 5th lumbar vertebra, with a portable potentiometer with meat blade (Hanna instruments H199163) calibrated at room temperature (Hajji *et al.*, 2016), color measurements were performed at 24 hours in triplicate with a colorimeter (Konica Minolta, trichromatic) and expressed in terms of CIELAB color (CIE, 1976). The readings were reported in the system  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (Wang *et al.*, 2016). The water retention capacity (CRA) was determined by drip loss (Tartrakoon *et al.*, 2016), in addition to cooking loss (Liu *et al.*, 2016).

Antioxidant capacity was obtained through total phenols (Qwele *et al.*, 2013) using Folin-Ciocalteu and sodium carbonate ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) at 5%, read at an absorbance of 765 nm and quantified through gallic acid equivalents g<sup>-1</sup> of meat. For 0.2 mM DPPH radical, the absorbance was read at 517 nm using a spectrophotometer (Thermo Scientific, Geneys 10S UV-VIS).

The lipid oxidation was determined through the 2-thiobarbituric acid distillation method (TBARS), analyses were done in triplicate (Peiretti *et al.*, 2013) using a spectrophotometer at a wavelength of 532 nm. The results were expressed as percent inhibition of thiobarbituric acid (Qwele *et al.*, 2013).

The meat fatty acid profile was done from L. dorsi samples esterified with hexane using gas chromatography with a Perkin Elmer Clarus 580 USA instrument equipped with a fused silica capillary column - Supelco SPTM-2560 (100m x 0.25mm x 0.2 $\mu$ m). The injection and flame ionization detector (FID) ports were set at 240 ° C and 250 ° C respectively and nitrogen as a driving gas (Cert *et al.*, 2000).

## Statistical analysis

Data were analyzed with the JMP software as a completely randomized design with factorial arrangement 2 x 3 where factors were the two plants at three inclusion levels, considering a significance level of  $p < 0.05$  (Sall *et al.*, 2012).

## RESULTS

There were no effects ( $p > 0.05$ ) of plant, level or interaction on daily weight gain, intake and feed conversion (Table 2), results that agree with those reported by Kovitvadhi *et al.* (2015) in rabbits fed with *Lythrum salicaria*, plant rich in tannins and flavonoids. However, these results do not coincide with Omer *et al.* (2013) who observed increases in weight gain to include sunflower oil, fennel seeds, oregano and mixture of these in rations for rabbits, such gain may be due to the bioactive compounds of different plants, such as flavonoids, tannins, acids and phenolic diterpenes, in addition to vitamins A, C and E (Dalle Zotte *et al.*, 2016), as well as carotenoids (Catoni *et al.*, 2008).

Regarding the feed conversion, Cardinali *et al.* (2015) when adding rosemary and the combination of rosemary and oregano in diets for rabbits observed conversions of 3.52 and 3.68 respectively, higher values than those reported in this research; Gerencsér *et al.* (2014), when they included in thyme and spirulina rabbits food, they reported conversions of 2.68 and 2.76, these values surpass those found in this study, highlighting that a reduction in the conversion represents lower food consumption making production more efficient.

Regarding the digestibility, effects were observed ( $p < 0.01$ ) per plant, level and interaction, with thyme at 1.5% which obtained the best results, increasing 17.47% in comparison with the control diet, likewise, all the plants and levels exceeded the digestibility of the control



diet ( $p < 0.001$ ), for this reason, the use of these plants managed to improve the digestibility of the food, although it was not reflected in weight gain or in the decrease of voluntary consumption, the increase in the digestibility of the fed ones added with aromatic plants is probably due to the phytochemicals that beneficially affects the intestinal microbiota, decreasing the pathogenic bacteria, favoring the digestive capacity due to an increase in the intestinal availability of essential nutrients for absorption (Hashemi and Davoodi, 2011), besides that said compounds modify the cecal flora, for this reason these plants comply with characteristics similar to synthetic growth promoters (Bovera *et al.*, 2012).

The interaction in digestibility (Table 2) show that with the thymus the digestibility response is quadratic and above 1.5% inclusion, digestibility is reduced while with Rosemary it seems a linear response. It is possible that with high contents of thymol it is negatively affecting the bacteria of the caecum and therefore the digestibility is depressed. This difference is due to the fact that the plants contain different metabolites and it is necessary to identify the optimum level of inclusion for each one antimicrobial actions (DalleZotte *et al.*, 2014)

Table 2. Effect of the addition of thyme and rosemary on productive parameters in rabbits

	Control	Thyme, %		Rosmary, %		EEM	P	Niv	P*N
	0.0	1.5	3.0	1.5	3.0				
Initial BW (g)	1168.63	1065.54	1124.75	1094.63	1080.25	0.91	NS	NS	NS
Final BW (g)	2002.62	1864.38	1955.00	1930.63	1869.88	0.90	NS	NS	NS
ADG (g)	39.71	38.04	39.53	39.81	37.61	0.95	NS	NS	NS
Daily intake (g)	123.47	118.06	119.40	125.70	117.62	6.19	NS	NS	NS
Feed conversion ratio	2.15	2.21	2.13	2.27	2.19	0.06	NS	NS	NS
Digestibility (%)	66.07	77.62	72.77	70.88	73.33	0.94	**	***	***

NS Non significant ( $P>0,05$ ); ADG: Average Daily Gain; P: plant; L: level; P x L: plant x level interaction; \*  $p<0.05$ ; \*\*  $p<0.01$ ; \*\*\*  $p<0.001$

Regarding to carcass characteristics, there was no effect on the weight, yield and weight of the skin, head and liver (Table 3); same situation reported by Dabbou *et al.* (2014) when using levels of 5 to 10% dehydrated artichoke added to rations of finishing rabbits. On the other hand, a level effect ( $p < 0.001$ ) was observed in the weight of the viscera of the gastrointestinal tract, with the lower weights being added when adding 3% of rosemary and thyme, the values obtained show a similar trend to that reported by Dabbou *et al.* (2017) who found in rabbits fed 5, 10 and 15% cranberry residue a decrease in viscera weight of 13%. Similarly, the thoracic organs had an effect per level ( $p < 0.01$ ), thyme to 1.5% and rosemary to 3% had the lowest weight. What is observed in this experiment is contrary to that reported by Peiretti *et al.* (2011) who when using *Perilla frutescens* L. obtained greater weight in lungs and heart, this perhaps due to the deposition of fat in these organs as an effect of the addition of knob seed. The modification of the weights in the gastrointestinal and thoracic organs observed in this experiment could be due to the effect of the phenolic compounds, since these interfere in the metabolism of the lipids and therefore prevent the formation of deposits of abdominal fat (Abdulkarimi *et al.* ., 2011), in addition to favoring tissue irrigation processes, thus generating lower cardiorespiratory costs (Decker and Park, 2010).

Table 3. Effect of the addition of thyme and rosemary on characteristics of the rabbit carcass

	Control	Thyme, %		Rosemary, %		EEM	P	Niv	P*N
	0.0	1.5	3.0	1.5	3.0				
Hot carcass weight (g)	1024.00	983.62	1025.00	992.75	958.00	27.94	NS	NS	NS
Cold carcass weight (g)	994.37	951.87	996.87	966.87	935.62	27.90	NS	NS	NS
Carcass yield (%)	49.65	51.05	50.99	50.08	50.03	0.93	NS	NS	NS
Skin (g)	282.12	245.37	293.25	287.75	264.62	15.15	NS	NS	NS
Head (g)	96.87	95.62	98.75	100.62	105.12	4.26	NS	NS	NS
Gastro intestinal tract (g)	412.50	370.00	357.11	390.37	356.50	12.61	NS	***	NS
Toracic organs (g)	32.25	24.50	29.00	28.37	24.25	1.89	NS	**	NS
Liver (g)	49.62	50.37	51.75	50.37	53.50	2.93	NS	NS	NS
Kidneys (g)	26.00	32.00	20.00	24.12	18.87	2.25	NS	**	NS
Hind leg weight (g)	160.62	156.87	156.25	155.62	154.30	5.36	NS	NS	NS
Hind leg bones (g)	38.12	31.87	31.25	29.25	30.00	1.99	NS	***	NS
Hind leg meat weight (g)	120.00	120.00	120.62	121.37	12.00	5.06	NS	NS	NS
Femur length (cm)	7.82	7.58	7.73	7.61	7.47	0.09	NS	*	NS
Lumbar length (cm)	17.26	16.78	17.05	16.78	16.65	0.22	NS	NS	NS
Leg length (cm)	13.72	12.57	14.73	13.41	13.80	0.22	NS	**	*
Dorsal length (cm)	23.36	23.12	24.28	23.01	22.33	28.50	*	NS	*
Meat (%)	74.75	76.42	77.05	77.83	77.62	1.51	NS	NS	NS

NS Non significant ( $P>0,05$ ). P: plant; Level: level; P x L: interaction plant x level; \*  $p<0,05$  \*\*  $p<0,01$  \*\*\*  $p<0,001$

The weight of hind legs, lumbar length, weight and percentage of meat (Table 3) had no effect ( $p > 0.05$ ), results that coincide with those found by Dalle Zotte *et al.* (2014) when including in diet of spirulina and thyme rabbits. With regard to the length of the leg, femur and lumbar, there was an effect per level ( $p < 0.01$ ), observing a decrease in the lengths due to the inclusion of 1.5% of thyme and 3% of rosemary, Cardinali *et al.* (2015) reported no changes in zoomorphic measurements in rabbits fed 0.2% aqueous rosemary extract.

Regarding the quality of the meat (Table 4), effect by plant and interaction in the pH was observed at 24 hours ( $p < 0.01$ ), the meat with thyme was more acidic than with rosemary and the control, nevertheless, they remain within the normal ranges for rabbit meat (Lonergan *et al.*, 2010). The values obtained in this experiment are more acidic than those reported by Dalle Zotte *et al.* (2014) when using thyme in rabbits obtaining a pH of 5.84, as well as those found by Nieto *et al.* (2010a) in lambs fed with rosemary in 10 and 20%, where a pH of 5.64 was presented. The pH of the meat obtained in this study, may be due to the fact that during the process of transformation of muscle to meat lactic acid is synthesized, because the phenolic compounds affect an increase of muscle glycogen which is catabolized in lactic acid by the Anaerobic glycolysis (Lonergan *et al.*, 2010).

Table 4. Quality, lipid oxidation and fatty acid profile of rabbit meat added with thyme and rosemary

	Control	Thyme, %		Rosemary, %		EEM	P	Niv	P*N
	0.0	1.5	3.0	1.5	3.0				
Meat pH 24 h	5.65	5.58	5.51	5.62	5.692	0.14	**	NS	**
Water drip loss (%)	2.89	3.24	2.77	2.71	2.39	0.18	NS	NS	NS
Water cooking loss (%)	36.04	39.14	37.75	36.43	37.47	0.68	NS	*	NS
Color values and antioxidant capacity (24 h)									
<i>L</i> *	57.68	52.54	49.93	52.00	59.33	1.72	NS	NS	NS
<i>a</i> *	6.017	6.79	6.24	5.24	5.31	0.27	*	NS	NS
<i>b</i> *	4.57	4.42	4.08	4.05	4.38	0.40	NS	NS	NS
Croma	7.71	8.153	7.53	6.65	6.94	0.61	NS	NS	NS
Hue	180.62	180.58	180.59	180.66	180.68	0.05	NS	NS	NS
DPPH (%)	73.84	67.55	59.33	57.29	62.48	2.00	NS	***	**
TBARS (%)	90.55	83.83	80.47	81.68	78.92	1.59	NS	***	NS
Fatty acid profile									
Capric C6:0 (%)	6.64	8.76	7.14	16.29	10.24	2.14	NS	*	NS
Palmític C16:1 n-7 (%)	26.22	28.82	27.60	21.85	29.99	1.42	NS	NS	**
Elaídic C18:1 n-9 <i>trans</i> (%)	30.72	20.27	30.00	24.88	27.22	1.28	*	*	NS
Linoleic acid C18:2 n-6 (%)	30.42	27.05	27.74	26.40	25.16	1.91	NS	NS	NS

NS No significativo ( $P>0,05$ ). P: planta; Niv: nivel; P\*N: interacción planta\*nivel; DPPH: 1,1-difenil-2-picrilhidracil;

\* $p<0.05$ ; \*\* $p<0.01$ ; \*\*\*  $p<0.001$

Regarding to retention of water from the meat (Table 4), there was no effect on the loss of water by dripping ( $p > 0.05$ ); however in the loss of water by cooking there was a level effect ( $p < 0.01$ ), where thyme at 1.5% showed less aptitude to keep the water attached. Since there is a relationship between the loss of water by cooking and the pH of the meat, due to the acidification of the muscle tissue causes changes in proteins leading to partial denaturation and loss of cell membrane impermeability (Chmiel *et al.*, 2014), which agrees with that mentioned by Tartrakoon *et al.* (2016) that to present a greater acidity of the muscle, the water of the fibers decreasing the tenderness and color of the meat.

There were no effects on the parameters  $L^*$ ,  $b^*$ , chroma and Hue ( $p > 0.05$ ), of the L. dorsi muscle, while the coordinate  $a^*$  showed plant effects ( $p < 0.05$ , Table 4), indicating that the addition of rosemary tends to a brown color, this may be due to the oxidation of myoglobin, preventing color stability and therefore the intensity and appearance of the meat is modified due to the accumulation of metamyoglobin (Liotta *et al.*, 2015).

The antioxidant capacity of the meat, the DPPH showed effect by level and interaction ( $p > 0.01$ , Table 4), when using rosemary and thyme the antioxidant capacity decreased in relation to the control, which does not agree with that found by Qwele *et al.* (2013) when feeding goats with 300 mg of moringa since this meat showed inhibition of the DPPH radical in 58.95%.

Lipid oxidation in meat with seven months of storage showed an effect per level ( $p < 0.001$ ), with rosemary at 3% having the lowest percentage of inhibition of thiobarbituric acid, resulting in less oxidation of the fats present in the meat, results different from those reported by Hajji *et al.* (2016) in meats of lambs under grazing where greater oxidation of lipids was observed, this because no antioxidants were provided that inhibited the oxidation of fats.

Finally, the fatty acid profile of the L. dorsi showed the presence of Capric, Palmitic, Elaidic and linoleic acid presenting effect by level ( $p > 0.05$ , Table 4) rosemary to 1.5% had a higher concentration of Capric, besides an effect per plant and level ( $p > 0.05$ ) in the Elaidic, with thyme and rosemary to 1.5% those that showed lower concentration, this situation is adequate because this unsaturated acid has a trans configuration that represents a cardiovascular risk factor for consumers ( Decker and Park, 2010).

## CONCLUSIONS

The dietary inclusion of rosemary and thyme up to 3% did not modify the productive parameters in rabbits, however, digestibility was improved with thyme only at 1.5% and with Rosemary in both levels. Inclusion of rosemary decreased meat pH and the lipid oxidation.



## REFERENCES

- Abdulkarimi, R., Daneshyar, M., Aghazadeh, A. (2011). Thyme (*Thymus vulgaris*) extract consumption darkens liver, lowers blood cholesterol, proportional liver and abdominal fat weights in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 10 (2), 101-105.
- AOAC, 1997. Association of Official Analytical Chemists. *Official Methods of Analysis*, vol. 16, 3rd revision, Gaithersburg, MD.
- Awad, M. A., Al-Qurashi, A. D., Mohamed, S. A. (2011). Antioxidant capacity, antioxidant compounds and antioxidant enzyme activities in five date cultivars during development and ripening. *Scientia Horticulturae*, 129 (4), 688-693.
- Blasco, A., Ouhayoun, J. (1996). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sciences*, 4 (2), 93-100.
- Bovera, F., Lestingi, A., Iannaccone, F., Tateo, A., Nizza, A. (2012). Use of dietary mannanoligosaccharides during rabbit fattening period: Effects on growth performance, feed nutrient digestibility, carcass traits, and meat quality. *Journal of Animal Science*, 90 (11), 3858-3866.
- Brenes, A., Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158 (1), 1-14.
- Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., Trabalza, 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., Szendro, Zs., 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. pp. 89-95
- Cert, A., Moreda, W., Pérez-Camino, M. C. (2000). Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. *Journal of Chromatography A*, 881(1), 131-148.
- Chmiel, M., Słowiński, M., Janakowski, S. (2014). The quality evaluation of RFN and PSE pork Longissimus lumborum muscle considering its microstructure. *Annals of Animal Science*, 14 (3), 737-747.
- Cullere, M., Dalle Zotte, A., Celia, C., Renteria-Monterrubio, A. L., Gerencsér, Z., Szendrő, Z., M. Kovácsb., 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.
- Dabbou, S., Gai, F., Renna, M., Rotolo, L., Dabbou, S., Lussiana, C., Kovitvadhi, A., Brugiapaglia, A., De Marco, M., Helal, N. A., Zoccarato, I., Gasco, L. (2017). Inclusion of Bilberry pomace in rabbit diets: effects on carcass characteristics and meat quality. *Meat science*, 124, 77-83.
- Dabbou, S., Gasco, L., Gai, F., Zoccarato, I., Rotolo, L., Fekih, S. D., Peiretti, P. G. (2014). Dried artichoke bracts in rabbits nutrition: effects on the carcass characteristics, meat quality and fatty-acid composition. *Animal*, 8 (09), 1547-1553.
- Dal Bosco, A., Gerencsér, Z., Szendrő, Z., Mugnai, C., Cullere, M., Kovács, M., Ruggeri, S., Matioli, S., Castellini, A., 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 (1), 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.
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Sartori, A., Dal Bosco, A., Gerencsér, Z., Matics, Z., Kovác, M., Szendrő, Z. (2014). Effect of dietary supplementation of spirulina (*Arthrospira platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on carcass composition, meat physical traits, and vitamin B12 content on growing rabbits. *World Rabbit Science*, 22 (1), 11-19.
- Dalle Zotte, A., Sartori, A., Bohatir, P., Rémignon, H., Ricci, R. (2013). Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on growth performance, apparent digestibility and health status of companion dwarf rabbits. *Livestock Science*, 152 (2), 182-191.
- Decker, E. A., Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat science*, 86 (1), 49-55.
- Erkan, N., Ayranci, G., Ayranci, E. (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 110 (1), 76-82.
- Fu, H., Xie, B., Ma, S., Zhu, X., Fan, G., Pan, S. (2011). Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24 (2). pp 288-297.
- Gerencsér, Z., Szendro, Z., Matics, Z., Radnai, I., Kovács, M., Nagy, I., Cullere, M., Dal Bosco, A., Dalle Zotte, A. (2014). Effect of dietary supplementation of

- spirulina (*Arthrospira platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on apparent digestibility and productive performance of growing rabbits. *World Rabbit Science*, 22(1), 1-9.
- Hajji, H., Joy, M., Ripoll, G., Smeti, S., Mekki, I., Gahete, F. M., Atti, N. (2016). Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 102-110.
- Hanczakowska, E., Świątkiewicz, M. and 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.
- Hashemi, S. R., Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary research communications*, 35(3), 169-180.
- Kovitvadhi, A., Gasco, L., Ferrocino, I., Rotolo, L., Dabbou, S., Malfatto, V., Gai, F., Peiretti, P. G., Falzone, M., Vignolini, C., Cocolin, L., Zoccarato, I. (2015). Effect of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) diet supplementation in rabbit nutrition on performance, digestibility, health and meat quality. *Animal*, 10 (1), 10-18.
- Liotta, L., Chiofalo, V., D'Alessandro, E., Presti, V. L., Chiofalo, B. (2015). Supplementation of Rosemary extract in the diet of Nero Siciliano pigs: evaluation of the antioxidant properties on meat quality. *Animal*, 9 (6), 1065-1072.

- Lonergan, E. H., Zhang, W., Lonergan, S. M. (2010). Biochemistry of postmortem muscle—Lessons on mechanisms of meat tenderization. *Meat science*, 86 (1), 184-195.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010a). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84 (1), 23-29
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010b). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat science*, 85 (1), 82-88.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-SAG/ZOO-2014, MÉTODOS PARA DAR MUERTE A LOS ANIMALES DOMÉSTICOS Y SILVESTRES.
- O'Grady, M. N., Maher, M.; Troy, D. J., Moloney, A. P., Kerry, J. P. (2006). An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. *Meat Science*, 73 (1), 132-143.
- Ohmori, H., Kuwai, T., Kitadai, Y., Fujii, K., Fujiwara, R., Nishiguchi, Y., Kuniyasu, H. (2016). Protumoral role of trans fatty acid in colorectal cancer.
- Omer, H. A. A., El-Nomeary, Y. A. A., El-Kady, R. I., Badr, A. M., Ali, F. A. F., Ahmed, S. M., Ibrahim, S. A. (2013). Improving the utilization of rabbit diets containing vegetable oil by using fennel (*Foeniculum vulgare*) and oregano (*Origanum vulgare* L.) as feed additives. *Life Sci. J*, 10 (1), 2625-2636.
- Peiretti, P. G., Gai, F., Rotolo, L., Brugiapaglia, A., Gasco, L. (2013). Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Meat science*, 95 (2), 345-351.

- Peiretti, P. G., Gasco, L., Brugiapaglia, A., Gai, F. (2011). Effects of perilla (*Perilla frutescens* L.) seeds supplementation on performance, carcass characteristics, meat quality and fatty acid composition of rabbits. *Livestock Science*, 138 (1), 118-124.
- Peiretti, P. G., 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 (4), 1116-1121
- Pieszka, M., Szczurek, P., Bederska-Łojewska, D., Migdał, W., Pieszka, M., Gogol, P., Jagusiak, W. (2017). The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science*, 126, 1-10.
- 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 (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93 (3), 455-462.
- 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 (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93 (3), 455-462.
- Sall, J. Lehman, A. Stephens, M., L. Creighton, L. 2012. *JMP start statistics: a guide to statistics and data analysis using JMP*. SAS Institute.
- Tartrakoon, W., Tartrakoon, T., Kitsupee, 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*, 2 (2), 79-85.

- Trebušak, T., Levart, A., Salobir, J., Pirman, T. (2014). Effect of *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) or *Olea europaea* (olive) leaves on oxidative stability of rabbit meat fortified with n-3 fatty acids. *Meat science*, 96 (3), 1275-1280.
- van Keulen, J., Young, B. A. (1977). Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*, 44 (2), 282-287.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., Lewis, B. A. (1991). Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 74(10), 3583-3597.
- Wojdyło, A.; Oszmiański, J.; Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food chemistry*, 105 (3), 940-949.
- Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141-147.
- Zengin, G., Uysal, S., Ceylan, R., Aktumsek, A. (2015). Phenolic constituent, antioxidative and tyrosinase inhibitory activity of *Ornithogalum narbonense* L. from Turkey: A phytochemical study. *Industrial Crops and Products*, 70, 1-6.

## **8 CONCLUSIÓN**

Se concluye que la adición de romero y tomillo no modifican los parámetros productivos, sin embargo la adición de las plantas incrementó la digestibilidad de la MS, con respecto a la calidad de la carne el romero disminuyó el pH, además de una menor oxidación lipídica, por tal motivo es de relevancia continuar con investigaciones donde se administren diversas dosis de esta planta.



## 9 BIBLIOGRAFÍA

- Abdel-Khalek, A. M. (2013). Supplemental antioxidants in rabbit nutrition: A review. *Livestock Science*, 158(1), 95-105.
- Abdulkarimi, R., Daneshyar, M., Aghazadeh, A. (2011). Thyme (*Thymus vulgaris*) extract consumption darkens liver, lowers blood cholesterol, proportional liver and abdominal fat weights in broiler chickens. *Italian Journal of Animal Science*, 10(2), 101-105.
- Acosta, A., Cárdenas, M. (2006). Enzimas en la alimentación de las aves. *Fitasas Revista Cubana de Ciencia Agrícola*. 40(4). 377-387.
- Adeyemi, K. D., Shittu, R. M., Sabow, A. B., Abubakar, A. A., Karim, R., Karsani, S. A., Sazili, A. Q. (2016). Comparison of myofibrillar protein degradation, antioxidant profile, fatty acids, metmyoglobin reducing activity, physicochemical properties and sensory attributes of gluteus medius and infraspinatus muscles in goats. *Journal of animal science and technology*, 58(1), 23.
- Alam, M. N., Bristi, N. J., y Rafiquzzaman, M. (2013). Review on in vivo and in vitro methods evaluation of antioxidant activity. *Saudi Pharmaceutical Journal*, 21(2), 143-152.
- Al-Asmari, A. K., Athar, M. T., Al-Faraidy, A. A., Almuhaiza, M. S. (2017). Chemical composition of essential oil of *Thymus vulgaris* collected from Saudi Arabian market. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(2), 147-150.
- Alloui, M. N., Szczurek, W., Świątkiewicz, S. (2013). The Usefulness of Prebiotics and Probiotics in Modern Poultry Nutrition: a Review. *Annals of Animal Science*, 13(1), 17-32.
- Amorati, R., Valgimigli, L. (2015). Advantages and limitations of common testing methods for antioxidants. *Free radical research*, 49(5), 633-649.
- Arai, S. (1996). Studies on functional foods in Japan—state of the art. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 60(1), 9-15.
- Arslan, M., ul Haq, A., Ashraf, M., Iqbal, J.,Mund, M. D. (2017). Effect of turmeric (*curcuma longa*) supplementation on growth performance, immune response, carcass characteristics and blood metabolites of broiler chicken. *Veterinaria*, 66(1), 16-20.

- Alothman, M., Bhat, R., Karim, A. A. (2009). Antioxidant capacity and phenolic content of selected tropical fruits from Malaysia, extracted with different solvents. *Food Chemistry*, 115(3), 785-788.
- 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*, 129(4), 688-693.
- Azzi, A., Davies, K. J., Kelly, F. (2004). Free radical biology — terminology and critical thinking. *FEBS letters*, 558(1-3), 3-6.
- Badarinath, A. V., Rao, K. M., Chetty, C. M. S., Ramkanth, S., Rajan, T. V. S., y Gnanaprakash, K. (2010). A review on in-vitro antioxidant methods: comparisons, correlations and considerations. *International Journal of PharmTech Research*, 2(2), 1276-1285.
- Bajpai, V. K., Sharma, A., Kang, S. C., Baek, K. H. (2014). Antioxidant, lipid peroxidation inhibition and free radical scavenging efficacy of a diterpenoid compound sugiol isolated from *Metasequoia glyptostroboides*. *Asian Pacific journal of tropical medicine*, 7(1), 9-15.
- Bajpai, V. K., Baek, K. H., Kang, S. C. (2017). Antioxidant and free radical scavenging activities of taxoquinone, a diterpenoid isolated from *Metasequoia glyptostroboides*. *South African Journal of Botany*, 111, 93-98.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Ballester-Costa, C., Sendra, E., Fernández-López, J., Pérez-Álvarez, J. A., Viuda-Martos, M. (2017). Assessment of Antioxidant and Antibacterial Properties on Meat Homogenates of Essential Oils Obtained from Four *Thymus* Species Achieved from Organic Growth. *Foods*, 6(8), 59.
- Birtić, S., Dussort, P., Pierre, F. X., Bily, A. C., Roller, M. (2015). Carnosic acid. *Phytochemistry*, 115, 9-19.
- Blasco, A., and Ouhayoun, J. (1996). Harmonization of criteria and terminology in rabbit meat research. Revised proposal. *World Rabbit Sciences*, 4(2), 93-100.
- Bozin, B., Mimica-Dukic, N., Samojlik, I., Jovin, E. (2007). Antimicrobial and antioxidant properties of rosemary and sage (*Rosmarinus officinalis* L. and *Salvia officinalis* L.,

- Lamiaceae) essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 55(19), 7879-7885.
- Brenes, A., Roura, E. (2010). Essential oils in poultry nutrition: Main effects and modes of action. *Animal Feed Science and Technology*, 158(1), 1-14.
- Bulbul, A., Bulbul, T., Biricik, H., Yesilbag, D., Gezen, S. S. (2012). Effects of various levels of rosemary and oregano volatile oil mixture on oxidative stress parameters in quails. *African Journal of Biotechnology*, 11(8), 1800-1805.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life sciences*, 74(17), 2157-2184.
- Caleja, C., Barros, L., Antonio, A. L., Oliveira, M. B. P., & Ferreira, I. C. (2017). A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits. *Food chemistry*, 216, 342-346.
- Calo, J. R., Crandall, P. G., O'Bryan, C. A., Ricke, S. C. (2015). Essential oils as antimicrobials in food systems — A review. *Food Control*, 54, 111-119.
- Cardinali, R., Cullere, M., Dal Bosco, A., Mugnai, C., Ruggeri, S., Mattioli, S., 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.
- Carocho, M., Barreiro, M. F., Morales, P., Ferreira, I. C. (2014). Adding molecules to food, pros and cons: A review on synthetic and natural food additives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(4), 377-399.
- Carocho, M., Morales, P., Ferreira, I. C. (2015). Natural food additives: Quo vadis?. *Trends in Food Science & Technology*, 45(2), 284-295.
- Carocho, M., Ferreira, I. C. (2013). A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives. *Food and Chemical Toxicology*, 51, 15-25.
- Castillo-López, R. I., Gutiérrez-Grijalva, E. P., Leyva-López, N., López-Martínez, L. X., Heredia, J. B. (2017). Natural alternatives to growth-promoting antibiotics (GPA) in animal production. *Japs: Journal of Animal & Plant Sciences*, 27(2).

- Catoni, C., Peters, A., Schaefer, H. M. (2008). Life history trade-offs are influenced by the diversity, availability and interactions of dietary antioxidants. *Animal Behaviour*, 76(4), 1107-1119.
- Celi, P., Cowieson, A. J., Fru-Nji, F., Steinert, R. E., Klünter, A. M., Verlhac, V. (2017). Gastrointestinal functionality in animal nutrition and health: New opportunities for sustainable animal production. *Animal Feed Science and Technology*, 234, 88–100.
- Celia, C., Cullere, M., Gerencsér, Z., Matics, Z., Zotte, A. D., Giaccone, V., Szendrő, Z. (2015). Effect of Digestarom® dietary supplementation on the reproductive performances of rabbit does: preliminary results. *Italian Journal of Animal Science*, 14(4), 4138.
- Celia, C., Cullere, M., Gerencsér, Z., Matics, Z., Tasoniero, G., Dal Bosco, A., Giaccone, V., Szendrő, Zs., 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.
- Cert, A., Moreda, W., Pérez-Camino, M. C. (2000). Chromatographic analysis of minor constituents in vegetable oils. *Journal of Chromatography A*, 881(1), 131-148.
- Chrenková, M., Chrastinová, L., Lauková, A., Poláciková, M., Formelová, Z., Plachá, I., Rafay, J. (2013). The effect of dietary supplementation of herbal extracts on growth performance and health status of rabbits. *The Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2067.
- Coronado, M., Vega y León, S., Gutiérrez, R., Vázquez, M., Radilla, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, 42(2), 206-212.
- Cullere, M., Dalle Zotte, A., Celia, C., Renteria-Monterrubio, A. L., Gerencsér, Z., Szendrő, Z., ... & 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., Dalle Zotte, A. (2014a). 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(1), 114-119.

- Dal Bosco, A., Mugnai, C., Roscini, V., Mattioli, S., Ruggeri, S. y Castellini, C. (2014b). Effect of dietary alfalfa on the fatty acid composition and indexes of lipid metabolism of rabbit meat. *Meat science*, 96(1), 606-609.
- Dalle Zotte, A., Cullere, M., Sartori, A., Dal Bosco, A., Gerencsér, Z., Matics, Z., Kovàc, M., Szendrő, Z. (2014). Effect of dietary supplementation of spirulina (*Arthrospira platensis*) and thyme (*Thymus vulgaris*) on carcass composition, meat physical traits, and vitamin B12 content on growing rabbits. *World Rabbit Science*, 22 (1), 11-19.
- Dalle Zotte, A., Sartori, A., Bohatir, P., Réminon, H., Ricci, R. (2013). Effect of dietary supplementation of Spirulina (*Arthrospira platensis*) and Thyme (*Thymus vulgaris*) on growth performance, apparent digestibility and health status of companion dwarf rabbits. *Livestock Science*, 152(2), 182-191.
- Dalle Zotte, A., Szendrő, K., Gerencsér, Z., Szendrő, Z., Cullere, M., Odermatt, M., Matics, Z. (2015). Effect of genotype, housing system and hay supplementation on carcass traits and meat quality of growing rabbits. *Meat science*, 110, 126-134.
- de Andrade, J. C., de Aguiar Sobral, L., Ares, G., Deliza, R. (2016). Understanding consumers' perception of lamb meat using free word association. *Meat science*, 117, 68-74.
- Decker, E. A.; Park, Y. (2010). Healthier meat products as functional foods. *Meat Science*, 86(1), 49-55.
- Delgado Olivares, L., Betanzos Cabrera, G., Sumaya Martínez, M. T. (2010). Importancia de los antioxidantes dietarios en la disminución del estrés oxidativo. *Investigación y ciencia*, 18(50).
- Descalzo, A. M., Sancho, A. M. (2008). A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*, 79(3), 423-436
- Díaz, P., Linares, M. B., Egea, M., Auqui, S. M., Garrido, M. D. (2014). TBARs distillation method: Revision to minimize the interference from yellow pigments in meat products. *Meat science*, 98(4), 569-573.

- El-Agamey, A., Lowe, G. M., McGarvey, D. J., Mortensen, A., Phillip, D. M., Truscott, T. G., Young, A. J. (2004). Carotenoid radical chemistry and antioxidant/pro-oxidant properties. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 430(1), 37-48.
- England, E. M., Matarneh, S. K., Oliver, E. M., Apaoblaza, A., Scheffler, T. L., Shi, H., Gerrard, D. E. (2016). Excess glycogen does not resolve high ultimate pH of oxidative muscle. *Meat science*, 114, 95-102.
- Erkan, N., Ayranci, G., Ayranci, E. (2008). Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis* L.) extract, blackseed (*Nigella sativa* L.) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol. *Food Chemistry*, 110(1), 76-82.
- Fatiha, B., Didier, H., Naima, G., Khodir, M., Martin, K., Léocadie, K., Stévinny, C., Chibane, M y Duez, P. (2015). Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae). *Industrial Crops and Products*, 74, 722-730.
- Fine, A. M. (2000). Oligomeric proanthocyanidin complexes: history, structure, and phytopharmaceutical applications. *Alternative medicine review: a journal of clinical therapeutic*, 5(2), 144-151.
- Fraga, C. G., Oteiza, P. I. y Galleano, M. (2014). In vitro measurements and interpretation of total antioxidant capacity. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) — General Subjects*, 1840(2), 931-934.
- Fратиanni, A., Cinquanta, L., Panfili, G. (2010). Degradation of carotenoids in orange juice during microwave heating. *LWT — Food Science and Technology*, 43(6), 867-871.
- Fu, H., Xie, B., Ma, S., Zhu, X., Fan, G., and Pan, S. (2011). Evaluation of antioxidant activities of principal carotenoids available in water spinach (*Ipomoea aquatica*). *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2). pp 288-297.
- García Curbelo, Y., López, M. G., Bocourt, R., Rodríguez, Z., Savón, L. (2012). Los prebióticos en la alimentación de animales monogástricos. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 46(3).
- García Hernández, Y., García Curbelo, Y. (2015). Uso de aditivos en la alimentación animal: 50 años de experiencia en el Instituto de Ciencia Animal. *Revista Cubana de Ciencia Agrícola*, 49(2).

- Hajji, H., Joy, M., Ripoll, G., Smeti, S., Mekki, I., Gahete, F. M., Atti, N. (2016). Meat physicochemical properties, fatty acid profile, lipid oxidation and sensory characteristics from three North African lamb breeds, as influenced by concentrate or pasture finishing diets. *Journal of Food Composition and Analysis*, 48, 102-110.
- Hashemi, S. R., Davoodi, H. (2011). Herbal plants and their derivatives as growth and health promoters in animal nutrition. *Veterinary research communications*, 35(3), 169-180.
- Hernández, P., Dalle Zotte, A. (2010). Influence of diet on rabbit meat quality. *Nutrition of the rabbit*, CABI, 163-178.
- Huff-Lonergan, E., Lonergan, S. M. (2005). Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of *postmortem* biochemical and structural changes. *Meat science*, 71(1), 194-204.
- Hughes, J. M., Oiseth, S. K., Purslow, P. P., Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. *Meat science*, 98(3), 520-532.
- Huyghebaert, G., Ducatelle, R., Van Immerseel, F. (2011). An update on alternatives to antimicrobial growth promoters for broilers. *The Veterinary Journal*, 187(2), 182-188.
- Hygreeva, D., Pandey, M. C. y Radhakrishna, K. (2014). Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat science*, 98(1), 47-57.
- Jiang, H., Wang, Z., Ma, Y., Qu, Y., Lu, X., Guo, H., Luo, H. (2015). Effect of dietary lycopene supplementation on growth performance, meat quality, fatty acid profile and meat lipid oxidation in lambs in summer conditions. *Small Ruminant Research*, 131, 99-106.
- Jiménez-Colmenero, F., Cofrades, S., Herrero, A. M., Ruiz-Capillas, C. (2017). Implications of domestic food practices for the presence of bioactive components in meats with special reference to meat-based functional foods. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1-12.

- Jiménez-Zamora, A., Delgado-Andrade, C., Rufián-Henares, J. A. (2016). Antioxidant capacity, total phenols and color profile during the storage of selected plants used for infusion. *Food chemistry*, 199, 339-346.
- Jouany, J. P., Morgavi, D. P. (2007). Use of ‘natural’ products as alternatives to antibiotic feed additives in ruminant production. *Animal* 1(10), 1443-1466.
- Kaewthong, P., Waiyagan, K., Wattanachant, S. (2017). Imaging Analysis by Digital Camera for Separating Broiler Breast Meat with Low Water-Holding Capacity. *The Journal of Poultry Science*, 54(3), 253-261.
- Kara, K., Özkaya, S., Erbaş, S., Baytok, E. (2017). Effect of dietary formic acid on the in vitro ruminal fermentation parameters of barley-based concentrated mix feed of beef cattle. *Journal of Applied Animal Research*, 1-6.
- Karoui, I. J., Msaada, K., Abderrabba, M., Marzouk, B. (2016). Bioactive compounds and antioxidant activities of thyme-enriched refined corn oil. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 18(1), 79-91.
- Karre, L., Lopez, K., y Getty, K. J. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat science*, 94(2), 220-227.
- Kenny, M., Smidt, H., Mengheri, E., Miller, B. (2011). Probiotics—do they have a role in the pig industry?. *Animal*, 5(3), 462-470.
- Keshwani, A., Malhotra, B., Kharkwal, H. (2015). Nutraceutical: A Drug, Dietary Supplement and Food Ingredient. *Current Pharmacogenomics and Personalized Medicine (Formerly Current Pharmacogenomics)*, 13(1), 14-22.
- Khosravi, R., Sendi, J. J. (2013). Toxicity, development and physiological effect of *Thymus vulgaris* and *Lavandula angustifolia* essential oils on *Xanthogaleruca luteola* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of King Saud University-Science*, 25(4), 349-355.
- Kim, Y. Y., Kil, D. Y., Oh, H. K., Han, I. K. (2005). Acidifier as an alternative material to antibiotics in animal feed. *Asian australasian journal of animal sciences*, 18(7), 1048.
- Kirkpinar, F., Ünlü, H. B., Serdaroğlu, M., Turp, G. Y. (2014). Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat. *British poultry science*, 55(2), 157-166.



- Kocak, M. S., Sarikurkcu, C., Cengiz, M., Kocak, S., Uren, M. C., Tepe, B. (2016). *Salvia cadmica*: Phenolic composition and biological activity. *Industrial Crops and Products*, 85, 204-212.
- Komaki, A., Hoseini, F., Shahidi, S., Baharlouei, N. (2016). Study of the effect of extract of *Thymus vulgaris* on anxiety in male rats. *Journal of traditional and complementary medicine*, 6(3), 257-261.
- Koščová, J., Nemcová, R., Gancarčíková, S., Jonecová, Z., Bomba, A., Buleca, V. (2006). Effect of two plant extracts and *Lactobacillus fermentum* on colonization of gastrointestinal tract by *Salmonella enterica* var. *Düsseldorf* in chicks. *Biologia*, 61(6), 775-778.
- Kouba, M., Mourot, J. (2011). A review of nutritional effects on fat composition of animal products with special emphasis on n-3 polyunsaturated fatty acids. *Biochimie*, 93(1), 13-17.
- Kovitvadi, A., Gasco, L., Ferrocino, I., Rotolo, L., Dabbou, S., Malfatto, V., Gai, F., Peiretti, P. G., Vognolini, C., Cocolin, L., Zoccarato, I. (2016). Effect of purple loosestrife (*Lythrum salicaria*) diet supplementation in rabbit nutrition on performance, digestibility, health and meat quality. *animal*, 10(01), 10-18.
- Krishnaiah, D., Sarbatly, R., Nithyanandam, R. (2011). A review of the antioxidant potential of medicinal plant species. *Food and bioproducts processing*, 89(3), 217-233.
- Lázaro, R., Garcia, M., Medel, P., Mateos, G. G. (2003). Influence of enzymes on performance and digestive parameters of broilers fed rye-based diets. *Poultry science*, 82(1), 132-140.
- Leal, F., Taghouti, M., Nunes, F., Silva, A., Coelho, A. C., Matos, M. (2017). *Thymus* Plants: A Review—Micropropagation, Molecular and Antifungal Activity. In *Active Ingredients from Aromatic and Medicinal Plants*. InTech.
- Leopoldini, M., Russo, N., & Toscano, M. (2011). The molecular basis of working mechanism of natural polyphenolic antioxidants. *Food Chemistry*, 125(2), 288-306.
- Li, X., Zhang, Y., Li, Z., Li, M., Liu, Y. Zhang, D. (2017). The effect of temperature in the range of -0.8 to 4° C on lamb meat color stability. *Meat science*, 134, 28-33.

- Liu, H. W., Gai, F., Gasco, L., Brugiapaglia, A., Lussiana, C., Guo, K. J., Tong, J.M., Zoccarato, I. (2009). Effects of chestnut tannins on carcass characteristics, meat quality, lipid oxidation and fatty acid composition of rabbits. *Meat science*, 83(4), 678-683.
- Liu, H., Li, K., Mingbin, L., Zhao, J., Xiong, B. (2016). Effects of chestnut tannins on the meat quality, welfare, and antioxidant status of heat-stressed lambs. *Meat science*, 116, 236-242.
- Liu, Y., Mao, Y., Liang, R., Zhang, Y., Wang, R., Zhu, L., Luo, X. (2016). Effect of suspension method on meat quality and ultra-structure of Chinese Yellow Cattle under 12–18 C pre-rigor temperature controlled chilling. *Meat science*, 115, 45-49.
- Lobo, V., Patil, A., Phatak, A., Chandra, N. (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacognosy reviews*, 4(8), 118.
- López-Alarcón, C., y Denicola, A. (2013). Evaluating the antioxidant capacity of natural products: A review on chemical and cellular-based assays. *Analytica chimica acta*, 763, 1-10.
- López-Andrés, P., Luciano, G., Vasta, V., Gibson, T. M., Scerra, M., Biondi, L., Priolo, A., Mueller-Harvey, I. (2014). Antioxidant effects of ryegrass phenolics in lamb liver and plasma. *animal*, 8(1), 51-57.
- Loussouarn, M., Krieger-Liszkay, A., Svilar, L., Bily, A., Birtić, S., Havaux, M. (2017). Carnosic acid and carnosol, two major antioxidants of rosemary, act through different mechanisms. *Plant physiology*, 175(3), 1381-1394.
- Mancini, R. A., Hunt, M. (2005). Current research in meat color. *Meat science*, 71(1), 100-121.
- Martin, J. C., Cleveland, B. D., Jones, T. F., MacDonald, J. C., Sullivan, G. (2016). Effect of Feeding Dried De-oiled Distillers Grains and Addition of Postmortem Antioxidants on Ground Beef Shelf Life.
- Mates, J. M. (2000). Effects of antioxidant enzymes in the molecular control of reactive oxygen species toxicology. *Toxicology*, 153(1), 83-104.
- Mattioli, S., Cardinali, R., Balzano, M., Pacetti, D., Castellini, C., Dal Bosco, A., Frega, N. G. (2017). Influence of Dietary Supplementation with Prebiotic, Oregano Extract,

- and Vitamin E on Fatty Acid Profile and Oxidative Status of Rabbit Meat. *Journal of Food Quality*, 2017.
- Maulucci, G., Bačić, G., Bridal, L., Schmidt, H. H., Tavitian, B., Viel, T., Utsumi, H., Yalçın, S., De Spirito, M. (2016). Imaging reactive oxygen species-induced modifications in living systems. *Antioxidants redox signaling*, 24(16), 939-958.
- Meléndez-Martínez, A. J., Escudero-Gilete, M. L., Vicario, I. M., Heredia, F. J. (2010). Study of the influence of carotenoid structure and individual carotenoids in the qualitative and quantitative attributes of orange juice colour. *Food research international*, 43(5), 1289-1296.
- Meléndez-Martínez, A. J., Vicario, I. M., Heredia, F. J. (2007). Analysis of carotenoids in orange juice. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(7), 638-649.
- Moein, S., Pimoradloo, E., Moein, M., Vessal, M. (2017). Evaluation of Antioxidant Potentials and  $\alpha$ -Amylase Inhibition of Different Fractions of Labiatae Plants Extracts: As a Model of Antidiabetic Compounds Properties. *BioMed research international*, 2017, 1-9.
- Moharram, A. H., Youssef, M. M. (2014). Methods for Determining the Antioxidant Activity: A Review. *Alexandria Journal of Food Science and Technology*, 11(1), 31-42.
- Naghibi, F., Mosaddegh, M., Mohammadi Motamed, M., Ghorbani, A. (2010). Labiatae family in folk medicine in Iran: from ethnobotany to pharmacology. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 63-79.
- Nezhadali, A., Nabavi, M., Rajabian, M., Akbarpour, M., Pourali, P., Amini, F. (2014). Chemical variation of leaf essential oil at different stages of plant growth and in vitro antibacterial activity of *Thymus vulgaris* Lamiaceae, from Iran. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2), 87-92.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010a). Dietary administration of ewe diets with a distillate from rosemary leaves (*Rosmarinus officinalis* L.): Influence on lamb meat quality. *Meat Science*, 84(1), 23-29.
- Nieto, G., Díaz, P., Bañón, S., Garrido, M. D. (2010b). Effect on lamb meat quality of including thyme (*Thymus zygis* ssp. *gracilis*) leaves in ewes' diet. *Meat science*, 85(1), 82-88.

- Nieto, G. (2017). Biological Activities of Three Essential Oils of the Lamiaceae Family. *Medicines*, 4(3), 63.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-033-SAG/ZOO-2014, MÉTODOS PARA DAR MUERTE A LOS ANIMALES DOMÉSTICOS Y SILVESTRES.
- Núñez Sellés, A. J. (2011). Terapia antioxidante, estrés oxidativo y productos antioxidantes: retos y oportunidades. *Revista Cubana de Salud Pública*, 37, 644-660.
- Nute, G. R., Richardson, R. I., Wood, J. D., Hughes, S. I., Wilkinson, R. G., Cooper, S. L., Sinclair, L. A. (2007). Effect of dietary oil source on the flavour and the colour and lipid stability of lamb meat. *Meat Science*, 77(4), 547-555.
- O'Grady, M. N., Maher, M., Troy, D. J., Moloney, A. P., Kerry, J. P. (2006). An assessment of dietary supplementation with tea catechins and rosemary extract on the quality of fresh beef. *Meat science*, 73(1), 132-143.
- Omer, H. A. A., Ibrahim, S. A., Abedo, A. A., Ali, F. A. F. (2012). Growth performance of rabbits fed diets containing different levels of energy and mixture of some medicinal plants. *Journal of Agricultural Science*, 4(2), 201.
- Omer, H. A. A., El-Nomeary, Y. A. A., El — Kady, R. I., Badr, A. M., Ali, F. A. F., Ahmed, S. M., Ibrahim, S. A. (2013). Improving the utilization of rabbit diets containing vegetable oil by using fennel (*Foeniculum vulgare*) and oregano (*Origanum vulgare* L.) as feed additives. *Life Sci. J*, 10(1), 2625-2636.
- Onopiuk, A., Póltorak, A., Wierzbicka, A. (2016). Influence of post-mortem muscle glycogen content on the quality of beef during aging. *Journal of Veterinary Research*, 60(3), 301-307.
- Oso, A. O., Idowu, O. M. O., Haastrup, A. S., Ajibade, A. J., Olowonefa, K. O., Aluko, A. O., Bamgbose, A. M. (2013). Growth performance, apparent nutrient digestibility, caecal fermentation, ileal morphology and caecal microflora of growing rabbits fed diets containing probiotics and prebiotics. *Livestock Science*, 157(1), 184-190.
- Patterson, J. A., Burkholder, K. M. (2003). Application of prebiotics and probiotics in poultry production. *Poultry science*, 82(4), 627-631.

- Pearce, K. L., Rosenfold, K., Andersen, H. J., Hopkins, D. L. (2011). Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes—A review. *Meat science*, 89(2), 111-124.
- Peinado, M. J., Echávarri, A., Ruiz, R., Suárez-Pereira, E., Mellet, C. O., Fernández, J. G., Rubio, L. A. (2013). Effects of inulin and di-D-fructose dianhydride-enriched caramels on intestinal microbiota composition and performance of broiler chickens. *animal*, 7(11), 1779-1788.
- Peiretti, P. G., Gai, F., Rotolo, L., Brugiapaglia, A., Gasco, L. (2013). Effects of tomato pomace supplementation on carcass characteristics and meat quality of fattening rabbits. *Meat science*, 95(2), 345-351.
- Peiretti, P. G., 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(4), 1116-1121
- Pieszka, M., Szczurek, P., Bederska-Łojewska, D., Migdał, W., Pieszka, M., Gogol, P., y Jagusiak, W. (2017). The effect of dietary supplementation with dried fruit and vegetable pomaces on production parameters and meat quality in fattening pigs. *Meat Science*, 126, 1-10.
- Ponnampalam, E. N., Hopkins, D. L., Bruce, H., Li, D., Baldi, G., Bekhit, A. E. D. (2017). Causes and Contributing Factors to “Dark Cutting” Meat: Current Trends and Future Directions: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(3), 400-430.
- Pourmorad, F., Hosseinimehr, S. J., Shahabimajd, N. (2006). Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. *African journal of biotechnology*, 5(11).
- Pradedova, E. V., Isheeva, O. D., Salyaev, R. K. (2011). Classification of the antioxidant defense system as the ground for reasonable organization of experimental studies of the oxidative stress in plants. *Russian Journal of plant physiology*, 58(2), 210-217.
- Puglia, C. D., Powell, S. R. (1984). Inhibition of cellular antioxidants: a possible mechanism of toxic cell injury. *Environmental health perspectives*, 57, 307-311
- 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 (*Moringa oleifera*) leaves, sunflower cake and grass hay. *Meat Science*, 93(3), 455-462.
- Rivaroli, D. C., Guerrero, A., Valero, M. V., Zawadzki, F., Eiras, C. E., del Mar Campo, M., do Prado, I. N. (2016). Effect of essential oils on meat and fat qualities of crossbred young bulls finished in feedlots. *Meat science*, 121, 278-284.
- Roberfroid, M. B. (1996). Functional effects of food components and the gastrointestinal system: chicory fructooligosaccharides. *Nutrition Reviews*, 54(11), S38-S43
- Santillo, A., Annicchiarico, G., Caroprese, M., Marino, R., Sevi, A., Albenzio, M. (2012). Probiotics in milk replacer influence lamb immune function and meat quality. *animal*, 6(2), 339-345.
- Sarikurkcü, C. (2011). Antioxidant activities of solvent extracts from endemic *Cyclamen mirabile* Hildebr. tubers and leaves. *African Journal of Biotechnology*, 10(5), 831-839.
- Seifert, S., Watzl, B. (2008). Prebiotics and the immune system: Review of experimental and human data. Handbook in prebiotics.
- Seifried, H. E., Anderson, D. E., Fisher, E. I., Milner, J. A. (2007). A review of the interaction among dietary antioxidants and reactive oxygen species. *The Journal of nutritional biochemistry*, 18(9), 567-579.
- Shah, M. A., Bosco, S. J. D., y Mir, S. A. (2014). Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. *Meat science*, 98(1), 21-33.
- Shinde, N., Bangar, B., Deshmukh, S., Kumbhar, P. (2014). Nutraceuticals: A Review on current status. *Research J Pharm Tech*, 7(1), 110-3.
- Sies, H., Berndt, C., Jones, D. P. (2017). Oxidative stress. *Jones Annual Review of Biochemistry* 2017 86:1, 715-748.
- Silbergeld, E. K., Graham, J., Price, L. B. (2008). Industrial food animal production, antimicrobial resistance, and human health. *Annu. Rev. Public Health*, 29, 151-169.
- Simitzis, P. E., Bronis, M., Charismiadou, M. A., Mountzouris, K. C., Deligeorgis, S. G. (2014). Effect of cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oil supplementation on lamb growth performance and meat quality characteristics. *Animal: an international journal of animal bioscience*, 8(9), 1554.

- Smeti, S., Atti, N., Mahouachi, M., y Munoz, F. (2013). Use of dietary rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) essential oils to increase the shelf life of Barbarine light lamb meat. *Small ruminant research*, 113(2), 340-345.
- Soares, S., Ferrer-Galego, R., Brandão, E., Silva, M., Mateus, N., Freitas, V. D. (2016). Contribution of human oral cells to astringency by binding salivary protein/tannin complexes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 64(41), 7823-7828.
- Soltani, M., Tabeidian, S. A., Ghalamkari, G., Adeljoo, A. H., Mohammadrezaei, M., Fosoul, S. S. A. S. (2016). Effect of dietary extract and dried areal parts of *Rosmarinus officinalis* on performance, immune responses and total serum antioxidant activity in broiler chicks. *Asian Pacific Journal of Tropical Disease*, 6(3), 218-222.
- Tartrakoon, W., Tartrakoon, T., Kitsupee, 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*, 2(2), 79-85.
- Tlili, N., Mejri, H., Anouer, F., Saadaoui, E., Khaldi, A. y Nasri, N. (2015). Phenolic profile and antioxidant activity of *Capparis spinosa* seeds harvested from different wild habitats. *Industrial Crops and Products*, 76, 930-935
- Timmerman, H. M., Koning, C. J. M., Mulder, L., Rombouts, F. M., Beynen, A. C. (2004). Monostrain, multistrain and multispecies probiotics—a comparison of functionality and efficacy. *International journal of food microbiology*, 96(3), 219-233.
- Trebušak, T., Levart, A., Salobir, J. y Pirman, T. (2014). Effect of *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) or *Olea europaea* (olive) leaves on oxidative stability of rabbit meat fortified with n-3 fatty acids. *Meat science*, 96(3), 1275-1280.
- Uttara, B., Singh, A. V., Zamboni, P., Mahajan, R. T. (2009). Oxidative stress and neurodegenerative diseases: a review of upstream and downstream antioxidant therapeutic options. *Current neuropharmacology*, 7(1), 65-74.
- Valcheva, R., Dieleman, L. A. (2016). Prebiotics: Definition and protective mechanisms. *Best Practice Research Clinical Gastroenterology*, 30(1), 27-37.
- Van Boeckel, T. P., Glennon, E. E., Chen, D., Gilbert, M., Robinson, T. P., Grenfell, B. T., Levin, S.A., Bonhoeffer, S., Laxminarayan, R. (2017). Reducing antimicrobial use in food animals. *Science*, 357(6358), 1350-1352.

- Van der Aa Kühle, A., Skovgaard, K., Jespersen, L. (2005). In vitro screening of probiotic properties of *Saccharomyces cerevisiae* var. *boulardii* and food-borne *Saccharomyces cerevisiae* strains. *International journal of food microbiology*, 101(1), 29-39.
- Vertuani, S., Angusti, A., y Manfredini, S. (2004). The antioxidants and pro-antioxidants network: an overview. *Current pharmaceutical design*, 10(14), 1677-1694.
- 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(1), 40-45.
- Wang, J., Su, Y., Elzo, M. A., Jia, X., Chen, S., Lai, S. (2016). Comparison of Carcass and Meat Quality Traits among Three Rabbit Breeds. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(1), 84-89.
- Węglarz, A. (2010). Meat quality defined based on pH and colour depending on cattle category and slaughter season. *Czech Journal of Animal Science*, 55(12), 548-556
- Widowati, W., Ratnawati, H., Husin, W., Maesaron, M. (2015). Antioxidant properties of spice extracts. *Biomedical Engineering*, 1(1), 6.
- Wojdyło, A.; Oszmiański, J.; Czemerys, R. (2007). Antioxidant activity and phenolic compounds in 32 selected herbs. *Food chemistry*, 105(3), 940-949.
- Yang, Y., Song, X., Sui, X., Qi, B., Wang, Z., Li, Y., Jiang, L. (2016). Rosemary extract can be used as a synthetic antioxidant to improve vegetable oil oxidative stability. *Industrial Crops and Products*, 80, 141-147.
- Zengin, G.; Uysal, S.; Ceylan, R.; Aktumsek, A. (2015). Phenolic constituent, antioxidative and tyrosinase inhibitory activity of *Ornithogalum narbonense* L. from Turkey: A phytochemical study. *Industrial Crops and Products*, 70, 1-6.
- Zhang, W., Xiao, S., Samaraweera, H., Lee, E. J., y Ahn, D. U. (2010). Improving functional value of meat products. *Meat science*, 86(1), 15-31.