



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L) EN
LA DIETA DE CONEJOS SOBRE LA OXIDACIÓN DE LA GRASA Y
PROTEÍNA DURANTE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:
PERLA MABEL MARÍN MENDOZA**

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México,
Enero 2017**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MÉXICO

**MAESTRÍA Y DOCTORADO EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**“EFECTO DE LA ADICIÓN DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L) EN
LA DIETA DE CONEJOS SOBRE LA OXIDACIÓN DE LA GRASA Y
PROTEÍNA DURANTE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE”**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRA EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES**

**PRESENTA:
PERLA MABEL MARÍN MENDOZA**

COMITÉ TUTORAL

TUTOR ACADÉMICO: Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain.

TUTOR ADJUNTO: Dra. María Dolores Mariezcurrena Berasain.

TUTOR ADJUNTO: Dr. Adbel-Fattah Mohamed Zeidan Salem.

**El Cerrillo Piedras Blancas, Toluca, Estado de México,
Enero 2017**

DEDICATORIA

A DIOS

A ti Dios por haberme dado la vida y permitirme culminar con este gran proyecto de mi vida, por haberlo compartido con aquellos que forman parte de mi, pero sobre todo por siempre estar conmigo.

A MI MADRE †

Por ser el camino que me guió durante mis primeros pasos, por ser la mano que me ayuda a levantarme de todas aquellas caídas, por ser el pilar que me sostiene y por ser el ángel que siempre me cuida y me acompaña. Gracias madre por haber formado parte de mi vida. Por siempre en el recuerdo. Te amo.

A MI PADRE

Por ser la base que me sostiene, por ayudarnos a afrontar las pruebas que nos presenta la vida y por estar en los momentos difíciles y alegres, por apoyarme en este proyecto de vida y por estar presente en el día a día de mí caminar. Gracias PAPÁ.

A MIS HERMANOS

CARLOS †: Por haberme enseñado que la adversidad no va más allá de lo que lo que tus ojos son capaces de ver, y por demostrarme que la vida se vive minuto a minuto, y que de minuto en minuto se te va la vida.

ESMERALDA: Por compartir mis loqueras y apoyarme después de cada una de ellas, por ser mi compañera, amiga y hermana.

ANGEL Y JESUS: Por hacer que se olviden los problemas, el estrés y las penas, por sacarme una sonrisa siempre y por todo su cariño, los quiero mucho peques.

A MI ESPOSO

EMMANUEL: Por ser mi fortaleza en los momentos que más difíciles del este caminar, por tu apoyo y amor incondicional. Gracias por formar parte de mi vida y por regalarme grandes momentos a tu lado. TE AMO.

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma del Estado de México, que a través del programa de Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales y de Ciencias Agrícolas que me dieron las facilidades y apoyo para realizar mis estudios de Maestría.

A la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Autónoma del Estado de México por el apoyo, la motivación y la formación durante este camino.

A mis tutores académicos:

Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain:

Por ayudarme y orientarme en la realización de este proyecto, por trasmitirme conocimientos, por ser amiga y una excelente persona muchas gracias.

Dra. María Dolores Mariezcurrena Berasain:

Por su gran apoyo en la realización de este trabajo, la confianza, sus valiosos consejos y conocimientos que me regalo durante este tiempo: Gracias.

Dr. Abdel Fatah Mohamed Zeidan Salem:

Por el apoyo y los conocimientos recibidos en pro de este proyecto de investigación.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por la beca brindada para cursar los estudios de Maestría.

A la Distribuidora de Conejos de Nezahualcoyotl (DISCONEZA) por las facilidades para hacer uso de las instalaciones de su granja al realizar la fase productiva de este proyecto.

Al laboratorio de Carnes del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID) del Instituto Nacional de

Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Ajuchitlan de Colon, Querétaro.

Al Dr. Luis Huberto López Hernández por su gran apoyo y por todas las atenciones, facilidades de material e instalaciones y asesoría otorgada durante la etapa de análisis de las muestras de carne.

A la Maestra Isabel Hernández por el apoyo obtenido para realizarlas técnicas de oxidación de grasa y proteína.

A mis profesores y compañeros de clase por sus valiosas aportaciones y comentarios durante este proyecto de Investigación.

A todas las personas e Instituciones que formaron parte y pusieron a nuestra disposición los medios necesarios y los conocimientos para el desarrollo de este proyecto de formación. Gracias.

RESUMEN

EFFECTO DE LA ADICIÓN DE CILANTRO (*Coriandrum sativum* L) EN LA DIETA DE CONEJOS SOBRE LA OXIDACIÓN DE LA GRASA Y PROTEÍNA DURANTE LA VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE

Marín Mendoza Perla Mabel. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

El cilantro contiene polifenoles, flavonoides y β -carotenos responsables de su actividad antioxidante. El objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de extracto acuoso de cilantro (EAC) sobre la oxidación de grasa y proteína de la carne durante la vida de anaquel. El experimento consto de 3 etapas (evaluación del extracto (cuantificación de fenoles y ensayo *in vitro*), fase productiva y la evaluación de oxidación de grasa y proteína de la carne). El extracto acuoso se elaboró a razón 1:8 de hoja de cilantro y agua potable. Se engordaron 84 conejos de 5 semanas de edad y con un peso de 1 ± 0.2 kg, utilizando un diseño completamente aleatorio para las tres etapas, donde la variable de estudio fueron los tratamientos Testigo, T1 (0.6 mL EAC) y T2 (1.2 mL EAC) y las variables respuesta fueron para el productivo: ganancia diaria de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia, para el físico: temperatura, pH y color y para la oxidación de grasa y proteína: las sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico y la formación de carbonilos respectivamente. Al encontrarse diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5% ($P\leq 0.5$). La adición de EAC no influyó en los parámetros productivos, características de la canal y características físicas ($P\leq 0.05$). El EAC no disminuyó la oxidación lipídica de la carne ($P\leq 0.05$), en comparación con la oxidación de proteína donde sí se retardo el proceso de oxidación ($P\leq 0.01$), a favor de la dosis más alta. Los resultados sugieren que la adición de 1.2 mL de EAC en la dieta de conejos en finalización no afecta los parámetros productivos y la calidad de la carne y contribuye a incrementar la vida de anaquel al disminuir la oxidación proteica.

Comité Tutorial: Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain¹, María Dolores Mariezcurrena Berasain², Abdel FaMohamed Zeidan Salem ³

¹ Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Campus Universitario "El Cerrillo" Municipio de Toluca, México.

² Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Campus Universitario "El Cerrillo" Municipio de Toluca, México.

³ Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia. Campus Universitario "El Cerrillo" Municipio de Toluca, México.

Palabras clave: Antioxidante, extracto, hoja de cilantro, *in vitro*, calidad de carne.

ABSTRACT

EFFECT OF THE ADDITION OF CILANTRO (*Coriandrum sativum* L) IN THE DIET OF RABBITS ON THE OXIDATION OF FAT AND PROTEIN DURING THE LIFE OF SHELF MEAT

Marín Mendoza Perla Mabel. Maestría en Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Coriander contains polyphenols, flavonoids and β -carotenes responsible for their antioxidant activity. The objective of the present work was to evaluate the effect of the addition of aqueous extract of cilantro (EAC) on the oxidation of meat fat and protein during the shelf life. The experiment consisted of 3 stages (evaluation of extract (quantification of phenols and in vitro test), productive phase and evaluation of fat oxidation and meat protein). The aqueous extract was prepared at 1: 8 ratio of coriander leaf and drinking water. A total of 84 rabbits, 5 weeks of age and weighing 1 ± 0.2 kg, were weighted using a completely randomized design for the three stages, where the control variables were: Witness, T1 (0.6 mL EAC) and T2 (1.2 mL EAC) and the response variables were for the productive: daily gain of weight, food consumption and food efficiency, for the physical: temperature, pH and color and for the oxidation of fat and protein: reactive substances with thiobarbituric acid and Formation of carbonyls respectively. When significant differences were found, a test of Tukey's means comparison was applied at 5% ($P \leq 0.05$). The addition of EAC did not influence production parameters, channel characteristics and physical characteristics ($P \leq 0.05$). The EAC did not decrease the lipid oxidation of the meat ($P \leq 0.05$), in comparison with the oxidation of protein where the oxidation process was delayed ($P \leq 0.01$), in favor of the higher dose. The results suggest that the addition of 1.2 mL of EAC in the finishing rabbit diet does not affect the production parameters and meat quality and contributes to increase shelf life by decreasing protein oxidation.

Tutorial Committee: Dra. María Antonia Mariezcurrena Berasain¹, María Dolores Mariezcurrena Berasain², Abdel FaMohamed Zeidan Salem¹

¹Autonomous Mexico State University. Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics El Cerrillo University Campus. Toluca, Mexico. C. P. 50090, Mexico.

²Autonomous Mexico State University. Faculty of Agricultural Sciences. El Cerrillo University Campus. Toluca, Mexico. C. P. 50090, Mexico.

Keywords: Antioxidant, extract, coriander leaf, in vitro, meat quality.

CONTENIDO

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	v
RESUMEN	vii
2.1. Producción Mundial de conejo.....	3
2.2. Situación de la cunicultura en México	4
2.2.1. Antecedentes de la cunicultura en México	4
2.2.2. Características productivas del conejo	5
2.2.3. Consumo y producción de carne de conejo	5
2.3. Calidad de la carne	6
2.3.1. Carne.....	6
2.3.2. Calidad	7
2.3.4. pH.....	9
2.3.5. Temperatura.....	11
2.3.6. Color.....	11
2.3.7. Grasa.....	13
2.3.8. Ácidos Grasos	15
2.3.9. Proteína	16
2.4. Estrés oxidativo.....	16
2.5. Estabilidad oxidativa	18
2.5.1. Formación de especies reactivas al oxígeno.....	19
2.5.2. Oxidación lipídica	22
2.5.3. Oxidación proteica	23
2.5.4 Vida de anaquel	25
2.6. Antioxidantes	27
2.6.1. Mecanismo de acción de los antioxidantes	28

2.6.2. Antioxidantes naturales	30
2.6.3. Cilantro	31
III. JUSTIFICACIÓN	33
V. OBJETIVOS	37
5.1. OBJETIVO GENERAL	37
5.2. OBJETIVOS PARTICULARES	37
VI. MATERIALES Y MÉTODOS	38
6.1. Elaboración del extracto acuoso de cilantro (EAC).....	38
6.2. Cuantificación de compuestos fenólicos en el extracto acuoso de cilantro por el método Folin Ciocalteu	38
6.3. Determinación de las dosis a utilizar en el experimento <i>in vivo</i> mediante ensayo <i>in vitro</i>	38
6.4. Fase productiva	40
6.4.1. Localización.....	40
6.4.2. Metodología.....	40
6.4.3. Instalaciones y ambiente.....	41
6.4.4. Manejo alimenticio	41
6.4.5. Faenado	41
6.4.6. Mediciones en canal	42
6.5. Medición de la oxidación lipídica mediante la determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS).....	43
6.5.1. Obtención del Extracto de la carne para determinar la oxidación lipídica	43
6.5.2. Determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico	43
6.6. Medición de la oxidación proteica mediante la determinación de carbonilos (DNPH)	44

6.6.1. Obtención del Extracto de la carne para determinar la oxidación proteica	44
6.6.2. Método de DNPH	44
6.7. Diseño experimental	45
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	46
7.1. Capítulo 1.- Artículo	46
7.2. Capítulo 2.- Artículo	46
IX. CONCLUSIONES	87
X. SUGERENCIAS	89
XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	90

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Comparación de la composición química de la carne de cinco especies pecuarias_____	8
Cuadro 2. Contenido de grasa intramuscular en cuatro piezas anatómicas de canales de conejo a diferentes pesos_____	15
Cuadro 3. Tipos de antioxidantes_____	27
Cuadro 4.- Clasificación de los antioxidantes según su origen_____	28
Cuadro 5. Mecanismos de acción de los antioxidantes_____	29
Cuadro 6. Análisis reportado del alimento comercial pelletizado para conejos.	39

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo los productos cárnicos han jugado un papel importante en la cultura, economía y nutrición de los consumidores (Cury *et al.*, 2011). Hoy en día, la carne sigue siendo un alimento fundamental para el correcto desarrollo del organismo y forma parte del plato del buen comer por su alta calidad nutritiva. Junto con el hombre, las técnicas de obtención de carne, las prácticas de higiene y la seguridad alimentaria van evolucionando (Bonacic, 2004). La inspección de carnes realizada por un Médico Veterinario con el fin de evitar el consumo de carne en mal estado, pudo tener sus orígenes en el siglo XVIII (Bonacic, 2004).

El tiempo de vida de anaquel es uno de los problemas de la carne, debido a que está condicionada por exposición al oxígeno y la luz, además del desarrollo microbiano y las reacciones de oxidación ya que modifican las características sensoriales y nutricionales que son las principales causa de deterioro de la carne, causando una coloración amarillenta, pérdida de agua, alteración de la textura y generación de olores extraños (Hui, 2006).El color es una cualidad sensorial de los alimentos que es apreciada en primera instancia por el consumidor, por eso es considerado como factor psicológico de aceptación. El color de la carne depende en gran parte de la concentración de mioglobina (Estévez *et al.*, 2011). Esto hace necesario la suplementación con antioxidantes en la dieta animal a fin de retardar estos procesos. Dentro de los antioxidantes naturales encontramos al cilantro (*Coriandrum sativum*) ya que es ampliamente distribuido y cultivado en el centro del Estado de México, debido a que factores como el clima, condiciones de suelo y

el manejo de los cultivos, han aumentado su producción (90%) en los últimos años, Las semillas de cilantro contienen hasta 1% de aceite esencial y el linalol es el componente principal (Wichtl, 1994).

Los componentes volátiles en el aceite esencial, tanto en las semillas y hojas del cilantro, se han reportado para inhibir el crecimiento de una gama de microorganismos (Delaquis *et al.*, 2002), y la inhibición de la peroxidación lipídica (Anilakumar *et al.*, 2001; Tanabe *et al.*, 2002). Es bien sabido que las hierbas y especias poseen actividad antioxidante debido a su contenido de fenoles (ácido gálico, fumárico, cafeico, entre otros), flavonoides y β -carotenos (Madsen y Bertelsen, 1995; Schwarz *et al.*, 2001; Tanabe *et al.*, 2002). La adición de aditivos sintéticos a los alimentos, han demostrado la inducción de daño del ADN (Sasaki *et al.*, 2002). Por lo que hay un interés en la implementación de aditivos naturales, como especias o extractos de especias, que puede funcionar como antioxidantes naturales, que permitan conservar las características propias de la carne durante la vida de anaquel.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Producción Mundial de conejo

La producción de carne de conejo ocupa la 5ª posición a nivel mundial; sin embargo, su importancia está aumentando debido a su alto valor dietético y su impacto sobre la salud (Viera y Obschatko, 2003; Díaz *et al.*, 2007 y Cury *et al.*, 2011).

La producción mundial de carne de conejo en 2010 fue 1.683 millones de t, estas se produjeron principalmente en Asia (48.1%), Europa (30.2.5), Sudamérica (16.7%), África (4.7%) y Centroamérica (0.3%). China es el principal productor, seguido de Venezuela e Italia; México ocupa el décimo octavo lugar mundial, con 0.3% de la producción. (FAO, 2010).

El comercio internacional de carne de conejo reportó 65.88 miles de toneladas, las cuales representan el 3.9% de la producción mundial, destinada principalmente al autoconsumo. E consumo *per cápita* de conejo en el mundo es de 243 g.

Europa es el principal consumidor de carne de conejo con 2.144 kg por persona al año, mientras que en Sudamérica y Asia consumen 0.706 y 0.505 kg por persona al año respectivamente. China a pesar de ser el principal productor, presenta un bajo nivel de consumo esto esta debido a que su producción está encaminada al pelo para la elaboración de prendas de vestir (SAGARPA, 2012)

En el 2010 se importaron cerca de 29300 t de carne de conejo siendo Europa el principal importador con un 91.1 % de la producción. En Centroamérica y Oceanía

se importó menos de 0.1 % siendo Bélgica el principal país importador seguido de Alemania e Italia y generando un egreso de más de \$26,000 miles de dólares (FAO, 2010).

2.2. Situación de la cunicultura en México

2.2.1. Antecedentes de la cunicultura en México

El conejo se consume en México desde la época prehispánica. A partir del año 1973 el gobierno Federal inició programas de fomento para la producción de conejo en el país (Bonacic, 2004). En el país la Enfermedad Hemorrágica viral (EHV) en 1998, acabo prácticamente con esta actividad, y es por eso que se le ha dado poca importancia a la cunicultura dejándola en un sector rural de traspatio (Díaz *et al.*, 2007). Esta situación sólo puede ser explicada por la conjunción de varios factores (falta de apoyo a productores, carencia de políticas sanitarias, poco interés en las instituciones de enseñanza e investigación para trabajar con la especie, falta de programas de mejoramiento genético, escaso interés para difundir esta carne entre los consumidores y precaria organización de los productores). Sin embargo, en México la cunicultura familiar es una actividad alternativa viable no solo para cubrir las necesidades de proteína de origen animal, sino que también para generar ingresos (SAGARPA, 2013; Díaz *et al.*, 2007).

En los últimos años se ha registrado un incremento en el consumo de la carne de conejo (restaurantes, centros comerciales, hospitales, entre otros) (Borek, 2004).

Por otra parte, la cunicultura se está promocionando para autoconsumo de carne fresca, en los países en desarrollo para ayudar al aumento del consumo promedio por habitante (Díaz *et al.*, 2007).

Actualmente el conejo en México es una especie prioritaria de combate contra la pobreza y la cruzada contra el hambre de acuerdo al oficio 106.05 emitido por SAGARPA en 2013 a través de la Coordinación General de Ganadería.

2.2.2. Características productivas del conejo

Los conejos son criados principalmente para aprovechar su carne, sin embargo, puede aprovecharse también la piel y el pelo, para lo cual existen razas especializadas como la Angora (Arredondo, 2006). Entre las razas utilizadas en la producción de carne se incluyen el ruso, Chinchilla, Nueva Zelanda, Californiana, entre otras. En sistemas de producción semiintensivo - intensivos los gazapos son destetados a los 28-32 días de edad, con un peso mínimo de 500 a 800 gr (Cos y León, 2002). Los conejos pueden alcanzar el peso 2.200 a 2.700 gramos, entre los 60 y 70 días de edad. El rendimiento de carne por animal sacrificado se acerca al 50 - 60 % de su peso vivo, es decir en 1.300 a 1.500 gramos de peso de la canal. Una hembra puede producir 23 kilogramos de carne al año, dependiendo del flujo de producción (Arredondo, 2006).

2.2.3. Consumo y producción de carne de conejo

En México su consumo es inferior (100g/habitante/año) (ANCUM, 2010). Aunque, la carne de conejo ha sido considerada de categoría inferior al resto de las carnes

(OIEDRUSBC, 2009), el Estado de México es el principal productor y consumidor de carne de conejo (SAGARPA, 2012) dentro del cual Texcoco, reporta el mayor consumo nacional 250g/habitante/año. El mayor número de granjas cunícolas en México se encuentran en el centro del país, debido a que el clima de la meseta central favorece a la actividad (SISPROCUNDF, 2012). Así mismo, en 2007 la producción de conejo en México fue de más de 500 mil cabezas. El Estado de México es la entidad de mayor producción (30.2%), seguido de Puebla (14.7%) e Hidalgo (6.9%) (INEGI, 2007). El Estado de México tiene un inventario de más de 45000 vientres y produce aproximadamente 2340 toneladas; en dicha entidad, los municipios de mayor producción son: Amecameca, Jilotepec, Atlacomulco y Texcoco; además de la zona del Valle de Toluca (SAGARPA, 2013).

2.3. Calidad de la carne

2.3.1. Carne

La carne se define como el conjunto de tejido muscular estriado que naturalmente viene acompañado de tejidos conectivos como: fascias laxas y fibrosas, cartílago, grasa, hueso, nervios, vasos sanguíneos y nódulos linfáticos. La proporción de los diferentes tejidos de la carne depende de la especie, raza, edad, sexo, estado de engrasamiento y región de la canal (Blasco y Piles, 1990).

Así mismo, Giese (1995) definió canal como el cuerpo del animal después de desangrado y removido de las vísceras y partes no comestibles; Por otro lado, Dalle Zotte (2002) define calidad como un conjunto de características que le dan a

la canal la máxima aceptación y precio. Aunque para Delfa *et al.* (2005) la calidad de la carne es el resultado de un proceso multifactorial iniciado desde el faenado y es dependiente de la especie y raza.

2.3.2. Calidad

El término calidad se utiliza en todos los ámbitos de la vida cotidiana, puede ser aplicado a los alimentos, en donde juega un papel importante la aceptación por parte del consumidor, al existir una atracción del producto que se le ofrece con la finalidad de satisfacer sus necesidades. La calidad está relacionada con nociones de excelencia y perfección (Mountandon, 2010).

La calidad de la carne se desarrolla durante el proceso *post mortem* a través de una variedad de cambios bioquímicos, es decir, el resultado del cambio en la temperatura y el pH en el periodo *post mortem*. Las características de calidad que son influenciadas por la temperatura y el pH son ternura, capacidad de retención de agua y color (Maltin *et al.*, 2003; Huff-Lonergan y Lonergan, 2005).

2.3.3. Composición e importancia nutricional de la carne de conejo.

La carne de conejo presenta aspectos positivos en su composición que la hacen particularmente adecuada para su consumo (González *et al.*, 2008). En relación a esto, Hermida (2006) menciona que esta carne actualmente ha surgido como una fuente alternativa dietética para los consumidores, ya que ésta es baja en contenido de grasa en comparación al pollo, carne de cordero, res y puerco. Además, la consideran como óptima para personas con enfermedades del

corazón y arterosclerosis, ya que posee bajos niveles de sodio y colesterol. La carne de conejo es considerada como la más magra de las carnes comerciales, ya que, comparando con otras especies, la carne de conejo es la más rica en proteínas (Nieves, 2005; Hernández, 2012). Además de que no presenta problemas tecnológicos relacionados con la terneza y la capacidad de retención de agua, (pálido, suave y exudativo) o de dureza por acortamiento por frío (Schonfeldt y Gibson, 2008). Desde este punto de vista, es una carne bien adaptada al consumo moderno que puede formar parte de una dieta sana y equilibrada. Según Yahia *et al.*, 2008, la carne de conejo es una fuente rica de proteínas, energía, minerales y vitaminas.

Cuadro 1. Comparación de la composición química de la carne de cinco especies pecuarias.

CARNE	Proteína %	Grasa %	Colesterol (mg/100g)	Sodio (mg/100g)	Aporte Energético (kcal /100 g)
Pollo	16	9 – 11	81 -100	83	150-195
Cerdo	14	30 -38	65-110	76	290
Bovino	18	12-19	69-98	90	170
Ovino	16	20-25	75-78	78	250
Conejo	21	3-6	34-45	40	130-200

(Hui, 2006; Williams, 2007; Hernández y Dalle Zotte, 2010)

2.3.4. pH

El pH es un atributo determinante de la calidad de la carne, ya que está relacionado con los procesos bioquímicos que tienen lugar durante la transformación del músculo en carne, e influye directamente en las características físico-químicas de este producto (Amerling, 2001). La glucólisis anaerobia *post-mortem* es una de las rutas metabólicas que tiene lugar en el músculo del animal sacrificado y se produce a partir de glucógeno muscular contenido en el animal dando lugar a ácido láctico y su consecuente descenso de pH (Amerling, 2001). Por otro lado, la medición del pH debe de realizarse a los 45 min y 24 h *post-mortem* (pH₄₅ y pH₂₄, respectivamente) esto con la final de evaluar que el pH final de la carne se establezca en un nivel óptimo donde ciertas enzimas como la fosfofructoquinasa es inhibida y la glucólisis cesa. (Oliver *et al.*, 1997). La carne es el resultado del establecimiento del rigor *mortis* y la maduración, dos cambios que ocurren en el músculo en el periodo *post-mortem*, ya que el principal proceso presente es la acidificación muscular y durante las primeras 12 h posteriores al sacrificio se realiza el descenso de pH (Savell *et al.*, 2005; Warris, 2003).

En términos generales, el pH muscular de los animales vivos se encuentra en un rango comprendido entre 7,08 y 7,30 (Hernández, 2007; Dalle Zotte y Zcendro 2011). Valores fuera de ese rango indican una posible merma de las cualidades de la carne en lo que a la calidad se refiere. Aunque, para Dalle Zotte (2002) el valor del pH representa una clave importante en la preservación de la calidad de la

carne durante el almacenamiento. Sin embargo, Cabanes (1996) explicó que la variación del pH tiene una tendencia cuadrática (5.51 a 5.91 hasta los 8 días, pero 5.88 al día 12) de almacenamiento a 2° C. Sin embargo, Pearson y Young (1989) y Delmas y Ouhayoun (1990) determinaron que, dependiendo del músculo, el pH oscila entre 5.6 (en músculos de actividad glicolítica) a 5.9 (en músculos oxidativos) y de los factores *ante mortem*. Aunque el pH final varía según la localización del mismo músculo (Al-Dobaib, 2010; Cury *et al.*, 2011; Hernández, 2012).

Oliver *et al.* (1997) mencionan que los estudios de calidad en carne de conejo se deben hacer en el músculo *Longissimus lumborum*, entre la 4ª y 5ª vértebra lumbar (Blasco, *et al.*, 1993). Hernández y Gondret (2006) y Kouba (2008) consideran que el ayuno modifica el pH; aunque Masoero *et al.*, (1992) no encontraron diferencias de pH ni en la 7ª vértebra torácica ni en la 6ª lumbar, en animales ayunados durante 24 h.

Por otro lado, Blasco y Piles (1990) en un trabajo en el que utilizaron 215 canales de conejos Nueva Zelanda Blanco y California midieron el pH₂₄ en el músculo *Longissimus dorsi* después del sacrificio, reportando un pH₂₄ de 5.66 ± 0.06 y 5.71 ± 0.06 respectivamente.

2.3.5. Temperatura

La temperatura muscular después de la muerte del animal tiende a disminuir lentamente, lo más conveniente es reducirla lo más rápido como sea posible para minimizar la desnaturalización de las proteínas en este periodo (Hui, 2006).

Por otra parte, a temperatura menor a 10°C pero superior a la congelación dan lugar a la liberación de calcio al sarcoplasma hasta inducir la contracción y acortamiento del músculo, dando lugar a cambios no deseados en la dureza de la carne. Así mismo, si el acortamiento del músculo supera el 40% se produce una exudación de los jugos internos debido a una menor capacidad de retención de agua dando como resultado un bajo valor nutritivo y falta de jugosidad en la carne (Suniaga, 2001).

Independientemente de la especie, el pH y la temperatura son los parámetros fundamentales a controlar en las salas de despiece, mataderos y plantas manipuladoras de carne con el objetivo de obtener resultados que garanticen la calidad del producto final (Suniaga, 2001).

2.3.6. Color

El color es una de las características más importantes de la carne ya que es el primer criterio que utiliza el consumidor para evaluar su calidad en el momento de la compra; relacionando, de esta forma, el color de la carne con las cualidades sensoriales de la misma (O'Sullivan *et al.*, 2003; Mancini y Hunt, 2005). En este

sentido, Suniaga (2011) constataron una fuerte correlación positiva ($r=0.9$) entre la preferencia de color y la decisión de compra.

Aunque, el color de la carne depende de la cantidad y estado (físico y químico) de la mioglobina (Galian *et al.*, 2007) es un atributo visual que se compone de una combinación cualquiera de contenidos cromáticos y acromáticos (CIE, 1978), dependiente no solo del estado físico del estímulo, sino también de su tamaño, forma, estructura y estímulos que le rodean, aparte del estado del sistema visual del observador y de su experiencia en situaciones de observación semejante o relacionada. La Comisión Internacional de la Iluminación (Commission International de l'Éclairage - CIE) se basa en estándares del instrumento utilizado y la iluminación de la muestra para obtener valores de tres colores primarios y a partir de ellos calcular las coordenadas de color L^* [(luminosidad, varía de 0 (negro) a 100 (blanco)], a^* [(coordenada rojo-verde puede ser positivo (+60, rojo) o negativo (-60, verde)], b^* [(coordenada amarillo-azul puede ser positivo (+60, amarillo) o negativo (-60, azul)], C (tono) y H (saturación) (Kirk y Sawyer, 2009; Alberti *et al.*, 2005). El espacio de color CIELAB, el método más completo en la estimación del color de la carne, incluye 3 parámetros básicos: L^* (luminosidad o brillo), a^* y b^* (enrojecimiento y palidez, respectivamente, definidos en un sistema de ejes ortogonales) y 2 parámetros derivados: H° ($Hue = \tan^{-1}(b^*/a^*)$) y C^* ($Chroma = (a^{*2} + b^{*2})^{0.5}$) (Hernandez y Dalle Zotte, 2010).

Por otro lado, es frecuente la evaluación visual del color mediante la utilización de escalas como la propuesta por Braña-Varela., 2011, que evalúa el color de la carne de cerdo desde 1 (muy pálido) hasta 6 (muy oscura), directamente sobre la canal (Dalle Zotte y Zcendro, 2011).

La carne de conejo presenta una coloración pálida con bajo índice de rojo dándole valor de 1, como lo es el músculo *Longissimus*, mientras que el *Trapezius* es el más oscuro y coloreado o valor de 6. Los músculos de la pierna presentan valores intermedios (2, 3 y 4), por otra parte, se ha determinado que existe un efecto del genotipo sobre el color de la carne (Pla *et al.*, 1996). Por lo cual, Blasco y Piles. (1990), sugieren que las medidas del color se obtengan de los músculos de mayor importancia comercial (*Longissimus dorsi* y *Biceps femoris*).

2.3.7. Grasa

La grasa se caracteriza por ser insoluble en agua, ya que está constituida por carbono, hidrogeno y oxígeno, que integran cadenas hidrocarbonadas alifáticas o aromáticas, que desempeñan funciones importantes como ser fuente de energía y formar parte estructural de las membranas celulares y de los sistemas de transporte de nutrientes (Lawrie, 1998). La grasa es la responsable del aroma característico de la carne de cada especie animal (Dalle Zotte, 2002). La grasa intramuscular es la deposición de grasa dentro del músculo esquelético y es el principal indicador de la jugosidad y sabor de la carne. Los factores ambientales, la variación genética, entre otros, son algunos de los patrones que regulan

deposición de grasa intramuscular. (Coronado-Herrera *et al.*, 2006). Sin embargo, la firmeza de la grasa está determinada por la variación en la composición de los ácidos grasos (balance entre los ácidos grasos saturados e insaturados, los cuales tienen un alto y bajo punto de fusión, respectivamente) (Dalle Zotte, 2002). Es el lomo de conejo contenido promedio de lípidos de 1.8 g/100g de carne por lo que se considera, el corte más magro de carne en la canal, mientras que la porción más grasosa es el brazuelo, con un contenido de lípidos promedio de 8.8 g/100g de carne. Las piezas cuantitativamente más importantes son las piernas, y su contenido de grasa es muy bajo comparado con otras carnes (Dalle Zotte, 2002). Con respecto a la calidad en el proceso de transformación de músculo a carne, la grasa también es alterada generando cambios en el producto final, ya que la grasa que se encuentra depositada entre las fibras musculares incrementa la jugosidad y reduce la fuerza de corte o masticación de la carne (Teira, 2004).

La oxidación lipídica limita notablemente el tiempo de conservación de las carnes con consecuencias directas y negativas sobre la calidad (Hernández y Gondret, 2006; Hernández, 2007; Hernández y Dalle Zotte, 2010).

Cuadro 2. Contenido de grasa intramuscular en cuatro piezas anatómicas de canales de conejo a diferentes pesos.

Indicador	% Grasa		
Peso de la canal	Bajo (1750-1850 g)	Medio (2000-2100 g)	Alto (2250-2350 g)
Pierna delantera	6.07	6.65	6.81
<i>Longissimus dorsi</i>	0.63	0.90	0.94
Pared abdominal	4.24	5.19	5.70
Pierna trasera	2.81	3.24	3.66

(Coronado-Herrera, 2006).

2.3.8. Ácidos Grasos

Un ácido graso es una biomolécula orgánica formada por una cadena hidrocarbonada lineal, en cuyo extremo se encuentra un grupo carboxilo y algunos de ellos como lo ácidos grasos insaturados (Linoleico, linolénico y araquidónico) se consideran esenciales ya que los organismos vivos no son capaces de sintetizarlos (Lawrie, 1998).

Aunque los ácidos saturados y los mono insaturados constituyen la parte principal de los ácidos grasos de los triglicéridos de la grasa de la carne, su proporción y concentración (como porcentaje del total de ácidos grasos) varían dependiendo de factores como: edad, especie (Cavani *et al.*, 2009), dieta (Castellini *et al.*, 2010), genética (Dalle Zotte, 2002), ambiente y sexo (Juniper *et al.*, 2008).

Simonova (2010) ha descrito que la carne de conejo es naturalmente rica en ácidos grasos mono insaturados (AGMI) y poliinsaturados (AGPI) siendo la dieta el origen de dichos ácidos grasos. Dalle Zotte *et al.*, 2012 determinó que la composición de ácidos grasos tiene influencia sobre el aspecto y las propiedades sensoriales de la carne. Así mismo, Nieves *et al.*, 2009 y Ocampo (2012) describieron que el estado de engrasamiento de la canal es la proporción de grasa que presentan las canales respecto de su peso.

2.3.9. Proteína

La carne de conejo ofrece propiedades nutritivas y dietéticas excelentes. Su composición proximal demuestra que es rica en proteína (aproximadamente 21% en el músculo *Longissimus dorsi* y músculos de la pierna) y la porción magra (contenidos de agua y proteína) es relativamente constante (73.0 ± 2.3 g de agua y 20.5 ± 1.4 g de proteína/100g de carne) (Combes, 2004; Combes y Dalle Zotte, 2005; Dalle Zotte y Zcendro, 2011).

2.4. Estrés oxidativo

Los fenómenos oxidativos y en particular la oxidación lipídica es uno de los principales responsables de la pérdida de calidad en la carne y en los productos cárnicos. Como consecuencia de estos procesos se generan compuestos que pueden afectar el *flavor*, color y textura de la carne disminuyendo la aceptabilidad por parte del consumidor y reduciendo su valor nutritivo (Badui, 2006). Por otro lado, el estrés oxidativo está relacionado con la etiología de diversas

enfermedades comunes en nuestra sociedad, tales como envejecimiento prematuro, trastornos neurodegenerativos, metabólicos, digestivos y cardiovasculares. Las carnes son particularmente sensibles a los procesos oxidativos debido a su elevada proporción de ácidos grasos poliinsaturados (Bello y Astiasaran, 2000; Mínguez, 2014).

La oxidación lipídica y proteínica son las principales causas no microbiológicas de deterioro de los alimentos, especialmente en el caso de las carnes procesadas, ya que produce cambios notables del *flavor*, la textura, el valor nutritivo y el color (Kanner, 1994; Gray *et al.*, 1996; Morrissey *et al.*, 2000).

La oxidación lipídica que se produce durante el almacenamiento de la carne y los derivados cárnicos conlleva la formación de productos con un efecto negativo sobre el sabor y el color, disminuyendo su tiempo de vida en anaquel. Para controlarlo es importante realizar investigaciones sobre el empleo de sustancias que disminuyan la oxidación y que a su vez puedan ser incluidos en la dieta animal (Monahan *et al.*, 2011).

El empleo de compuestos naturales como inhibidores de la oxidación, con o sin actividad enzimática, constituye una fuente alternativa capaz de prevenir o disminuir el desarrollo de rancidez en alimentos. Según Decker y Xu (1998) para minimizar la oxidación de los alimentos de origen animal, se pueden seguir tres pasos. Primero se deberá mantener el equilibrio antioxidante recurriendo a técnicas de procesado que no potencien la acción pro-oxidante y no disminuyan la

del antioxidante (cambios bruscos de temperatura, contaminaciones fisicoquímicas y microbiológicas cruzadas, condiciones de exposición y almacenamiento de la carne). Segundo es incrementar la estabilidad oxidativa del músculo administrando dietas especiales a los animales, es decir dietas que contengan antioxidantes (polifenoles, flavonoides, carotenoides, selenio, entre otros) capaces de disminuir el daño en el producto final y la tercera es añadiendo antioxidantes directamente a los alimentos (González-Torres *et al.*, 2000; Bernabucci *et al.*, 2002; Koelsch, 2001).

Existe abundante información que demuestra que la susceptibilidad de los tejidos a sufrir procesos de oxidación asociados a la alimentación recibida por los animales, y que son relacionados principalmente con el tipo de ácido graso y la presencia de agentes antioxidantes en los tejidos, aunque el modo de acción no es suficientemente claro (Koelsch, 2001; Brierley *et al.*, 2005).

2.5. Estabilidad oxidativa

La oxidación es la forma más frecuente de deterioro de proteínas y lípidos, principalmente de los ácidos grasos poli-insaturados ya que conduce al enranciamiento, ocasionando la reducción de la vida útil y el valor nutritivo de los alimentos. La degradación oxidativa está determinada por los ácidos grasos insaturados y el oxígeno, ya que el proceso puede iniciarse a partir del oxígeno activo de algunas moléculas presentes en el aire y de agentes exógenos (calor, rayos UV) (Coronado *et al.*, 2000; Dalle Zotte, 2010).

2.5.1. Formación de especies reactivas al oxígeno

La oxidación lipídica es causada por diversas sustancias reactivas al oxígeno (SRO), también conocidas como radicales libres. Los radicales libres son muy inestables ya que los electrones desapareados buscaran completar el par electrónico que anule su campo magnético, favoreciendo la colisión entre moléculas (Gil y Tuteja, 2010).

Dentro de los radicales libres podemos encontrar al anión superóxido (O_2^-) el cual presenta alta reactividad y capacidad para general nuevas SRO. Es producido por la reducción monovalente del oxígeno molecular (O_2). Otro radical que presenta alta reactividad es el ion hidroxilo generado tras la captación de un electrón y un protón por un radical libre, es considerado un SRO, ya que se produce por la oxidación y reducción al mismo tiempo del anión superóxido. Estas especies formadas a partir de la reducción del oxígeno son algunas de las llamadas SRO, mismas que tienen su origen en fuentes fisiológicas como: la cadena respiratoria mitocondrial, donde entre el 1 y 2 % de la reducción del oxígeno a agua se libera como (O_2^-) (Kouba, 2008; Kowalska y Bienlasnki, 2009; Gil y Tuteja, 2010).

Cuando la interacción de las SRO con las moléculas susceptibles a oxidación excede a los sistemas de defensa, se provoca un estado de estrés oxidante. Este estado se produce al generarse una cascada de eventos intracelulares que pueden generar un daño oxidante grave como la fragmentación del ADN,

inactivación de enzimas e interacción con otras estructuras proteicas u oxidación de lípidos (Kowalska y Bienlasnki, 2009).

La reacción de iniciación consiste en la formación de un radical libre a partir de un ácido graso radical ($L\cdot$) que da lugar a la reacción de propagación (Yanishlieva *et al.*, 1999).

(0) Iniciador radical libre $R\cdot$ iniciación de la cadena

(0') $R\cdot + LH$ $RH + L\cdot$

(1) $L\cdot + O_2$ $LO_2\cdot$

(2) $LO_2\cdot + LH$ $LOOH + L\cdot$ propagación de la cadena

Los radicales como el hidroxilo, $HO\cdot$, es extremadamente reactivo y puede arrancar un átomo de hidrógeno a casi cualquier molécula orgánica, como los ácidos grasos.

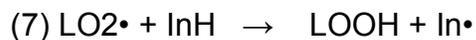
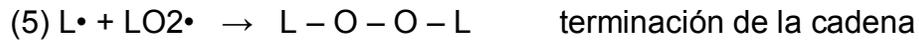
Los hidroperóxidos formados continúan produciendo radicales libres, pudiéndose presentar las reacciones (3), (3') y (3'').

(3) $LOOH \rightarrow LO\cdot + \cdot OH$

(3') $LOOH + LH \rightarrow LO\cdot + H_2O + L\cdot$ propagación de la cadena

(3'') $2LOOH \rightarrow LO_2\cdot + H_2O + LO\cdot$

Las reacciones terminan cuando los radicales reaccionan entre sí formando moléculas estables (4), (5) y (6) o también en presencia de un inhibidor (7).



(In = Inhibidor o agente donador de electrones)

Para retardar estos procesos se encuentran los sistemas antioxidantes endógenos, la primera línea de defensa de antioxidantes y consiste en la inhibición de la formación de especies reactivas de oxígeno y de radicales libres a través del secuestro de iones metálicos, por reducción de hidroperóxidos y peróxidos de hidrógeno, por captación de superóxido y oxígeno (Renerre *et al.*, 1996). Los antioxidantes que actúan como segunda línea de defensa son aquellos que absorben radicales libres, entre ellos se encuentran los compuestos polifenólicos que actúan atrapando radicales. La tercera línea de defensa son los mecanismos de reparación de novo de los lípidos, proteínas y DNA alterados por la oxidación (Jan *et al.*, 1995). La síntesis de novo de ácidos grasos se lleva a cabo a partir de acetil coenzima A (CoA), en el espacio extramitocondrial, por un grupo de sintetasas. Este proceso está gobernado por la enzima acetil-CoA carboxilasa,

que convierte acetil-CoA en malonil-CoA. Una serie de unidades de malonil-CoA se van añadiendo en una cadena de ácidos grasos para terminar en la formación de ácido palmítico (C16:0). A partir de este momento, por elongaciones y desaturaciones, se van creando ácidos grasos más complejos. Los humanos no poseen enzimas capaces de insertar puntos de insaturación en lugares inferiores a los carbonos n-7, razón por lo que los ácidos grasos n-6 y n-3 son esenciales (Lichtenstein, 2001; Pla y Hernández 2008).

2.5.2. Oxidación lipídica

Puesto que la descomposición por oxidación tiene una gran importancia en la calidad nutritiva de los alimentos. Uno de los análisis más utilizados para evaluar la extensión de la oxidación de los lípidos es el análisis con ácido tiobarbiturico (TBA). Los productos de oxidación de los sistemas insaturados dan productos de reacción coloreados debido a la condensación de dos moléculas de TBA con una molécula de malonaldehído; sin embargo, el malonaldehído no siempre se encuentra en los sistemas oxidados. Muchos alcanales, alquenes y los 2-4 dienales dan un color amarillo con el TBA, pero sólo los dienales dan un color rojo (Kawahara *et al.*, 2009).

Las sustancias capaces de reaccionar con el TBA aparecen solo en cantidades sustanciales a partir de la oxidación de los ácidos grasos que contienen tres o más dobles enlaces, por otra parte, el malonaldehído también procede de la descomposición de los endoperóxidos reaccionados con las prostaglandinas

producidas durante la auto oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados (Fennema *et al.*, 1999, Kawahara *et al.*, 2009).

Everse y Hsia, 1997; Alvarado *et al.*, 2007, mencionan que la hemoglobina es un poderoso promotor de la oxidación lipídica, ya que mencionan que la sangre residual en la canal, aumenta la cantidad de hemoglobina presente en la carne, por lo que Nakyinsige *et al.*, 2014 reportan que no encontraron efecto en la oxidación de lípidos al comparar 2 dietas diferentes durante los días 1, 3, 5 y 8 de vida de anaquel sin embargo se encontraron diferencias significativas en el tiempo ya que presentaron niveles altos de MDA, siguiendo el proceso normal de oxidación. Sazili *et al.*, en el 2015 reportaron que la oxidación de lípidos comienza a partir del día 1, pero no es hasta el día 7 cuando se encuentra el punto máximo de oxidación, alterando las propiedades nutricionales del producto.

2.5.3. Oxidación proteica

Cualquier factor que ocasione estrés oxidante puede causar oxidación proteica, por ejemplo, la disminución de los sistemas antioxidantes de defensa, el aumento en la producción de sustancias reactivas al oxígeno (SRO), una disminución en la capacidad de reciclar las proteínas oxidadas o un aumento de la susceptibilidad de las proteínas para ser oxidadas. La concentración intracelular de hierro también determina la carbonilación de las proteínas (Díaz, 2003). Los productos secundarios provenientes de la oxidación de lípidos pueden reaccionar con las proteínas, siendo los residuos de lisina, cisteína, metionina, triptófano, tirosina e

histidina los más afectados por estas reacciones en las proteínas. Las reacciones de interacción proteína-lípido oxidados producen modificaciones de las proteínas y en consecuencia la pérdida de valor nutricional y la formación de compuestos que pueden ser tóxicos (Estévez y Cava, 2006).

La carbonilación ocurre principalmente en los residuos de prolina, arginina y lisina, los productos de la carbonilación de estos residuos son el semialdehído glutámico (producto de la oxidación de arginina y prolina) y semialdehído aminoadípico (producto de la oxidación de lisina). La generación de grupos carbonilo se lleva a cabo principalmente por 4 rutas. La primera es la oxidación directa de la prolina, lisina, arginina y treonina por reacción con SRO, los productos de oxidación de dichos aminoácidos son: 2-pirrolidona a partir de prolina, semialdehído α -aminoadípico a partir de lisina, semialdehído glutámico a partir de arginina y prolina y ácido 2-amino-3-cetobutírico a partir de treonina. Recientemente se ha demostrado que los productos carbonilados, que representan cuantitativamente la mayor parte de una medición son el semialdehído glutámico y el semialdehído aminoadípico en menor grado (Díaz, 2003).

La segunda ruta de formación de grupos carbonilo involucra la ruptura de la cadena polipeptídica por medio de una ruta de α -amidación o por la oxidación de residuos de ácido glutámico lo que conlleva a la formación de péptidos en los cuales el aminoácido N- terminal está bloqueado por un derivado de α -cetoacilo (Estévez, 2011). Las dos rutas de oxidación restantes implican reacciones

secundarias con moléculas que presentan grupos carbonilos reactivos formados previamente por reacción directa de biomoléculas con SRO. Los grupos carbonilo han sido detectados por derivación con 2,4.dinitrofenilhidrazina y determinados espectrofotométricamente (Díaz, 2003).

Filgueras *et al.*, 2010, Zakrys-Waliwander *et al.*, 2012, Nieto *et al.*, 2013 reportaron que la oxidación de proteínas aumentó con el paso del tiempo de almacenamiento refrigerado, encontrando que el punto máximo de oxidación de la carne se encuentra en el día 7, sin embargo, Nakyinsige *et al.*, 2014 reportaron que la carne de conejo encuentra su punto máximo de oxidación de proteína en el día 4 de vida de anaquel.

Evropi Botsoglou *et al.*, 2014 reportaron que la oxidación de proteína de la carne de cerdo en refrigeración encuentra su punto máximo de oxidación en el día 5 y posterior a esto se presenta un decremento de grupos carbonilo hasta llegar al día 13 de refrigeración.

2.5.4 Vida de anaquel

La vida de anaquel es el tiempo necesario para que la carne en determinadas condiciones de envasado y almacenamiento, se deteriore hasta un estado inaceptable o sea inadecuado para su comercialización (FDA, 2011). La estabilidad de los productos cárnicos durante el almacenamiento, es afectada por factores tales como pH, temperatura, presencia de solutos, actividad de agua (a_w), temperatura de almacenamiento entre otros. Las membranas celulares del músculo están compuestas de ácidos grasos poliinsaturados, los cuales son

particularmente susceptibles a la peroxidación durante el almacenamiento a bajas temperaturas (Kanner, 1994).

El crecimiento microbiano, color y oxidación de lípidos y proteínas son factores importantes en la vida de anaquel y consecuentemente en la aceptación por parte del consumidor de la carne fresca (Zhao *et al.*, 1994).

El acrecentar y mantener en tiempo el color de la carne expuesta en el anaquel refrigerado ha sido la búsqueda de la industria por años. Kotler y Armstrong (2010) mencionan que, una de las formas de lograr esto es con el uso de antioxidantes, los cuales son usualmente aplicados para prevenir la peroxidación lipídica en las industrias alimentarias.

Mendoza *et al.*, 2008 reportó que la vida de anaquel de la carne de conejo en temperatura de refrigeración (4°C) tiene una duración de 7-11 días, en donde menciona que a partir del día 7 la carne inicia a general olores desagradables a putrefacción, esto coincide con lo reportado con Santon *et al.*, en 2010 donde menciona que la vida de anaquel de carne de conejo dura de 7-11 días, ya que a partir del día 4 el sabor de la carne se percibe un poco ácido, sin embargo es hasta el día 7 cuando la carne comienza a de despedir olores desagradables a putrefacción, pero no es hasta el día 11 cuando la carne comienza con el sabor a putrefacción.

2.6. Antioxidantes

Los antioxidantes se refieren a un grupo de compuestos que son capaces de retirar o inhibir la oxidación de lípidos y proteínas, y así ,prevenir o reparar el daño de las células del cuerpo causadas por el oxígeno (Shahidi y Naczk, 2004; Tachakittirungrod *et al.*, 2007). Además de que se encuentran en pequeñas cantidades en los alimentos y su función es disminuir la oxidación de los ácidos grasos (Liu *et al.*, 2007). Los antioxidantes han sido utilizados ya sea naturales o sintéticos (Zhang *et al.*, 2010). Para clasificarlos se considera su origen (enzimáticos o no enzimáticos) y mecanismo de acción (Halliwell, 1995).

Cuadro 3. Tipos de antioxidantes

Sintéticos	Naturales
Etoxiquina (ETQ)	Vitamina C
Butilhidroxianisol (BHA)	Vitamina E
Butilhidroxiquinona (BHQ)	Carotenos
Galacto de propilo (GP)	Flavonoides
	Polifenoles

(Porras-Loaiza y López Malo, 2009)

La capacidad antioxidante está dada por mecanismos que anula o inhibe la generación de radicales libres (Thornalley y Vasak, 1985; Greenwald, 1990; Palamanda y Kehrer, 1992). Los antioxidantes exógenos provienen de la dieta, y dentro de este grupo se incluyen la vitamina E, la vitamina C y los carotenoides. La vitamina C constituye el antioxidante hidrosoluble más abundante en la sangre,

mientras que la vitamina E es el antioxidante lipofílico mayoritario. El selenio, el más tóxico de los minerales incluidos en nuestra dieta, actúa junto con la vitamina E como antioxidante (Kinsella et al., 1993). La vitamina E se encuentra presente en aceites vegetales, aceites de semilla, germen de trigo, maní, carnes, pollo, pescados y algunas verduras y frutas, en tanto la vitamina C se puede encontrar en frutas y verduras. Los carotenoides son compuestos coloreados tales como los betacarotenos, presentes en verduras y frutas (Avello y suwalsky, 2006).

Cuadro 4.- Clasificación de los antioxidantes según su origen

Enzimáticos	No enzimáticos
Superóxido dismutasa	Proteínas
Catalasa	Ácido ascórbico
Glutación peroxidasa	Carotenoides
Ceruloplasmina	Nucleótidos

(Porrás-Loaiza y López Malo, 2009)

2.6.1. Mecanismo de acción de los antioxidantes

Los antioxidantes neutralizan a diferentes conformaciones de oxígeno, su efecto está en función del lugar donde el antioxidante se localice, su afinidad al medio y la capacidad que tenga para donar un hidrógeno (Yanishlieva *et al*, 1998). Generalmente, los antioxidantes liberan un hidrógeno de su grupo hidróxilo (-OH), para neutralizar al radical lipídico y forman un complejo radical libre-radical aceptor (Percival, 1996). Los antioxidantes pueden prevenir o retardar la oxidación de un

sustrato biológico, y en algunos casos revertir el daño oxidativo de las moléculas afectadas. Según el mecanismo de acción, se clasifican en:

1.- Antioxidantes preventivos: al comienzo de una cadena de oxidación (reductores de peróxidos orgánicos e inorgánicos).

2.- Antioxidantes secundarios: bloqueando en alguna etapa la cadena de oxidación, una vez iniciada, captando radicales libres.

Los antioxidantes interactúan directamente con los radicales libres cediéndoles un electrón estabilizando diferentes especies reactivas, la prevención de la formación enzimática de especies reactivas, prevención de la formación de especies reactivas dependientes de metales (como agentes quelantes) y la activación o inducción de la actividad de enzimas antioxidantes (Romano *et al.*, 2010).

Cuadro 5. Mecanismos de acción de los antioxidantes

Especies reactivas de oxígeno	Antioxidante neutralizador
Radical hidroxilo	Vitamina C, glutatión, flavonoides, ácido lipoico
Radical superóxido	Vitamina C, glutatión, flavonoides
Peróxido de hidrógeno	Vitamina C, glutatión, beta caroteno, vitamina E, flavonoides, ácido lipoico
Peróxidos lipídicos	Beta caroteno, vitamina E, ubiquinona, flavonoides, glutatión peroxidasa

Balsano y Alisi, 2009

2.6.2. Antioxidantes naturales

Dentro de los antioxidantes naturales, podemos encontrar a los fenoles, polifenoles, flavonoides o compuestos de los aceites esenciales. Debido a sus propiedades, las investigaciones relacionadas con estos compuestos aumentaron los últimos años (Balsano y Alisi, 2009). En la actualidad varios estudios se han concentrado en los antioxidantes naturales y sus aplicaciones en la alimentación para prevenir la oxidación. Los antioxidantes naturales son de fácil aceptación por el consumidor, entre ellos encontramos a las uvas, arándanos, lechuga, tomate, cilantro, cebolla, mango, entre otros (Gil *et al.*, 2010).

Los antioxidantes naturales más estudiados son: tocoferoles, tocotrienoles, sesamol, gisipol, glutatión, ascorbato, prolina, betaína, fenoles, timol, carvacrol, vitamina C, β -caroteno y selenio (Jamilah *et al.*, 2008). Los compuestos polifenólicos (CPF) son metabolitos secundarios de las plantas que poseen en su estructura al menos un anillo aromático al que está unido uno o más grupos hidroxilo. Los CPF se clasifican como ácidos fenólicos (AF), flavonoides (FLA) y taninos (TAN). Así, los flavonoides tienen dos anillos aromáticos unidos por una cadena de tres átomos de carbono ($C_6-C_3-C_6$). Por su parte, los taninos son compuestos poliméricos más complejos que se clasifican en hidrolizables y condensados. Los taninos hidrosolubles están constituidos por unidades de ácido elálgico, y pueden estar unidos a una molécula de glucosa, tal como se observa en la figura (Gourment Garden, 2006 y Balasundram *et al.*, 2006). Los CPF son sustancias biológicamente activas y existen numerosas evidencias,

epidemiológicas, estudios in vitro, estudios en modelos animales e intervenciones en humanos, que indican que estos compuestos proporcionan un beneficio al organismo en contra diversas enfermedades. Entre las propiedades benéficas de los CPF están la protección contra lesiones celulares y subcelulares, inhibición del crecimiento de tumores, activación de los sistemas de detoxificación hepáticos y bloqueo de las vías metabólicas que pueden ocasionar carcinogénesis. Algunas de estas funciones se revisan más adelante en este artículo, con especial énfasis en los CPF derivados de especias mexicanas (Gálvez-Ranilla *et al.*, 2010).

2.6.3. Cilantro

Según SAGARPA en 2015 reporto que México se encuentra dentro de los principales países productores de cilantro en el mundo, reportando una producción de 1, 447,680 t. En el centro del país se encuentra el estado de México y Puebla como los principales productores de cilantro. En el Estado de México, los principales productores de cilantro son Tenango del Valle, Calimaya y Santiago Tianguistenco con una producción del 34 % del total (SAGARAP, 2015)

El cilantro es una hierba anual de la familia de las *Apiáceas*. Su nombre genérico *Coriandrum* viene del griego *Korios* que quiere decir chinche (el insecto), en alusión al desagradable olor que producen sus frutos aun verdes, y su nombre específico *sativum*, quiere decir que es una planta cultivada. Sus orígenes parecen inciertos, aunque por lo general se considera una planta proveniente del norte de África y el sur de Europa. El cilantro se utiliza en recetas tradicionales de muchas culturas alrededor del mundo desde hace miles de años. Sus semillas secas son,

por ejemplo, un ingrediente fundamental de preparaciones como el curry de la cocina india, y sus hojas frescas enteras o picadas, se consumen en muchos países latinoamericanos, así como en Chipre, Grecia, China o Japón, entre otros. Aparte del uso culinario, muchas culturas usan el cilantro como medicamento o remedio casero, atribuyéndole propiedades relajantes, antiespasmódicas y estomacales (Divia *et al.*, 2012).

El cilantro contiene compuestos fenólicos que son metabolitos secundarios de la planta, son solubles en agua y se pueden encontrar combinados con una molécula de azúcar (Guerra *et al.*, 2005). Se dividen en subgrupos y estos incluyen: ácidos fenólicos, flavonoides, flavones, glicoflavones, isoflavones, xantinas y taninos, entre otros (Wangesteen *et al.*, 2004; Msaada *et al.*, 2014). Estos compuestos también sirven como mecanismo de defensa de las plantas en condiciones de tensión ambiental, infección, luz excesiva o irradiación UV (Zou *et al.*, 2004; Salem *et al.*, 2014), constituye una serie amplia y compleja que expone su acción antioxidante y por consiguiente un efecto benéfico.

III. JUSTIFICACIÓN

La producción de conejo constituye una fuente importante para satisfacer las demandas proteicas en la alimentación del ser humano, de acuerdo con datos de la FAO (FAO, 2016). SAGARPA en el año 2015, reportó una producción de conejos en México de 4 200 toneladas de carne, por lo que es necesario impulsar el consumo de carne de conejo, para ofrecer al consumidor una alternativa de compra y aprovechar la biodiversidad en la alimentación, lo que representa una ventaja tanto económica como nutricional.

A efecto de producir carne con características óptimas para su consumo, es necesario realizar investigaciones que aporten los conocimientos necesarios para garantizar una alimentación nutritiva, sana e inocua, lo que representa una ventaja competitiva, lo anterior es un reto para la industria alimentaria del siglo XXI.

La digestibilidad es uno de parámetros utilizados para medir el valor nutricional de los distintos insumos destinados a alimentación, debido a que no basta que un elemento se encuentre en altos porcentajes en los insumos, sino que debe ser digerible para que pueda ser asimilado y, por último, aprovechado en el organismo que lo consume. Es por tanto que la digestibilidad, constituye una excelente medida de calidad (Au and Bidart, 1992).

Actualmente los investigadores pueden validar los diferentes niveles de un ingrediente antes de realizar las pruebas *in vivo* mediante estas pruebas de

digestibilidad *in vitro*, lo que ayuda a ser más precisos en los experimentos con animales (Titgemeyer, 1997).

En las últimas cuatro décadas, la transformación del consumidor de carne pasivo a un consumidor cognoscitivo ha puesto presión sobre las investigaciones y los sistemas de producción, para alcanzar niveles de calidad en la preservación y contenido nutricional de los alimentos que ofrecen (López y Montejo, 2005)

En la industria de la carne, la posibilidad de prolongar la vida útil al retrasar el deterioro oxidativo es uno de los objetivos más importantes (Luciano *et al.*, 2009), dado que la oxidación de algunos nutrimentos de la carne afecta su calidad y además puede ser perjudicial para la salud del ser humano que la consume.

Para alargar la vida de anaquel de la carne, retardando la oxidación tanto de grasas como de proteínas, es posible adicionarle directamente antioxidantes, pero no siempre es aceptable por parte del consumidor y en muchas ocasiones incrementa de manera considerable los costos (Descalzo y Sancho, 2008). Existen antioxidantes químicos y antioxidantes naturales que tienen una función protectora contra el daño oxidativo, entre ellos están los extractos naturales de plantas que forman metabolitos secundarios a través del metabolismo de los animales, capaces de realizar la acción protectora y antioxidante sobre los productos cárnicos. Entre ellos encontramos al cilantro ya que contiene compuestos fenólicos que son como: ácidos fenólicos, flavonoides, flavones, glicoflavones, isoflavones, xantinas, taninos, entre otros (Strack, 1996 y Harbone, 1998). Estos

compuestos sirven como mecanismo de defensa de las plantas en condiciones de tensión ambiental, infección, luz excesiva o irradiación UV (Harbone, 1998), y expone su acción benéfica como antioxidante.

Es por eso que resulta necesario que se realicen investigaciones sobre la calidad de carne de conejo, para ofrecer un producto inocuo y de calidad al consumidor y aumente la demanda.

Por lo anterior, se pretende evaluar si el consumo de cilantro por los conejos en finalización, retrasa la oxidación de grasas y proteínas para aumentar la vida de anaquel de la carne fresca.

IV. HIPÓTESIS

La adición de cilantro en la dieta de conejos disminuye la oxidación de la grasa y proteína en la carne durante la vida de anaquel en al menos dos días.

V. OBJETIVOS

5.1. OBJETIVO GENERAL

Disminuir la oxidación de la grasa y proteína en la carne durante la vida de anaquel mediante la adición de extracto acuoso de cilantro en la dieta de conejos.

5.2. OBJETIVOS PARTICULARES

- Determinar las dosis óptimas de extracto acuoso de cilantro por medio de la prueba *in vitro*, para adicionarlo en la dieta de conejos.
- Evaluar la oxidación de grasa, durante los 0, 3, 6 y 9 días de la vida de anaquel para determinar el efecto antioxidante de la adición con cilantro en la dieta.
- Evaluar la oxidación de proteína, durante los 0, 3, 6 y 9 días de la vida de anaquel para determinar el efecto antioxidante de la adición con cilantro en la dieta.
- Analizar los parámetros productivos por efecto de la adición de extracto acuoso de cilantro en la alimentación de conejos.
- Determinar el pH y color objetivo en la carne a los 0, 3, 6 y 9 días, a efecto de medir los cambios ocurridos en la vida de anaquel.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Elaboración del extracto acuoso de cilantro (EAC)

Los compuestos fenólicos son liberados mediante el proceso de trituración de las plantas, para realizar el EAC se tuvo como referencia la metodología propuesta por Salem *et al*, (2014), en donde se utilizaron 50 g de hoja de cilantro variedad Hércules y 400 mL de agua potable, se molió durante 5 min. con ayuda de una licuadora Hamilton Beach posteriormente se filtró con papel Whatman® No. 1. El extracto obtenido se almacenó a 4 °C.

6.2. Cuantificación de compuestos fenólicos en el extracto acuoso de cilantro por el método Folin Ciocalteu

Los polifenoles se cuantificaron con el método propuesto por Folin Ciocalteu (1927) para el cual se utilizaron 240 µL del extracto acuoso de cilantro en una concentración 1:10 al que se le agregó 150 µL del reactivo Folin y se dejó reposar durante 5 min, posteriormente se agregó 600 µL de CNa_2O_3 al 15 % p/v y 2010 µL de agua, se dejó reposar a temperatura ambiente durante 2 horas y se realizó la lectura a 760 nm usando como estándar ácido gálico. Los resultados se expresan en EAG/mg.

6.3. Determinación de las dosis a utilizar en el experimento *in vivo* mediante ensayo *in vitro*.

Para determinar las dosis a utilizar durante el experimento *in vivo*, se realizó una evaluación previa mediante un ensayo *in vitro*, siguiendo la metodología

propuesta por Theodorou *et al.*, (1994), utilizando para el inóculo 10 mL de contenido cecal de conejo y 40 mL de solución nutritiva, se mezcló en un contenedor con CO₂ a 39 °C y posteriormente se realizó el filtrado a cuatro capas utilizando gasa.

Posteriormente se colocaron 15 frascos color ámbar de 110 mL de capacidad (3 por tratamiento) a los que se les adicionó 0.5 g de la dieta (cuadro 6), 50 mL de inóculo y las diferentes dosis de extracto acuoso T1, 0 mL; T2, 0.6 mL; T3, 1.2 mL y T4, 1.8 mL y para el Blanco solo se colocó la dieta y el inóculo mismos que se incubaron a 39 °C según lo reportado por Salem *et al.*, 2014.

Cuadro 6.- Análisis reportado del alimento comercial pelletizado para conejos.

Nutrientes	%
Proteína	15.50
Grasa	2.00
Fibra	15.00
Cenizas	9.00
Humedad	12.00
Extracto libre de nitrógeno	46.50
Calcio	1.00
Fósforo	0.55

Con ayuda de un manómetro se midió la presión de gas producida a intervalos de 2 h hasta llegar a las 18 h y posteriormente a la hora 24 y 36, al mismo tiempo en cada medición se extrajo 5 mL de gas con una jeringa y se depositaron en un detector de CO₂ y CH₄. Los resultados se expresaron en

mg/g de materia seca (MS) en la producción de gas total, en mL/ g MS en CO₂ y CH₄.

6.4. Fase productiva

6.4.1. Localización

El experimento se realizó en la granja Matriz DISCONNENZA, localizada en Nezahualcóyotl, Estado de México a una latitud de 19° 24'00" N y 98° 59' 20" O, a 2220 msnm. La temperatura media anual es de 20 °C y la precipitación media anual de 774 mm.

6.4.2. Metodología

Se utilizaron 84 gazapos de 28.7 ± 0.21 días de edad de cruzamientos terminales de las razas Nueva Zelanda blanco y Chinchilla. Los conejos fueron asignados completamente al azar en tres tratamientos: 1) 8.2 mL de agua o grupo control; 2) 4.2 mL de extracto acuoso de cilantro y 4.2 mL de agua y 3) 8.4 mL de extracto acuoso de cilantro. La administración a los conejos del extracto acuoso de cilantro se realizó por medio de atomización en el alimento a las 8:00 am y se realizó a partir del día 0 hasta el día de matanza. El diseño experimental fue completamente al azar con 4 repeticiones por tratamiento y la unidad experimental fue la jaula. Los gazapos fueron designados en 3 tratamientos de 28 animales quedando 7 conejos por jaula. Los gazapos fueron pesados al inicio del experimento previo ayuno de 8 horas, cada semana durante 5 semanas y al final

de la engorda, utilizando una báscula de precisión digital TOR-REYMR MFQ-40, comenzando siempre con la misma jaula (de izquierda a derecha).

6.4.3. Instalaciones y ambiente

Los animales fueron alojados en una unidad de engorda con 25 x 10 metros provistos de aislamiento térmico en techos y paredes, para los diferentes tratamientos se mantuvieron en jaulas modulares marca EXTRONA dispuestas en un sistema “flat-deck” provistas de bebedero automático en forma de tetina y comedero tipo tolva con una capacidad de alimento de 5000g.

6.4.4. Manejo alimenticio

Los animales fueron alimentados *ad libitum* con alimento balanceado comercial peletizado (Conejina N Purina). La dieta estaba constituida de: 15.5% de proteína, 2% de grasa, 15% de fibra, 9% de cenizas, 12% de humedad, 46.5% de extracto libre de nitrógeno, 1% de calcio y 0.55% de fósforo. La administración de alimento y el rechazo fueron registrados cada semana por jaula para estimar el consumo de alimento y la conversión alimenticia.

6.4.5. Faenado

La matanza de los animales se realizó a los 70 días de edad con ayuno previo de 12 h, se pesaron y se realizó la matanza de acuerdo a lo establecido por la NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ZOO-1995, Especificaciones y Procedimientos para la verificación de carnes, canales, vísceras y despojos de

importación en puntos de verificación zoosanitaria y la NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne y NOM-033-SAG/ZOO-2014, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.

6.4.6. Mediciones en canal

Posterior al faenado se pesó la canal caliente (45 minutos), pH y temperatura. A las 24 horas, se midió pH y temperatura en canal fría, y merma de la canal utilizando un Potenciómetro de la marca Hanna y una báscula TOR-REYMR MFQ-0000 respectivamente.

6.4.6.1. pH

La primera lectura de pH (pH 0) se realizó *in situ* en el músculo *Longissimus dorsi* (LD), del lado derecho a nivel de la cuarta y quinta contilla, la segunda lectura se realizó a las 24h después de la matanza (pH₂₄). Para el análisis se utilizó un potenciómetro portátil con electrodo de penetración. Los análisis subsecuentes se realizaron en las muestras tomadas a los 3, 6 y 9 días de almacenamiento (Kirk, 2009).

6.4.6.2. Color

La determinación del color se realizó mediante el uso de colorímetro Minolta (Chroma meter CR-400, Cabezal de Medición CR-400, Plato de Calibración CR-A43, lámpara de xenón pulsante, geometría difusa, ángulo de visión de 0°, Tokio, Japón), se calibró el equipo acorde al fabricante y se tomó la lectura de la muestra por triplicado, rotándola 90° entre cada lectura, la medición se realizó durante los días 0, 3, 6 y 9 de vida de anaquel (Alberti *et al.*, 2005 y Honikel, 1998).

Una vez obtenidas las mediciones en la canal los lomos se cortaron en chuletas de 1 cm² y se empacaron en platos de unicel cubiertos con plástico PVC autoadherente, almacenadas en refrigeración (4 °C) durante 3, 6 y 9 días.

6.5. Medición de la oxidación lipídica mediante la determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico (TBARS).

6.5.1. Obtención del Extracto de la carne para determinar la oxidación lipídica

Se pesaron 5 g de carne a los que se les agrego 20 mL de la solución de ácido tricloracético (TCA) al 5% p/v y se homogenizó con ayuda de un homogenizador IKA T 18 Ultra Turrax (Staufen, Alemania) durante un minuto, posteriormente se centrifugo durante 30 minutos a temperatura de 4° C (Centrifuga 5810R Eppendorf, Hamburgo, Alemania), el sobrenadante se filtró con ayuda de papel Wathman No. 4 y se almacenó en congelación por triplicado hasta su posterior uso (Raharjo Sri *et al.*, 1992).

6.5.2. Determinación de sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico

Se utilizó 11 mL del extracto obtenido y se le adicionó 1 mL del ácido tiobarbitúrico (TBA) 80 mM, aplicando un tratamiento térmico a 94 °C durante 30 min, se dejó enfriar y posteriormente se leyó su absorbencia a 530 nm. Los resultados se reportaron en mg de malonaldehído (MDA)/kg de carne, utilizando el coeficiente de extinción molar de $1.56 \times 10^5 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$ (Raharjo Sri *et al.*, 1992).

6.6. Medición de la oxidación proteica mediante la determinación de carbonilos (DNPH)

6.6.1. Obtención del Extracto de la carne para determinar la oxidación proteica

Se pesaron 3 g de carne a los que se les agregó 30 mL de buffer de pirofosfato a pH 7.4 y se homogenizó con ayuda de un homogenizador IKA T 18 Ultra Turrax (Staufen, Alemania) durante 1 minuto, posteriormente se centrifugó durante 30 minutos a temperatura de 4° C (Centrifuga 5810R Eppendorf, Hamburgo, Alemania), el sobrenadante se filtró con ayuda de papel Wathman No. 4 y se almacenó en congelación por triplicado hasta su posterior uso.

6.6.2. Método de DNPH

Se utilizó 0.1 mL del extracto y se le adicionó 1 mL de TCA al 10% p/v, se centrifugaron durante 5 min, se eliminó el sobrenadante, en 2 tubos diferentes, al primero se le adicionó 1 mL de HCl y fue etiquetado como muestra A, al segundo se le adicionó 1 mL de DNPH y fue etiquetado como muestra B. Los tubos se incubaron una hora a temperatura ambiente agitando cada 15 min, una vez transcurrido este tiempo se adicionó a cada tubo 1 mL de TCA y se centrifugó durante 5 min, se eliminó el sobrenadante y el precipitado resultante se lavó con 1 mL de etanol/acetato de etilo (1:1) finalmente se le agregó 1.5 mL de hidrocloreuro de guanidina, se realizó la lectura de la muestra A para calcular la concentración de proteína a 280 nm usando como estándar albumina de huevo, y los carbonilos de la muestra B a 370 nm utilizando el coeficiente de extinción molar para las

hidrazonas ($21\text{mM}^{-1}\text{ cm}^{-1}$). Los resultados se expresan en nmol de carbonilos por mg de proteína durante 0, 3, 6, y 9 días.

6.7. Diseño experimental

Se aplicó un diseño completamente al azar en el cual se realizaron 3 ANOVAS al 5% ($P\leq 0.5$), uno para el análisis productivo, uno para el físico y otro para oxidación de grasa y proteína. Las variables de estudio de los tres casos fueron los tratamientos (T1, T2 y T3) y las variables respuesta fueron para el productivo: ganancia diaria de peso, consumo de alimento y eficiencia alimenticia, para el físico: temperatura, pH y color y para la oxidación de grasa y proteína: las sustancias reactivas con el ácido tiobarbitúrico y la formación de carbonilos respectivamente.

Al encontrarse diferencias significativas se aplicó una prueba de comparación de medias de Tukey al 5% ($P\leq 0.5$).

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Capítulo 1.- Artículo

INCLUSION OF EXTRACT OF CORIANDER (*Coriandrum sativum*) IN DIET OF RABBITS ON THE PRODUCTION OF GAS *IN VITRO*

7.2. Capítulo 2.- Artículo

ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL CILANTRO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE DE CONEJO

1 **Evaluating the effects of supplementing aqueous extract of coriander (*Coriandrum***
2 ***sativum*) on *in vitro* gas production and fermentation parameters of rabbits diets**

3
4 P. Mabel Marín-Mendoza; M. Dolores Mariezcurrena-Berasain^b; E.A. Ugbogu^c, Abdelfattah

5 Z. M. Salem.^a M. Antonia Mariezcurrena-Berasain^a;

6 ^a*Autonomous Mexico State University. Faculty of Veterinary Medicine and Zootechnics. El*
7 *Cerrillo University Campus. Toluca, Mexico. C. P. 50090, Mexico.*

8 ^b*Autonomous Mexico State University. Faculty of Agricultural Sciences. El Cerrillo*
9 *University Campus. Toluca, Mexico. C. P. 50090, Mexico.*

10 ^c *Department of Biochemistry, Abia State University, P.M.B 2000, Uturu. Abia State,*
11 *Nigeria.*

12 **Abstract**

13 This current study was conducted to evaluate the influence of different doses of aqueous
14 extract of *Coriandrum sativum* (AECS) on *in vitro* gas production (GP), methane (CH₄)
15 production and some fermentation parameters such as metabolizable energy (ME),
16 microbial crude protein (MCP), and short chain fatty acids (SCFA) on rabbit cecal
17 inoculum using *in vitro* gas production technique. *Coriandrum sativum* aqueous extract
18 was prepared at the concentration of 0.125 g/mL. Four different doses of supplemented
19 aqueous extract of *Coriandrum sativum* extract; 0 (control without *Coriandrum sativum*
20 *extract*), 0.6, 1.2 and 1.8 mL extract/g dry matter (DM) were tested. No linear or quadratic
21 effect ($P > 0.05$) was observed on addition of AECS on gas production and CH₄ production
22 parameters (i.e., asymptotic gas/CH₄ production, rate of gas/CH₄ production and initial
23 delay prior to gas/CH₄ production. However, asymptotic gas production (GP) slightly
24 decreased by addition of AECS at all doses but the decrease was not statistically significant
25 ($P > 0.05$) when compared with the control. Inclusion of AECS at the dose of 1.8 mL/g
26 DM had the lowest asymptotic CH₄ production and initial delay prior to CH₄ production.
27 Addition of the AECS did not produce any linear or quadratic effect ($P > 0.05$) on pH, ME,

28 MCP, SCFA and DMD but there was a decrease in pH and slight increase in ME, MCP,
29 SCFA at the highest dose of 1.8 mL/g DM when compared to the control and other tested
30 doses. The AECS inclusion at the doses of 1.2 and 1.8 mL/g DM decreased non-
31 significantly ($P>0.05$) the ml/g incubated DM and ml/g degraded DM CH_4 production at all
32 incubation time. Inclusion of AECS did not affect proportional CH_4 production. This result
33 showed that inclusion of AECS had no significant effects ($P>0.05$) on gas production, CH_4
34 production and fermentation parameters. However, the addition of AECS at 1.8 mL/g DM
35 reduced asymptotic GP, CH_4 production and improve fermentation parameters of rabbits
36 when compared with the control and other tested doses.

37 **Key words:** Cecal inoculum, *Coriandrum sativum* extract, gas production, degradability, *in*
38 *vitro* fermentation.

39 INTRODUCTION

40 Rabbits are edible herbivorous animals that are recently taking up increasing role in meat
41 production (Biagini *et al.*, 2016). They are economically small animals to buy and rear
42 compared to ruminants because they require little space, have short productive cycle, easy
43 to handle and low inter-individual variability. However, formulation of diet and feeding
44 rabbits are complex because of its physiology, (cecotrophy). This makes it a sensitive
45 animal to manipulate its diets (Calabrò *et al.*, 2010). Again, during the intensive breeding of
46 rabbits the mortality rate is often very high due to disturbances cause in most case by
47 inadequate nutrition. Because rabbits are raised under confinement, they depend entirely on
48 the food that is provided to them. Generally, their diets consist of concentrated food that
49 contains all the nutrients they need (Clavijo & Balkis, 2002). The effect of nutrients on
50 fermentation parameters especially microbial activity in rabbit caecum is very essential due
51 it is directly linked to the healthy state of the rabbits. The cecum is an area of bacterial
52 growth that has a direct influence on the digestive process, nutritional requirements and
53 types of food rabbits can use for their growth and reproduction (Dihigo *et al.*, 2004). To
54 stabilize the rabbit's cecal microbial fermentation, natural feed additives such as plant
55 extracts could be used. The use of feed additives such as natural extracts from plants has
56 increased in recent years as a result of the search for natural agents with antibacterial action
57 and growth promoters (Ardila *et al.*, 2009). Some plant components have been studied as

58 additives in the diet since they are considered a potential source of phenolic compounds,
59 with high antioxidant activities (Burdok & Carabin, 2009). Antioxidants are compounds
60 that reduce the rate of oxidation by controlling the formation of free radicals, which play an
61 important role in disease control. One of plants with such potentials is coriander
62 (*Coriandrum sativum* L.). *Coriandrum sativum* L. is a glabrous aromatic, herbaceous plants
63 widely used in folk medicine. It plays vital role as an antibacterial, antifungal and anti-
64 oxidative agent (Msaada *et al.*, 2013; Mandal and Mandal, 2015). It also plays essential role
65 as a flavouring agent and adjuvant and helps in maintaining the shelf-life of foods stuff by
66 preventing food spoilage and food borne diseases (Mandal and Mandal, 2015).

67 Recent studies have shown that plant extracts contain specific plant secondary metabolites
68 (PSM) with potentials as an alternatives feed additives to manipulate microbial activities of
69 animals (Jiménez-Peralta *et al.*, 2011; Salem *et al.*, 2014). The major plant secondary
70 metabolites, polyphenolics, especially tannins, have great potentials to influence microbial
71 activity in caecum (Štruklec *et al.*, 1993), improve meat production (Štruklec and
72 Kermauner, 1994) and reduce mortality in rabbits (Atta and Mouneir, 2005; Maertens and
73 Štruklec, 2006).

74 However, the presence of tannins in a higher concentration forms complexes with proteins
75 (Mangan, 1988; McLeod, 1974), and these complexes can provoke negative effects by
76 making them unavailable to caecal microorganisms and there reduces digestibility of
77 nutrients. High consumption of tannins or saponins can also caus haemolytic effect and
78 may even lead to the death of the animals (Athanasiadou and Kyriazakis, 2004). In
79 addition, plant secondary metabolites have also shown to enhance protein metabolism,
80 decrease CH₄ emission, and suppress or stimulate microbial growth (Makkar *et al.*, 1998)
81 while some PSM reduce nutritional stress improve animal health and productivity
82 (Xhomfulana *et al.*, 2009; Salem *et al.*, 2010) resulting in weight gain, and voluntary feed
83 intake of the animals (Salem *et al.*, 2011, 2014). No scientific information is available on
84 the use of *Coriandrum sativum* as feed additive to modify gas production, CH₄ and
85 fermentation parameters. This present study therefore evaluate the influence of adding
86 aqueous extract of *Coriandrum sativum* at different doses on *in vitro* gas production, CH₄
87 production and fermentation parameters of rabbit cecal inoculum using *in vitro* gas
88 production technique.

89

90 **METHODHOLOGY**

91 The experiments were carried out in the Laboratory of Animal Nutrition of the Faculty of
92 Veterinary Medicine and Zootechnics of the Autonomous University of the State of
93 Mexico. The ethical principles of animal care and handling were adhered strictly in
94 accordance with the official Mexican norm of animal care NOM-051-ZOO-1995
95 throughout the experiment.

96

97 **Preparation of extract**

98 *Coriandrum sativum* L. Leaves were randomly collected from the mature plants. The leaves
99 were washed with distilled H₂O and freshly grinded using house hold blender., Exactly 50
100 g grinded *Coriandrum sativum* leaf were soaked in 400 ml of distilled H₂O and incubated
101 for 3 min. After incubation, the mixture was filtered immediately with double gauze filter
102 and the filtrates were stored in a glass jar at 4oC for further use.

103 ***In vitro* incubations**

104 Cecal samples were collected directly from the cecum of New Zealand white rabbits of
105 approximately 11 weeks of age (2.21 ± 0.13 kg) and a composite sample was made for *in*
106 *vitro* incubation. Bottles of amber glass of 115 mL capacity were used, 0.5 g of the
107 commercial pellet-based diet was placed as a substrate consisting of: 15.5% protein, 2% fat,
108 15% Fiber, 9% ash, 12% moisture, 46.5% nitrogen free extract, 1% calcium and 0.55%
109 phosphorus. Subsequently 40 mL of nutrient medium was added along with 10 g of the
110 cecal inoculum. While the inoculum was added to the bottles, a continuous flow of CO₂
111 was maintained to maintain the anaerobiosis condition and did not affect the
112 microorganisms present. The aqueous extract of coriander was also added at the

113 concentrations of 0 mL, 0.6 mL, 1.2 mL and 1.8 mL to three different bottles for extract
114 dose and incubated at 39 °C for 48 h. At the time of removal of the CO₂ source, a rubber
115 stopper was placed and then sealed with a plastic ring and adhesive tape being hermetically
116 sealed. The bottles were placed at 39 °C in a forced ventilation oven and by puncture of the
117 rubber stopper with a hypodermic needle the gas pressure inside the flask was set to zero.
118 From that moment, the pressure generated by the fermentation of the substrate at 0, 2, 4, 6,
119 8, 10, 12, 14, 16, 18, 24, 36 and 48 hours was observed (Extech Instruments, Waltham EE.
120 UU) Theodorou *et al.* (1994). Total Gases were measured by means of a Manometer
121 (Extech 407910). At the end of incubation, the bottles were uncovered to measure pH using
122 a pH meter digital (Conductronic pH15, Mexico). After pH measurement, the contents of
123 each bottle were filtered (Coarse Porosity 1, pore size 100-160 mm). Fermentation residues
124 were dried at 65 °C for 72 h at night to estimate dry matter degradation (DMD), with
125 weight loss after drying being the degradable DM measurement.

126 **Calculations**

127 Gas accumulation pressure at the top jars was measure with a pressure transducer
128 connected to a digital reader. Psi unit conversion was determinate through a previously
129 equation obtained by SAS program (PROC REG, 2002):

$$130 \quad Y = 0.024 + 5.34X + 0.031X^2$$

131 Where y = is the volume (8 mL); X is pressure (psi) with a $R^2 = 0.99$. Kinetic parameter of
132 gas production (GP) results (mL/g DM) were fitted using NLIN option of SAS (2002)
133 according to France *et al.* (2000) model as:

$$134 \quad A = b \times [1 - e^{-c(t-L)}]$$

109 15% Fiber, 9% ash, 12% moisture, 46.5% nitrogen free extract, 1% calcium and 0.55%
110 phosphorus. Subsequently 40 mL of nutrient medium was added along with 10 g of the
111 cecal inoculum. While the inoculum was added to the bottles, a continuous flow of CO₂
112 was maintained to maintain the anaerobiosis condition and did not affect the
113 microorganisms present. The aqueous extract of coriander was also added at the
114 concentrations of 0 mL, 0.6 mL, 1.2 mL and 1.8 mL to three different bottles for extract
115 dose and incubated at 39 °C for 48 h. At the time of removal of the CO₂ source, a rubber
116 stopper was placed and then sealed with a plastic ring and adhesive tape being hermetically
117 sealed. The bottles were placed at 39 °C in a forced ventilation oven and by puncture of the
118 rubber stopper with a hypodermic needle the gas pressure inside the flask was set to zero.
119 From that moment, the pressure generated by the fermentation of the substrate at 0, 2, 4, 6,
120 8, 10, 12, 14, 16, 18, 24, 36 and 48 hours was observed (Extech Instruments, Waltham EE.
121 UU) Theodorou *et al.* (1994). Total Gases were measured by means of a Manometer
122 (Extech 407910). At the end of incubation, the bottles were uncovered to measure pH using
123 a pH meter digital (Conductronic pH15, Mexico). After pH measurement, the contents of
124 each bottle were filtered (Coarse Porosity 1, pore size 100-160 mm). Fermentation residues
125 were dried at 65 °C for 72 h at night to estimate dry matter degradation (DMD), with
126 weight loss after drying being the degradable DM measurement.

127 **Calculations**

128 Gas accumulation pressure at the top jars was measure with a pressure transducer
129 connected to a digital reader. Psi unit conversion was determinate through a previously
130 equation obtained by SAS program (PROC REG, 2002):

$$131 \quad Y = 0.024 + 5.34X + 0.031X^2$$

135 Where A is the volume of GP at time t , b is the asymptotic GP (mL/g DM), k is the rate of
136 GP (/h) and L (h) is the discrete lag time prior to GP.

137 Metabolizable energy (ME, MJ/kg DM) was estimated according to the method of Menke
138 *et al.* (1979) as:

$$139 \text{ ME (MJ/Kg DM)} = 2.20 + 0.136 \text{ GP} + 0.057 \text{ CP}$$

140 Gas yield at 4 and 6 h (GY_4 , GY_6) was calculated as the volume of gas (mL gas/g DM)
141 produced after and before those time periods of incubation divided by the amount of DM
142 (g) as:

$$143 \text{ Gas yield (GY}_{24}\text{)} = \text{mL gas/g DMD}$$

144 Short chain fatty acids (SCFA) were calculated (Getachew *et al.*, 2002) as:

$$145 \text{ SCFA (mmol/200 mg DM)} = 0.0222 \text{ GP} - 0.00425$$

146 Where; GP is 24 hours net gas production (ml/200 mg DM).

147 Microbial Crude Protein production (MCP) was calculated (Blümmel *et al.*, 1997) as:

148 $\text{MCP (mg = g DM)} = \text{mg DMD} - (\text{ml gas} \times 2.2\text{mg/ml})$ where the 2.2 mg/ml is a
149 stoichiometric factor that expresses mg of C, H and O required for the SCFA gas associated
150 with production of one ml of gas (Blümmel *et al.*, 1997).

151

152 **Statistical analyses**

153 The three replicates of the individual samples were averaged before the statistical analysis,
154 so the mean values of each individual sample were used as the experimental unit. The
155 results of GP *in vitro* cecal fermentation parameters were analyzed using the PROC GLM
156 option of SAS (2000) where GP is net GP in ml of 500 mg of dry sample after 24 h of
157 incubation having as model:

158

$$159 Y_{ijk} = \mu + R_i + D_j + (R \times D)_{ij} + E_{ijk}$$

160

161 Where: Y_{ijk} = is each observation of the type of ration i -th (R_i) with j th = dose of AEC
162 (D_j); M is the general mean; $(R D)_{ij}$ is the interaction between ration and dose of CAD;
163 E_{ijk} is the experimental error.

164 Linear and quadratic polynomial contrasts were used to examine different responses and
165 levels of CAD. Statistical significance was stated at $P < 0.05$.

166

167 RESULTS

168 Table 1 shows the results of *in vitro* gas production and CH_4 production after rabbit diets
169 were supplemented with different doses of coriander. No linear or quadratic effects
170 ($P > 0.05$) of AECS on the gas production. The asymptotic GP slightly decreased with
171 increased in AECS. The dose of 1.8 mL/DM had the lowest asymptotic gas production (130
172 mL/DM) compared to the control (200 mL/DM) and other doses; 0.6 ml (165 mL/DM) and
173 1.2 ml (153 mL/DM). All the doses of the extract did not produce any significant effect
174 ($P > 0.05$) on the rate of gas production and initial delay prior to gas production.

175 No linear or quadratic effect ($P > 0.05$) was observed on addition of AECS on CH_4
176 production parameters (i.e., asymptotic CH_4 production, rate of CH_4 production and initial
177 delay prior to CH_4 production). However, addition of AECS had a slight decrease at the
178 doses of the extracts increases and the dose of 1.8 mL/g DM had the lowest asymptotic CH_4
179 production and initial delay prior to CH_4 production.

Table 1. Gas production and CH₄ *in vitro* after 48 h incubation in rabbit diet with different doses of aqueous extract of coriander (mL/g DM).

AEC Dosage, mL/g DM	Gas Production (mL/0.5g DM)			CH ₄ production (mL/0.5g DM)		
	<i>b</i> , mL/g DM	<i>c</i> , /h	<i>L</i> , /h	<i>b</i> , mL/g DM	<i>c</i> , /h	<i>L</i> , /h
0	200.63	0.067	3.45	13.77	0.066	7.94
0.6	165.03	0.094	3.01	13.27	0.085	8.53
1.2	153.30	0.095	3.08	12.29	0.059	7.12
1.8	130.63	0.098	3.79	11.56	0.062	7.07
SEM	47.03	0.033	0.714	5.391	0.029	0.853
<i>P</i>	0.384	0.664	0.547	0.957	0.715	0.188
Linear	0.105	0.289	0.575	0.629	0.868	0.244
Quadratic	0.720	0.630	0.315	0.924	0.805	0.540

AEC, aqueous extract of coriander; *b*, asymptotic gas production; DM, dry matter; *c*, rate of gas production; *L*, initial delay before gas production begins; *h*, hours; GP, gas production and CH₄, methane.

Table 2 shows the proportional *in vitro* CH₄ production of different doses of AECs. The AECs had no significant effects ($P>0.05$) on the incubated mL/DM and degraded mL/DM at different doses when compared to the control. However, at 6, 24 and 48 h incubation, 1.8 mL/DM dose had the lowest incubated mL/DM and degraded mL/DM. There was no statistically significant ($P<0.05$) on

proportional CH₄ production at different doses but the control had the highest proportional CH₄ production at 6 h incubation while the doses of 1.8 mL/DM and 0.6 mL/DM had the highest proportional CH₄ production at 24 and 48 h respectively.

Table 2. Proportional proportions of methane in vitro (CH₄) as a percentage of the total gas productions of three different levels of aqueous coriander extract in rabbits.

AEC Dosage, mL/g DM	Incubated mL/g DM			Degraded mL/g			Proportional CH ₄ production		
	6 h	24 h	48 h	6 h	24 h	48 h	6 h	24 h	48 h
0	4.00	9.62	12.00	10.65	25.19	31.01	7.07	7.10	18.59
0.6	4.20	9.81	12.09	11.31	27.00	33.74	5.97	6.55	19.51
1.2	3.65	9.23	11.49	7.97	20.15	25.10	5.81	7.06	17.06
1.8	3.51	8.79	10.87	7.67	19.37	24.07	6.48	7.59	18.63
SEM	1.05	2.87	4.21	2.98	8.68	12.80	1.68	1.81	6.38
P	0.846	0.972	0.982	0.386	0.657	0.759	0.799	0.918	.097
Linear	0.584	0.734	0.750	0.257	0.435	0.525	0.680	0.752	0.993
Quadratic	0.894	0.989	0.984	0.586	0.738	0.794	0.444	0.827	0.740

AEC, aqueous extract of coriander; DM, dry matter; h, hours and CH₄, methane.

Table 3 shows the effect of AECs on the *in vitro* ceal fermentation profile of rabbits. There was no statistical significant ($P>0.05$) impact on the pH, metabolize energy (ME), microbial crude protein (MCP), gas yield (GY₀₋₄₈) and short chain fatty acid (SCFA).

However, the addition of AECS at 1.8 mL/DM showed slight decrease in pH, and also increase ME, MCP, GY24, SCFA and DMD when compared to the control (without AECS) and other tested doses.

Table 3. *In vitro* cecal fermentation profile of the different levels of aqueous extract of coriander (mL/g DM) in rabbits diet.

AEC Dosage, mL/g DM	pH	ME, MJ/kg DM	MCP, mg/g DM	GY ₂₄ mL gas/g DMD	PF ₂₄ mg DMD/mL gas	SCFA, mmol/g DM	DMD, mg/g DM
0	6.11	6.85	541.30	165.83	6.04	3.13	0.388
0.6	6.10	6.72	532.33	163.30	6.14	3.02	0.380
1.2	6.12	7.16	562.30	169.66	5.90	3.37	0.457
1.8	5.86	7.53	587.96	174.56	5.72	3.68	0.458
SEM	0.345	0.575	39.582	7.798	0.281	0.467	0.058
<i>P</i>	0.753	0.380	0.378	0.374	0.361	0.373	0.264
Linear	0.401	0.187	0.186	0.207	0.210	0.185	0.181
Quadratic	0.578	0.939	0.935	0.925	0.922	0.929	0.431

AECS, aqueous extract of coriander; DM, dry matter; DMD, DM degradability; MCP, microbial crude protein production; GY₂₄, gas yield at 24 h of incubation; ME, metabolizable energy and SCFA, short chain fatty acids.

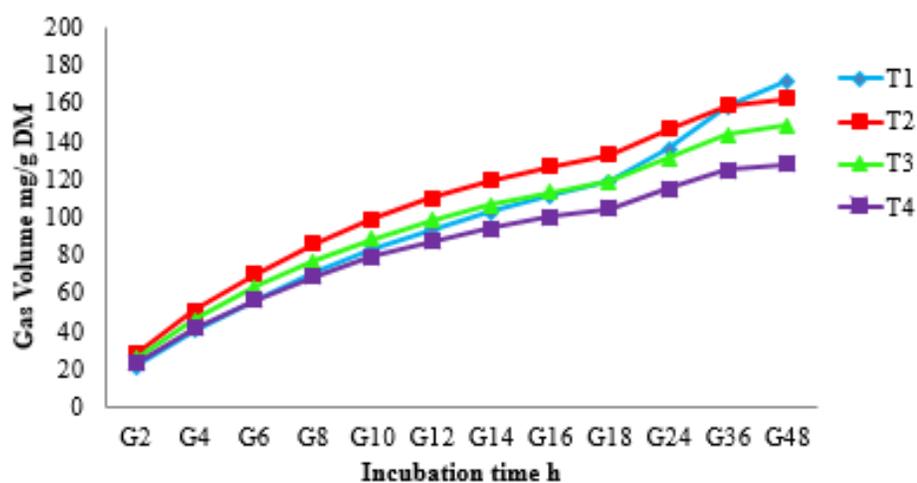


Fig. 1. *In vitro* gas production (mL/g DM) over a period of 48 h with different levels of aqueous extract of coriander (AEC) in the rabbit diet.

T1, T2, T3, T4

CH2, CH4, CH8, CH10.....CH48

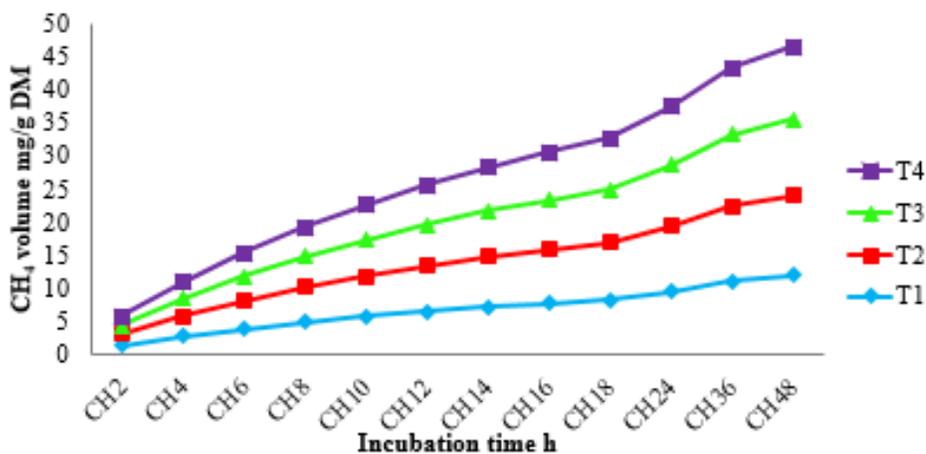


Fig. 2. *In vitro* production of methane gas (mL/g DM) over a period of 48 h with different levels of aqueous coriander extract in the rabbit diet.

T1, T2, T3, T4 CH2, CH4, CH8, CH10.....CH48

1 Discussion

2 Over the past decades, nutritional scientists in collaboration with other scientists are very
3 keen to develop nutritional strategies that will maximal livestock production and effectively
4 lower the cost of production to the barest minimum. Their willingness to achieve this goal
5 has prompted the use of additives such as antibiotics, ionospheres and probiotics in animal
6 production (Nagaraja, 1995; Quinn et al., 2009). However in past ten (10) years the use of
7 these additives have drastically faced decreased social acceptance especially the use of
8 antibiotics because of the anticipated harmful effects on the quality and safety of the meat
9 and other dairy products as well as to the consumers. Today the use of antibiotics as
10 livestock feeding additives has been banned within the European Union (Official Journal of
11 the European Union, 2003). The consequences of these effects have propelled the
12 nutritional scientists and microbiologists to exploit the use of natural feed additives such as
13 plant extracts to improve nutrient utilization, digestibility of feeds, and increase microbial
14 protein production as well as reduce emission of greenhouse gases (Patra and Saxena *et al.*,
15 2011). In this study, *in vitro* fermentation technique was used to evaluate the effect of
16 supplementing aqueous AECS on *in vitro* gas production and fermentation parameters of
17 rabbit's diets. There was no linear or quadratic effect ($P>0.05$) of addition of AECS on gas
18 production parameters (i.e., asymptotic gas production, rate of gas production and initial
19 delay prior to gas production) as shown in Table 1. The asymptotic gas production decreased
20 with increasing AECS. This result is not in agreement with the findings of Jiménez-Peralta
21 et al. 2011; Salem et al. 2014 that reported that addition of *S. babylonica* and *L.*
22 *leucocephala* increased gas production. The decreased in GP could be attributed to the high
23 amount of plant secondary metabolites and antimicrobial agents in the AECS, which may
24 have negative impacts on fermentation profile of rabbits. Lower *in vitro* gas production
25 may also be due low soluble sugar in the AECS which could have negative influence on the
26 microbial activity of the rabbits. Delgado-Pertiniez *et al.* (1998) and Dihigo *et al.* (2002)
27 have also reported negative effects of including higher concentration of poly(phenolic)
28 compounds in animal diets. They opined that these compounds bound to the cell wall of the
29 substrates and prevent the enzymes from utilizing the substrates, for example the proteases
30 or the presence of other substances could interfere in the digestibility of the nutrients thus

1 diminishing the production of NH_3 , a factor that limits the growth of bacteria and the
2 digestion of cecal fiber (McSweeney *et al.*, 2001).

3 It has been well established that CH_4 production has negative impacts on livestock
4 production because it causes energy loss and also bloating as a result of its accumulation.
5 The result of this study showed that in CH_4 production, there was no statistical significant
6 ($P > 0.05$) on asymptotic CH_4 production, rate of CH_4 production and initial delay prior to
7 CH_4 production. However, inclusion of AECS had decreased effect as the doses of the
8 AECS increases. The dose of 1.8 mL/g DM had the lowest asymptotic CH_4 production (11
9 mL/DM) and initial delay prior to CH_4 production (7 mL/DM). This finding is similar to
10 the result of Kim *et al.* (2012) who reported that CH_4 production was highest in the control
11 and lowest when garlic extracts were added. Garcia-González *et al.* (2008) and Kamra *et al.*
12 (2008) also reported that *Allium sativum* extract decreased CH_4 production by more than
13 20%. This reduction in CH_4 production may be due the antimicrobial properties of plant
14 extract which might have influenced the methanogenesis in the studied animals.

15

16 There was no linear or quadratic effect ($P > 0.05$) on the pH, metabolize energy (ME),
17 microbial crude protein (MCP), gas yield (GY_{24}), PF_{24} and short chain fatty acid (SCFA).
18 However, the addition of AECS at 1.8 mL/DM slightly decreased the pH, and PF_{24} . Slyter,
19 (1976) reported that high level of plant secondary metabolites have the capacity to lower
20 the pH and influence the microbial population. Garcia *et al.* (2002) also reported that in
21 growing rabbits that there is a progressive reduction in caecal pH when digestible
22 percentage of neutral detergent fiber (NDF) in feeds increases.

23 In addition, no statistical difference ($P > 0.05$) in SCFA caecum content was found between
24 the AECS doses and the control in the present study but a slight decrease in pH lower than
25 the control and minor increase in SCFA greater than the control was observed as the doses
26 increases. This result is similar to the report of Mista (2007) who observed higher propionic
27 acid content in the total VFA volume and a lower pH of the rabbit caecal content in treated
28 groups when compared to the control groups.

29 Chang *et al.* (2007) reported that increased Soyhulls inclusion level linearly decreased pH
30 values and ammonia-N concentrations of caecal contents, but increased total VFA
31 concentrations. They were of the opinion that the decreased in cecal pH, and ammonia-N

1 concentration as well as higher VFA concentration suggest high fermentation and active
2 microbial synthesis in the cecum. The addition of different doses of AECS did not
3 significantly impact on DMD ($P>0.05$) in this study. Our result is similar to the finding of
4 Busquet *et al.* (2005a, b) and Yang *et al.* (2007) who reported that the supplementation of
5 garlic oil or its combination with berry essential oil did not produce any significant effect
6 on true DM.

7 In addition, the supplementation of AECS had a slight increase in ME, MCP, and GY_{24} ,
8 when compared to the control (without AECS) and other tested doses. The observed
9 increased were not statistically significant ($P>0.05$). Interestingly, the dose of 1.8 mL/DM
10 had the highest value for ME (7 mL/DM), MCP (587 mL/DM) and GY_{24} (174 mL/DM).
11 Salem *et al.* (2014) reported that addition of *Leucaena leucocephala* and *Salix babylonica*
12 extracts at (0.6, 1.2, 1.8 mL extract/g DM increased MCP when compared to the control.
13 There result was similar to the findings of our study. Alexander *et al.* (2008) also reported
14 that extracts of *Moringa oleifera* and *Picrorhiza kurroa* decreased DM degradability and
15 GP_{24} but no significant impact ($P>0.05$) on MCP.

16 Conclusion

17 The supplementation of aqueous extract of *Coriandrum sativum* (AECS) had no significant
18 impact ($P>0.05$) on the gas production (GP) and CH_4 production. However, asymptotic gas
19 production (GP) and CH_4 production slightly decreased by addition of AECS at all doses
20 compared with the control (without AECS). Inclusion of the AECS did not have any linear
21 or quadratic effect ($P>0.05$) on pH, ME, MCP, SCFA and DMD but there was a decrease in
22 pH and minor increase in ME, MCP, SCFA and DMD. The highest doses of AECS 1.8
23 ml/g DM of diet had the most positive influence on *in vitro* fermentation profiles than the 0
24 (control) and 0.6 ml and 1.2 ml doses. The AECS could be used as environmental
25 ecofriendly feed additive for rabbit diets without any negative effects on the health of the
26 rabbits.

27

28 References

29 Alexander, G., Singh, B., Sahoo, A., Bhat, T.K., 2008. *In vitro* screening of plant extracts
30 to enhance the efficiency of utilization of energy and nitrogen in ruminant diets.

- 1 Anim. Feed Sci. Tech. 145, 229–244.
- 2 Ardila, M., Vargas, A., Pérez, J., & Mejía, L., 2009. Preliminary test of the antibacterial
3 activity of extracts of *Allium sativum*, *Coriandrum sativum*, *Eugenia caryophyllata*,
4 *Origanum vulgare*, *Rosmarinus officinalis* and *Thymus vulgaris* against *Clostridium*
5 *perfringens*. 8(3), 47-57.
- 6 Athanasiadou, S., Kyriazakis, I., 2004. Plant secondary metabolites: antiparasitic effects
7 and their role in ruminant production systems. Proc. Nutr. Soc. 63, 631–639.
- 8 Atta A.H., Mouneir S.M. 2005. Evaluation of some medicinal plant extracts for
9 antidiarrhoeal activity. Phytother. Res. 19 (6), 481-485.
- 10 Biagini, D., Gasco, L., Rosato, R., Peiretti, P.G., Gai, F., Lazzaroni, C., Montoneri, C.,
11 Ginepro, M., 2016. Compost-sourced substances (SBO) as feedstuff additives in
12 rabbit production. Anim. Feed Sci. Tech. 214, 66–76.
- 13 Blümmel, M., Steingass, H., Becker, K., 1997. The relationship between in vitro gas
14 production, in vitro microbial biomass yield and 15N incorporation and its
15 implications for the prediction of voluntary feed intake of roughages. Br. J. Nutr. 77,
16 911–921.
- 17 Burdock, G. A., Carabin, I. G., 2009. Safety assessment of coriander (*Coriandrum sativum*
18 *L.*) essential oil as a food ingredient. Food Chem. Toxicol., 47(1), 22-34.
- 19 Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M.D., Kamel, C., 2005a. Effects of
20 cinnamaldehyde and garlic oil on rumen microbial fermentation in a dual flow
21 continuous culture. J. Dairy Sci. 88, 2508–2516.
- 22 Busquet, M., Calsamiglia, S., Ferret, A., Carro, M.D., Kamel, C., 2005b. Effect of garlic oil
23 and four of its compounds on rumen microbial fermentation. J. Dairy Sci. 88, 4393–
24 4404.
- 25 Calabrò, S., Nizza, A., Pinna, W., Cutrignelli, M. I., & Piccolo, V., 2010. Estimation of
26 digestibility of compound diets for rabbits using the in vitro gas production
27 technique. World Rabbit Sci., 7(4), 197-201.
- 28 Chang, Y., Qin, Y., Xiong, Y., Du, Y., Meng, Q., 2007. Response of growth performance,
29 cecal fermentation traits and *in vitro* gas production to substitution of soyhulls for

- 1 lignified fiber in rabbit diets. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 20(1), 45-51.
- 2 Clavijo, A., & Balkis, B., 2002. Preliminary studies of the chemical quality of some plants
3 used in the cuticle feed. II Congress of Cuniculture of the Americas. La Habana,
4 Cuba, 164.
- 5 Dihigo, L. E., Savón, L., Rosabal, Y., 2004. Determination of the *in vitro* digestibility of
6 dry matter and neutral detergent fiber of five forage plants with the use of cecal rabbit
7 inoculum. *Cuban journal of agricultural science*, 8(38), 92-97.
- 8 France, J., Dijkstra, J., Dhanoa, M.S., Lopez, S., Bannink, A., 2000. Estimating the extent
9 of degradation of ruminant feeds from a description of their gas production profiles
10 observed *in vitro*: derivation of models and other mathematical considerations. *Br. J.*
11 *Nutr.* 83, 143-150.
- 12 Garcia, J., Gidenne, T., Falcao-e-cunha, L., de Blas, C., 2002. Identification of the main
13 factors that influence caecal fermentation traits in growing rabbits. *Anim. Res.* 51,
14 165-173.
- 15 García-González, R., López, S., Fernández, M., Bodas, R., González, J.S., 2008.
16 Screening the activity of plants and spices for decreasing ruminal methane production
17 *in vitro*. *Anim. Feed Sci. Tech.* 147, 36-52.
- 18 Getachew, G., Makkar, H.P.S., Becker, K., 2002. Tropical browses: contents of phenolic
19 compounds, *in vitro* gas production and stoichiometric relationship between short
20 chain fatty acid and *in vitro* gas production. *J. Agric. Sci.* 139, 341-52.
- 21 Jiménez-Peralta, F.S., Salem, A.Z.M., Mejia-Hernandez, P., González-Ronquillo, M.,
22 Albarrañ-Portillo, B., Rojo-Rubio, R., Tinoco-Jaramillo, J.L., 2011. Influence of
23 individual and mixed extracts of two tree species on *in vitro* gas production kinetics
24 of high-concentrate diet fed to growing lambs. *Livestock Sci.* 136, 192-200.
- 25 Kamra, D.N., Patra, A.K., Chatterjee, P.N., Kumar, R., Agarwal, N., Chaudhary, L.C.,
26 2008. Effect of plant extract on methanogenesis and microbial profile of the rumen of
27 buffalo: a brief overview. *Aust. J. Exp. Agric.* 48, 175-178.
- 28 Kim, E.T., Kim, C.H., Min, K. S., S.S. 2012. Effects of plant extracts on microbial
29 population, methane emission and ruminal fermentation characteristics in *in vitro*.
30 *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 25, (6), 806 - 811.

- 1 Maertens, L., Štruklec, M., 2006. Technical note: preliminary results with a tannin extract
2 on the performance and mortality of growing rabbits in an enteropathy infected
3 environment. *World Rabbit Sci.*, 14, 189-192.
- 4 Makkar, H.P.S., Sen S., Blummel, M., Becker, K., 1998. Effects of fractions containing
5 saponins from *Yucca schidigera*, *Quillaja saponaria* and *Acacia auriculoformis* on
6 rumen fermentation. *J. Agric. Food Chem.* 46, 4324-4328.
- 7 Mandal, S., Manda, M., 2015. Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil: Chemistry
8 and biological activity. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.* 5(6), 421-428.
- 9 Mangan, J.L., 1988. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutr. Res. Rev.* 1, 209-
10 231.
- 11 McLeod, M.N., 1974. Plant tannins – their role in forage quality. *Nutr. Abstr. Rev.* 44 (11),
12 803-815.
- 13 McSweeney, C.S., Palmer, B., McNeill, D.M., Krause, D.O., 2001. Microbial interaction
14 with tannins: nutritional consequences for ruminants. *Anim. Feed Sci. Tech.* 91, 83-
15 93.
- 16 Mi'sta, D., 2007. The effect of dietary supplement—humobentofen on rabbit cecal
17 parameters of microbial fermentation at in vitro study. *Electron. J. Pol. Agric. Univ.*
18 10 (4), #13.
- 19 Msaada, K., Jemia, M. B., Salem, N., Bachrouch, O., Sriti, J., Tammar, S., Marzouk, B.,
20 2013. Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum*
21 *sativum* L.) fruit varieties. *Arabian Journal of Chemistry*.
- 22 Nagaraja, T.G., 1995. Ionophores and antibiotics in ruminants. In: Wallace, R.J., Chesson,
23 A. (Eds.), *Biotechnology in Animal Feeds and Animals Feeding*. VCH
24 Verlagsgesellschaft, Weinheim, pp. 173-204.
- 25 NOM 051-ZOO., 1995. Humanitarian treatment in the mobilization of animals. Published
26 in the official journal of the federation, 23.
- 27 Official Journal of the European Union, 2003. Regulation (EC) No 1831/2003 of the
28 European Parliament and of the Council of 22 September 2003 on Additives for Use
29 in Animal Nutrition. Pages L268/29-L268/43 in OJEU of 10/18/2003.
- 30 Patra, A. K., Saxena, J., 2011. Exploitation of dietary tannins to improve rumen metabolism

- 1 and ruminant nutrition. *J. Sci. Food Agric.* 91, 24-37.
- 2 Quinn, M.J., May, M.L., Hales, K.E., DiLorenzo, N., Leibovich, J., Smith, D.R., Galyean,
3 M.L., 2009. Effects of ionophores and antibiotics on in vitro hydrogen sulfide
4 production, dry matter disappearance, and total gas production in cultures with a
5 steam-flaked corn-based substrate with or without added sulfur. *J. Anim. Sci.* 87,
6 1705–1713.
- 7 Salem, A. Z. M., Kholif, A. E., Elghandour, M. M. Y., Hernandez, S. R., Dominguez-Vara,
8 I. A., Mellado, M., 2014b. Effect of increasing levels of seven tree species extracts
9 added to a high concentrate diet on *in vitro* rumen gas output. *Anim. Sci. J.* 85, 853–
10 860.
- 11 Salem, A.Z.M., Kholif, A.E., Olivares, M., Elghandour, M.M.Y., Mellado, M., Arece, J.,
12 2014a. Influence of *S. babylonica* extract on feed intake, growth performance and diet
13 in vitro gas production profile in young lambs. *Trop. Anim. Health Pro.* 46:213-219.
- 14 Salem, A.Z.M., Olivares, M., López, S., González-Ronquillo, M., Camacho, L.M., Cerrillo,
15 S.M.A., 2011. Effect of natural extracts of *Salix babylonica* and *Leucasna*
16 *leucocephala* on nutrient digestibility and growth performance of lambs. *Anim. Feed*
17 *Sci. Technol.* 170, 27–34.
- 18 Salem, A.Z.M., Robinson, P.H., Lopez, S., Gohar, Y.M., Rojo, R., Tinoco, J.L., 2010.
19 Sensitivity of sheep intestinal lactic acid bacteria to secondary compounds extracted
20 from *Acacia saligna* leaves. *Anim. Feed Sci. Tech.* 161, 85-93.
- 21 Štruklec M., Kermauner A., Kavár T., 1993. Einfluß der Kastanientannine auf pH-Wert,
22 Bildung von Flüchtigen Fettsäuren, NH₃-Gehalt und auf die Gesamtacidität im
23 Blinddarm der Kaninchen. In: 8. Arbeitstagung über Haltung und Krankheiten der
24 Kaninchen, Pelztiere und Heimtiere. Celle, 1993-10-20/21. Giessen, DVG, 148-154.
- 25 Theodorou M. K., Williams B. A., Dhanoa M. S., McAllan A. B., France J. 1994. A simple
26 gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation
27 kinetics of ruminant feeds. *Anim. Feed Sci. Tech.* 48, 185-197.
- 28 Yang, W.Z., Benchaar, C., Ametaj, B.N., Chaves, A.V., He, M.L., McAllister, T.A., 2007.
29 Effects of garlic and juniper berry essential oils on ruminal fermentation and on the site and
30 extent of digestion in lactating cows. *J. Dairy Sci.* 90, 5671–5681.

REVISTA

The screenshot shows the top section of the INIAP website. On the left is the INIAP logo with the text 'Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias'. To its right is the title 'REVISTA MEXICANA DE CIENCIAS PECUARIAS' and the national coat of arms. A green navigation bar contains links: Inicio, Acerca de, Iniciar sesión, Registrarse, Buscar, Actual, Archivos, Índices, Notas al Autor, Guías, Directorio. Below this is the main heading 'Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias'. A central banner features a Facebook page preview and the text '¡Visítanos en Facebook!' with the URL 'https://www.facebook.com/Revista-Mexicana-de-Ciencias-Pecuarias'. On the right, there are two green-bordered boxes: one for ISSN (ISSN Impreso: 2007-1124, ISSN en línea: 2448-6698) and one for user login (USUARIO/A) with fields for 'Nombre de usuario/a' and 'Contraseña', a 'No cerrar sesión' checkbox, and an 'Iniciar sesión' button.

This screenshot is identical to the one above, showing the INIAP website header and main content area.

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

The screenshot shows a banner for InCites Journal Citation Reports. It features the InCites logo and Thomson Reuters logo at the top. The main text reads 'Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias' with a large, stylized impact factor of '0.577' below it. Navigation arrows are visible on either side of the text.

This screenshot shows the INIAP website header and main content area, including a list of databases where the journal is indexed. The INIAP logo and website title are at the top. The navigation bar is the same as in previous screenshots. The main heading is 'Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias'. Below it is a banner titled 'Indizada en:' (Indexed in:), which displays logos for several databases: redalyc, Scopus, EBSCOhost, Thomson Reuters, ELSEVIER, and Journal Citation Reports. The 'Revivec' logo is also present. On the right, the ISSN and user login boxes are identical to the previous screenshots.

CARTA DE ENVÍO

22/1/2017

Imprimir

Asunto: [RMCP] Envío recibido
De: MVZ. Arturo García Fraustro (cienciaspecuarias@inifap.gob.mx)
Para: maria.mariezcurrana@yahoo.com.mx;
Fecha: Domingo, 22 de enero, 2017 12:47:29

María Antonia Mariezcurrena Berasain:

Hemos recibido y agradecemos el envío de su manuscrito: "ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL CILANTRO EN LA VIDA DE ANAQUEL DE LA CARNE DE CONEJO" a la Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias. A través del sistema de gestión de revistas online usted podrá seguir su progreso del proceso editorial identificándose en el sitio web de la revista:

URL del manuscrito:

<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/index.php/Pecuarias/author/submission/4352>

Nombre de usuario/o: maria

Si tiene cualquier pregunta no dude en contactar con nosotros/as a cienciaspecuarias@inifap.gob.mx. Gracias por tener en cuenta nuestra revista para difundir su trabajo.

MVZ. Arturo García Fraustro
Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias

Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias
<http://cienciaspecuarias.inifap.gob.mx/>

1
2
3
4
5
6 **ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL CILANTRO EN LA VIDA DE**
7 **ANAQUEL DE LA CARNE DE CONEJO**
8
9

10 **ANTIOXIDANT ACTIVITY OF THE CORIANDER OF THE SHELF**
11 **LIFE IN THE MEAT RABBIT**
12
13

14
15 P. Mabel Martín-Mendoza¹; L. Humberto Hernández-López²; M. Dolores

16 Mariescurrena-Berasain²; L. Fernando Vega-Castillo³; M. Antonia Mariescurrena-

17 Berasain²; Abdel Fattah Mohamed Zeidan- Salem⁴
18

19 ¹ *Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Medicina Veterinaria y*
20 *Zootecnia. Campus El cerrillo Toluca, México. C. P. 50000, México*

21 ² *Universidad Autónoma del Estado de México. Facultad de Ciencias Agrícolas.*
22 *Campus El cerrillo Toluca, México. C. P. 50000, México*

23 ³ *Laboratorio de Carnes. Centro del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria*
24 *en Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID), INIFAP, Ajuchitlán de Colón,*
25 *Querétaro.*

26 ⁴ *Universidad Autónoma del Estado de México. Centro de Investigación y Estudios*
27 *Avanzados en Salud Animal. Toluca, México. C. P. 50000, México*

RESUMEN EN ESPAÑOL

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24

En este trabajo se evaluó el efecto la inclusión de extracto acuoso de cilantro en la dieta de conejos sobre parámetros productivos (Ganancia diaria de peso (GDP), consumo de alimento (CTA) y eficiencia alimenticia (EA)) durante la etapa de finalización, así como su efecto sobre la oxidación de lípidos y proteínas en carne durante los días 1, 3, 6 y 9 de vida de anaquel. La oxidación de lípidos y proteínas fueron medidas por la determinación de sustancias reactivas TBA (TBA-RS) y grupos de proteína carbonilo (método DNPH) respectivamente. Los resultados obtenidos durante la etapa productiva muestran efecto significativo ($P < 0.005$) sobre la GDP en la semana 4 para el Tt 3 obteniendo una ganancia de 60 g sobre los demás tratamientos. En lo que respecta a carne fresca no se observó ningún efecto significativo del EAC sobre pH, temperatura y color. Referente al efecto en el tiempo se observaron diferencias de todas las variables (pH, Temperatura, Color, TBARS y DNPH ($P < 0.0001$)). En la vida de anaquel existieron diferencias por efecto del tratamiento ($P < 0.004$) en las variables de color (L^* y b^*), así como en NDPH. Por lo que se concluye que la adición de 8.4 ml de EAC aumenta la GDP en 8.6 g. y disminuye la oxidación de proteína en la carne durante la vida de anaquel.

Palabras clave: calidad de la carne, cilantro, vida de anaquel, estrés oxidativo

RESUMEN EN INGLES

1
2
3 In this work the effect of the inclusion of aqueous extract of cilantro in the diet of
4 rabbits on productive parameters (daily gain of weight (GDP), food consumption
5 (CTA) and feed efficiency) during the finishing stage was evaluated, As well as its
6 effect on the oxidation of lipids and proteins in meat during shelf-life days 1, 3, 6
7 and 9. Oxidation of lipids and proteins were measured by the determination of
8 reactive substances TBA (TBA-RS) and carbonyl protein groups (DNPH method)
9 respectively. The results obtained during the productive stage show a significant
10 effect ($P < 0.005$) on the GDP at week 4 for Trt 3 obtaining a gain of 60 g on the
11 other treatments. Regarding fresh meat, no significant effect of ECA on pH,
12 temperature and color was observed. Regarding the effect over time, differences
13 were observed for all variables (pH, Temperature, Color, TBARS and DNPH (P
14 < 0.0001)). In the shelf life there were differences due to treatment effect ($P < 0.004$)
15 in color variables (L^* and b^*), as well as in NDPH. It is concluded that the addition
16 of 8.4 ml of EAC increases the GDP by 8.6 g. And decreases protein oxidation in
17 meat during shelf life.

18

19 **Keywords:** Meat quality, coriander, shelf life, oxidative stress

20

TEXTO

1
2
3
4

INTRODUCCIÓN

5 La cunicultura dentro del sector productivo como fuente de proteína de origen
6 animal es una alternativa viable, tomando en cuenta el rápido crecimiento del
7 animal, el trabajo físico que implica su manejo y crianza, los volúmenes de
8 alimento que demanda, la rusticidad de la especie y sobre todo la capacidad
9 reproductiva que presenta. En México el consumo de carne de cerdo y pollo
10 presenta un aumento en el consumo de 0.3 y 0.8 % a diferencia de la res la cual
11 presenta una disminución de 1.5 %, dentro de las especies alternativas la FAO
12 contempla como producto prioritario la carne de conejo y reporta un aumento de
13 5.0 % en el consumo en los últimos años (1, 2, 3). La carne de conejo aporta entre
14 4.60 y 5.33 g de grasa (de los cuales el 67% es grasa insaturada), 23.0 g de
15 proteína y de 30 a 50 mg de colesterol por cada 100g, por lo que es considerada
16 una carne, magra, blanca y dietética que disminuye las posibilidades de presentar
17 problemas cardiovasculares y alteraciones metabólicas, incidiendo en la salud del
18 hombre (4, 5, 6).

19 Uno de los principales problemas del deterioro de carne y sus productos, es el
20 deterioro de proteínas y lípidos (lípidos poliinsaturados) que afecta la vida de
21 anaquel. La reacción más importante es la oxidación, que en proteínas modifica
22 las estructuras, disminuyendo la solubilidad y retención de agua; (7). En los
23 lípidos, la oxidación contribuye al desarrollo de sabores no deseables, cambios en
24 el color y olor rancio (8). Por otro lado, algunas variedades de plantas utilizadas
25 como condimento en la alimentación humana, se han adicionado para mejorar las

4

1 características sensoriales de la carne, sin considerar sus beneficios por su
2 actividad antioxidante (9,10). La actividad antioxidante en las plantas, es producto
3 de la generación de metabolitos secundarios (11,12), como son los polifenoles
4 (flavonoides, b-carotenos y taninos como componentes principales) (13, 14, 15). El
5 cilantro es una fuente de estos compuestos, que ha sido utilizado como
6 aromatizante en la industria culinaria, y como antiespasmódico y antioxidante en la
7 farmacéutica (16,17).

8 Debido a estas propiedades el extracto de cilantro podría ser una fuente de
9 antioxidantes para los alimentos en la industria pecuaria, especialmente en el
10 ramo de la cunicultura (18). Es por eso que el objetivo de este estudio fue evaluar
11 el comportamiento productivo de los animales a través de las variables ganancia
12 de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia, así como la oxidación
13 lipídica y proteica de la carne almacenada hasta 9 días bajo condiciones de
14 refrigeración al incluir un extracto acuoso de cilantro (EAC) en la dieta de conejos.

15 **MATERIALES Y MÉTODOS**

16 **Localización**

17
18 El experimento se realizó en la granja Matriz DISCONNEXA, localizada en
19 Nezahualcoyotl, Estado de México a una latitud de 19° 24'00" N y 98° 59' 20" O, a
20 2220 msnm. La temperatura media anual es de 20 °C y la precipitación media
21 anual de 774 mm.

22 El análisis de las muestras de carne se llevó a cabo en las instalaciones del
23 Laboratorio de Carnes (GENID EyMA, INIFAP) ubicado en Ajuchitlán, Colón,
24 Querétaro, México.
25

1

2 **Animales e instalaciones**

3 Se utilizaron 84 conejos (1.08 ± 0.04 kg) con 5 semanas de edad, de la craza New
4 Zelanda X Chinchilla, los cuales se distribuyeron al azar en 3 grupos de 28
5 animales por tratamiento quedando 7 conejos por jaula, en un sistema modular
6 dispuesto en un piso, equipado con bebederos automáticos tipo tetina y tolvas de
7 alimentación.

8

9 **Tratamientos y diseño experimental**

10 El diseño experimental fue completamente al azar. Los Tratamientos (Trt) fueron
11 adicionados a la dieta comercial de los conejos en forma pelletizada (4.5 mm
12 díametro y 10 mm longitud) y la inclusión de EAC fue asperjada. Los Trt fueron los
13 siguientes: Trt1 (8.4 mL de agua); Trt2 (sustitución de 4.2mL de agua por EAC) y
14 Trt3 (8.4 mL EAC). El alimento comercial tuvo la siguiente composición (Cuadro
15 1).

16 **Preparación del extracto acuoso de cilantro (EAC)**

17 Se realizó según lo propuesto por (19) en donde se utilizaron 50 g de hoja de
18 cilantro previamente lavado y desinfectado, el cual fue licuado (Hamilton Beach
19 52400) durante 3 minutos en 400 mL de agua (0.125 g/mL), se filtró el material
20 sólido con papel Whatman® No. 1 y el extracto se almacenó en un frasco de vidrio
21 a 4 °C para su posterior uso.

22

23 **Alimentación y manejo**

6

1 El EAC fue asperjado en el alimento comercial diariamente en la primera comida.
2 Esta etapa tuvo una duración de 30 días. Los animales se pesaron semanalmente
3 para registrar ganancia diaria de peso, consumo de alimento y eficiencia
4 alimenticia.

5

6 **Faenado de los animales**

7 La matanza se realizó a los 60 días de edad de los conejos, mismos que tuvieron
8 un ayuno de 12 h. éstos fueron insensibilizados, degollados y eviscerados de
9 acuerdo a lo establecido por la (20, 21, 22). Se realizó el pesaje de las canales
10 para determinar el rendimiento de la canal, así como la medición del pH y
11 temperatura. Las canales fueron identificadas y transportadas a 4 °C al
12 Laboratorio de Carnes (CENID FyMA, INIFAP).

13

14 **Determinación de pH, temperatura y color en la carne fresca.**

15 A los 45 minutos post matanza se tomó la primera lectura de pH y temperatura con
16 electrodo de punción (Hanna Instruments, modelo HI 99163) y el color objetivo
17 (Minolta Chromameter CR 400 Cabezal de Medición CR-400, Plato de Calibración
18 CR-A43, lámpara de xenón pulsante, geometría difusa, ángulo de visión de 0°,
19 Tokio, Japón) (rotándolo 90° entre cada lectura) *in situ* en el músculo Longissimus
20 dorsi derecho a nivel de la 5° costilla. La segunda lectura se realizó a las 24 horas.
21 Los lomos se cortaron en chuletas de 1 cm y se empacaron en platos de unicel
22 cubiertos con plástico PVC autoadherente, almacenadas en refrigeración (4°C)
23 durante 3, 6 y 9 días, a los cuales se les realizaron mediciones de pH, temperatura
24 y color.

7

1

2 **Análisis químicos**

3 **Oxidación lipídica**

4 El extracto de carne se obtuvo (homogenizador IKA T 18 Ultra Turrax, Staufen,
5 Alemania) con 5 g de carne en una solución de ácido tricloracético al 5% p/v
6 durante un minuto, posteriormente se centrifugó durante 30 min a 4°C (Centrifuga
7 5810R Eppendorf, Hamburgo, Alemania), el sobrenadante se filtró en papel
8 Wathman® No. 4. La oxidación de los lípidos se midió por la técnica de las
9 sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbitúrico (TBA-RS) (23). La reacción se realizó
10 con volúmenes iguales en un baño de agua a 94°C durante 30 min. Se midió la
11 absorbancia a 530 nm. Los resultados se reportaron en mg de malonaldehído
12 (MDA)/kg de carne, utilizando el coeficiente de extinción molar de $1.56 \times 10^5 \text{M}^{-1} \text{cm}^{-1}$.

13 **Oxidación Proteica**

14 Se pesaron 3 g de carne a los que se les agregó solución buffer de pirofosfato (pH
15 7.4) y se homogenizó durante 1 min, posteriormente se centrifugó durante 30
16 minutos a 4° C (Centrifuga 5810R Eppendorf, Hamburgo, Alemania) con posterior
17 filtrado. Se usaron 0.1 mL del extracto con 10 x TCA al 10% p/v, se homogenizó y
18 centrifugó durante 5 min. Los tubos se incubaron una hora a temperatura
19 ambiente, una vez transcurrido este tiempo se adicionó a cada tubo 1 mL de TCA
20 y se centrifugó durante 5 min, se eliminó el sobrenadante y el precipitado
21 resultante se lavó con etanol/acetato de etilo (1:1), con 1.5 mL de hidrocloruro de
22 guanidina, se realizó la lectura a 370 nm y el coeficiente de extinción molar para
23 las hidrazonas ($21 \text{mM}^{-1} \text{cm}^{-1}$) a la par se determinó el contenido de proteína a 280

8

1 μm usando como estándar albúmina de huevo. Los resultados se expresan en
2 nanomol de carbonilos por mg de proteína (24).

3 **Análisis estadístico**

4 Los datos se analizaron utilizando el Modelo Lineal General Procedimientos del
5 software estadístico SAS (1991). Se realizó un ANOVA unidireccional para los
6 tratamientos dietéticas, así como para las variables físicas y químicas de la carne.
7 Se calculó al nivel de confianza del 5%.

8

9 **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

10 **Parámetros productivos**

11 En el Cuadro 2 se muestran los resultados donde se observan diferencias
12 significativas ($p < 0.05$) en el peso de los conejos en la semana 4, donde se nota
13 que ganaron más peso los animales del T3 con 280g en contraposición con los
14 otros tratamientos que solo obtuvieron 220 g existiendo diferencias significativas
15 entre los tratamientos de 60 g. Para las demás variables no existieron diferencias
16 significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos.

17 En la caída de pH (45 min y 24h) no se observaron diferencias significativas
18 ($P > 0.54$ y $P > 0.36$) por efecto de los tratamientos. A los 45 min el pH fue de 6.18
19 (E.E.=0.156) y la temperatura de 26.10 (E.E.=0.041); mientras que después de 24
20 horas a 4°C se alcanzó un pH de 5.14 (E.E.=0.043) y T de 6.01 (E.E.=0.036) °C al
21 interior del músculo largo dorsal. El color se segregó en los valores de luminosidad
22 (L^*), tonos rojos (a^*) y tonos amarillos (b^*) en la carne fresca; observándose
23 diferencias por efecto del Tratamiento ($P < 0.004$) en L^* , siendo el T1 (55,78
24 E.E.=0.679) quien menos afectó la luminosidad, lo que se traduce con una menor

9

1 incidencia de carne pálida y de superficie exudativa, contrario a lo observado en
2 los Trt1 y Trt3 (61.60, E.E.=0.679). Para b* también se observaron diferencias
3 (P<0.004), solo el Trt3 incrementó el valor hasta 3.05 (E.E.=0.302), lo que sugiere
4 que los tonos amarillos fueron mayores, mientras que Trt1 y Trt2 no fueron
5 diferentes entre sí (2.23, E.E.= 0.302). Los tonos rojos, no se afectaron (2.50,
6 E.E.=0.302, P>0.12).

7 Durante el almacenamiento de la carne, se observaron las diferencias esperadas
8 (P<0.001) en el tiempo de todas las variables (Cuadro 5). Respecto al efecto de
9 los Tratamientos solo se observan diferencias en b* (P<0.004) y DNPH (P<0.004).

10 A medida que se incrementó la dosis de EAC los tonos amarillos aumentaron
11 respecto al Trt1 (Trt1=5.54 vs Trt2=5.92 vs Trt3=6.92, E.E.=0.255), mientras que
12 la oxidación proteica fue menor solo al usar la mayor dosis de EAC (Trt3) con
13 782.68 (E.E.=81.228) vs 1132.23 μmol carbonilos/mg proteína (Trt1 y Trt2). En
14 adición, solo se encontraron efectos en la interacción (Trt x Tiempo) para la
15 variable DNPH (P<0.001).

16 En la fig. 1 se muestra el curso de oxidación de proteínas en el tiempo, evaluado
17 por la acumulación grupos carbonilo. Se observa como el Trt 1 en el día 3 llega a
18 su punto máximo de oxidación presentando los valores más altos de μmol de
19 carbonilo por mg de proteína, mientras que el Trt2 muestra su punto máximo de
20 oxidación en el día 6, en donde el Trt 1 comienza el decaimiento de estos grupos
21 presentes en las muestras, caso contrario al Trt 3 el cual en el último día de
22 evaluación de las muestras, no se aprecia si es el punto máximo de oxidación
23 mientras que el Trt 2 comienza su descenso y el Trt 1 muestra su punto más bajo
24 de μmol de carbonilo/mg proteína.

1

2 DISCUSIÓN

3 Las diferencias encontradas en el color pudieron deberse a que al encontrarse
4 presentes los antioxidantes de extracto que se unen a los radicales O₂, H₂O₂ y
5 HO- retardaron el proceso de oxidación de la oxihemoglobina. (25) reportaron que
6 el depósito de α-tocoferol en las membranas celulares disminuye la pérdida de
7 peso por escurrimiento, estabilizando el color de la carne y obteniendo tonos más
8 deseables por mayor tiempo.

9 Por otro lado los carotenoides del cilantro dificultan la reacción de reducción del
10 fierro por lo que alteran la tonalidad de la carne de forma positiva.

11

12 Respecto a la oxidación de lípidos, (26) reportaron que comienza a partir del día 1,
13 pero no es hasta el día 7 cuando se encuentra el punto máximo de oxidación,
14 alterando las propiedades nutricionales del producto, información similar a la
15 encontrada en la presente investigación, no se encontrándose efecto entre
16 tratamientos. (27) utilizó extracto acuoso de Jamaica en alimentación de conejos
17 para evaluar su efecto antioxidante en la vida de anaquel mejorando las
18 propiedades antioxidantes de la carne. Algunos autores como (28) han
19 demostrado efecto en novillos alimentados con extractos de hierbas frescas con α-
20 y β-caroteno presentes en altas concentraciones. Resultados similares fueron
21 observados por (29), en carne de bovino, (30) utilizando extractos de hierbas
22 demostraron que los tratamientos no afectaron la estabilidad lipídica de la carne
23 fresca durante el almacenamiento.

11

1 Los resultados obtenidos en la oxidación de proteína sugieren que los
2 antioxidantes presentes en el extracto actuaron al inicio de la vida de anaquel
3 impidiendo la carbonilación. (31, 32, 33) reportaron que el punto máximo de
4 oxidación de la carne se encuentra en el día 7, sin embargo (25) reportaron que la
5 carne de conejo encuentra su punto máximo de oxidación de proteína en el día 4
6 de vida de anaquel, resultados similares a los encontrados en el presente
7 experimento.

8
9 **Conclusiones.**

10

11 La adición del extracto de cilantro en la dieta presentó una tendencia a favor sobre
12 el comportamiento productivo En la carne obtenida de los conejos suplementados
13 con el EAC se redujo las reacciones de oxidación proteica, mientras que la lipídica
14 solo correspondió al efecto normal durante el tiempo de almacenamiento. El EAC
15 podría ser una alternativa de fuente de antioxidantes para ser incorporada en el
16 alimento de conejos.

17 Sin embargo, cuando se añaden como suplementos en la dieta no se sabe qué
18 tipo carotenoides pueden disminuir o no el daño oxidativo de la carne.

19

20

AGRADECIMIENTOS

- 1
- 2 Al laboratorio de Carnes del Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en
- 3 Fisiología y Mejoramiento Animal (CENID) del Instituto Nacional de
- 4 Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) ubicado en Ajuchitlan
- 5 de Colon, Querétaro.

EN PRENSA

LITERATURA CITADA

- 1 1.- FAO ([Food and Agriculture Organization](http://www.fao.org)). 2008. Disponible en:
2 <http://www.fao.org/ag/ags/industrias-agroalimentarias/carne-y-leche/calidad-e>
3 [inocuidad-de-la-carne/calidad-de-la-carne/es/Accesado](http://www.fao.org/ag/ags/industrias-agroalimentarias/carne-y-leche/calidad-e), el 15 de Noviembre de
4 2016.
5
- 6 2.- Dalle Zotte A, Zcendra Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat*
7 *Sci*; 88(3):319-331.
- 8 3.- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, [Ganadería](http://www.sagarpa.gob.mx), Desarrollo Rural, Pesca y
9 Alimentación. México). 2015. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx> ([Accesado](http://www.sagarpa.gob.mx)
10 el 10 de Noviembre de 2016).
- 11 4.- ANCUM (Asociación Nacional de Cunicultores de México). 2015. Disponible en
12 <http://www.ancum.com.mx/web/Cunicultura%20en%20Mexico.html> ([Accesado](http://www.ancum.com.mx/web/Cunicultura%20en%20Mexico.html) el
13 19 de Octubre de 2016).
- 14 5.- Dalle Zotte A, Cullere M, Sartori A, Dal Bosco A, Gerencés Z.S., Matics Z.S.,
15 Kovács M., Szendrő ZS. 2014. Effect of Dietary Supplementation of Spirulina
16 (*Arthrospira Platensis*) and Thyme (*Thymus Vulgaris*) on Carcass Composition, Meat
17 Physical Traits, and Vitamin B12 Content on Growing Rabbits *World Rabbit Sci*.
18 22: 11-19
- 19 6.- Hernández, P. 2012. Carne de conejo como alimento funcional. *Cunicultura*; 37,
20 21-24
- 21 7.- Xiong L y Benji W. 2001. Meat and meat products. Capítulo 15 en: *Meat Science*
22 *and applications*. Hui H, Nip R, Rogers W, Owen Y, editores. Marcel Dekker,
23 Nueva York.
- 24 8.- Orlén V., Hansen E., y Skibsted L. 2000. Lipid oxidation in high pressure
25 processed chicken breast muscle during chill storage: critical working pressure in
26 relation to oxidation mechanism. *European Food Research Technology*, 211, 99-
27 104.
- 28 9.- Andrés A.I., Moller J.K.S, Adamsen C.E. y Skibsted L.H. 2004. High pressure
29 treatment of dry cured iberian ham. Effect on radical formation, lipid oxidation and
30 color. *European Food Research and Technology*. Published on line 1 July.

- 1 10.- Denny A, Buttriss J. 2007. Plant foods and health: focus on plant bioactives.
2 European Food Information Resource (Euro FIR) Consortions.
- 3 11.- Manach C., Williamson G., Morand C., Scalbert A., and Rémésy C.
4 2005. Bioavailability and bioefficacy of polyphenols in humans. I. Review of 97
5 bioavailability studies 1,2,3 *J Clin Nutr*, vol. 81 no. 1 230S-242S.
- 6 12.- Parada J., Aguilera J.M. 2007. Food Microstructure Affects the Bioavailability of
7 Several Nutrients. *Journal of Food Science* 72, R21–R32.
- 8 13.- Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., Chowwanapoonpohn, S., 2007. Study on
9 antioxidant activity of certain plants in Thailand: mechanism of antioxidant action of
10 guava leaf extract. *Food Chemistry*. 103, 381–388.
- 11 14.- Guerra N.B., Melo E.A., Filho J.M. 2005. Antioxidant compounds from
12 coriander(Coriandrum sativum L.) etheric extract, *Journal of Food Composition and*
13 *Analysis* 18, 193–199.
- 14 15.- Msaada K, Jemia M.B., Salem N., Bachrouch O., Sriti J., Tammar S., Bettaieb I.,
15 Jabri I., Kefi S., Limam F., Marzouk B. 2014. Antioxidant activity of methanolic
16 extracts from three coriander (Coriandrum sativum L.) fruit varieties. *Arabian*
17 *Journal of Chemistry*. 1-8
- 18 16.- Wangenstein, H., Samuelsen, A.B., Malterud, K.E., 2004. Antioxidant activity in
19 extracts from coriander. *Food Chem*. 88, 293–297.
- 20 17.- Msaada, K., Hosni, K., Ben Taarit, M., Ouchikh, O., Marzouk, B., 2009. Variations in
21 essential oil composition during maturation of coriander (Coriandrum sativum L.)
22 fruits. *J. Food Biochem*. 33, 603–612.
- 23 18.- Bozin B., Dukic N.M., Simin N. y Anackov G. 2006. Characterization of the
24 Volatile Composition of Essential Oils of Some Lamiaceae Spices and the
25 Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Entire Oils. *J. Agric. Food*
26 *Chem.*, 2006, 54 (5), pp 1822–1828.
- 27 19.- Salem, A. Z., Ryena, A. C., Elghandour, M. M., Camacho, L. M., Kholif, A. E.,
28 Salazar, M. C., and Mariezcurrena, M. A. 2014. Influence of Salix babylonica
29 extract in combination or not with increasing levels of minerals mixture on in vitro
30 rumen gas production kinetics of a total mixed ration. *Italian Journal of Animal*
31 *Science*, 13(4), 3110.

- 1 20.- NOM-033- SAG/ZOO-2014, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y
2 silvestres.
- 3 21.- NOM-030-ZOO-1995, Especificaciones y Procedimientos para la verificación de
4 carnes, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación
5 zoosanitaria.
- 6 22.- NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne
- 7 23.- Lynch S. M., Frei B. 1993. Mechanisms of copper- and iron-dependent oxidative
8 modification of human low density lipoprotein. The Journal of Lipid
9 Research, 34, 1745-1753.
- 10 24.- Morzel, M., Gatellier, P., Sayd, T., Renerre, M., & Laville, E. 2006. Chemical
11 oxidation decreases proteolytic susceptibility of skeletal muscle myofibrillar
12 proteins. Meat Science, 73(3), 536–543.
- 13 25.- Nakyinsige, K., Fatimah, A.B., Aghwan, Z.A., Zulkifli, I., Goh, Y.M., & Sazili, A.Q.
14 (2014). Bleeding efficiency and meat oxidative stability and microbiological quality
15 of New Zealand White rabbits subjected to halal slaughter without stunning, and
16 gas stunning. Asian Australasian Journal of Animal Science, 27(3), 406–413.
- 17 26.- Chen CC, Hsu JD, Wang SF, Chiang HC. 2003. Hibiscus sabdariffa extract
18 inhibits the development of atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. Journal of
19 Agricultural and Food Chemistry, 51 (18), pp.5472–5477
- 20 27.- Rasdhari M, Parekh T, Dave N, Patel V, Subhash R. 2008. Evaluation of various
21 physico-chemical properties of Hibiscus sabdariffa and L. casei incorporated
22 probiotic yoghurt. Pakistan Journal of Biological Science. 11(17): 2101-2108
- 23 28.- Descalzo AM, Sancho AM. 2008. A review of natural antioxidants and their
24 effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina.
25 Meat Science. Elsevier 79: 423-436.
- 26 29.- Yang A, Brewster MJ, Lanari MC, Tume RK. 2002. Effect of vitamin E
27 supplementation on α -tocopherol and β -carotene concentrations in tissues from
28 pasture-and grain-fed cattle. Meat Science 60(1):35-40
- 29 30.- Yang A, Lanari MC, Brewster M, Tume RK. 2002. Lipid stability and meat colour
30 of beef from pasture-and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement.
31 Meat Science 60(1):41-50

- 1 31.- [Figueras, R.](#), [Gatellier, P.](#), [Aubry, L.](#), [Thomas, A.](#), [Bauchard, D.](#), [Durand, D.](#), et al.
2 (2010). [Colour, lipid and protein stability of Rhea americana meat during air- and](#)
3 [vacuum packaged storage: Influence of muscle on oxidative processes.](#) *Meat*
4 *Science*, 86(3), 665–673.
- 5 32.- [Zakry FAA](#), [Shamsuddin ZH](#), [Rahim KA](#). 2012. [Inoculation of Bacillus sphaericus](#)
6 [UPMB-10 to young oil palm and measurement of its uptake of fixed nitrogen using](#)
7 [the 15N isotope dilution technique.](#) *Microbes and Environments*. 27 (3), 257–262
- 8 33.- [Nieto, G.](#), [Jongberg, S.](#), [Andersen, M.L.](#), & [Skibsted, L.H.](#) (2013). [Thiol oxidation](#)
9 [and protein cross-link formation during chill storage of pork patties added essential](#)
10 [oil of oregano, rosemary, or garlic.](#) *Meat Science*. 95(2), 177–184.

1 **CUADROS, GRAFICAS E ILUSTRACIONES.**

2
3 **Cuadro 1.-** Análisis reportado del alimento comercial pelletizado para conejos.

4

Nutrientes	%
Proteína	15.50
Grasa	2.00
Fibra	15.00
Cenizas	9.00
Humedad	12.00
Extracto libre de nitrógeno	46.50
Calcio	1.00
Fósforo	0.55

5
6 **Cuadro 2.-** Efecto de la adición de cilantro en la dieta de conejos sobre la GP, CA
7 y EA por semana.

8

Semana	Variable	Tratamiento			P value
		1	2	3	
1	CA	1.08±0.04	1.84±0.05	1.03±0.04	0.6735
	GP	0.25±0.01	0.22±0.01	0.25±0.01	0.9410
	EA	3.75±0.44	3.87±0.64	4.42±0.49	0.5755
2	CA	1.36±0.05	1.30±0.05	1.29±0.05	0.6497
	GP	0.27±0.01	0.26±0.01	0.26±0.02	0.8901
	EA	4.79±1.37	5.79±1.37	5.21±1.52	0.8741
3	CA	1.61±0.05	1.55±0.05	1.53±0.05	0.5717
	GP	0.24±0.01	0.24±0.01	0.23±0.01	0.6052
	EA	4.43±0.42	4.41±0.42	5.28±0.47	0.3113
4	CA	1.84±0.05	1.78±0.05	1.81±0.06	0.7739
	GP	0.22±0.01	0.22±0.01	0.28±0.01	0.0208
	EA	3.87±0.64	3.39±0.64	3.95±0.72	0.8136

9 Td 1 (8.4 mL de agua) Td 2 (4.2 mL agua + 4.2 mL EAC) Td3 (8.4 mL EAC)
10 CA (Consumo de alimento) GP (Ganancia de peso) EA (Eficiencia alimenticia)
11
12

1 Cuadro 3. Efecto de la adición de cilantro sobre el pH color objetivo (L*, a*, b*),
 2 TBARS Y DNPH en carne fresca de conejo.

3

	Tratamientos			SEM	P value
	1	2	3		
pH ⁽⁴⁶⁾	6.29±0.11	6.05±0.11	6.20±0.11	0.112	<.0001
pH ⁽²⁴⁾	5.67±0.04	5.62±0.04	5.67±0.04	0.044	0.674
T ⁽⁴⁶⁾	26.98±0.57	25.48±0.57	25.86±0.57	0.569	NS
T ⁽²⁴⁾	12.92±0.24	13.68±0.24	13.34±0.24	0.239	NS
L*	57.04±0.70	55.68±0.70	58.47±0.70	0.697	0.045
a*	2.10±0.24	2.76±0.24	2.84±0.24	0.243	0.102
b*	5.54±0.26	5.92±0.26	6.92±0.26	0.255	0.0043
TBARS	0.97±0.12	1.13±0.12	1.13±0.12	0.115	0.5312
DNPH	1217.01±81.23	1049.45±81.23	782.68±81.23	81.228	0.0036

4 Tt 1 (8.4 mL de agua) Tt 2 (4.2mL agua +4.2 mL EAC) Tt3 (8.4 mL EAC)
 5 (L*)Luminosidad (a*) tonos rojos (b*) tonos amarillos
 6 (TBARS) oxidación lipídica en µm Tt (ppm)/100g de carne y (DNPH) oxidación de proteína en ppm de carbonilo/ mg de
 7 proteína.

8

9 Cuadro 4. Efecto en el tiempo de EAC sobre la carne

	TIEMPO (DIAS)				SEM	P value
	1	3	6	9		
pH	5.14±0.05	5.53±0.05	5.67±0.05	5.75±0.05	0.052	<.0001
L*	60.51±0.59	58.05±0.59	55.59±0.59	54.11±0.59	0.585	<.0001
a*	2.50±0.21	2.60±0.21	2.51±0.21	2.66±0.21	0.211	0.933
b*	3.60±0.22	6.36±0.22	6.60±0.22	7.94±0.22	0.220	<.0001
TBAR S	0.51±0.11	0.98±0.11	1.41±0.11	1.41±0.11	0.106	<.0001
DNPH	588.89±98.17	1129.60±98.17	1443.01±98.17	904.01±98.17	98.168	<.0001

10 Tt 1 (8.4 mL de agua) Tt 2 (4.2mL agua +4.2 mL EAC) Tt3 (8.4 mL EAC)
 11 (L*)Luminosidad (a*) tonos rojos (b*) tonos amarillos
 12 (TBARS) oxidación lipídica en µm Tt (ppm)/100g de carne y (DNPH) oxidación de proteína en ppm de carbonilo/ mg de
 13 proteína.

14

IX. CONCLUSIONES

La cantidad de fenoles totales presentes en el EAC es de 2.43 mg EAG. por lo que se concluye que es un aditivo importante para ser utilizado como antioxidante en la dieta de conejos con la finalidad de disminuir el daño oxidativo en la carne y aumentar la vida de anaquel.

La adición de EAC rico en compuestos fenólicos a dosis de 0.6, 1.2 y 1.8 mL no afectó la degradabilidad de la MS, así como la producción de metano y la digestibilidad cecal en el estudio *in vitro*, por lo que se decidió utilizar en el experimento *in vivo* dosis de 0.6 y 1.2.

Los parámetros productivos de los conejos durante la fase de engorda no se vieron afectados por la adición de EAC a estas dosis, lo que significa que los compuestos fenólicos no interfieren en la digestibilidad de los nutrientes de la dieta.

En la carne obtenida de los conejos adicionados con el EAC se redujo las reacciones de oxidación proteica a dosis de 1.2 mL mientras que la oxidación lipídica solo correspondió al efecto normal durante el tiempo de almacenamiento a todas las dosis.

Debido a los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación se concluye que el EAC es una alternativa como fuente antioxidante para ser incorporada en el alimento de conejos y aumentar la vida de anaquel de la carne en refrigeración.

X. SUGERENCIAS

- ✓ Determinar el contenido de compuestos fenólicos (taninos, flavonoides y beta carotenos presentes en el extracto acuoso de cilantro mediante la técnica de cromatografía de líquidos.

- ✓ Aumentar la cantidad de animales en el experimento in vivo para disminuir la variación y así encontrar diferencias significativas por la adición de extracto.

- ✓ Aumentar la cantidad de muestras de carne a analizar para concluir de manera más precisa los resultados de la adición de EAC.

- ✓ Medir la estabilidad oxidativa de la carne por la adición de EAC para saber el efecto antioxidante del mismo.

XI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alberti P., Panea B., Ripoll G., Cañeque V., Olleta J.L., Hegueruela I., Campo M.M. y Serra X. 2005. Estandarización de las metodologías para evaluar la calidad del producto (animal vivo, canal, carne y grasa) pp. 291-299. INIA.
- Al-Dobaib, S. N. 2010. Effect of diets on growth, digestibility, carcass and meat quality characteristics of four rabbit breeds. *Saudi Journal of Biological Sciences* 17: 83-03.
- Alvarado-Ortiz C., Jáuregui A.M., Ramos-Escuder D.F. Castañeda B. 2007. Evaluación de la capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos en recursos vegetales promisorios. *Revista de la sociedad química de Perú*.73:1-15
- Amerling, Q.C. 2001. *Tecnología de la carne*. EUNED. Costa Rica 178 p.
- ANCUM. Asociación Nacional de Cunicultores de México. 2010. Disponible en <http://www.ancum.com.mx/>.
- Anilakumar, K. R., Nagaraj N. S., Santhanam, K. 2001. Effect of coriander seeds on hexachlorocyclohexane induced lipid peroxidation in rat liver. *Nutrition Research*, 21, 1455–1462.
- Arredondo C. 2006. Producción canícula oportunidad de negocios. *Revista protocolo*, 26:10-17
- Avello M y Suwalsky M. 2006. Radicales libres, antioxidantes naturales y mecanismos de protección. *Atenea* 494. p 161-172
- Au N. & J. Bidart, 1992. *Manual de harina de pescado*. Compañía pesquera San Pedro S.A.C.I., Coronel, Chile. 56 pp.
- Badui, D. S., 1996. *Química de los Alimentos*. Alhambra Mexicana. México. 648 p.
- Balasundram N, Sundram k, Samman S. 2005. Phenolic compounds in plants and agroindustrial by-products: antioxidant activity, occurrence and potential uses. *Food Chemistry*. 99(1): 191-203
- Balsano C, Alisi A. Antioxidant effects of natural bioactive compounds. *Curr. Pharm Des.*2009; 15(26):3063-73.

- Blanco M, Peguero A, 2008. An expeditious method for determining particle size distribution by near infrared spectroscopy: Comparison of PLS2 and ANN models. *Talanta*, 77(2): 647-651.
- Bello, G. J., Astiasarán A. I. 2000. *Alimentos Composición y Propiedades*. Mc Graw Hill Interamericana. España.
- Bernabucci U, Ronchi B, Lacetera N, Nardote A (2002) Markers of oxidative status in plasma and erythrocytes of transition dairy cows during hot season. *J. Dairy Sci.* 85: 2173-2179.
- Bonacic, P. 2004. Conejos para carne: algunas consideraciones. [Disponible en:] <http://www.engormix.com/MA-cunicultura/articulos/conejos-carne-algunasconsideraciones-t178/103-p0.htm>
- Borek C. 2004. Dietary antioxidants and human cancer Integrative cancer therapies, 3(4) p.333-341
- Blasco A, Piles M. 1990. Musculus Ph of the rabbit. *Animal Zootechnian* 39: 133-136.
- Braña-Varela, D., Ramírez-Rodríguez, E., Rubio-Lozano, M.S., Sánchez-Escalante, A., Torrescano-Urrutia, G., Arenas. -de Moreno, M.L., Partida. -de la Peña, J.A., Ponce-Alquicira, E., Ríos-Rincón, F.G., 2011. *Manual de Análisis de Calidad en Muestras de Carne*. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Folleto Técnico No. 11. 89 p.
- Brierley H, Stewart AH, Mackenzie AM, Allen MJ, Blanchard PJ, Tucker L, Toplis P .2005. The effect of Lycopene, a carotenoid with strong antioxidant properties, *Journal Animal Science*; 3: 241-250
- Cabanes A. (1996). Qualités de la viande de lapin facteurs de variation des qualités organoleptiques el caracteres correlés. *Viandes Producción. Carnés*, 17: 10-16.
- Castellini C., Cardinali R., Dal Bosco A., Minelli A., Camici O. 2006b. Lipid composition of the main fractions of rabbit semen. *Theriogenology*, 166: 703-712.
- Cavani C., Petracci M., Trocino A., Xiccato G. 2009. Advances in research on poultry and rabbit meat quality. *Journal Animal Science*; 8: 741-750.

- Chen CC, Hsu JD, Wang SF, Chiang HC. 2003. Hibiscus sabdariffa extract inhibits the development of atherosclerosis in cholesterol-fed rabbits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (18), pp 5472–5477
- C.I.E., 1978. International Commission on Illumination, Recommendations on Uniform Color Spaces, Color Difference Equations, Psychometric Color Terms. Supplement No. 2 to C.I.E. publication No. 15 (E-1.3.1) 1971/(TC-1.3) 1978. Bureau Central de la C.I.E., Paris, France
- Combes S. 2004. Nutritional value of rabbit meat: a review. *INRA Producción Animal*; 17(5):373-383.
- Combes S., Dalle Zotte A. 2005. La viande de lapin: valeur nutritionnelle et particularités technologiques. *Journées Recherche Cunicole*, 2005 November, Paris, France, 167-180.
- Coronado S.A, Trout G.R, Dunshea F.R, Shah N.P. 2000. Antioxidant effects of rosemary extract and whey powder on the oxidative stability of wiener sausages during 10 months frozen storage. *Meat Science* (62) P.217-224
- Cos y León, W. 2002. Producción cunícola, oportunidad de negocios. *Revista Teorema Ambiental*, p.p. 10-26
- Cury K., Martínez A., Aguas Y., Oliveros R. 2011. Caracterización de carne de conejo y producción de salchicha. *Revista Colombiana Ciencia Animal*; 3(2):269-282.
- Dalle Zotte A. 2002. Perception of rabbit meat quality and major factors influencing the rabbit carcass and meat quality. *Livestock Production Science*; 75(1):11–32.
- Dalle Zotte A. 2010. Dietary advantages: rabbit must tame consumers. *Viandes et Produits Carnés*, 23, 161-167.
- Dalle Zotte A and Zcendro Z. 2011. The role of rabbit meat as functional food. *Meat Science*; 88(3):319-331.
- Dalle Zotte A., Cossu M.E., Parigi Bini R. 2012. Effect of the dietary enrichment with animal fat and vitamin E on rabbit meat shelf life and sensory properties. In *Proc. 46th ICoMST*, 2000 August-September, Buenos Aires, Argentina, 4.II-P8.

- Delaquis, P. J., Stanich, K., Girard, B., Mazza, G. 2002. Antimicrobial activity of individual and mixed fractions of dill, cilantro, coriander and eucalyptus essential oils. *International Journal of Food Microbiology*; 74, 101–109.
- Delfa, R. Teixeira, A. Colomer-Rocher F. 2005. Conformación, engrasamiento y sistemas de clasificación de la canal caprina. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria. p.181-188
- Delmas D., J. Ouhayoun .1990. Technologie de l'abattage du lapin I. Etude descriptive de la musculature. *Viandes et Produit Carnés*, 11: 11-14.
- Decker EA, Xu Z. 1998. Minimizing rancidity in muscle foods. *Food technology* 52: 54-59.
- Descalzo AM, Sancho AM. 2008. A review of natural antioxidants and their effects on oxidative status, odor and quality of fresh beef produced in Argentina. *Meat Science*. Elsevier 79: 423-436.
- Diaz C. 2003. Prophylactic action of lipoic acid on oxidative stress and growth performance in broilers at risk of developing ascites syndrome. *Avian Pathology.*, 32 p. 645- 653.
- Díaz J.H., C.M. Martínez, L.C Galves .2007. Zootecnia Cunicola. UNAM. Disponible en: www.fmvz.unam.mx/fmvz/p.../unidad_10_zootecniacunicola.pdf. Consultado 10 Agosto 2013.
- Estévez M, Cava R. 2006. Effectiveness of rosemary essential oil as an inhibitor of lipid and protein oxidation: Contradictory effects in different types of frankfurters. *Meat Science* (72) 348-355
- Estevez M, Heinonen M, Baron CP .2011. Protein oxidation in muscle foods: A review . *Molecular nutrition & Food Research*, 55: 83-95
- Everse J, Hsia N. 1997. The toxicities of native and modified hemoglobins *Free Radical Biology and Medicine*.22(6):1075-1099
- FAO (Food and Agriculture Organization) 2010 Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ags/industrias-agroalimentarias/carne-conejo/calidad-einocuidad-de-la-carne/calidad-de-la-carne/es/>.

- FAO (Food and Agriculture Organization) 2016 Disponible en: <http://www.fao.org/ag/ags/industrias-agroalimentarias/carne-y-leche/calidad-einocuidad-de-la-carne/calidad-de-la-carne/es/>.
- Fennema OR, Brake NC .1999. Lipolysis and lipid oxidation in frozen minced mackerel as related to Tg', molecular diffusion, and presence of gelatin. *Journal of food science*, 64:25-32
- Filgueras, R., Gatellier, P., Aubry, L., Thomas, A., Bauchart, D., Durand, D., et al. (2010). Colour, lipid and protein stability of Rhea americana meat during air- and vacuum packaged storage: Influence of muscle on oxidative processes. *Meat Science*, 86(3), 665–673.
- Folin, O. y Ciocalteu, V. 1927. On tyrosine and tryptophane determinations in proteins. *Journal Biology and Chemistry*. 73, 627–650
- Galian M, Peinado B, Martinez C, Periago M.J, Ros G, Poto A. 2007. Comparative study of the characteristics of the carcass and the meat of the Chato Murciano pig and its cross with Iberian pig, reared indoors. *Animal Science*. 78: 659-667.
- Gatellier P., Renerre M., Dumont F. 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. *Meat Science*, 43(2):11-121
- Gill SS, Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant physiology and biochemistry*. (49) p. 909-930
- Giese, J.1995. Measuring physical properties of foods. *Food Technology*. 49: 54-63.
- González-Torres M.C, Betancourt-Rule M, Ortiz-Muñiz R. 2000. Daño Oxidativo y Antioxidantes *Bioquímica*, Vol. 25, Núm. 1, enero-marzo, 2000, pp. 3-9 Asociación Mexicana de Bioquímica Clínica, A.C. México. Disponible en: <http://redalyc.uaemex.mx/src/inicio/ArtPdfRed.jsp?iCve=57611797001>.
- González R.P., R.M. Ramírez, S.C. González .2008. Caracterización de las piezas de conejos de monte comercializadas en mercados de abastos. *Memorias del XXXIII Symposium de ASESCU*. Sevilla

- Guerra N.B., Melo E.A., Filho J.M. 2005. Antioxidant compounds from coriander (*Coriandrum sativum* L.) etheric extract, *Journal of Food Composition and Analysis* 18, 193 – 199.
- Gray JI, Gomaa EA, Buckley DJ .1996. Oxidative quality and shelf life of meats *Meat science* , 43: 111-123
- Greenwald, R. 1990. “Current approaches to the development of oxygen radical scavengers”, in *Drugs of Today*. 26, pp. 299-307.
- Grün IU, Ahn J, Mustapha A. 2007. Effects of plant extracts on microbial growth, color change, and lipid oxidation in cooked beef. *Food Microbiology*, 24: 7-14
- Halliwell B 1995. Free radicals and antioxidants: A personal view. *Nutrition. Reviv.* 52: 253-265
- Harborne JB 1973. *Phytochemical methods*, London. Chapman and Hall, Ltd. pp. 49-188
- Hermida M, González M, Miranda M, Rodríguez-Otero JL. 2006. Mineral analysis in rabbit meat from Galicia (NW Spain). *Meat Science*; 73(4):635–639.
- Hernández P., Gondret F. 2006. Rabbit Meat Quality. In: Maertens L., Coudert P. (Eds.). *Recent Advances in Rabbit Sciences*. ILVO, Merelbeke, Belgium, p.p. 269-290.
- Hernández, P. 2007. Carne de conejo, ideal para dietas bajas en ácido úrico. *Revista Científica de Nutrición. Cunicultura* 154(8):33-36.
- Hernández, P. 2012. Carne de conejo como alimento funcional. *Cunicultura*; 37(218):21-24.
- Hernández P, and Dalle Zotte A. 2010. Influence of diet on rabbit meat quality. In: De Blas, C.; Wiseman, J. *Nutrition of the rabbit*. 2nd ed. Oxfordshire: CAB International.
- Honikel K.O. 1998. Reference Methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Science* 49 (4). pp. 447-457.
- Hui Y.H. 2006 *Ciencia y Tecnología de Carnes*. Limusa. México. p.p. 634.

- Huff-Lonergan E, Lonergan SM. 2005. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. *Meat science*. Elsevier (71) p. 194-204
- INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2007. Disponible en: <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/temas/default.aspx?s=est&c=17484>
- Jan F, Bellomo G, Montedoro GF, Galli C .1995. Low density lipoprotein oxidation is inhibited in vitro by olive oil constituents *Atherosclerosis*, 117: 25-32
- Jamilah, M.B. Abbaa K.A., Abdul R.R. 2008. Review on some Organic Acids Aditivves as Shelf-Life Extenders of Fresh Beef Cuts. *American Journal Agriculture and Biology Science*, 3:566-574.
- Juniper DT, Phipps RH, Ramos-Morales E, Bertin G. 2008. Effect of dietary supplementation with selenium-enriched yeast or sodium selenite on selenium distribution and meat quality in beef cattle. *Journal Animal Science*; 86:3100–3109
- Kanner, J. 1994. Oxidative processes in meat and meat products: Quality implications. *Meat Science*, 36: 169–189.
- Kawahara S, Takenoyama S, Takuma K, Muguruma M, Yamauchi K. 2009. Effects of dietary supplementation with conjugated linoleic acid on fatty acid composition and lipid oxidation in chicken breast meat. *Animal Science* (80) p. 468-474.
- Kinsella, J.E.; Frankel, E.; German, B. & Kanner, J. 1993. “Possible mechanism for the protective role of antioxidants in wine and plants foods”, in *Food Technology*, pp. 85-89
- Kirk R.S., Sawyer R., Egan H. 2009. *Composición y análisis de alimentos de Pearson*. Editorial Patria. México. P.p. 115-132.
- Koelsch S, Smith B .2001. Fortaleciendo las barreras contra las infecciones felinas: Los beneficios de las dietas enriquecidas con antioxidantes. *Waltham Focus* 11: 32-33.
- Kotler P, Armstrong G .2010. *Principles of marketing pearson education*. Production. 99:369-392

- Kowalska, D., and P. Bielański. 2009. Meat quality of rabbits fed a diet supplemented with fish oil and antioxidant. *Animal Science Papers and Reports* 27: 139-148.
- Kouba M., Benatmane F., Blochet J.E., Mourot J. 2008. Effect of a linseed diet on lipid oxidation, fatty acid composition of muscle, perirenal fat, and raw and cooked rabbit meat. *Meat Science* 80:829–834.
- Lawrie, R. A., 1998. The eating quality of meat. In R. A. Lawrie (Ed.), *Meat Science* (6th ed.). Cambridge: Woodhead Publishing.
- López, O. y Montejo, I.L. 2005. Evolución de indicadores productivos en conejos alimentados con morera y otros forrajes. *Pastos y Forrajes*. 28:45
- Lichtenstein A H, Jones P H.: 2001. Lipids: Absorption and transport. En, *Present Knowledge in Nutrition*. (8ª ed). B A Bowman, R M Russell (eds).
- Liu, X., Dong, M., Chen, X., Jiang, M.L.v.X., Yan, G., 2007. Antioxidant activity and phenolics of an endophytic *Xylaria* sp. from *Ginkgo biloba*. *Food Chemistry*. 105: 548–554.
- Luciano, G., Monahan, F. J., Vasta, V., Pennisi, P., Bella, M., y Priolo, A. 2009. Lipid and colour stability of meat from lambs fed fresh herbage or concentrate. *Meat Science*, 82, 193–199.
- Madsen, H. L., y Bertelsen, G. 1995. Spices as antioxidants. *Trends in Food Science and Technology*, 6, 271–277.
- Maltin C, Balcerzak D, Tilley R, Delday M. 2003. Determinants of meat quality: tenderness *Proceedings of the Nutrition Society*. (63) p. 337-347
- Mancini R.A., Hunt M.C. 2005. Current research in meat color. 51st International Congress of Meat Science and Technology (ICoMST) *Meat science*. 71:100-121.
- Masoero G. Riccioni I. Bergoglio G. Napolitano F. 1992. Implications of fasting on the transportation for a high quality rabbit meat. *Rabbit*. 15:841-847
- Mendoza B, Santos E.A., Zuñiga A. 2008. Conservación de la carne de conejo empacada al vacío. Tesis de Posgrado.
- Mínguez, B. C. 2014. Análisis genético de las características de crecimiento, de la canal y de la carne en Líneas Maternales de Conejo y en su Cruzamiento

- Dialélico. Tesis de Doctorado. Universidad Politécnica de Valencia. España. 261 pp.
- Monahan FJ, López-Andrés P, Luciano G, Vasta V, 2011. Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food Chemistry*, - Elsevier (124) p. 1036-1042.
- Montaudon, T.C., 2010. Explorando la noción de calidad, *Acta Universitaria*, vol. 20, núm. 2, mayo-agosto, 2010, pp. 50-56 Universidad de Guanajuato México
- Morrissey P., Buckley D.J., Galvin K. 2000. Vitamin E and the oxidative stability of pork and poultry. In: Decker E., Faustman F., López-Bote C. (Eds). *Antioxidants in muscle foods*. Wiley y Sons, Inc. Publication, New York, USA, p.p. 263- 287.
- Msaada K, Jemia M.B., Salem N., Bachrouch O., Sriti J., Tammar S., Bettaieb I., Jabri I., Kefi S., Limam F., Marzouk B. 2014. Antioxidant activity of methanolic extracts from three coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit varieties. *Arabian Journal of Chemistry*. 1-8
- Nakyinsige, K., Fatimah, A.B., Aghwan, Z.A., Zulkifli, I., Goh, Y.M., & Sazili, A.Q. (2014). Bleeding efficiency and meat oxidative stability and microbiological quality of New Zealand White rabbits subjected to halal slaughter without stunning and gas stunning. *Asian Australasian Journal of Animal Science*, 27(3), 406–413.
- Nieto, G., Jongberg, S., Andersen, M.L., & Skibsted, L.H. (2013). Thiol oxidation and protein cross-link formation during chill storage of pork patties added essential oil of oregano, rosemary, or garlic. *Meat Science*, 95(2), 177–184.
- Nieves D. 2005. Forrajes promisorios para la alimentación de conejos en Venezuela. Valor nutricional. Guanare, Venezuela: Tesis opción al título de Máster en Producción Animal. Universidad Ezequiel Zamora. P.p. 23-28
- Nieves D, Terán O, Vivas M, Arciniegas G, González C. 2009. Comportamiento productivo de conejos alimentados con dietas basadas en follajes tropicales. *Revista Científica FCV-LUZ*; 21(2):173-180.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-009-ZOO-1994, Proceso sanitario de la carne

- NORMA Oficial Mexicana NOM-030-ZOO-1995, Especificaciones y Procedimientos para la verificación de carnes, canales, vísceras y despojos de importación en puntos de verificación zoonosanitaria.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-033-SAG/ZOO-2014, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres.
- Ocampo A. 2012. La palma aceitera africana, un recurso de alto potencial para la producción animal en el trópico. [En línea] (Consultado: 20/04/2012). Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/V4440T/v4440T0g.htm>
- O'Gandy, H. Jr. 1998. The social construction of race. In O.H. Gandy, Jr. (Ed.), *Communication and Race: A Structural Perspective* pp.35-92.
- OIEDRUSBC. 2009. Desarrollo Rural Sustentable de Baja California OEIDRUS-BC. Disponible en: <http://www.oeidrus-bc.gob.mx/>
- Oliver M.A., Guerrero L., Diaz I., Gispert M., Pla M., Blasco A. 1997. The effect of fat-enriched diets on the perirenal fat quality and sensory characteristics of meat from rabbits. *Meat Science.*, 47:95-103
- Orlien V., Hansen E., y Skibsted L. 2000. Lipid oxidation in high pressure processed chicken breast muscle during chill storage: critical working pressure in relation to oxidation mechanism. *European Food Research Technology*, 211, 99-104.
- O'sullivan M.G., Byrne D.V., Martens H., Gidskehaug L.H., Andersen H.J., Martens M. 2003. Evaluation of pork colour: prediction of visual sensory quality of meat from instrumental and computer vision methods of colour analysis *Meat Science*, 65: 909-918
- Palamada, J. & Kehrer, J. 1992. "Inhibition of protein carbonyl formation and lipid peroxidation by glutathione in rat liver microsomes", in *Archives of Biochemistry and Biophysics* 293, pp. 103-109.
- Partida de la Peña, J.A., Braña Varela, D., Jiménez Severiano, H., Ríos Rincón, F.G., Buendía Rodríguez, G., 2013. Producción de carne ovina. INIFAP. México. Libro técnico No. 5, 23.

- Pearson, A. M., and R. B. Young. 1989. Muscle and Meat Biochemistry. Academic, San Diego. 67:56-68
- Percival M 1996. Antioxidants. Clinical Nutrition Insights; Advanced Nutrition Publications Inc.76:45-49
- Pla M, Cervera C. 1996. The effect of diet fat type on carcass composition and meat quality in the rabbit. Cuniculture 20: 179-184
- Pla, M., Zomeño C., and Hernández P. 2008. Effect of the dietary n-3 and n-6 fatty acids on rabbit carcass and meat quality. Journal of Meat Quality and Safety 9: 1425-1430.
- Porrás-Loaiza, A., & López-Malo, A. (2009). Importancia de los grupos fenólicos en los alimentos. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 3(1), 121- 134. Obtenido de: [http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TsIA-3\(1\)-Porrás-Loaiza-et-al-2009.pdf](http://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No3-Vol-1/TsIA-3(1)-Porrás-Loaiza-et-al-2009.pdf)
- Rasdhari M, Parekh T, Dave N, Patel V, Subhash R. 2008. Evaluation of various physico-chemical properties of Hibiscus sabdariffa and L. casei incorporated probiotic yoghurt. Pakistan Journal of Biological Science. 11(17): 2101-2108
- Renner, M., Dumont, F., Gatellier, P., 1996. Antioxidant enzyme activities in beef in relation to oxidation of lipid and myoglobin. Meat Science. 43, 111-121.
- Rico, R. 2002. Comportamiento de algunos indicadores productivos y reproductivos de tres razas cunícolas. Tesis en opción al título de Máster en Producción Animal Sostenible. Universidad de Granma, Cuba.
- Romano Ad, Serviddio G, de Matthalis A, Bellonti F, Vendemiale G. 2010. Oxidative stress and aging. J. Nephron.;23 Suppl.15:529-536.
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México). 2012. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx> (Accesado el 10 de noviembre).
- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México). 2013. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx> (Accesado el 18 de septiembre).

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México). 2015. Disponible en <http://www.sagarpa.gob.mx> (Accesado el 16 de diciembre).
- Salem, A. Z., Ryena, A. C., Elghandour, M. M., Camacho, L. M., Kholif, A. E., Salazar, M. C., and Mariezcurrena, M. A. 2014. Influence of *Salix babylonica* extract in combination or not with increasing levels of minerals mixture on in vitro rumen gas production kinetics of a total mixed ration. *Italian Journal of Animal Science*, 13(4), 3110.
- Sasaki, Y. F., Kawaguchi, S., Kamaya, A., Ohshita, M., Kabasawa, K., Iwama, K., Taniguchi, K., and Tsuda, S. 2002. The comet assay with 8 mouse organs: Results with 39 currently used food additives. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 519, 103–119.
- Savell, J.W., Mueller, S.L., Baird, B.E., 2005. The chilling of carcasses. *Meat Science*. 70 (3), 449–459.
- Schönfeldt H, Gibson N. Changes in the nutrient quality of meat in an obesity context. *Meat Sci* 2008; 80(1):20-27.
- Schwarz, K., Bertelsen, G., Nissen, L. R., Gardner, P. T., Heinonen, M. I., Hopia, A., Huynh-Ba, T., Lambelet, P., McPhail, D., Skibsted, L. H., & Tijburg, L. 2001. Investigation of plant extracts for the protection of processed foods against lipid oxidation. Comparison of antioxidant assays based on radical scavenging, lipid oxidation and analysis of the principal antioxidant compounds. *European Food Research and Technology*, 212: 319–328.
- Shahidi, F., Naczk, M., 2004. *Phenolics in Food and Nutraceuticals*. CRC Press, Boca Raton, FL p.p. 37-42
- Simonová M, Chrastinová L, Mojto J, Lauková A, Szabóová R, Rafay J. 2010. Quality of rabbit meat and phyto-additives. *Czech J Food Science and Technology*; 28(3):161-167.
- SISPROCUNDF. Sistema Producto Cunicola del Distrito Federal. 2012. Disponible en: sistemaproductocunicola.org.mx/cunicola.html

- Strack, F., y Neumann, R. 1996. "The spirit is willing, but the flesh is weak": Beyond mind-body interactions in human decision-making. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 65, 300-304.
- Suinaga, C.A., 2011. Área de Alimentación HANNA INSTRUMENTS S.L <http://www.hannainst.es/biblioteca/index.php?pg=0&CodApartado=54&CodTema=14>
- Tachakittirungrod, S., Okonogi, S., Chowwanapoonpohn, S., 2007. Study on antioxidant activity of certain plants in Thailand: mechanism of antioxidant action of guava leaf extract. *Food Chemistry*. 103, 381–388.
- Tanabe, H., Yoshida, M., & Tomita, N. 2002. Comparison of the antioxidant activities of 22 commonly used herbs and spices on the lipid oxidation of pork meat. *Animal Science Journal*, 73, 389–393.
- Teira, G.A., 2004. Actualidad y Perspectivas de un componente principal de calidad de carnes bovinas: La terneza. *Ciencia, Docencia y tecnología*, mayo, Año/Vol. XV. Número 028. Universidad Nacional de Entre Ríos. Concepción del Uruguay, Argentina p.p. 215- 244.
- Theodorou MK, Williams BA, Dhanoa MS, McAllan AB, France J .1994. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology*, 48: 185–197.
- Thornalley, P.J., Vasak, M. 1985. "Possible role for metallothionein in protection against radiation-induced oxidative stress. Kinetics and mechanism of its reaction with superoxide and hydroxyl radicals", en *Biochimica et Biophysica Acta* 827, pp. 36-44.
- Viera, D. y Obschatko, E.S. de 2003. Fortalezas y debilidades del sector agroalimentario: carne de conejo. IICA. 27 p.
- Wangensteen, H., Samuelsen, A.B., Malterud, K.E., 2004. Antioxidant activity in extracts from coriander. *Food Chemistry*. 88: 293–297.
- Warris, P.D., 2003. *Ciencia de la carne*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 309 p.

- Wichtl, M. W. 1994. Herbal drugs and phytopharmaceuticals. Stuttgart: Medpharm GmbH Scientific Publishers
- Williams, C.M., 2007. Dietary fatty acids and human health. *Annales de Zootechnie*. 49, 165-180.
- Yahia N, Achkar A, Abdallah A, Rizk S. 2008. Eating habits and obesity among Lebanese university students. *Nutrition Journal*; 7(32):1-6.
- Yang A , Lanari MC, Brewster M, Tume RK. 2002. Lipid stability and meat colour of beef from pasture-and grain-fed cattle with or without vitamin E supplement. *Meat Science* 60(1):41-50
- Yang A, Brewster MJ, Lanari MC, Tume RK. 2002. Effect of vitamin E supplementation on α -tocopherol and β -carotene concentrations in tissues from pasture-and grain-fed cattle. *Meat Science* 60(1):35-40
- Yanishlieva NV, Marinova EM, Gordon MH, Raneva VG. 1999. Antioxidant activity and mechanism of action of thymol and carvacrol in two lipid systems. *Food Chemistry* 64: 59-66
- Zakry FAA, Shamsuddin ZH, Rahim KA. 2012. Inoculation of *Bacillus sphaericus* UPMB-10 to young oil palm and measurement of its uptake of fixed nitrogen using the ^{15}N isotope dilution technique. *Microbes and Environments*. 27 (3), 257–262
- Zhao, Y., Wells, J.H., McMillen, K.W., 1994. Application of dynamic modified atmosphere packaging systems for fresh red meats: Review. *Journal of Muscle Foods*, 5, 299-328.
- Zhang MW, Zhang RF, Zhang FX. 2010. Phenolic profiles and antioxidant activity of black rice bran of different commercially available varieties. *Journal of agricultural and food chemistry* (13) 7580- 7587.
- Zou, Y.P., Lu, Y.H., Wei, D.Z., 2004. Antioxidant activity of a flavonoid-rich extract of *Hypericum perforatum* L. in vitro. *J. Agric. Food Chemistry*. 52: 5032–5039.