



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

**DEPARTAMENTO DE ENSEÑANZA, INVESTIGACIÓN
Y SERVICIO EN ZOOTECNIA**

POSGRADO EN PRODUCCIÓN ANIMAL

**RENDIMIENTO Y CALIDAD EN CANAL DE CORDEROS
DOSIFICADOS CON VITAMINA E**

TESIS

QUE COMO REQUISITO PARCIAL

PARA OBTENER EL GRADO DE:

**MAESTRO EN CIENCIAS
EN INNOVACIÓN GANADERA**

PRESENTA:

OMAR SALGADO ARRIAGA

Bajo la supervisión de:

M.C. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL



Octubre, 2009

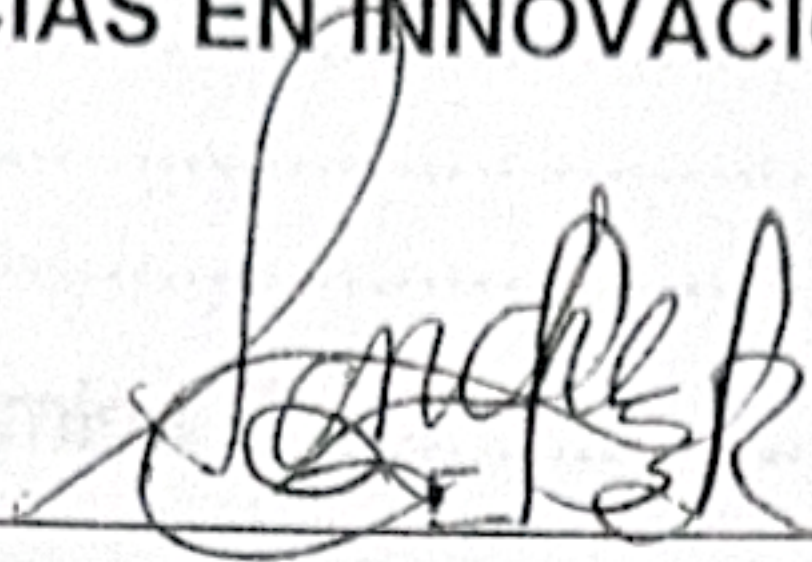
Chapingo, Estado de México.

RENDIMIENTO Y CALIDAD EN CANAL DE CORDEROS
DOSIFICADOS CON VITAMINA E

Tesis realizada por Omar Salgado Arriaga bajo la supervisión del Comité
Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para
obtener el grado de:

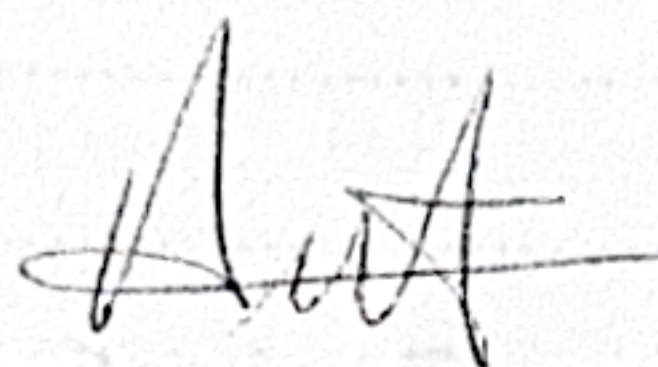
MAESTRO EN CIENCIAS EN INNOVACIÓN GANADERA

DIRECTOR:



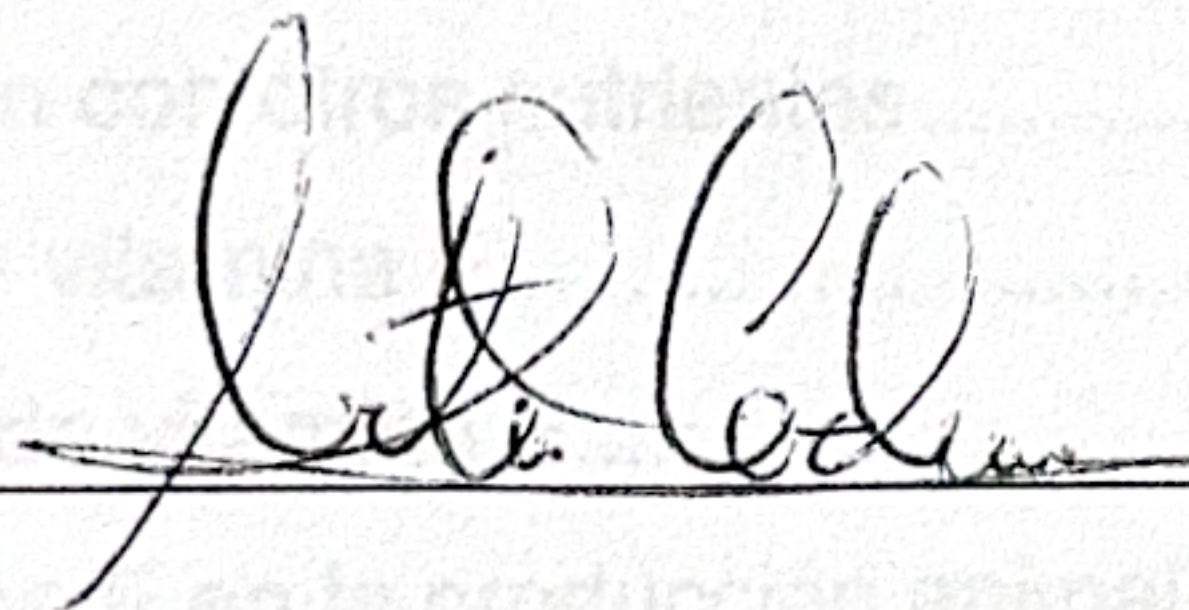
M.C. CARLOS SÁNCHEZ DEL REAL

ASESOR:



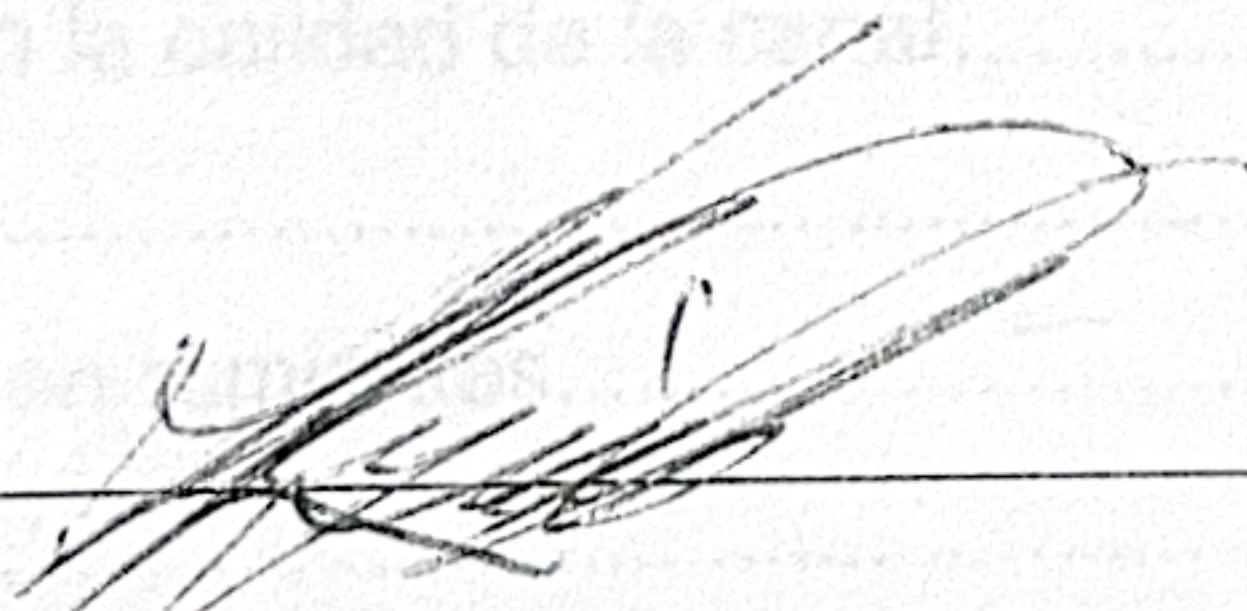
Dr. PEDRO ARTURO MARTÍNEZ HERNÁNDEZ

ASESOR:



Dr. JOSÉ ARTEMIO CADENA MENESES

ASESOR:



Dr. AMÍLCAR RENÁN MEJENES QUIJANO

A-T 3716 i

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE FIGURAS	vi
DEDICATORIA	vii
AGRADECIMIENTOS	viii
DATOS BIOGRÁFICOS	ix
RESUMEN GENERAL	1
1 INTRODUCCIÓN GENERAL	3
2 REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Vitamina E	4
2.1.1 Importancia de la vitamina E	4
2.1.2 Mecanismos de acción	5
2.1.3 Metabolismo	5
2.1.4 Cinética	6
2.1.5 Funciones	6
2.1.6 Requerimiento de vitamina E en rumiantes	7
2.1.7 Toxicidad	8
2.1.8 Asociación con otros nutrientes	8
2.1.9 Fuente de vitamina E	9
2.1.10 Medición de vitamina E	9
2.1.11 La vitamina E en la producción animal	9
2.1.12 Vitamina E en la calidad de la canal	10
2.2 Ácidos grasos	13
2.2.1 Metabolismo en rumiantes	13
2.2.2 Hidrólisis	13

2.2.3	Biohidrogenación.....	13
2.2.4	Digestión de ácidos grasos	14
2.2.5	Ácidos grasos en calidad de la carne.....	15
2.2.6	Vitamina E en la composición de ácidos grasos en la carne.....	15
2.3	Colesterol.....	16
2.3.1	Metabolismo colesterol.....	16
2.3.2	Estructura química	16
2.3.3	Absorción	17
2.3.4	Funciones.....	17
2.3.5	Síntesis y regulación	17
2.3.6	Transporte.....	19
2.3.7	Excreción	19
2.3.8	Excesos.....	19
2.3.9	Vitamina E en el metabolismo del colesterol.....	20
2.4	Medidas de calidad en carne de corderos	21
2.4.1	Medida del punto GR en canales de ovinos.....	21
2.4.2	Composición nutrimental de la carne	22
2.4.3	Color.....	23
2.5	Literatura citada	24
3	COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS DOSIFICADOS CON VITAMINA E EN LA FASE DE FINALIZACIÓN	29
3.1	Introducción	31
3.2	Materiales y métodos.....	31
3.3	Resultados y discusión	34
3.4	Conclusiones	38
3.5	Implicación.....	39
3.6	Literatura citada	39
4	PERFIL DE LÍPIDOS EN PLASMA Y GRASAS PERIRRENAL DE CORDEROS DOSIFICADOS CON VITAMINA E.....	41
4.1	Introducción	43
4.2	Materiales y métodos.....	43
4.3	Resultados y discusión	45

4.4	Conclusiones	49
4.5	Implicación	50
4.6	Literatura citada	50

LISTA DE CUADROS

Página

Cuadro 1. Requerimientos de vitamina E para rumiantes (McDowell, 1989).....	7
Cuadro 2. Resultados de la adición de vitamina E en la alimentación animal.	11
Cuadro 3. Valor nutricional de varios tipos de carnes de bovinos y corderos (100 g de carne cocinada; tomado de Geay <i>et al.</i> , 2001).....	22
Cuadro 4. Comportamiento productivo de corderos con adición de diferentes dosis de vitamina E.	34
Cuadro 5. Características de la canal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.	36
Cuadro 6. Peso de cortes de la canal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.	36
Cuadro 7. Color del músculo <i>Longissimus dorsi</i> de corderos con diferentes dosis de vitamina E.	37
Cuadro 8. Análisis sensorial de barbacoa de corderos dosificados con vitamina E.	38
Cuadro 9. Concentración de ácidos grasos en plasma ($\mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$) de corderos dosificados con vitamina E.....	46
Cuadro 10. Concentración de ácidos grasos en grasa perirrenal de corderos dosificados con vitamina E.....	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Estructura química de la vitamina E.....	4
Figura 2. Estructura del colesterol.	16
Figura 3. Medición del punto GR (Colomer, 1986).....	21
Figura 4. Concentración de colesterol en plasma sanguíneo de corderos con diferentes dosis de vitamina E.....	48
Figura 5. Concentración de colesterol en grasa perirrenal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.	50

DEDICATORIA

A Lucia y Natalith por darme tanto amor.

A mis padres y hermanos por su incondicional apoyo.

A mis amigos por los momentos hasta hoy compartidos.

**A los Maestros del Posgrado en Producción Animal, enhorabuena a su
proyecto de Doctorado por hacer proyectos trascendentales para el país.**

AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme lo que tengo.

A mi “Alma Mater” la Universidad Autónoma Chapingo por ser la formadora de Agrónomos Ilustres del campo mexicano.

Al Departamento de Zootecnia y al Posgrado en Producción Animal.

Al M.C. Carlos Sánchez Del Real, por su amistad, apoyo y dirección en esta tesis.

Al Dr. Pedro Arturo Martínez Hernández, Dr. José Artemio Cadena Meneses Dr. Amílcar Renán Mejenes Quijano y al Dr. Maximino Huerta Bravo por su apoyo, recomendaciones y acertadas sugerencias.

Al CONACYT y al COMECYT por el apoyo brindado para mis estudios de posgrado.

Al Dr. Arturo Hernández Montes por su apoyo en la evaluación sensorial de barbacoa y al Sr. Indalecio Flores Santamaría, por su apoyo en la fase de laboratorio.

Al personal de la Granja Experimental de la UACH y Granja “El Asilo” por su apoyo.

DATOS BIOGRÁFICOS



DATOS PERSONALES

Nombre: **Omar Salgado Arriaga**

Fecha de Nacimiento: **5 de enero de 1984**

Lugar de Nacimiento: **San Felipe Teotlalcingo, Puebla**

Profesión: **Ingeniero Agrónomo Especialista en Zootecnia**

Cédula Profesional: **5090794**

FORMACIÓN ACADÉMICA

1995-1998 Escuela Secundaria General No. 1 “Dr. Alfonso Briseño Ríos”,
Texmelucan De La Bastida, Puebla

1998-2001 Colegio de Bachilleres del Estado de Puebla, Plantel F-5,
Texmelucan De La Bastida, Puebla

2001-2002 Preparatoria Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo

2002-2006 Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo

2007-2008 Posgrado en Producción Animal, Departamento de Zootecnia,
Universidad Autónoma Chapingo

RESUMEN GENERAL

RENDIMIENTO Y CALIDAD EN CANAL DE CORDEROS DOSIFICADOS CON VITAMINA E¹

La vitamina E limita la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados manteniendo su concentración en los tejidos y disminuye el colesterol en los tejidos, produciendo una carne saludable. El objetivo fue determinar el comportamiento productivo, características en la canal, color del músculo *Longissimus dorsi*, evaluación sensorial de barbacoa, concentración de colesterol y ácidos grasos de corderos dosificados con vitamina E. Sesenta días antes del sacrificio, se dosificaron diariamente con 0, 200, 400 y 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ de vitamina E. Se estimó comportamiento productivo, características en la canal, color del músculo *Longissimus dorsi* 30 días postsacrificio, se realizó la evaluación sensorial de barbacoa, determinación de ácidos grasos y colesterol en plasma y grasa perirrenal. El diseño fue completamente al azar, consumo de alimento se analizó por medidas repetidas con MIXED de SAS; para ganancia de peso, conversión alimenticia, rendimiento total y por componentes de la canal, color, colesterol y ácidos grasos el diseño fue completamente al azar con ocho repeticiones; en evaluación sensorial se utilizó un modelo en bloques al azar siendo la unidad experimental la barbacoa de cada tratamiento, los cuales fueron analizadas con GLM de SAS. La vitamina E no modificó el comportamiento productivo ni atributos de calidad en canal de corderos; el análisis sensorial de barbacoa a 400 UI de vitamina E en la característica de olor fue la mejor calificada ($p < 0.05$). En plasma, la concentración de ácido oleico aumentó conforme a la dosis de vitamina E ($p < 0.05$), el ácido esteárico, mirístico, palmítico, linoleico, linolénico, araquidónico y colesterol no varió ($p > 0.05$). La grasa perirrenal, la concentración de ácido esteárico, mirístico, palmítico, oleico y araquidónico fue similar ($p > 0.05$), la concentración de ácido linoleico y linolénico aumentó ($p < 0.05$) en la dosis de 200 UI de vitamina E. El colesterol en grasa perirrenal se redujo 50% con la dosis de 800 UI en comparación con el testigo.

Palabras clave: ácidos grasos, colesterol, vitamina E, corderos.

¹ Tesis de Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Omar Salgado Arriaga
Director de Tesis: M.C. Carlos Sánchez Del Real

GENERAL ABSTRACT

CARCASS YIELD AND QUALITY IN LAMBS SUPPLEMENTED WITH VITAMIN E ²

Vitamin E limits the oxidation of polyunsaturated fatty acids, maintaining their concentration in the tissues and lowering cholesterol in tissues, producing a healthy meat. The objective was to evaluate the productive behavior, carcass quality, color of the *Longissimus dorsi* muscle, sensory analysis of barbecued lamb, cholesterol concentration and lipid profile of lambs supplemented with vitamin E. During 60 days before slaughter, the lambs were supplemented with daily doses of 0, 200, 400 and 800 UI lamb⁻¹ day⁻¹ of vitamin E. Productive behavior, carcass quality, and color of the *Longissimus dorsi* muscle were estimated 30 days after slaughter; a sensory evaluation of barbecued lamb was carried out and fatty acid and cholesterol levels in plasma and kidney fat were determined. The design was completely randomized. Food intake was analyzed by repeated measurements using the SAS MIXED procedure. For weight gain, nutritional conversion, total yield and carcass components, namely color, cholesterol and fatty acids, a completely randomized design was used with eight repetitions. In the sensory evaluation, a randomized block model was used, with the barbecued lamb of each one of the experimental units being the experimental unit. The lamb was analyzed with the SAS GLM procedure. The vitamin E doses evaluated modified neither productive behavior nor quality attributes in lamb carcasses, but they did modify the sensory analysis; the scent characteristic of the barbecued lamb showed a difference, with the barbecued lamb of the 400 UI of vitamin E being the best evaluated ($p < 0.05$). In plasma, the concentration of oleic acid increased according to the vitamin E dose ($p < 0.05$), while stearic, myristic, palmitic, linoleic, linolenic, and arachidonic acids as well as cholesterol did not vary ($p > 0.05$). In kidney fat, the concentration of stearic, myristic, palmitic, oleic and arachidonic acids was similar ($p > 0.05$), while the concentration of linoleic and linolenic acids increased ($p < 0.05$) in the dose of 200 UI of vitamin E lamb⁻¹ day⁻¹. The cholesterol in kidney fat decreased 50% with the dose of 800 UI in comparison with the control.

Keywords: fat acid, cholesterol, vitamin E, lambs.

² Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Omar Salgado Arriaga
Advisor: M.C. Carlos Sánchez Del Real

1 INTRODUCCIÓN GENERAL

Los consumidores de productos cárnicos, principalmente los ubicados en países desarrollados, están prefiriendo carnes rojas con menor cantidad de grasa saturada, para reducir problemas de obesidad, colesterol circulante y cardiovasculares (Oddy y Sainz, 2002). En México, esta preferencia tiene arraigo en carnes como la de ovino, aún siendo un tipo de carne de baja demanda por un consumo aparente que fluctúa entre 0.7 a 1.0 kg hab⁻¹ año⁻¹. El consumo de la carne de ovino se da en barbacoa, que es un platillo de consumo ocasional en festividades o de fin de semana, lo que hace que el consumidor sea muy exigente ya que el precio de la carne así preparada es muy alto (Peña, 2008). Para que la industria de la producción de carne de ovino satisfaga la demanda por una carne con menor impacto negativo en la salud de los consumidores, la investigación debe encontrar y validar opciones en genética, nutrición y criterios de sacrificio, que permitan llegar a este tipo de carne.

En la nutrición animal una opción es el uso de la vitamina E, puesto que además de prolongar la vida en anaquel (Wilson, 2000) se ha encontrado que puede aumentar el contenido de ácidos grasos insaturados al evitar su oxidación. Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo fueron: evaluar el comportamiento productivo, grosor de la grasa dorsal, rendimiento, características de la canal y evaluación sensorial de barbacoa de corderos al ser dosificados con vitamina E en la fase de finalización; y determinar el perfil de ácidos grasos y colesterol tanto en grasa perirrenal como en plasma sanguíneo de corderos finalizados con diferente dosificación de vitamina E.

2 REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Vitamina E

2.1.1 Importancia de la vitamina E

La vitamina E fue descubierta por Evans y Bishop de la Universidad de California Berkeley (McDowell, 1989). La vitamina E engloba una serie de compuestos llamados tocoferoles, existiendo cuatro tipos de tocoferoles que tienen un anillo cromano con una cadena saturada fenil, y son α , β , γ y δ , difieren sólo en el número y posición del grupo metil en el anillo de cromano (Hargreaves, 2002; McDonald *et al.*, 2006). La vitamina E es una benzoquinona completamente sustituida que cuenta con una cadena lateral hidrocarbonada que le confiere carácter anfipático (Fryer, 1992). El isopentenilpirofosfato es el precursor activado de varias vitaminas y compuestos denominados isoprenoides, incluyendo la vitamina E (Nelson y Cox, 2005).

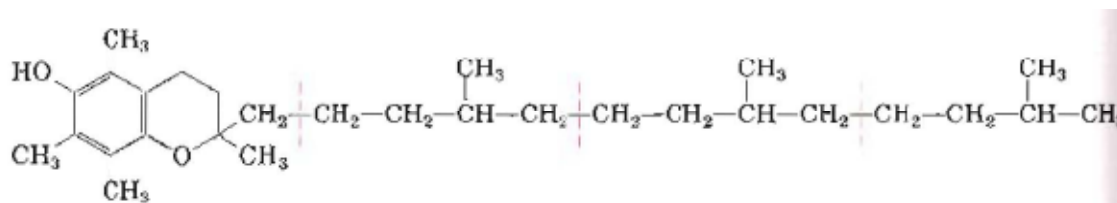


Figura 1. Estructura química de la vitamina E.

Cada vez aumentan las evidencias de que la vitamina E influye en la síntesis de proteínas específicas. Se ha demostrado que la vitamina E afecta varias funciones de las mitocondrias y de los microsomas, algunas de ellas relacionadas con la capacidad antioxidante (NRC, 1985; Church, 1988). Esta capacidad antioxidante, ínter e intracelular, previene la oxidación de materiales lípidos insaturados en las células, de esta manera la vitamina E protege la

membrana celular de un rompimiento o desequilibrio; dando lugar a la conservación de la carne (Turner *et al.*, 2002).

La suplementación en cantidades adecuadas de vitamina E en dietas en el ganado incrementa la producción de anticuerpos en particular de la inmunoglobulina G. Las manifestaciones de deficiencia de vitamina E son variadas y algunas son específicas de una especie, pero pueden dividirse en tres grandes categorías: falla relacionada con la reproducción, alteración de la permeabilidad celular y lesiones musculares (Church, 1988).

2.1.2 Mecanismos de acción

Estabiliza las membranas mediante la unión con los ácidos grasos libres y atrapando al oxígeno en singulete y a los peróxidos de lípidos. El radical tocoferoxil se estabiliza dentro del anillo de quinona, por lo que evita eficientemente la propagación de la reacción en cadena. El ascorbato reduce al tocoferoxil y regenera así la forma activa del tocoferol (Fryer, 1992).

2.1.3 Metabolismo

La vitamina E se encuentra disuelta en la grasa de la dieta, se libera y absorbe durante la digestión de los lípidos (absorción pasiva, dependiente de la formación de micelas), absorbiéndose en forma esterificada que son hidrolizados por lipasas pancreáticas y el tocoferol es absorbido de forma libre (Hargreaves, 2002). Un grupo alcohol se une al acetato previniendo el inicio de la destrucción de la vitamina en la dieta, cuando es consumido el ester es hidrolizado en el intestino haciendo disponible al tocoferol para su absorción en la forma de alcohol (NRC, 1996). Además se transporta en la sangre por lipoproteínas (Mayes, 1994), quilomicrones (NRC, 1987) y subsecuentemente por la circulación de lipoproteínas de baja densidad (LDL).

La absorción es directamente proporcional a su actividad, así como su presencia en sangre. La vitamina E se almacena en todos los tejidos, pero en

mayor cantidad en hígado (NRC, 1987), siendo importante el aporte continuado en la ración (McDonald *et al.*, 2006).

2.1.4 Cinética

Los contenidos de vitamina E en los alimentos se expresan en Unidad Internacional (UI) de vitamina E que corresponde a la actividad de un mg de DL- α -tocoferil acetato (McDonald *et al.*, 2006), basados principalmente en la prueba con ratas (prueba de antiesterilidad) y usando la DL- α -tocoferil acetato como estándar (1 mg=1 UI), 1 mg DL- α -tocoferol= 1.1 UI, 1mg de D- α -tocoferil acetato = 1.36 UI, y 1mg D- α -tocoferol = 1.49 UI (Baker, 1995). Las variadas formas de aplicación de vitamina E no influyen el metabolismo de los lípidos en corderos. La biodisponibilidad de α -tocoferol depende de la forma de administración. El D- α -tocoferil acetato es la forma más disponible, pero ésta aumenta cuando se combina con polietilenglicol succinato (Hidiroglou *et al.*, 1993). La suplementación con D- α -tocoferil acetato en la dieta de cerdos resulta en una mayor concentración de α -tocoferol en suero comparado con otras fuentes de vitamina E como DL- α -tocoferol, DL- α -tocoferil acetato, D- α -tocoferol (Anderson *et al.*, 1995). Coelho (2002) menciona que el grupo fenólico hidroxil libre es responsable de la actividad antioxidante. La vitamina E acetato es estable en el alimento con pH de neutro a ligeramente ácido, pero en alcalino es oxidado, específicamente cuando tienen carbonato de calcio y óxido de magnesio.

2.1.5 Funciones

El tocoferol actúa en la transferencia de hidrógeno por la reducción de radicales libres en la célula (McDowell, 1989), antioxidante intercelular e intracelular que previene la oxidación de ácidos grasos insaturados dentro de la célula, interviene en la formación de compuestos estructurales de las membranas celulares y síntesis de prostaglandina E. Daniels *et al.* (2000) indican un incremento en la resistencia a enfermedades, mediante la protección de leucocitos y macrófagos durante fagocitosis. Además la suplementación con α -

tocoferil acetato reduce la susceptibilidad de los tejidos a la peroxidación lipídica inducida por hierro (Cox *et al.*, 1993).

2.1.6 Requerimiento de vitamina E en rumiantes

En la producción animal, determinar el requerimiento de vitamina E es difícil por las interacciones con otros compuestos en la dieta, en rumiantes varía de 10 a 60 mg kg MS⁻¹ dependiendo de la concentración de selenio, ácidos grasos polinsaturados y posiblemente del sulfuro en la dieta (NRC, 1985, 1996). En el Cuadro 1 se muestran los requerimientos para algunos rumiantes.

Cuadro 1. Requerimientos de vitamina E para rumiantes (McDowell, 1989).

Especie	Propósito	Requerimiento (UI kg MS ⁻¹)
Bovinos lecheros	Todos	15-40
Bovinos para carne	Crecimiento	15-60
Caprinos	Todos	100
Ovinos	Todos	15-20

En bovinos, en la fase de crecimiento y finalización el requerimiento óptimo es de 50 a 100 UI de vitamina E adicional al alimento (NRC, 1996). Por lo cual concentraciones de 0.05 mg α -tocoferol dl⁻¹ en plasma sanguíneo son considerados marginales y se aplican valores similares para ovejas (NRC, 1985, 2007). Una concentración de vitamina E en suero menor de 1 a 1.5 mg L⁻¹ es considerada deficiente en rumiantes (McMurray y Rice, 1982). Actualmente la NRC (2007) recomienda 10 UI de vitamina E kg⁻¹ de peso vivo, para ayudar a pequeños rumiantes a prevenir infecciones y aumentar la vida en anaquel de los cortes de carne de cordero. Estos requisitos de vitamina E pudieran ser mayores al incrementar la concentración de ácidos grasos poliinsaturados en la carne de los corderos (Derimel *et al.*, 2004). Según la NRC (1985) el requerimiento mínimo de vitamina E en la dieta para animales en crecimiento y preñez de ovejas es de 10 y 15 mg kg⁻¹ MS; para corderos en crecimiento de 20

kg de PV la recomendación es 20 UI kg⁻¹ MS y para ovejas preñadas de 15 UI kg⁻¹ MS cuando la concentración de selenio en la dieta sea 0.05 mg kg⁻¹.

2.1.7 Toxicidad

Una hipervitaminosis de vitamina E en ratas, aves y humanos se presenta a los máximos tolerables que van de 1000 a 2000 UI kg⁻¹ de dieta. McDowell (1989) sugiere usar un nivel máximo de 75 UI kg de PV⁻¹ día⁻¹ y la dosis letal (DL₅₀) es > 2 g kg PV⁻¹ (NRC, 2007).

2.1.8 Asociación con otros nutrientes

La vitamina E y selenio sólo parecen tener un efecto aditivo sobre la reducción en suero de glutathion oxalacético transaminasa, incrementando el tiempo de sobrevivencia y disminuyendo la excreción de creatina en orina en borregos de ocho semanas de edad con deficiencias (NRC, 1985). Mientras que la suplementación de selenio no afecta la concentración de vitamina E en los tejidos (Cox *et al.*, 1993). Ambos compuestos forman parte de la glutatión peroxidasa, la cual forma parte de un sistema de antioxidantes que está envuelta en el metabolismo de hidroperóxidos, también protege a la célula de los efectos de la reacción de oxígeno y otros radicales libres que son iniciadores de la oxidación de fosfolípidos poliinsaturados de la membrana y proteínas críticas (NRC, 1987; McDowell y Arthington, 2005).

La vitamina E se encuentra en diversas concentraciones en el alimento dependiendo de la oxidación procesos acelerados por calor, humedad, ácidos grasos insaturados, y minerales traza. Así con la fermentación en los granos, tratamientos con humedad y ácidos orgánicos presumiblemente la vitamina E es destruida, también los alcalinos, ortofosfato, óxido de magnesio reducen la biodisponibilidad de la vitamina E (Baker, 1995). Por otra parte, una interacción con otros nutrientes, cuando se proporcionan cantidades excesivas de vitamina E es el incremento del requerimiento de vitamina K y vitamina D, causando problemas con el metabolismo de éstas (McDowell, 1989).

2.1.9 Fuente de vitamina E

Las plantas son fuentes ricas de vitamina E, en especial el maíz y los forrajes pero la concentración de vitamina E disminuye rápidamente durante el ensilaje mientras que al henificar es más favorable para la preservación de la vitamina E (Geay *et al.*, 2001). En el caso de las pastas de oleaginosas que son extraídas con solventes tiene una baja concentración de vitamina E (Baker, 1995).

En la alimentación de corderos en finalización el contenido promedio de α -tocoferol en los alimentos usados en el crecimiento-finalización de corderos tienen menos de 15 mg α -tocoferol kg MS⁻¹ resultando inadecuada, aun cuando la concentración de selenio sea adecuada (NRC, 1985).

2.1.10 Medición de vitamina E

La determinación de la concentración de vitamina E en suero y tejido se puede realizar por fluorometría. Para el caso de suero el procedimiento consiste en diluirlo con 2% ascorbato en etanol en proporción 1:3, extraído dos veces con 4 ml de éter de petróleo, después el éter se evapora con el uso de nitrógeno a temperatura ambiente y las muestras se predisuelven en 0.5 mL de metanol. Después se mide la concentración en el cromatógrafo (metanol como fase móvil a 1 mL min⁻¹; columna C18 3 x 3 cm) y cuantificando por fluorometría (295 excitación, 325 emisión) (Daniels *et al.*, 2000). El procedimiento anterior usualmente es laborioso y consume mucho tiempo. Otro procedimiento es la cromatografía líquida de alta resolución (HPLC) que ofrece la posibilidad de un análisis con la separación de los tocoferoles, el método consiste en tres pasos vía extracción, saponificación y cromatografía (McDowell, 1989; Liu *et al.*, 1996).

2.1.11 La vitamina E en la producción animal

Los estudios de la vitamina E en corderos han tenido resultados tanto en calidad de la canal como en concentración de vitamina E en la carne como es el

caso Wulf *et al.* (1995) que al suplementar corderos con vitamina E aumento la concentración de α -tocoferol en el músculo *Longissimus lumborum*.

En cerdos y bovinos ha mostrado resultados favorables en la reducción de la oxidación en la carne, extensión del color y reducción de la descoloración del tejido muscular durante la refrigeración en anaquel. Como se indican en el Cuadro 2. Donde es importante considerar la etapa de estudio, cantidad de vitamina E administrada, forma de la vitamina E, duración del experimento y la vía de administración que se utilizó.

2.1.12 Vitamina E en la calidad de la canal

La oxidación de los fosfolípidos de la membrana es la mayor causa de deterioro de la calidad de la carne, afectando características como sabor, olor, color, y valor nutritivo (Buckley *et al.*, 1995). La suplementación de vitamina E en el alimento de animales a mostrado mejorar la calidad de la carne al evita su decoloración y oxidación rápida, prolongando la vida en anaquel. Diversas investigaciones en bovinos finalizados (Faustman, 1990; Mitsumoto *et al.*, 1991; Arnold *et al.*, 1993; Mitsumoto *et al.*, 1993; Mitsumoto *et al.*, 1995; Liu *et al.*, 1995; Faustman *et al.*, 1998), ovinos (Wulf *et al.*, 1995; Turner *et al.*, 2002) y cerdos (Buckley *et al.*, 1995), señalan que la suplementación con vitamina E conserva el color de la carne reduciendo la oxidación de los lípidos y conservando la integridad de las células al evitar la oxidación temprana de la oximioglobina. Pero además, en corderos aumenta la suavidad de la carne al disminuir la concentración de colágeno intramuscular pues se asocia con menor tejido conectivo (Maiorano *et al.*, 1999). En cerdos en general la adición de 200 mg de vitamina E kg^{-1} en el alimento, preserva el color del musculo *Longissimus lumborum* de 3 a 6 días en condiciones de refrigeración. Además la vitamina E tiene efectos benéficos en el sabor, terneza, frescura y en la estabilidad a la oxidación. Se tiene especial énfasis en la modificación de los ácidos grasos en los tejidos comestibles (Aalhus y Dugan, 2001).

Cuadro 2. Resultados de la adición de vitamina E en la alimentación animal.

Especie	Etapa	Administración				Efecto	Referencia
		Cantidad	Forma	Duración	Vía		
Cerdos	Crecimiento-finalización	100 a 800 mg kg ⁻¹ MS	DL- α -tocoferol	-	Alimento	Reducción en la oxidación de lípidos de la carne y su efecto variable en la capacidad de retención de agua.	Ellis y McKeith, 1999
Bovinos	Finalización Pastoreo	500 UI animal ⁻¹ día ⁻¹	DL-rac- α -tocoferil acetato,	-	Alimento	La carne de bovino engordado en corral presentó, mayor contenido de grasa y colesterol que en pastoreo. Mientras que los animales de pastoreo presentaron mayor porcentaje de ácidos grasos poliinsaturados que los animales alimentados con grano, particularmente de ácido linolénico, aunque el contenido de linoleico fue menor.	Descalzo et al., 2004
	Corral						
Bovinos	Finalización	0 UI día ⁻¹ , 2,000 IU día ⁻¹	DL- α -tocoferil acetato	126, 266 días	Alimento	Acumulación de metamioglobina, aumenta la cantidad de α -tocoferol en el <i>Longissimus lumborum</i> produce una extensión del color y la estabilidad de los lípidos.	Arnold et al., 1992

Cuadro 2. Resultados de la adición de vitamina E en la alimentación animal.

Especie	Etapa	Administración				Efecto	Referencia
		Cantidad	Forma	Duración	Vía		
Cerdos	Crecimiento	0 y 100 mg kg ⁻¹ MS	DL- α - tocoferil acetato	84 días	Alimento	Reducción de la oxidación de los lípidos, pero no influyen en el color ni en la pérdida de agua por los tejidos.	Cannon <i>et al.</i> , 1996
	Finalización						
Bovinos Holstein	Finalización	298 UI kg ⁻¹ MS	DL-a- tocoferil acetate	211, 232, 252 días	Alimento	Retarda la pérdida de agua en los cortes. Las fibras musculares de los animales suplementados son más resistentes al rompimiento durante la exposición en fresco.	Mitsumoto <i>et al.</i> , 1995
Bovinos	Finalización	300 UI día ⁻¹	DL-a- tocoferil acetate	266 días	Alimento	Redujo la descoloración del tejido muscular durante la refrigeración en anaquel.	NRC, 1996

2.2 Ácidos grasos

2.2.1 Metabolismo en rumiantes

Los rumiantes ingieren la mayor cantidad de ácidos grasos de los concentrados, cereales, semillas oleaginosas y grasas libres (Gurr, 1984). Mientras que del forraje el 7 % de la masa foliar en base seca son lípidos, donde un 53 % es ácido linolénico (Moore y Christie, 1984; Chilliard, 1993). El metabolismo de estos ácidos grasos en los rumiantes tiene diferentes procesos como la hidrólisis, biohidrogenación y digestión.

2.2.2 Hidrólisis

La hidrólisis es el proceso donde se incorporan moléculas de agua en los enlaces ester encontrados en triglicéridos, fosfolípidos y glicolípidos, el cual ocurre a nivel extracelular, llevado a cabo por lipasas, galactosidasas y fosfolipasas producidas por las bacterias ruminales donde destacan; *Anaerovibrio lypolitica*, que tiene como sustrato los triglicéridos y *Butyrivibrio fibrisolvens*, que hidroliza los fosfolípidos, glicolípidos, y en menor medida por hongos y protozoarios (Moore and Christie, 1984; Demeyer y Doreau, 1999). Esta hidrólisis puede ser mayor al 85 % de los ácidos grasos pero disminuye por factores como: pH por debajo de 6, antibióticos, ionóforos, nivel de grasa en la dieta y la fuente de grasa (Demeyer y Doreau, 1999).

2.2.3 Biohidrogenación

La biohidrogenación se lleva a cabo en el rumen, dicho proceso consiste en la saturación de los dobles enlaces presentes en la cadena carbonada de ácidos grasos insaturados, mediante la adición de H^+ . Este proceso es realizado principalmente por bacterias del rumen, siendo *Butyrivibrio fibrisolvens* la principal implicada (Harfoot y Hazlewood, 1997). Este proceso requiere la hidrólisis previa de la grasa. También se ve afectada al incluir un exceso de lípidos no protegidos (Bauman *et al.*, 2003).

El ácido linoleico y linolénico son los mayores sustratos de la biohidrogenación de entre 70-95% y 85-100%, respectivamente (Chilliard, 1993; Doreau y Ferlay, 1994).

2.2.4 Digestión de ácidos grasos

En contraste con la absorción de ácidos grasos volátiles de cadena corta que se lleva a cabo en el rumen, la mayoría de los ácidos grasos que llegan al intestino delgado son saturados (esteárico y palmítico, principalmente), como consecuencia del metabolismo ruminal (Demeyer y Doreau, 1999), en cambio en no rumiantes durante la absorción los ácidos grasos no sufren modificación en su estructura (Moore y Christie, 1984; Bauman *et al.*, 2003).

Aproximadamente del 80 al 90% de lípidos que llegan al intestino delgado de rumiantes son ácidos grasos libres unidos a partículas de alimento. El restante está conformado por fosfolípidos de los microorganismos ruminales, triglicéridos y glicolípidos, los cuales son hidrolizados por lipasas pancreáticas e intestinales (Doreau y Ferlay, 1994). Cuando se proporcionen grasas protegidas a los rumiantes, se incrementa el flujo de triglicéridos, las sales de calcio de ácidos grasos libres, se disocian en cierto grado a nivel de rumen y otras a nivel abomaso. Así los lípidos protegidos incrementan la cantidad de ácidos grasos libres que llegan al intestino delgado (Bauman *et al.*, 2003).

La absorción de los ácidos grasos ocurre en el yeyuno en forma de micelas. La formación de micelas se logra por las secreciones de la bilis y jugo pancreático previas a nivel de duodeno. El jugo pancreático proporciona fosfolipasa que convierte la lecitina a isolecitina y bicarbonato para elevar el pH ácido. La bilis provee lecitina y sales biliares, que permanecen ionizadas y solubles en la región de pH ácido del duodeno, actuando como detergentes para emulsionar los ácidos grasos y permitir su absorción (Moore y Christie, 1984; Demeyer y Doreau, 1999).

2.2.5 Ácidos grasos en calidad de la carne

La composición de lípidos en la carne y la leche de los rumiantes es un reflejo del metabolismo de los lípidos en el rumen, como el ácido linoleico conjugado (CLA) en la carne es un compuesto intermedio en la biohidrogenación del ácido linoleico (cis-9,cis-12 C18:2) a ácido esteárico (C18:0) (Gabryszuk *et al.*, 2007), con algunas diferencias individuales por los ácidos *trans* 18: 1 entre la glándula mamaria y el músculo o tejido adiposo (Demeyer y Doreau, 1999). Además la deposición de grasa en el músculo, también depende de la edad, sexo, alimentación (Wood, 1984) y de los ácidos grasos que la constituyen; siendo los responsables de la firmeza, olor, vida de anaquel, entre otras características. Por ejemplo, la concentración de ácido esteárico está muy relacionada con el punto de fusión y la firmeza del corte de la grasa en la canal (Wood *et al.*, 2004).

2.2.6 Vitamina E en la composición de ácidos grasos en la carne

La mayoría del CLA es sintetizado en los tejidos de los rumiantes, particularmente en la glándula mamaria por la desaturación del ácido *trans*-vacénico (*trans*-11 C18:1) resultado de la acción de la estearyl-CoA desaturasa (SCD). La introducción del doble enlace *cis* es catalizada por el sitio del electrón microsomal transportado por proteínas compuestas por NADH citocromo b5 reductasa, citocromo b5 y la terminal SCD. La estearyl-CoA desaturasa es el principal componente que limita la reacción. Esta actividad es afectada por diferentes factores como dieta, hormonas, temperatura, metales y vitaminas. Dentro de éstas, la suplementación de vitamina E puede regular la actividad de la SCD disminuyendo la β -oxidación de los isómeros del CLA en músculo, y además la inclusión de vitamina E estabiliza la deterioración oxidativa a los ácidos grasos insaturados y colesterol en músculo (Buckley *et al.*, 1995; Gabryszuk *et al.*, 2007).

2.3 Colesterol

2.3.1 Metabolismo colesterol

El colesterol sólo se encuentra en forma de complejos macromoleculares (lipoproteínas), particularmente la presencia de lipoproteínas de baja densidad (LDL) a niveles elevados, incrementa el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares (arteriosclerosis, enfermedad coronaria), mientras que el colesterol contenido en las lipoproteínas de alta densidad (HDL) ejerce un papel protector del sistema cardiovascular (Cortés, 2006).

2.3.2 Estructura química

El colesterol es un lípido esteroide formado por un núcleo de cicloperhidrofenantreno con cuatro carboxilos condensados, un grupo hidroxilo en posición C-3, dos radicales metilo en posición C-10 y C-13, una insaturación entre los carbonos C-5 y C-6 (Figura 1) (Mayes, 1994; Nelson y Cox, 2005).

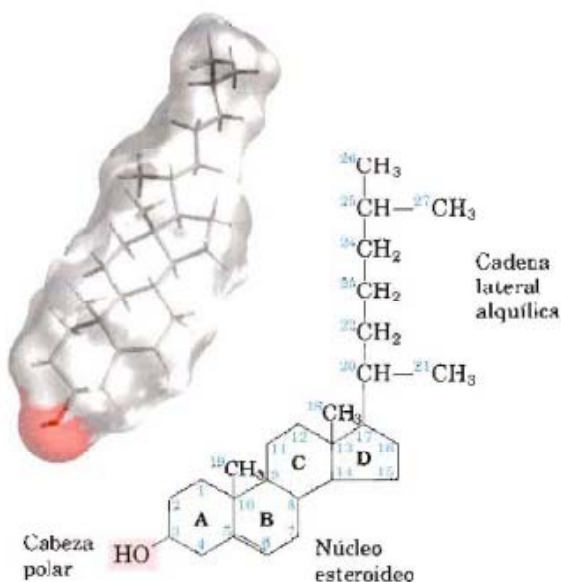


Figura 2. Estructura del colesterol.

2.3.3 Absorción

Los enlaces ester una vez hidrolizados por la acción del colesterol esterasa, además la acción de la esterasa pancreática, permiten junto con las sales biliares la formación de micelas que se absorben en el intestino delgado (Friedman y Nylund, 1980).

2.3.4 Funciones

El colesterol se encuentra en las membranas celulares, situado en forma paralela a los ácidos grasos de los fosfolípidos. La fluidez de la membrana depende de la concentración de esteroides, pues a una alta concentración de éstos se reduce la fluidez. Otra función importante es que son precursores de hormonas esteroideas, que regulan la expresión génica y reproductora. También, del colesterol se derivan las sales biliares que actúan como detergentes emulsionando las grasas para su digestión (Nelson y Cox, 2005).

2.3.5 Síntesis y regulación

El colesterol se forma a partir de Acetil CoA, en cuatro pasos: 1. Condensación de tres unidades de acetato para formar un intermediario de seis átomos de carbono, el mevalonato; 2. Conversión del mevalonato en unidades de isopreno activado; 3. Polimerización de seis unidades de isopreno de cinco carbonos para dar lugar a la estructura lineal de treinta carbonos del escualeno; y 4. Ciclación del escualeno para formar los cuatro anillos del núcleo esteroide, además de una serie de cambios adicionales (oxidaciones, eliminación o migración de grupos metilo) para producir el colesterol (Nelson y Cox, 2005).

1. Síntesis del mevalonato a partir del acetato

Dos moléculas de acetil-CoA se condensan para formar acetatoacetil-CoA, que, a su vez se condensa con una tercera molécula de acetil-CoA para formar β -hidroxi- β -metilglutaril-CoA (HMG-CoA). Estas reacciones son catalizadas por la tiolasa y la HMG-CoA sintasa. La siguiente reacción es la reducción del HMG-

CoA a mevalonato, para la cual dos moléculas HADPH ceden dos electrones (Nelson y Cox, 2005).

La HMG-CoA reductasa es una proteína integral de la membrana del retículo endoplasmático liso, es el principal punto de regulación en la síntesis del colesterol (Nelson y Cox, 2005).

2. Conversión del mevalonato en dos isoprenos activados

Se transfieren tres grupos fosfato de tres moléculas de ATP al mevalonato. El fosfato unido al grupo hidroxilo C-3 del mevalonato en el intermediario 3-fosfo-5-pirofosfomevalonato es un buen grupo saliente; en el paso siguiente salen este fosfato y el grupo carboxilo vecino produciendo un doble enlace en el producto de 5 carbonos Δ^3 – isopentenil pirofosfato. Éste es el primero de los dos isoprenos activados cruciales en la formación del colesterol. La isomeración del Δ^3 – isopentenil pirofosfato da lugar al segundo isopreno activado, el dimetilalil pirofosfato (Nelson y Cox, 2005).

3. Condensación de seis unidades de isopreno activado para formar escualeno

El isopentenil pirofosfato y el dimetilalil pirofosfato experimentan una condensación “cabeza-cola” en la que se desplaza un grupo pirofosfato formándose una cadena de 10 carbonos, el geranil pirofosfato. El geranil pirofosfato experimenta otra condensación “cabeza-cola” con el isopentenil pirofosfato dando el intermedio de 15 carbonos farnesil pirofosfato. Finalmente, se unen dos moléculas de farnesil pirofosfato cabeza con cabeza, eliminándose ambos grupos pirofosfato y formándose escualeno (Nelson y Cox, 2005).

4. Conversión del escualeno en el núcleo esteroideo de cuatro anillos

La acción de la escualeno monooxigenasa añade un átomo de oxígeno al extremo de la cadena del escualeno formándose un epóxido. Esta enzima es otra oxidasa de función mixta, el NADPH reduce el otro átomo de oxígeno del

O₂ a H₂O. Los dobles enlaces del producto, escualeno-2, 3-epóxido, están colocados de modo que una notable reacción concertada convierte el escualeno epóxido lineal en una estructura cíclica. Esta ciclación conduce a la formación de lanosterol, que contiene los cuatro anillos característicos del núcleo esteroide. El lanosterol se convierte finalmente en colesterol en una serie de unas 20 reacciones que incluyen la migración de algunos grupos metilo y la eliminación de otros (Nelson y Cox, 2005).

2.3.6 Transporte

La mayor parte del colesterol se transporta mediante las lipoproteínas plasmáticas (quilomicrones, lipoproteínas de alta densidad HDL, lipoproteínas de densidad intermedia IDL, lipoproteínas de baja densidad LDL, lipoproteínas de muy baja densidad VLDL), las cuales tienen diferentes funciones de transporte. Los quilomicrones contienen en su mayoría triacilgliceroles, los cuales son liberados por la lipoproteína lipasa en los tejidos adiposo y muscular durante el transporte a través de los tubos capilares (Nelson y Cox, 2005).

Las lipoproteínas VLDL, IDL y LDL transportan el colesterol del hígado a los tejidos periféricos, mientras que la HDL transporta el colesterol de las células y tejidos periféricos al hígado (Nelson y Cox, 2005).

2.3.7 Excreción

La formación de sales biliares a partir del colesterol es considerada como la ruta más importante de eliminación del colesterol del organismo. Alrededor del 75 % del colesterol producido en el hígado es convertido en sales biliares (Murray *et al.*, 2004).

2.3.8 Excesos

Cuando la suma del colesterol sintetizado y el obtenido de la dieta supera la cantidad requerida para la síntesis de membranas, sales biliares y esteroides, se desarrollan acumulaciones patológicas de colesterol en los vasos

sanguíneos (placas arterioscleróticas) con el resultado de la obstrucción de estos vasos, enfermedad conocida como Aterosclerosis (Nelson y Cox, 2005).

2.3.9 Vitamina E en el metabolismo del colesterol

Diversos estudios evidencian que la vitamina E ayuda a prevenir la falla coronaria al reducir la oxidación de la HDL-colesterol (Stampfer *et al.*, 1993). Los investigadores han detectado que la oxidación del colesterol LDL promueve las obstrucciones (arterosclerosis) en las arterias coronarias que pueden conducir a los ataques del corazón. La vitamina E puede ayudar a prevenir o retrasar enfermedad cardíaca coronaria limitando la oxidación del LDL-colesterol (Stampfer *et al.*, 1993; Rimm *et al.*, 1993) al evitar la oxidación (Buckley *et al.*, 1995). Steinberg *et al.* (1989), indican que cuando el colesterol es oxidado durante la formación oxidativa se modifica aumentando su citotoxicidad y aterogenicidad.

Actualmente existe la posibilidad de medir los productos de la oxidación del colesterol (COP) en muestras de carne cocinadas como son: 5 β , 6 β -epoxycolestan-3 β -ol (3 β -epoxido), colest-5-ene-3 β , 7 β -diol (7 β -OH) y 7-oxocolest-5-ene-3 β -ol (7-ceto) los cuales fueron encontrados en menor cantidad en cerdos suplementados con 200 mg de vitamina E kg⁻¹ de dieta (Monahan *et al.*, 1992).

Kaseki *et al.* (1986), reportan que en animales deficientes de vitamina E se incrementa la concentración de colesterol en tejido. Mientras, otros estudios reportan que se incrementa la lipoproteína de alta densidad y lipoproteína de muy baja densidad. Esto se debe a que el colesterol a nivel hepático es regulado por la colesterol 7 α -hidroxilasa en la síntesis de ácidos biliares, en donde este proceso se ve disminuido en animales deficientes de vitamina E.

2.4 Medidas de calidad en carne de corderos

2.4.1 Medida del punto GR en canales de ovinos

El punto GR fue introducido en 1975 por Meat Producer Boar para separar de manera objetiva las canales excesivamente grasosas. El punto GR corresponde al espesor de la grasa y planos musculares que se encuentren situados entre la superficie de la canal y el hueso de la costilla, en un punto que dista lateralmente 11 cm de la columna vertebral a nivel de la décimo segunda costilla: la medición se realiza con una regla metálica graduada y permite predecir el grado de adiposidad de las canales (Figura 1) (Colomer, 1986). Según Kirton y Johnson (1979), el coeficiente de correlación de esta medida y el porcentaje de grasa de la canal es 0.73. Hopkins y Adair (1990) indican que para canales de 16 a 24 kg la medida ideal del punto GR es de 8 a 14 mm.

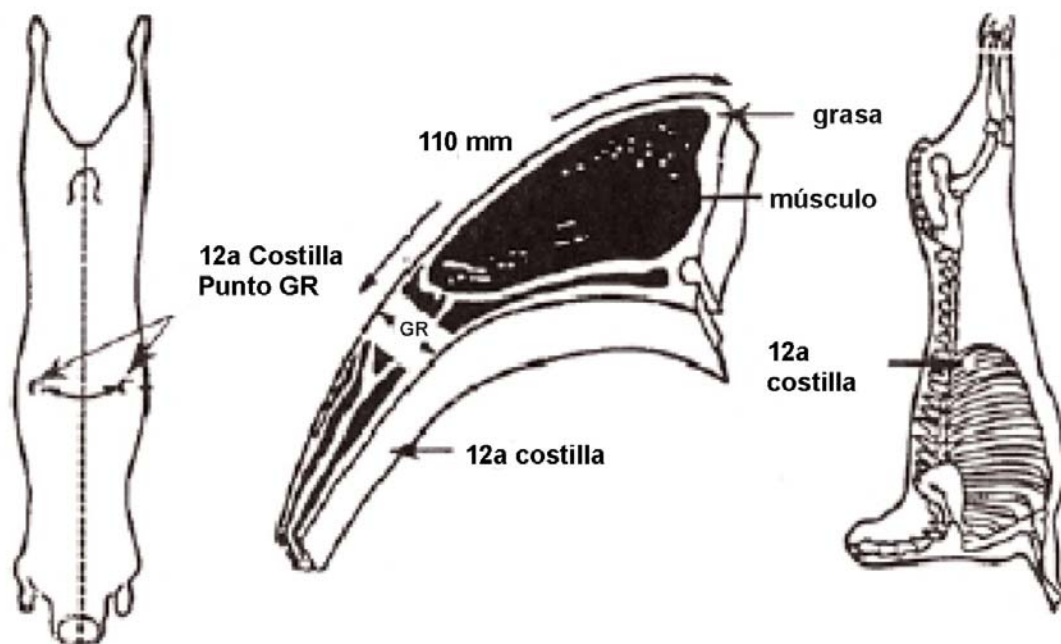


Figura 3. Medición del punto GR (Colomer, 1986).

2.4.2 Composición nutrimental de la carne

La carne representa una importante fuente de proteína, minerales y vitaminas. En cuanto a proteína es rica en aminoácidos esenciales como la lisina. En los minerales es fuente de hierro y zinc. Aporta vitaminas del complejo B particularmente la vitamina B6 y B12 que están ausentes en las plantas. En el Cuadro 3 se muestra el valor nutricional de varios cortes de carne de bovinos y corderos. Cabe señalar la baja concentración de vitamina E en el bistec de costilla de los corderos comparada con los bovinos.

Cuadro 3. Valor nutricional de varios tipos de carnes de bovinos y corderos (100 g de carne cocinada; tomado de Geay *et al.*, 2001).

Concepto	Bovinos ^y			Corderos ^y	
	I	II	III	IV	V
Energía (Kcal)	115	149	202	173	248
Proteína (g)	21	23	24	23	23
Lípidos (g)	3.6	6.4	11.8	8.9	17.3
Colesterol (mg)	35	33	45	70	90
Ácidos grasos (%) ^z					
Saturados	44	49	50	50	48
Monoinsaturados	40	44	41	38	41
Polinsaturados	9	3	5	10	10
Vitamina B12 (µg)	1.50	0.54	1.40	1.60	1.70
Vitamina E (mg)	0.44	0.20	0.58	0.18	0.11

^z 100 gramos de carne cruda.

^y I: filete de cadera a la parrilla; II: filete asado; III: Bistec de costilla a la parrilla; IV: pierna asada; V: Bistec de costilla a la parrilla.

El concepto de calidad de la carne, está en función de las preferencias de los consumidores (Wilson, 2000), en donde la salud humana ha puesto interés en la composición de la carne en especial de los ácidos grasos saturados, trans-monoin saturados (Geay *et al.*, 2001) y colesterol (Stampfer *et al.*, 1993; Rimm *et al.*, 1993) dado que éstos pueden desarrollar enfermedades del corazón.

2.4.3 Color

El color es una característica importante, pues el consumidor la relaciona con calidad, en los productos cárnicos este atributo es relacionado con el grado de aceptabilidad (Cross *et al.*, 1986). A su vez se debe a la pigmentación que en 80% aproximadamente proporciona la mioglobina (oximioglobina, deoximioglobina y metamioglobina), el restante es dado por la hemoglobina atrapada en capilares y vasos sanguíneos variando su concentración en el músculo por la especie y masa muscular y en general se ve modificada por factores como: edad al sacrificio, sexo, nivel de estrés al sacrificio, salud, etc. (Faustman, 1990). Un color rojo cereza se debe a la concentración de oximioglobina, la cual cambia a metamioglobina por exposición al aire produciendo un color café, el cual resulta desagradable al consumidor (Mitsumoto *et al.*, 1993).

Para la medición del color se utilizan instrumentos como colorímetro Hunter (Hunter Assoc., Reston, Va.) y colorímetro Minolta (Minolta Ramsey, N.J.); los cuales al medir en un punto, generan coordenadas (L^* ; luminosidad de blanco a negro, en escala 0-100; a^* valores positivos indican rojo y valores negativos indican verde; b^* de amarillo valores positivos y azul valores negativos) para medir en un plano tridimensional el espacio de color (McGuire, 1992). Con las anteriores coordenadas se calculan los índices de color: Hue° y Croma, de acuerdo con las siguientes ecuaciones: Hue°: $\tan^{-1} (b^*/a^*)$; y Croma: $(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$. Hue o ángulo de tono representa el tinte o color real y determina el grado de brillantes u oscuridad del color de la carne tomando valores de 0 a 360°, y Croma se refiere al grado de pureza o saturación con valores de 0 a 60 (McGuire, 1992).

2.5 Literatura citada

- Aalhus, J. L., and M. E. R. Dugan. 2001. Agriculture and agri-food Canada, Iacombe research. Advances in Pork Production. Improving Meat Quality through Nutrition 12: 145-150.
- Anderson, L. E., R. O. Myer, J. H. Brendemuhl, and L. R. McDowell. 1995. Bioavailability of various vitamin E compounds for finishing swine. Journal of Animal Science 73: 490-495.
- Arnold, R. N., K. K. Scheller, S. C. Arp, S. N. Williams, D. R. Buege, and D. M. Schaefer. 1992. Effect of long or short-term feeding of α -tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steers on performance, carcass characteristics, and beef color stability. Journal of Animal Science 70: 3055-3065.
- Arnold, R. N., S. C. Arp, K. K. Scheller, S. N. Williams, and D. M. Schaefer. 1993. Tissue equilibration and subcellular distribution of vitamin E relative to myoglobin and lipid oxidation in displayed beef. Journal of Animal Science 71: 105-118.
- Baker, H. D. 1995. Vitamin bioavailability. In: Ammerman B. C., D. H. Baker, and A. J. Lewis (Eds). Bioavailability of Nutrients for Animals: Amino acid, Minerals, and Vitamins. Academic Press, Inc. New York. pp: 399-430
- Bauman, D. E., J. W. Perfield, M. J. De Veth, and A. L. Lock. 2003. New perspectives on lipid digestion and metabolism in ruminants. Proc. of Cornell Nutrition Conference. pp: 175-189.
- Buckley, D. J., P. A. Morrissey, and J. I. Gray. 1995. Influence of dietary Vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. Journal of Animal Science 73: 3122-3130.
- Cannon, J. E., J. B. Morgan, G. R. Schmidt, J. D. Tatum, J. N. Sofos, G. C. Smith, J. R. Delmore, and S. N. Williams. 1996. Growth and fresh quality characteristics of pigs supplemented with vitamin E. Journal of Animal Science 74: 98-105.
- Chilliard, W. 1993. Dietary fat and adipose tissue metabolism in ruminants, pigs, and rodents: A review. Journal of Dairy Science 76: 3897-3931.
- Church, D. C. 1988. El Rumiente Fisiología Digestiva y Nutrición. Editorial Acriba. Zaragoza, España. 641 p.
- Coelho, M. 2002. Vitamin stability in premixes and feeds a practical approach in ruminant diets. In: Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. pp: 127-145.
- Colomer, R. F. 1986. Producción de Canales Ovinas Frente al Mercado Común Europeo. Ed. Institución Fernando el Católico. Zaragoza, España. 111 p.

- Cortés, O. R. 2006. Cribado de la hipercolesterolemia. *In: Recomendaciones PrevInfad / PAPPS* [en línea]. Actualizado abril de 2008. [Consultado 01-12-2008]. Disponible en <http://www.aepap.org/previnfad/colesterol.htm>.
- Cox, E. J., D. J. Buckley, P. A. Morrissey, P. B. Lynch, and J. I. Gray. 1993. Effect of dietary vitamin E and Selenium on pig meat quality. *In: 39 th International Congress of Meat Science and Technology*. Calgary, Alberta, Canada, August 1-6, 1993. pp: 71-72.
- Cross, H. R., P. R. Durland, and S. C. Seideman. 1986. Sensory qualities of meat. *In: Muscle as Food*. Ed. Academic Press, Inc. London, England. pp: 279–315.
- Daniels, J. T., P. G. Hatfield, D. E. Burgess, R. W. Kott, and J. G. P. Bowman. 2000. Evaluation of ewe and lamb immune response when ewes were supplemented with vitamin E. *Journal of Animal Science* 78: 2731-2736.
- Demeyer, D., and M. Doreau. 1999. Targets and procedures for altering ruminant meat and milk lipids. *Proceedings of the Nutrition Society* 58: 593–607.
- Derimel, G., A. M. Wachira, L. A. Sinclair, R. G. Wilkinson, J. D. Wood, and M. Enser. 2004. Effects of dietary n- 3 polyunsaturated fatty acids, breed and dietary vitamin E on the acids of lamb muscle, liver, and adipose tissue. *Brittish Journnal Nutrition* 91: 551-565.
- Descalzo, A. M., E. M. Insani, A. Biolatto, A. M. Sancho, P. T. García, N. A. Pensel, and J. A. Josifovich. 2004. Influence of pasture or grain-based diets supplemented with vitamin E on antioxidant/oxidative balance of Argentine beef. *Meat Science* 70: 35-44.
- Doreau, M., and A. Ferlay. 1994. Digestion and utilization of fatty-acids by ruminants. *Animal Feed Science Technology* 45: 379-396.
- Ellis, M., and F. McKeith. 1999. Nutritional influences on pork quality. *In: Facts Quatity*. Sosnick, A. (Reviewer). National Pork Producers Council. American Meat Science Association. pp: 1-11.
- Faustman, C. 1990. The biochemical basis for discoloration in fresh meat: A Review. *Journal of Muscle Foods* 1: 217-243.
- Faustman, C., W. K. M. Chan, D. M. Schaefer, and A. Havens. 1998. Beef color update: the role for vitamin E. *Journal of Animal Science* 76: 1019-1026.
- Friedman, H. I., and B. Nylund. 1980. Intestinal fat digestion, absorption, and transport: A review. *The Journal of Clinical Nutrition* 33: 1108-1139.
- Fryer, M. J. 1992. The antioxidant effects of thylakoid vitamina E (α -tocopherol). *Plant Cell Environmental* 15: 381-392.
- Gabryszuk, M., M. Czauderna, A. Baranowski, N. Strzałkowska, A. Jóźwik, and J. Krzyżewski. 2007. The effect of diet supplementation with Se, Zn and vitamin E on cholesterol, CLA and fatty acid contents of meat and liver of lambs. *Animal Science Papers and Reports* 25(1): 25-33.

- Geay, Y., D. Bauchart., J. F. Hocquette, and J. Culioli. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *Reproduction and Nutrition Development* 41: 1–26.
- Gurr, M. I. 1984. The chemistry and biochemistry of plant fats and their nutritional importance. *In: Fats in Animal Nutrition*. Ed. Wiseman, J. Butterworths. Great Britain. pp: 3-22.
- Harfoot, C. G., and G. P. Hazlewood. 1997. Lipid metabolism in the rumen. *In: The Rumen Microbial Ecosystem*. Hodson, P. N., and C. S. Steward (Eds.). Chapman & Hall Editorial. London, England. pp: 382-426.
- Hargreaves, J. B. 2002. Vitamin E status of Thoroughbred horses and the antioxidant status of endurance horses. Dissertation of Doctor on Philosophy. Blacksburg, Virginia. 198 p.
- Hidiroglou, N., M. S. Wolynetz, L. R. McDowell, A. M. Papas, M. Antapli, and N. S. Wilkinson. 1993. Serum total cholesterol, high-density lipoprotein-cholesterol and triglyceride concentrations in lambs following supplementation with various forms of tocopherol. *Reproduction and Nutrition Development* 33(3): 263-268.
- Hopkins, D. L., and D. Adair. 1990. Lamb carcasses produced in Zimbabwe and Australia. *Wool Technology and Sheep Breeding* 38: 81-92.
- Kaseki, H., E. Y. Kim, R. L. Whisler, and G. D. Cornwell. 1986. Effect of an oral dose of vitamin E on the vitamin E and cholesterol content of tissues of the vitamin E-deficient rat. *Journal of Nutrition* 116: 1631-1639.
- Kirton, A. H., and D. L. Johnson. 1979. Interrelationships between GR and other lamb carcass fatness measurements. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production* 39: 194 - 201.
- Liu, Q., M. C. Lanari, and D. M. Schaefer. 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal of Animal Science* 73: 3131–3140.
- Liu, Q., K. K. Scheller, and D. M. Schaefer. 1996. Technical note: A simplified procedure for vitamin E determination in beef muscle. *Journal of Animal Science* 74: 2406–2410.
- Maiorano, G., A. Manchisi, G. Salvatori, F. Filetti, and G. Oriani. 1999. Influence of multiple injections of vitamin E on intramuscular collagen and bone characteristics in suckling lambs. *Journal of Animal Science* 77: 2452–2457.
- Mayes, P. A. 1994. Estructura y función de las vitaminas liposolubles. *In: Bioquímica de Harper*. Eds.: R. K. Murray, P. A. Mayes., D. K. Granner, and V. W. Rodwell. 13a edición. Editorial Manual Moderno. México, D. F. pp: 703-710.

- McDonald, P., R. A. Edwards, J. F. D. Greenhalgh, y C. A. Morgan. 2006. *Nutrición Animal*. Sexta edición. Editorial Acribia. Zaragoza, España. pp: 63-90.
- McDowell, L. R., y J. D. Arthington. 2005. *Minerales para Rumiantes en Pastoreo en Regiones Tropicales*. Cuarta Edición. University of Florida. 94 p.
- McDowell, L. R. 1989. *Vitamins in Animal Nutrition Comparative Aspects to Human Nutrition*. Academic Press, Inc. California. pp: 93-131.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12): 1254-1255.
- McMurray, C. H., and D. A. Rice. 1982. Vitamin E and selenium deficiency diseases. *Ireland and Veterinary Journal* 36: 57.
- Mitsumoto, M., C. Faustman, R. G. Cassens, R. N. Arnold, D. M. Schaefer, and K. K. Scheller. 1991. Vitamins E and C improve pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Food Science* 56(1): 194–197.
- Mitsumoto, M., R. N. Arnold., D. M. Schaefer, and R. G. Cassens. 1995. Dietary vitamin E supplementation shifted weight loss from drip to cooking loss in fresh beef longissimus during display. *Journal of Animal Science* 73: 2289–2294.
- Mitsumoto, M., R. N. Arnold., D. M. Schaefer, and R. G. Cassens. 1993. Dietary versus postmortem supplementation of vitamin E on pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Animal Science* 71: 1812–1816.
- Monahan, F. J., J. I. Gray, A. M. Booren, E. R. Miller, D. J. Buckey, P. A. Morrissey, and E. A. Gomaa. 1992. Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. *Journal Agriculture Food Chemistry* 401: 1310-1319.
- Moore, J. H., and W. W. Christie. 1984. Digestion, absorption and transport of fats in ruminant animals. *In: Fats in Animal Nutrition*. Ed. Wiseman, J. Butterworths. Great Britain. pp: 3-22.
- Murray, R. K., D. K. Granner, and P. P. Mayes. 2004. *Bioquímica Ilustrada de Harper*. Eds: Medina S. C. A. y Boyd F. A. R. 26ª Ed. Editorial Manual Moderno. México, D. F. 713 p.
- Nelson, D. L., and M. M. Cox. 2005. *Lehninger Principios de Bioquímica*. Cuarta Edición. Traducido por C. M. Cuchillo. Ediciones Omega. México, D. F. 1100 p.
- NRC. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. 6th Rev. Ed., update. National Research Council. National Academy Press, Washington, D. C. 99 p.
- NRC. 1987. *Vitamin Tolerant of Animal*. National Research Council. National Academy Press, Washington, D. C. 96 p.
- NRC. 1996. *Nutrient Requirements of Beef Cattle*. 7th Rev. Ed., National Research Council. National Academy Press, Washington, D. C. 232 p.

- NRC. 2007. Nutrients Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids. The National Academies Press. Washington, D. C. 345 p.
- Oddy, V. H., and R. D. Sainz. 2002. Nutrition for sheep-meat production. *In*: Sheep Nutrition. Editors M. Freer and H. Dove. CSIRO Plant Industry, Canberra, Australia. pp: 237- 262.
- Peña, R. E. A. 2008. Tecnificación del proceso de elaboración de la barbacoa de borrego. *In*: Simposium Internacional Producción de Carne Ovina. Chapingo, México. 29 y 30 de mayo 2008.
- Rimm, E. B., M. J. Stampfer., A. Ascherio., E. Giovannucci., G. A. Colditz., and W. C. Willett. 1993. Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men. *New England Journal of Medicine* 328(20): 1450-1456.
- Stampfer, M. J., C. H. Hennekens, J. E. Manson, G. A. Colditz, B. Rosner, and W. C. Willett. 1993. Vitamin E consumption and the risk of coronary disease in women. *New England Journal of Medicine* 328(20): 1444-1449.
- Steinberg, D., S. Parthasarathy, T. E. Caron, J. C. Khoo, and L. J. Witztun. 1989. Beyond cholesterol. Modification in low density lipoprotein that increases its atherogenicity. *New England Journal of Medicine* 320: 915-924.
- Turner, K. E., K. E. McClure, W. P. Weiss, R. J. Borton, and J. G. Foster. 2002. Alpha-tocopherol concentrations and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *Journal of Animal Science* 80: 2513–2521.
- Wilson, J. 2000. Enhanced consumer acceptance of beef: successful implementation of a high vitamin E beef program. Southwest Nutrition Conference. pp: 55-65.
- Wood, J. D. 1984. Fat deposition and the quality of fat tissue in meat animals. *In*: Fats in Animal Nutrition. Ed. Wiseman, J. Butterworths. Great Britain. pp: 407-435.
- Wood J. D., R. I Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2004. Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66: 21-32.
- Wulf, D. M., J. B. Morgan, S. K. Sanded, J. D. Tatum, G. C. Smith, and S. Williams. 1995. Effects of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of lamb retail cuts. *Journal of Animal Science* 73: 399-405.

3 COMPORTAMIENTO PRODUCTIVO Y CARACTERÍSTICAS DE LA CANAL DE CORDEROS DOSIFICADOS CON VITAMINA E EN LA FASE DE FINALIZACIÓN³

Resumen

La calidad de la carne se determina por distintas características: valor nutricional, color, olor, sabor, textura, rendimiento, contenido de grasa, inocuidad y vida de anaquel, entre otras. El objetivo del estudio fue evaluar el comportamiento productivo, la calidad de canal y análisis sensorial en barbacoa de corderos suplementados con vitamina E, durante 60 días antes del sacrificio, con dosis de 0, 200, 400 y 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ de vitamina E. Se estimó consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento total y por componentes de la canal, y color del músculo *Longissimus dorsi* 30 días después del sacrificio; posteriormente se realizó la evaluación sensorial de barbacoa calificada en escalas hedónicas. Se utilizó un diseño completamente al azar con cuatro repeticiones, la unidad experimental fueron dos corderos. El consumo de alimento se analizó por medidas repetidas utilizando el procedimiento MIXED de SAS, mientras que la ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento total y por componentes de la canal y color se analizaron con el procedimiento GLM de SAS; para la evaluación sensorial se utilizó un modelo en bloques al azar siendo la unidad experimental la barbacoa de cada uno de los tratamientos. Los corderos tuvieron consumo de alimento similar ($p>0.05$) independientemente de la dosis de vitamina E, en promedio consumieron 1.28 ± 0.20 kg MS cordero⁻¹ día⁻¹. No hubo diferencia ($p>0.05$) en ganancia diaria de peso, conversión alimenticia, rendimiento total y por componentes de la canal, y color del músculo *Longissimus dorsi*. En el análisis sensorial la característica de olor de la barbacoa mostró diferencia, siendo la mejor evaluada la barbacoa de 400 UI de vitamina E. Las dosis de vitamina E evaluadas no modificaron el comportamiento productivo ni atributos de calidad en canal de corderos, pero sí modificó el análisis sensorial.

Palabras clave: ovinos, producción, color, canal.

³ Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Omar Salgado Arriaga
Director de tesis: M. C. Carlos Sánchez Del Real

PERFORMANCE AND CARCASS QUALITY OF LAMBS SUPPLEMENTED WITH VITAMIN E IN THEIR FINAL STAGE ⁴

Abstract

Meat quality is determined by different characteristics: nutritional value, color, scent, flavor, texture, yield, fat content, safety and shelf life, among others. The objective of the study was to evaluate the productive behavior, carcass quality and sensory analysis of *barbacoa* (roasted meat) of lambs supplemented with vitamin E, during 60 days before slaughter, with doses of 0, 200, 400 and 800 UI lamb⁻¹ day⁻¹ of vitamin E. Factors estimated included daily food intake, daily weight gain, nutritional conversion, and total yield, as well as carcass components and color of the *Longissimus dorsi* muscle 30 days after slaughter; later on, a sensory evaluation of roasted lamb graded on hedonic scales was carried out. A completely randomized design was used with four repetitions, and the experimental unit was two lambs. Food intake was analyzed by repeated measurements using the SAS MIXED procedure, while daily weight gain, nutritional conversion, total yield, carcass components and color were analyzed with the SAS GLM procedure. For the sensory evaluation, a randomized block model was used, with the roasted lamb of each one of the treatments being the experimental unit. The lambs had similar food intake ($p>0.05$) independent of the vitamin E dose, consuming on average 1.28 ± 0.20 kg MS lamb⁻¹ day⁻¹. There was no difference ($p>0.05$) in daily weight gain, nutritional conversion, total yield, carcass components and *Longissimus dorsi* muscle color. In the sensory analysis, the scent characteristic of the roasted lamb showed a difference, with the roasted lamb of the 400 UI of vitamin E being the best evaluated. The vitamin E doses evaluated modified neither productive behavior nor quality attributes in lamb carcasses, but they did modify the sensory analysis.

Keywords: lamb, production, color, carcass.

⁴ Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Omar Salgado Arriaga
Advisor: M. C. Carlos Sánchez Del Real

3.1 Introducción

En México se consumieron 42,140 t de carne de ovino en 2003 (SIAP-SAGARPA, 2004), 95% de este consumo fue en forma de barbacoa, el resto en cortes; independientemente de la forma de consumo, los consumidores demandan calidad nutritiva y sensorial con bajo contenido de grasa, calidad sensorial y mayor vida de anaquel. Edad, sexo y peso del animal al sacrificio son factores que influyen en estas características requeridas por los consumidores. La administración de niveles altos de vitamina E en la finalización de bovinos ha demostrado ser una opción para lograr carne con mayor vida de anaquel (Turner *et al.*, 2002), esto explicado por el impacto de la vitamina E en reducir la oxidación de lípidos. El objetivo fue determinar el comportamiento productivo, características de canal y evaluación sensorial de barbacoa de corderos en finalización al ser dosificados con vitamina E.

3.2 Materiales y métodos

El estudio se efectuó en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México (98° 53'O y 19° 48' 23" N). El clima, C (w₀) (w)_b, es templado subhúmedo el más seco de los subhúmedos, con lluvias concentradas en la parte cálida del año, con verano largo y fresco (García, 2004).

Se evaluaron cuatro dosis de vitamina E: 0, 200, 400, 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹, por 60 días a corderos enteros Criollo*Rambouillet, con un peso inicial promedio de 24.5±2 kg. Al inicio los corderos fueron identificados, pesados individualmente y distribuidos al azar a cada una de las dosis.

Los corderos se desparasitaron externa e internamente con ivermectina (1 ml producto comercial por cada 50 kg de peso vivo), y vacunaron contra *Clostridium perfringens* tipo C y D vía subcutánea (2.5 ml producto comercial por cordero). La alimentación consistió de avena henificada por los primeros tres días, en los siguientes 11 días se ofreció la avena con niveles crecientes de

la dieta de engorda, para que al final de este periodo los corderos recibieron solamente la dieta de engorda.

La dieta (maíz, 65%; rastrojo de maíz, 12%; melaza, 4%; pasta de soya, 8%; cascarilla de soya, 8%; mezcla mineral, 2%; grasa de sobrepaso, 0.5%; urea, 0.5%; aporte estimado de 2.88 Mcal de EM kg MS⁻¹, 14.5% proteína cruda y 9.0% de fibra cruda según la NRC, 2007) se proporcionó a libre acceso, ofreciendo 60 y 40% del consumo diario, a las 7:00 y 16:00 h, respectivamente. La vitamina E se administró en cápsulas plásticas con la dosis estipulada de fácil digestión, diario e individualmente antes del primer ofrecimiento de alimento.

Las variables determinadas para evaluar el comportamiento productivo fueron: peso vivo final (kg) se registró con previo ayuno de 12 horas; consumo de alimento (kg MS cordero⁻¹ día⁻¹) se obtuvo diariamente por diferencia del alimento ofrecido menos el rechazado dividido entre dos corderos; ganancia diaria de peso (kg cordero⁻¹ día⁻¹) se determinó a partir de la diferencia de dos pesadas consecutivas cada siete días con previo ayuno de doce horas dividido en siete días; y conversión alimenticia (kg MS kg cordero⁻¹). Las características de la canal fueron: pesos caliente y frío de la canal, punto GR, peso de espaldillas, piernas, costillares y espinazo, color del músculo *Longissimus dorsi* y análisis sensorial de barbacoa.

Los corderos fueron sacrificados en la forma tradicional de la zona y al momento del sacrificio se registró el peso de la canal caliente. Doce horas después del sacrificio y con las canales mantenidas a temperatura ambiente se midió el punto GR (a 11 cm de la línea media de la columna vertebral, en la décimo segunda costilla), pesos de la canal fría y de los componentes ya señalados. Al terminar estas mediciones se obtuvo un corte del músculo *Longissimus dorsi*, el cual fue almacenado a -20 °C durante 30 días. Al finalizar este período, en cada corte se midieron los componentes de color L*, a*, b* de la esfera de color CIELAB, con un Colorímetro Hunter Lab. Los índices de color:

Hue° y Croma, fueron calculados de acuerdo con las siguientes ecuaciones: Hue°: $\tan^{-1} (b^*/a^*)^2$; y Croma: $(a^{*2}+b^{*2})^{0.5}$ (McGuire, 1992).

Cuatro canales elegidas al azar de cada una de las dosis de vitamina E, se prepararon en barbacoa 24 h luego del sacrificio, conforme a la descripción de Rubio *et al.* (2003), una pierna de cada canal fue empaquetada individualmente al alto vacío y refrigerada a 4 °C durante 28 días para usarse en el análisis sensorial. El análisis sensorial se realizó usando muestras de los músculos *Psoas mayor*, *P. minor*, *P. iliacus* y *Quadratus lumborum* de la pierna. La sala donde se realizó el análisis sensorial tiene un ambiente controlado a 22±1 °C de temperatura ambiental; 55% humedad; e iluminación de < 107 lúmenes. Cada uno de los 48 panelistas no entrenados recibió cuatro muestras (1.3*1.3*2.0 cm) a 40 °C calentadas en horno de microondas (Phillips t 500) durante 50 segundos, en recipientes cerrados para evitar la pérdida de humedad. Los panelistas evaluaron: olor, rancidez, sabor a barbacoa, suavidad, sensación de la grasa en la boca y al final se repitió, para calificar de forma Global la barbacoa de cada tratamiento. La calificación fue en escalas hedónicas, 1 al 9 donde: 1 indicaba me disgusta extremadamente mucho y 9 me gusta extremadamente.

El diseño experimental fue completamente al azar con cuatro, ocho y ocho repeticiones para las variables de comportamiento productivo, características de canal y color del músculo *Longissimus dorsi*, respectivamente. La unidad experimental en cada caso fue dos corderos en un mismo corral, cada cordero sacrificado y un corte de músculo de cada cordero sacrificado.

El análisis estadístico del consumo de alimento fue con un modelo de medidas repetidas incorporando peso inicial del cordero como covariable, para los cálculos se usó el procedimiento MIXED (SAS, 2004); por contrastes ortogonales se determinó la presencia de efectos lineales, cuadrático y cúbicos. Al detectarse un efecto cuadrático se procedió a un análisis de regresión cuadrática. Las demás variables de comportamiento productivo, características de la canal, color del músculo *Longissimus dorsi* y las variables de análisis

sensorial se analizaron por el procedimiento GLM (SAS, 2004) y la comparación de medias se hizo por Tukey.

En las variables de comportamiento productivo y características de la canal se incluyó peso vivo inicial como covariable. El color del músculo no incluyó covariables.

Para las variables de análisis sensorial se utilizó un diseño experimental en bloques completamente al azar, donde cada panelista se tomó como bloque.

3.3 Resultados y discusión

El nivel de vitamina E no afectó ($p>0.05$) las variables de comportamiento productivo (Cuadro 4). En el peso vivo final y consumo diario de alimento Turner *et al.* (2002) tampoco encontraron variación aún con la administración de 300 IU kg MS^{-1} vitamina E.

Cuadro 4. Comportamiento productivo de corderos con adición de diferentes dosis de vitamina E.

Variable ^z	Unidad	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^y				EEM ^w
		0	200	400	800	
PVF	kg	40.29	42.37	41.85	41.04	0.47
Consumo ^x	kg MS cordero ⁻¹ día ⁻¹	1.18	1.40	1.36	1.18	0.28
GDP	kg cordero ⁻¹ día ⁻¹	0.26	0.27	0.29	0.28	0.009
CA		4.79	5.00	4.74	4.45	0.10

^z PVF= peso vivo final; GDP=ganancia diaria de peso; CA= conversión alimenticia.

^y Medias dentro de hileras no son diferentes ($p>0.05$).

^x Efecto cuadrático ($p=0.0001$, $R^2= 0.69$).

^w Error estándar de la media.

El consumo de alimento se considera dentro del límite señalado por la NRC (2007), que es de 1.3 kg MS cordero⁻¹ día⁻¹, estimado por las ecuaciones de predicción que consideran como principales indicadores el peso promedio de los corderos y la cantidad de energía de la dieta. A medida que transcurrieron los

días de alimentación se presentó un efecto cuadrático en el consumo de alimento ($p < 0.01$, $R^2 = 0.69$).

En la ganancia diaria de peso, Turner *et al.* (2002) encontraron respuesta similar con dosis de 300 IU kg MS⁻¹ de vitamina E, mientras que Wulf *et al.* (1995) observaron diferencia en la ganancia diaria de peso, siendo mayor en los corderos suplementados con 500 UI kg MS de vitamina E y menor en los de 1000 UI. Con base en los resultados del presente estudio se puede inferir que en la dosis de vitamina E de hasta 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ no afecta la ganancia diaria de peso.

La conversión alimenticia en otros estudios en borregos indica resultados variables (Liu *et al.*, 1995; Hatfield *et al.*, 1999). Mientras que Villar *et al.* (2002) indican que la suplementación de vitamina E para aves favorece significativamente la ganancia de peso y conversión alimenticia.

Las características de la canal no mostraron diferencia ($p > 0.05$) por la dosis administrada de vitamina E (Cuadro 5), mientras que Wulf *et al.* (2002) encontraron diferencia en el peso de la canal caliente, siendo mayor con el nivel de 500 UI cordero⁻¹ día⁻¹ y menor al administrar 1000 UI cordero⁻¹ día⁻¹. Turner *et al.* (2002) indican que no hubo efecto en rendimiento de canal de corderos suplementados con 300 UI kg MS⁻¹ al tener 46% de rendimiento en canal. Por otro lado, Hopkins y Adair (1990) indican que el punto GR de 8 a 11 mm es un rango ideal en el grado de engrasamiento, esto concuerda con los resultados del presente estudio. Con la dosis de 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ de vitamina E no aumenta el grado de engrasamiento.

Cuadro 5. Características de la canal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.

Variable ^z	Unidad	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^y				EEM ^x
		0	200	400	800	
PCC	kg	18.43	20.45	19.97	18.77	0.29
RCC	%	47.33	49.27	49.64	47.91	0.49
PCF	kg	18.18	19.34	19.47	18.24	0.24
RCF	%	46.70	46.69	48.42	46.54	0.45
Punto GR	mm	8.52	10.34	10.09	7.61	0.49

^z PCC=peso canal caliente; RCC=rendimiento canal caliente; PCF=peso canal frío; RCF=rendimiento canal frío.

^y Medias dentro de hileras no son diferentes (p>0.05).

^x Error estándar de la media.

El peso de los cortes de la canal de corderos con diferentes dosis de vitamina E se muestran en el Cuadro 6. No se encontró diferencia (p>0.05) en el peso de las espaldillas, espinazo, perniles y costillas, al variar el nivel de vitamina E. Maiorano *et al.* (1999) evaluaron el crecimiento en el metacarpo y colágeno intramuscular en corderos de 40 días de edad que fueron inyectados con vitamina E intramuscular a los 5 días de edad, no observaron diferencias en tamaño y peso del metacarpo, sólo existió efecto en el crecimiento del hueso.

Cuadro 6. Peso de cortes de la canal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.

Variable	Unidad	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^z				EEM ^y
		0	200	400	800	
Espaldillas	kg	3.81	4.08	3.87	3.74	0.03
Espinazo	kg	4.71	5.32	5.29	4.77	0.12
Perniles	kg	5.48	6.18	6.01	5.74	0.14
Costillas	kg	2.82	3.46	3.30	2.88	0.10

^z Medias dentro de hileras no son diferentes (p>0.05).

^y Error estándar de la media.

El color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos suplementados con diferentes dosis de vitamina E se muestran en el Cuadro 7. El color en las escalas medidas e índices calculados no mostró diferencia ($p>0.05$) por efecto de la vitamina E; Liu *et al.* (1996) observaron un efecto en la retención del color, durante dos días más en el músculo *Longissimus lumborum* de vaquillas administradas con 250 UI de vitamina E animal⁻¹ día⁻¹ durante 42 días, comparado con vaquillas sin administración de vitamina E. Los resultados del estudio sugieren que las muestras mantenidas en congelación no cambia el color aún cuando exista suplementación de vitamina E.

Cuadro 7. Color del músculo *Longissimus dorsi* de corderos con diferentes dosis de vitamina E.

Variable ^z	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^y				EEM ^x
	0	200	400	800	
L*	35.15	37.25	36.60	36.49	0.47
a*	13.17	14.05	13.18	13.94	0.19
b*	9.76	9.05	9.38	9.54	0.20
hue °	53.58	57.11	54.55	55.66	0.59
Croma	36.52	38.35	37.78	37.75	0.44

^z L*=Luminosidad (0-100%; L*=0 indica negro, L*=100 indica blanco); a*= valores negativos indican verde mientras que valores positivos indican rojo; b*= valores negativos indican azul, valores positivos indican amarillo; hue °=ángulo de tono (0-360°); Croma= pureza o intensidad del color (0-60).

^y Medias dentro de hilera no son diferentes ($p>0.05$).

^x Error estándar de la media.

El análisis sensorial de barbacoa de corderos suplementados con diferentes dosis de vitamina E se muestra en el Cuadro 8. En el análisis sensorial de barbacoa la característica de olor a barbacoa mostró diferencias ($p<0.05$), siendo la barbacoa de los corderos que recibieron 400 UI cordero⁻¹ día⁻¹ la mejor calificada. Monahan *et al.* (1992) y Mitsumoto *et al.* (1991) indican que la suplementación de vitamina E incrementa la concentración en las membranas celulares, reduciendo la susceptibilidad a la oxidación y deterioración de las características organolépticas. En las características de suavidad, sabor,

rancidez, sensación en la boca, y aceptación global de la misma, no hubo diferencias. Esto concuerda con estudios hechos por Waylan *et al.* (2002) al hacer una evaluación sensorial a cerdos alimentados con aceite (0 y 0.5 %) y con vitamina E (0, 22 y 110 UI), no encontrando diferencia en la suavidad de la carne, tejido conectivo, jugosidad, sabor y sabor global. Arnold *et al.* (1992), al suplementar novillos castrados con 500 y 1000 IU de vitamina E día⁻¹, no observaron un efecto en suavidad, jugosidad, e intensidad de sabor de la carne del músculo *Longissimus lumborum*.

Cuadro 8. Análisis sensorial de barbacoa de corderos dosificados con vitamina E.

Característica ^z	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^y				EEM ^x
	0	200	400	800	
Olor	5.79 ^b	5.41 ^b	6.25 ^a	5.37 ^b	0.10
Rancidez	5.38 ^a	5.12 ^a	5.06 ^a	5.23 ^a	0.10
Sabor	5.56 ^a	5.60 ^a	5.64 ^a	5.50 ^a	0.11
Suavidad	5.51 ^a	5.97 ^a	5.89 ^a	6.20 ^a	0.12
Sensación	5.54 ^a	5.85 ^a	5.83 ^a	5.41 ^a	0.11
Global	5.97 ^a	5.56 ^a	6.22 ^a	5.50 ^a	0.12

^z Variables evaluadas en valores de 1 al 9, donde 1 = indica me disgusta extremadamente mucho y 9 = me gusta extremadamente mucho.

^y Medias sin una letra en común, dentro de hilera, son diferentes ($p \leq 0.05$).

^x Error estándar de la media.

3.4 Conclusiones

El incremento en la ingesta diaria de vitamina E, no modificó el comportamiento productivo, ni la calidad de la canal de corderos en finalización.

La característica de olor a barbacoa mejoró en los animales suplementados, siendo factible utilizar la vitamina E para disminuir la oxidación de productos ya procesados como la barbacoa.

3.5 Implicación

En investigaciones posteriores se debe estudiar la dinámica del color de carne de corderos suplementados con vitamina E, almacenada en refrigeración, pues puede dar la pauta para conocer la vida de anaquel, tomando como indicador principal la permanencia del color de la carne, ya que la vitamina E tiene capacidad antioxidante lo cual contribuye a mantener el color de la carne. También se debe de investigar la dinámica del color en carne de corderos suplementados al estar congelada y refrigerada, para observar la dinámica del color, al final de ambos procesos.

3.6 Literatura citada

- Arnold, R. N., K. K. Scheller, S. C. Arp, S. N. Williams, D. R. Buege, and D. M. Schaefer. 1992. Effect of long- or short-term feeding of α -tocopheryl acetate to Holstein and crossbred beef steer on performance, carcass characteristics, and beef color stability. *Journal of Animal Science* 70: 3055-3065.
- García A., E. 2004. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). 5ta. Ed. Instituto de Geografía. Publ. UNAM. México, D. F. 90 p.
- Hatfield, P. G., J. T. Daniels, R. W. Kott, D. E. Burgess, and T. J. Evans. 1999. Role of supplemental vitamina E in lamb survival and production: A review. *Proceedings of the American Society of Animal Science*. 8 p.
- Hopkins, D. L., and D. Adair. 1990. Lamb carcasses produced in Zimbabwe and Australia. *Wool Technology and Sheep Breeding* 38: 81-92.
- Liu, Q., K. Scheller K., S. Arp C., D. Schaefer M., and M. Frigg. 1996. Color coordinates for assessment of dietary vitamin E effects on beef color stability. *Journal of Animal Science* 74: 106-116.
- Liu, Q., M. C. Lanari, and D. M. Schaefer. 1995. A review of dietary vitamin E supplementation for improvement of beef quality. *Journal Animal Science* 73: 3131-3140.
- Maiorano, G., A. Manchisi, G. Salvatori, F. Filetti, and G. Oriani. 1999. Influence of multiple injections of vitamin E on intramuscular collagen and bone characteristics in suckling lambs. *Journal of Animal Science* 77: 2452–2457.
- McGuire, R. G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27(12): 1254-1255.

- Mitsumoto, M., C. Faustman, R. G. Cassens, R. N. Arnold, D. M. Schaefer, and K. K. Scheller. 1991. Vitamins E and C improve pigment and lipid stability in ground beef. *Journal of Food Science* 56(1): 194–197.
- Monahan, F. J., J. I. Gray, A. M. Booren, E. R. Miller, D. J. Buckley, P. A. Morrissey, and E. A. Gomaa. 1992. Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. *Journal Agriculture Food Chemistry* 401: 1310-1319.
- NRC. 2007. *Nutrients Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. Washington, D. C. 345 p.
- Rubio, M., N. Torres, J. Gutiérrez, and R. Méndez. 2003. Composition and sensory evaluation of lamb carcasses used for the traditional mexican lamb dish “Barbacoa”. *Meat Science* 67: 359–364.
- SIAP-SAGARPA. 2004. Inventario ovino. Disponible en: <http://www.siap.sagarpa.gob.mx/index.php?idCat=143&idSegCat=1>. Consultado: 10/12/08.
- SAS. 2004. *SAS/STAT User's guide*. (Release 9.1) SAS Publishing, Cary (NC). 1-7: 5180.
- Turner, K. E., K. E. McClure, W. P. Weiss, R. J. Borton, and J. G. Foster. 2002. Alpha-tocopherol concentrations and case life of lamb muscle as influenced by concentrate or pasture finishing. *Journal of Animal Science* 80: 2513–2521.
- Villar, P. G., A. Díaz C., E. Ávila, R. Guinzberg, J. Pablos, and E. Piña. 2002. Effects of dietary supplementation with vitamin C or vitamin E on cardiac lipid peroxidation and growth performance in broilers at risk of developing ascites syndrome. *American Journal of Veterinary Research* 63 (5): 673-676.
- Waylan, A. T., P. R. O'Quinn, J. A. Unruh, J. L. Nelssen, R. D. Goodband, J. C. Woodworth, M. D. Tokach, and S. I. Koo. 2002. Effects of modified tall oil and vitamin E on growth performance, carcass characteristics, and meat quality of growing-finishing pigs. *Journal of Animal Science* 80: 1575-1585.
- Wulf, D. M., J. Morgan B., S. Sanded K., J. Tatum D., G. Smith C., and S. Williams. 1995. Effects of dietary supplementation of vitamin E on storage and caselife properties of lamb retail cuts. *Journal of Animal Science* 73: 399-405.

4 PERFIL DE LÍPIDOS EN PLASMA Y GRASAS PERIRRENAL DE CORDEROS DOSIFICADOS CON VITAMINA E⁵

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar el efecto de la vitamina E en la concentración de colesterol y perfil lipídico de corderos suplementados. Durante 60 días antes del sacrificio se suplementaron con dosis de 0, 200, 400 y 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ de vitamina E. Se utilizó un diseño completamente al azar con ocho repeticiones, la concentración de ácidos grasos y colesterol fueron analizados con el procedimiento GLM de SAS. En plasma, la concentración de ácido oleico aumentó conforme a la dosis de vitamina E ($p < 0.05$), mientras que el ácido esteárico, mirístico, palmítico, linoleico, linolénico, araquidónico y colesterol no varió ($p > 0.05$). En la grasa perirrenal la concentración de ácido esteárico, mirístico, palmítico, oleico y araquidónico no fue diferente ($p > 0.05$), mientras que la concentración de ácido linoleico y linolénico aumentó ($p < 0.05$) con la dosis de 200 UI de vitamina E cordero⁻¹ día⁻¹. El colesterol en grasa perirrenal se redujo 50% con la dosis de 800 UI en comparación con 0 UI de vitamina E suplementada.

Palabras clave: ovinos, tocoferol, ácidos grasos, colesterol.

⁵ Maestría en Ciencias en Innovación Ganadera, Universidad Autónoma Chapingo
Autor: Omar Salgado Arriaga
Director de tesis: M. C. Carlos Sánchez Del Real

LIPID PROFILE IN PLASMA AND KIDNEY FATS IN LAMBS SUPPLEMENTED WITH VITAMIN E⁶

Abstract

The objective of the study was to evaluate the effect of vitamin E on the concentration of cholesterol and lipid profile of supplemented lambs. During 60 days before slaughter, they were supplemented with doses of 0, 200, 400 and 800 UI lamb⁻¹ day⁻¹ of vitamin E. A completely randomized design with eight repetitions was used; the concentration of fatty acids and cholesterol were analyzed with the SAS GLM procedure. In plasma, the concentration of oleic acid increased according to the vitamin E dose ($p < 0.05$), while stearic, myristic, palmitic, linoleic, linolenic, and arachidonic acids as well as cholesterol did not vary ($p > 0.05$). In kidney fat, the concentration of stearic, myristic, palmitic, oleic and arachidonic acids were not different ($p > 0.05$), while the concentration of linoleic and linolenic acids increased ($p < 0.05$) in the dose of 200 UI of vitamin E lamb⁻¹ day⁻¹. The cholesterol in kidney fat decreased 50% with the dose of 800 UI in comparison with 0 UI of vitamin E supplemented.

Keywords: lamb, tocopheryl, fatty acids, cholesterol.

⁶ Master of Science Thesis, Universidad Autónoma Chapingo
Author: Omar Salgado Arriaga
Advisor: M. C. Carlos Sánchez Del Real

4.1 Introducción

Promover mayor concentración de ácidos grasos insaturados circulantes en sangre puede favorecer grasa animal con menor concentración de ácidos grasos saturados y bajo contenido de colesterol, originando una carne para consumo humano de menor riesgo de enfermedades cardiovasculares (Rimm *et al.*, 1993; Stampfer *et al.*, 1993; Oddy y Sainz, 2002) y ácidos grasos saturados (Geay *et al.*, 2001). Estos problemas de salud son unas de las mayores causas de mortalidad en el mundo (Gaziano, 2007). En contra parte, los ácidos grasos insaturados son fáciles de reaccionar con los radicales libres y propagar fácilmente la reacción de oxidación (Warris, 2000).

La vitamina E puede reducir la proporción de ácidos grasos saturados al reducir la oxidación de los ácidos grasos insaturados, por lo que alimentar rumiantes con alto nivel de vitamina E puede disminuir los ácidos grasos saturados al limitar la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, aumentando su concentración en los tejidos (Buckley *et al.*, 1995; Wood *et al.*, 2004). Además limita la oxidación de la lipoproteína de alta densidad HDL-colesterol, y de la lipoproteína de baja densidad LDL-colesterol, disminuyendo la acumulación de colesterol en los tejidos (Steinberg *et al.*, 1989; Monahan *et al.*, 1992; Stampfer *et al.*, 1993; Rimm *et al.*, 1993; Andersson *et al.*, 1994) propiciando una carne con menor riesgo de enfermedades cardiovasculares. Por lo anterior, en el presente estudio el objetivo fue determinar la concentración de colesterol y perfil lipídico en plasma y grasa perirrenal de corderos dosificados con vitamina E.

4.2 Materiales y métodos

El estudio se efectuó en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México (98° 53'O y 19° 29' N), a 2250 msnm. De acuerdo con la clasificación climática de Köppen modificada por García (2004), el clima es del tipo C b (w₀)(w)(i')g, es templado subhúmedo con lluvias en verano.

Se evaluaron cuatro niveles de administración de vitamina E: 0, 200, 400, 800 UI cordero⁻¹ día⁻¹ (Rovimix® 50%, Hoffmann-LaRoche, Nutley, NJ – USA), por 60 días a corderos enteros Criollo*Rambouillet, con un peso inicial promedio de 24.5±2 kg. Al inicio fueron identificados y pesados individualmente, se distribuyeron al azar a cada uno de los niveles de vitamina E.

La dieta (maíz, 65%; rastrojo de maíz, 12%; melaza, 4%; pasta de soya, 8%; cascarilla de soya, 8%; mezcla mineral, 2%; grasa de sobrepaso, 0.5%; urea, 0.5%; aporte estimado de 2.88 Mcal de EM kg MS⁻¹, 14.5% proteína cruda y 9.0% de fibra cruda según la NRC, 2007) se proporcionó a libre acceso, ofreciendo 60 y 40% del consumo diario, a las 7:00 y 16:00 h, respectivamente. La vitamina E se administró en cápsulas plásticas (con la dosis estipulada) de fácil digestión, diario e individualmente antes del primer ofrecimiento de alimento.

Previo al sacrificio a 60 días de alimentación de engorda, se colectó una muestra de sangre por cordero mediante punción directa de la vena yugular con el uso de agujas y tubos vacutainer sin anticoagulante, se colocó en un termo con bolsas con congelante. Posteriormente, fue centrifugada a 3000 rpm durante 15 minutos para la obtención del plasma, el cual se colectó en tubo de vidrio, y se almacenó a -4 °C para la determinación de ácidos grasos y colesterol los cuales fueron expresados en µg µl⁻¹ y mg dl⁻¹, respectivamente. Posterior a la toma de sangre los corderos fueron sacrificados en la forma tradicional de la zona; 12 h después a temperatura ambiente se realizó la toma de muestras de grasa perirrenal (200 g), la cual fue refrigerada 12 horas y posteriormente se procedió a secarse y hacer la extracción de grasa mediante extracto etéreo (AOAC, 1990). El perfil de ácidos grasos y la concentración de colesterol en la grasa perirrenal se midió a partir del extracto etéreo, siendo los ácidos grasos expresados como porcentaje (%) del extracto etéreo y el contenido de colesterol se expresó en mg 100 g⁻¹ de tejido de grasa perirrenal.

En las muestras de plasma y grasa perirrenal se determinó la concentración de colesterol por procedimientos enzimáticos mediante el método No. 43.290

AOAC, (1990) utilizando el kit de colesterol Roche Sigma. Con la medición en un Espectrofotómetro UV/VIS Lambda 2 (Allain *et al.*, 1974; Huang y Kyle, 1987).

La determinación de ácidos grasos se hizo en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer Autosystem Gas Chromatograph 9000. Se utilizó una columna polar Resteck Stabilwax (PEG): 30mX0.53mm D.I y 0.5 micromilímetros de fase estacionaria. Las condiciones de temperatura fueron de 150 °C para el horno, 250 °C para el inyector y de 260 °C para el detector, el tiempo de cada determinación fue de 26 minutos. En la identificación de los ácidos grasos se utilizaron estándares purificados (Sigma-Aldrich Co., Steinheim, Germany). Después de obtener la concentración de ácidos grasos se procedió a calcular los ácidos grasos no esterificados (AGNE), siendo obtenido mediante la suma de la concentración de los ácidos linoleico, oleico, palmítico, esteárico y linolénico.

El diseño experimental fue completamente al azar con ocho repeticiones; el perfil de ácidos grasos, AGNE y la concentración de colesterol de plasma y grasa perirrenal se analizaron con el procedimiento GLM (SAS, 2004). La comparación de medias se hizo por Tukey.

4.3 Resultados y discusión

El perfil de ácidos grasos en plasma se presenta en el Cuadro 9. La concentración de ácido oleico fue más alta en los animales suplementados comparada con el testigo. La concentración de ácido oleico es muy favorable para la salud del consumidor, ya que este ácido reduce el colesterol libre intracelular, lo que induce a una mayor captación del colesterol sanguíneo, disminuyendo así la concentración de lipoproteínas de baja densidad (Pérez *et al.*, 2006).

Cuadro 9. Concentración de ácidos grasos en plasma ($\mu\text{g } \mu\text{l}^{-1}$) de corderos dosificados con vitamina E.

Ácido graso	Vitamina E ($\text{UI cordero}^{-1} \text{ día}^{-1}$) ^y				EEM ^x
	0	200	400	800	
Esteárico	0.22	0.52	0.26	0.18	0.14
Mirístico	0.11	0.08	0.11	0.10	0.01
Palmítico	0.08	0.29	0.12	0.13	0.03
Oleico	0.23 ^a	0.40 ^b	0.59 ^b	0.53 ^b	0.05
Linoleico	0.24	0.43	0.22	0.34	0.03
Linolénico	0.57	0.55	0.58	0.56	0.04
Araquidónico	0.43	0.46	0.52	0.39	0.03
AGNE ^z	1.18	1.75	1.52	1.51	0.13

^z AGNE: Ácidos grasos no esterificados (linoleico, oleico, palmítico, esteárico y linolénico).

^y Medias sin una letra en común, dentro de hilera son diferentes ($p \leq 0.05$).

^x Error estándar de la media.

La concentración de ácidos grasos no esterificados (ácido linoleico, oleico, palmítico, esteárico y linolénico. AGNE) no mostró diferencias por efecto de la vitamina E suplementada ($p=0.46$); otros estudio en corderos indican que no hay diferencia en los AGNE, aún cuando se suplementaron con diferentes fuentes de ácidos grasos y se suplementaron con $356 \text{ UI de vitamina E kg}^{-1}$ dieta (Dafoe *et al.*, 2008). La vitamina E adicionada puede evitar la rancidez de ácidos grasos y no necesariamente afectar la concentración de éstos en la sangre.

El perfil lipídico en grasa perirrenal se muestra en el Cuadro 10. El ácido esteárico, mirístico, palmítico, oleico y araquidónico no cambiaron ($p > 0.05$) por efecto de la vitamina E suplementada, mientras el ácido linoleico y linolénico aumentaron su concentración con $200 \text{ UI de vitamina E cordero}^{-1} \text{ día}^{-1}$. Según Warris (2000), el aumento en la cantidad de ácidos grasos insaturados en la carne es favorable, pero puede tornarla más sensible a la oxidación generando problemas de sabor, de color, disminuyendo el punto de fusión de la grasa, lo que da lugar a una grasa más blanda y a una carne menos atractiva para el

consumidor. Por otra parte, la concentración de ácido esteárico está muy relacionada con el punto de fundición de lípido y la firmeza el corte de la grasa en la canal (Wood *et al.*, 2004). La vitamina E suplementada a estas concentraciones modificó la concentración de los ácidos linoleico y linolénico. En el caso del ácido linolénico, a medida que aumenta se pueden sintetizar ácidos grasos de cadena más larga como el C20 - C22 n 3. Esto puede deberse a que la vitamina E mantiene los niveles de ácidos grasos insaturados en la carne al prevenir su oxidación. Lauridsen *et al.* (1999) encontraron en cerdos suplementados con 100 y 200 mg de vitamina E kg⁻¹ de alimento, aumento del ácido C22:5 en los suplementados, sin cambios en los ácidos grasos mirístico, palmítico, esteárico, oleico, linoleico araquidónico, linolénico. Gabryszuk *et al.* (2007) indican un aumento en ácidos poliinsaturados omega 3 y ácido linoleico conjugado en carne de corderos suplementados con vitamina E.

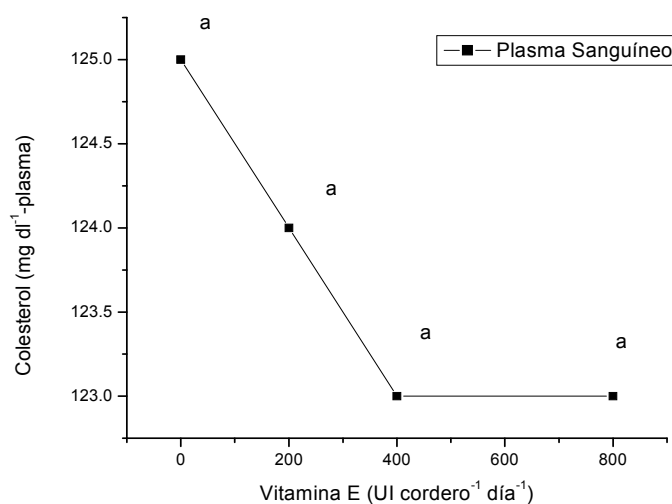
En la Figura 4 se muestran los valores promedio de la concentración de colesterol (mg dl⁻¹) en plasma sanguíneo de corderos dosificados con vitamina E. Las concentraciones de colesterol no fueron afectadas por el nivel de vitamina E, esto concuerda con los datos encontrados en ovejas gestantes suplementadas con 354 UI vitamina E kg MS⁻¹ (Dafoe *et al.*, 2008); en corderos de 40 a 60 kg de peso vivo, con dosis de 0, 15, 30 y 60 UI de vitamina E cordero⁻¹ día⁻¹ (Njeru *et al.*, 1994); en ovejas suplementadas con 300 mg de vitamina E animal⁻¹ día⁻¹ (Hidiroglou *et al.*, 1993) y en bovinos (Njeru *et al.*, 1995). Otros estudios en ovejas, (Judson *et al.*, 1991; Hidiroglou *et al.*, 1993) y en cerdos (Chung *et al.*, 1992; Lauridsen *et al.*, 1999), tampoco se observan diferencias en la concentración de colesterol por efecto de la vitamina E suplementada. Andersson *et al.* (1994) indican que la vitamina E puede revertir los efectos de la hipercolesterolemia en conejos. Gabryszuk *et al.* (2007) indican una disminución en el colesterol total y un aumento en las lipoproteínas de alta densidad (HDL) en plasma de corderos suplementados con una dieta enriquecida con Se, Zn y vitamina E.

Cuadro 10. Concentración de ácidos grasos en grasa perirrenal de corderos dosificados con vitamina E.

Experimentos con Vitamina E					
	Vitamina E (UI cordero ⁻¹ día ⁻¹) ^z				
Ácido graso	0	200	400	800	EEM ^y
	-----Porcentaje del extracto etéreo -----				
Estearico	12.30	16.60	7.60	11.80	1.65
Mirístico	1.10	1.20	1.10	1.40	0.17
Palmítico	5.10	7.20	8.70	7.70	1.11
Oleico	2.20	1.00	1.20	0.70	0.29
Linoleico	2.98 ^b	5.90 ^a	4.00 ^{ab}	3.30 ^b	0.34
Linolénico	1.90 ^{ab}	3.10 ^a	2.50 ^{ab}	1.30 ^b	0.20
Araquidónico	1.20	0.70	0.90	0.80	0.09

^z Medias sin una letra en común, dentro de hilera son diferentes ($p \leq 0.05$).

^y Error estándar de la media.



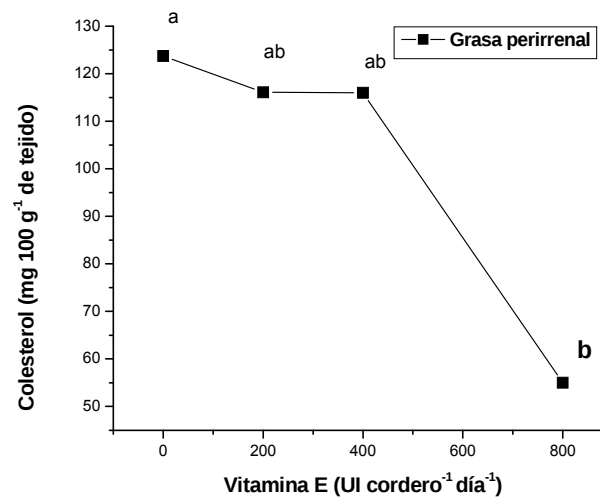
Medias dentro de gráfico con diferente literal son diferentes ($p < 0.05$).

Figura 4. Concentración de colesterol en plasma sanguíneo de corderos con diferentes dosis de vitamina E.

El contenido de colesterol en grasa perirrenal se muestra en la Figura 5. La dosis más alta de vitamina E redujo un 50% el contenido de colesterol en grasa con respecto al testigo. La información que existe en la literatura sobre la reducción de colesterol en corderos suplementados con vitamina E es limitada. Kaseki *et al.* (1986) indican una disminución de colesterol en tejido adiposo al suplementar vitamina E a ratas deficientes, mientras que Douillet y Ciavatti (1995) indican que la vitamina E puede modular la concentración de colesterol en vena e hígado de ratas con diabetes inducida. Diéber-Rotheneder *et al.* (1991) indican una reducción de las lipoproteínas de baja densidad en plasma de humanos, que recibieron vitamina E vía oral. Ferreira y Ferreira (2006) observaron una reducción en la concentración de colesterol de 30% en carne de cerdos suplementados con 400 mg de vitamina E kg⁻¹ dieta. Gabryszuk *et al.* (2007) indican una disminución en el colesterol en carne de corderos suplementados con una dieta enriquecida con Se, Zn y vitamina E. Esto se puede deber al incremento en la concentración de lipoproteínas de alta densidad que permitió hacer un acarreo del colesterol que no se ocupa en los adipositos y ser llevado al hígado para la formación de ácidos biliares; tal incremento se pudo deber a la acción antioxidante de la vitamina E al evitar su oxidación.

4.4 Conclusiones

La vitamina E administrada a corderos en finalización puede ser una opción para influir en la concentración en la grasa del animal de los ácidos linoleico y linolénico, además de la concentración de colesterol y con ello el productor pueda ofrecer una carne de mayor aceptación en el mercado.



Medias dentro de gráfico con diferente literal son diferentes ($p < 0.05$).

Figura 5. Concentración de colesterol en grasa perirrenal de corderos con diferentes dosis de vitamina E.

4.5 Implicación

La vitamina E disminuye en el contenido de colesterol. Además, puede modificar el perfil de ácidos grasos en la grasa de la canal de corderos dosificados con vitamina E.

La vitamina E promueve mayor concentración de lípidos insaturados en la canal de corderos dosificados con vitamina E, produciendo carne para consumo humano de menor riesgo de enfermedades cardiovasculares.

4.6 Literatura citada

- Allain, C. C., L. S. Poon, G. C. S. Chan, W. Richmond, and C. P. Fu. 1974. Enzymatic determination of total serum cholesterol. *Clinical Chemistry* 20: 470-475.
- Andersson, T. L., J. Matz, G. A. Ferns, and E. E. Anggard. 1994. Vitamin E reverses cholesterol-induced endothelial dysfunction in the rabbit coronary circulation. *Atherosclerosis* 111(1): 39-45.

- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis of the AOAC, 15th edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C. Method 43.290.
- Buckley, D. J., P. Morrissey A, and J. I. Gray. 1995. Influence of dietary vitamin E on the oxidative stability and quality of pig meat. *Journal of Animal Science* 73: 3122–3130.
- Chung, Y. K., D. C. Mahan, and A. J. Lepine. 1992. Efficacy of dietary D-alpha-tocopherol and DL-alpha-tocopheryl acetate for weanling pigs. *Journal of Animal Science* 70: 2485-2492.
- Dafoe, J. M., R. W. Kott, B. F. Sowell, J. G. Berardinelli, K. C. Davis, and P. G. Hatfield. 2008. Effects of supplemental safflower and vitamin E during late gestation on lamb growth, serum metabolites, and thermogenesis. *Journal of Animal Science* 86: 3194-3202.
- Diéber-Rotheneder, M., H. Puhl, G. Waeg, G. Striegl, and H. Esterbauer. 1991. Effect of oral supplementation with D- α -tocopherol on the vitamin E content of human low density lipoproteins and resistance to oxidation. *Journal Lipid Research* 32: 1325-1332.
- Douillet, C., and M. Ciavatti. 1995. Effect of vitamin E treatment on tissue fatty acids and cholesterol content in experimental diabetes. *Journal of Nutritional Biochemistry* 6(6): 319-326.
- Ferreira, S. V. L, and Ferreira S. R. S. 2006. Dietary vitamin E supplementation on cholesterol and cholesterol oxides of pig meat and cooked ham. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 49(2): 197-205.
- Gabryszuk, M., M. Czauderna, A. Baranowski, N. Strzałkowska, A. Jóźwik, and J. Krzyżewski. 2007. The effect of diet supplementation with Se, Zn and vitamin E on cholesterol, CLA and fatty acid contents of meat and liver of lambs. *Animal Science Papers and Reports* 25(1): 25-33.
- García, A. E. 2004. Modificación al Sistema de Clasificación Climática de Köppen (Para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Instituto de Geografía. Publ. UNAM. México. 90 p.
- Gaziano, T. A. 2007. Reducing the growing burden of cardiovascular disease. *In: The Developing World. Health Affairs*. 26(1): 13-24.
- Geay, Y., D. Bauchart., J. F. Hocquette, and J. Culioli. 2001. Effect of nutritional factors on biochemical, structural and metabolic characteristics of muscles in ruminants, consequences on dietetic value and sensorial qualities of meat. *INRA. Reproduction and Nutrition Development* 41: 1-26.
- Hidiroglou, N., S. M. Wolynetz, L. R. McDowell, M. A. Papas, M. Antapli, and S. N. Wilkinson. 1993. Serum total cholesterol, high-density lipoprotein-cholesterol and triglyceride concentrations in lambs following supplementation with various forms of tocopherol. *Reproduction Nutrition Develoment* 33 (3): 263-268.

- Huang, Y. S, and V. Kyle. 1987. Different reagent kits compared in centrifugal analysis for cholesterol in plasma. *Clinical Chemistry* 33 (6): 1071.
- Judson, G. J., J. P. Babidge, and W. J. Babidge. 1991. Plasma, liver and fat α -tocopherol concentrations in sheep given various oral and subcutaneous doses of vitamin E. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31(1): 45-50.
- Kaseki, H., E. Y. Kim, R. L. Whisler, and G. D. Cornwell. 1986. Effect of an oral dose of vitamin E on the vitamin E and cholesterol content of tissues of the vitamin E-deficient Rat. *Journal Nutrition* 116: 1631-1639.
- Lauridsen, C., S. Højsgaard, and M. S. Tang. 1999. Influence of dietary rapeseed oil, vitamin E, and copper on the performance and the antioxidative and oxidative status of pigs. *Journal of Animal Science* 77: 906–916
- Monahan, F. J., J. I. Gray, A. M. Booren, E. R. Miller, D. J. Buckley, P. A. Morrissey, and E. A. Goma. 1992. Influence of dietary treatment on lipid and cholesterol oxidation in pork. *Journal Agriculture Food Chemistry* 401: 1310-1319.
- Njeru, C. A., L. R. McDowell, N. S. Wilkinson, and S. N. Williams. 1994. Assessment of vitamin E nutritional status in sheep. *Journal of Animal Science* 72: 3207–3212.
- Njeru, C. A., L. R. McDowell, R. M. Shireman, N. S. Wilkinson, L. X. Rojas, and S. N. Williams. 1995. Assessment of vitamin E nutritional status in yearling beef heifers. *Journal of Animal Science* 73: 1440-1448.
- NRC. 2007. *Nutrients Requirements of Small Ruminants: Sheep, Goats, Cervids, and New World Camelids*. The National Academies Press. Washington, D. C. 345 p.
- Oddy, V. H., and R. D. Sainz. 2002. Nutrition for sheep-meat production. *In: Sheep Nutrition*. Editors M. Freer and H. Dove. CSIRO Plant Industry, Canberra, Australia. pp: 237- 262.
- Pérez, P., M. Maino, G. Tomic, C. Köbrich, M. S. Morales, y J. Pokniak. 2006. Calidad de carne de corderos lechales del cruce Suffolk down x Merino precoz alemán: Efecto del peso de sacrificio y sexo. *Revista Archivos de Zootecnia* 55 (210): 171-182.
- Rimm, E. B., J. M. Stampfer, A. Ascherio, E. Giovannucci, A. G. Colditz, and C. W. Willett. 1993. Vitamin E consumption and the risk of coronary heart disease in men. *New England Journal of Medicine* 328: 1450-1456.
- SAS. 2004. *SAS/STAT User's guide*. (Release 9.1) SAS Publishing, Cary (NC). 1-7: 5180.
- Stampfer, M. J., C. H. Hennekens., J. E. Manson, G. A. Colditz, B. Rosner, and W. C. Willett. 1993. Vitamin E consumption and the risk of coronary disease in women. *New England Journal of Medicine* 328: 1444-1449.

- Steinberg, D., S. Parthasarathy, T. E. Caron, J. C. Khoo, and L. J. Witztun. 1989. Beyond cholesterol. Modification in low density lipoprotein that increases its atherogenicity. *New England Journal of Medicine* 320: 915-924.
- Warris, P. D. 2000. *Meat Science*. Cabi Publishing. Londres, Inglaterra. 310 p.
- Wood, J. D., R. I Richardson, G. R. Nute, A. V. Fisher, M. M. Campo, E. Kasapidou, P. R. Sheard, and M. Enser. 2004. Effect of fatty acids on meat quality: a review. *Meat Science* 66: 21-32.