



# **COLEGIO DE POSTGRADUADOS**

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

## **CAMPUS MONTECILLO**

**POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD**

**GANADERÍA**

**ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO  
ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA  
CARNE DE POLLOS DE ENGORDA**

**ZACATULA MIER HERIBERTO**

**T E S I S**

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO**

**OCTUBRE, 2009.**

La presente tesis titulada: **ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE DE POLLOS DE ENGORDA**, realizada por el alumno: **HERIBERTO ZACATULA MIER**, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

GANADERÍA

**CONSEJO PARTICULAR**

CONSEJERO

  
DR. ARTURO PRO MARTÍNEZ

ASESOR

  
DR. CARLOS NARCISO GAYTÁN

ASESOR

  
DR. JUAN MANUEL CUA GARCÍA

ASESOR

  
DR. JOSÉ LUIS FIGUEROA VELASCO

ASESOR

  
DR. JOSÉ ANDRÉS HERRERA CORREDOR

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Octubre de 2009.

## **AGRADECIMIENTOS**

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), por apoyar el desarrollo científico en México y permitir la conclusión de mis estudios de maestría.

Al Colegio de Postgraduados y al programa de Ganadería por brindarme la oportunidad de obtener el grado de Maestro en Ciencias.

Al Dr. Arturo Pró Martínez por sus valiosos consejos, acertada dirección, su apoyo en mi formación profesional y personal, pero sobretodo, por la amistad y confianza brindada.

Al Dr. Carlos Narciso Gaytán, por su apoyo, dedicación y enseñanzas que permitieron la realización de esta tesis.

Al Dr. Manuel Cuca García, por sus sabios consejos e invaluable enseñanzas.

A los Doctores José L. Figueroa Velasco, José A. Herrera Corredor y Eliseo Sosa Montes, por su contribución y asesoría en la realización de la presente investigación.

## DEDICATORIA

### A mis padres:

**José Zacatula Muñoz** y **Elsa Mier Castro**, por la confianza depositada en mi y sobretodo, por su cariño y apoyo incondicional. Por llevarme siempre por el buen camino, inculcarme principios, educación y por entregarme todo su cariño, amor y amistad.

### A mis hermanos:

**Cirilo, Araceli, María de los Ángeles, José Ángel, René, Gabriel, Luis y Alexis**, por las alegrías compartidas, por creer en mí, pero sobretodo por apoyarme de forma incondicional en los momentos buenos y difíciles, por ser además de mis hermanos mis amigos.

**Eleazar<sup>t</sup> y Elia<sup>t</sup>**: a la memoria de mis hermanos que, desafortunadamente no se encuentran con nosotros de manera física, pero que siempre vivirán en la memoria y corazón de las personas que los conocimos.

A **Rosy** por su amor y comprensión.

A la familia **García Zacatula**

A todos mis amigos del Colegio de Postgraduados y de la Universidad Autónoma Chapingo

A todos, **GRACIAS.**

## CONTENIDO

LISTA DE CUADROS.....	i
LISTA DE FIGURAS.....	ii
INTRODUCCIÓN GENERAL.....	1
<b>CAPÍTULO I: REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
1.1. Composición de la carne de pollo.....	5
1.1.1. Modificación del perfil lipídico a través de la dieta.....	6
1.1.2. Alteraciones asociadas al grado de poliinsaturación.....	6
1.1. Oxidación lipídica.....	7
1.1.1. Mecanismos de oxidación lipídica.....	7
1.1.1.1. Oxidación primaria clásica.....	8
1.1.1.2. Fotooxidación.....	9
1.1.1.3. Oxidación secundaria.....	9
1.1.2. Factores que influyen en la oxidación de la carne.....	10
1.1.2.1. Especie animal.....	10
1.1.2.2. Tipo de músculo.....	10
1.1.2.3. Composición lipídica de la carne.....	11
1.1.2.4. Conservación y procesado de la carne.....	11
1.1.2.5. Presencia de antioxidantes.....	12
1.3. Vitamina E.....	14
1.3.1. Estructura química y actividad.....	14
1.3.2. Acción antioxidante de la vitamina E.....	14
1.3.3. Modificación del contenido de $\alpha$ -tocoferol en los tejidos.....	15
1.4. Orégano.....	16
1.4.1. Distribución.....	16
1.4.2. Descripción botánica.....	16
1.4.3. Componentes químicos.....	17
1.4.4. Métodos de extracción.....	19
1.4.5. Propiedad antioxidante.....	19
1.5. Evaluación de la oxidación lipídica de la carne.....	20
1.5.1. Prueba del ácido tiobarbitúrico.....	21
1.6. Literatura citada.....	24
<b>CAPITULO II: ACEITE DE ORÉGANO (<i>Lippia graveolens</i>) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA.....</b>	
RESUMEN.....	30
ABSTRAC.....	31
2.1. INTRODUCCIÓN.....	32

2.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
2.3. RESULTADOS.....	40
2.4. DISCUSIÓN.....	44
2.5. CONCLUSIONES.....	48
2.6. LITERATURA CITADA.....	49
<b>CAPÍTULO III: ACEITE DE ORÉGANO (<i>Lippia graveolens</i>) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA ENVASADA EN CONDICIONES AERÓBICAS.....</b>	<b>52</b>
RESUMEN.....	53
ABSTRAC.....	55
3.1. INTRODUCCIÓN.....	57
3.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	59
3.3. RESULTADOS.....	65
3.4. DISCUSIÓN.....	68
3.5. CONCLUSIONES.....	72
3.6. LITERATURA CITADA.....	73
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES.....</b>	<b>76</b>

## LISTA DE CUADROS

<b>Cuadro 1.1.</b> Contenido y clase de lípidos en pechuga y muslo de pollo.....	5
<b>Cuadro 1.2.</b> Composición en ácidos grasos de pechuga, muslo y piel de pollos alimentados con una dieta a base de maíz-soya.....	6
<b>Cuadro 2.1.</b> Composición de las dietas experimentales (%) de 0-3 y 4-6 semanas.....	35
<b>Cuadro 2.2.</b> Composición del aceite de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> ).....	36
<b>Cuadro 2.3.</b> Composición de lípidos totales y de ácidos grasos de pechuga y muslo.....	40
<b>Cuadro 2.4.</b> Resultados acumulados de las variables evaluadas con pollos durante 6 semanas.....	41
<b>Cuadro 2.5.</b> Concentración de malondialdehído en carne de pechuga precocida durante su almacenamiento, mg de MDA kg <sup>-1</sup> muestra.....	42
<b>Cuadro 2.6.</b> Concentración de malondialdehído en carne de muslo precocida durante su almacenamiento, mg de MDA kg <sup>-1</sup> muestra.....	43
<b>Cuadro 3.1.</b> Composición de las dietas experimentales (0-3 y 4-6 semanas, %). .....	60
<b>Cuadro 3.2.</b> Composición del aceite de orégano ( <i>Lippia graveolens</i> ).....	61
<b>Cuadro 3.3.</b> Resultados acumulados de las variables evaluadas con pollos durante 5 semanas.....	65
<b>Cuadro 3.4.</b> Concentración de malondialdehído en carne de pechuga precocida durante su refrigeración mg de MDA kg <sup>-1</sup> muestra.....	66
<b>Cuadro 3.5.</b> Concentración de malondialdehído en carne de muslo precocida durante su refrigeración mg de MDA kg <sup>-1</sup> muestra.....	67

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.1.</b> Esquema de la reacción en cadena de la peroxidación lipídica.....	9
<b>Figura 1.2.</b> Estructura del $\alpha$ -tocoferol y $\alpha$ -tocotrienol.....	14
<b>Figura 1.3.</b> Estructura química del carvacrol y del timol.....	18
<b>Figura 1.4.</b> Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído.....	21



## INTRODUCCIÓN GENERAL

En la alimentación humana, la carne es una parte importante de la dieta, representa aproximadamente 11% del total del consumo de alimentos. La carne de pollo, por su alto valor nutrimental, bajo costo y alta disponibilidad, es uno de los productos de origen animal de mayor consumo y aceptación. Lo que ha resultado que a nivel mundial, en los últimos 30 años su producción se haya cuadruplicado, mientras que la de otras especies, como la de cerdo, sólo ha duplicado su volumen (FAO, 2007).

En las últimas décadas una parte importante de la investigación en el ámbito de la nutrición animal se ha dirigido a mejorar el valor nutritivo de los alimentos de origen animal, para ofrecer al consumidor un producto de acuerdo a su demanda y necesidades, con valor agregado y mayor vida de anaquel. La carne de las aves tiene una composición lipídica que es alta en ácidos grasos poliinsaturados (AGPI; Grau *et al.*, 2000) y además, es fácilmente modificable a través de diversas estrategias nutricionales (Cortinas *et al.*, 2005). Sin embargo, al incrementar el grado de insaturación de los ácidos grasos (AG) de los fosfolípidos de la membrana, aumenta la susceptibilidad a la oxidación lipídica de la carne, particularmente durante su procesamiento y almacenamiento (Grau *et al.*, 2000), resultando como consecuencia el desarrollo de sabores y olores indeseables, así como una sensible pérdida en el valor nutrimental (López-Ferrer, *et al.*, 2001). Es importante señalar, que la demanda de carne de pollo enriquecida con ácidos grasos poliinsaturados y precocida o procesada continúa en aumento (Rojas y Brewer, 2007). Sin embargo, debe considerarse que los productos precocidos, principalmente con alto contenido de ácidos grasos insaturados, son susceptibles de desarrollar oxidación lipídica (Lauridsen *et al.*, 1997; Rojas y Brewer, 2007); por lo que es necesario implementar estrategias que preserven la calidad y el valor nutricional del producto durante el procesamiento y almacenamiento.

Con la finalidad de prevenir o reducir la reacción de oxidación lipídica, se utilizan antioxidantes sintéticos o naturales. Generalmente, se han empleado antioxidantes sintéticos como el butilhidroxitolueno, butilhidroxianisol, propil galato y etoxiquina; sin embargo, estos tipos de antioxidantes sintéticos pueden ser causantes de problemas de salud en los consumidores (Kulisic *et al.*, 2004), por lo que las autoridades de salud han recomendado la reducción de dichos productos y el incremento del uso de antioxidantes naturales (Govaris *et al.*, 2005). Ante esta situación, es necesario evaluar el efecto de nuevas fuentes de antioxidantes naturales en la alimentación animal y su actividad en la estabilidad oxidativa de la carne, particularmente la de pollo.

Las plantas aromáticas o especias agrupan la mayor parte de las posibles fuentes con potencial antioxidante. Una opción con actividad potencial como antioxidante es el orégano, el cual es la especia de mayor valor comercial en el mundo (González *et al.*, 2007). El término orégano es el nombre común para referirse a un aroma y sabor general de derivados de 60 especies de plantas usadas en todo el mundo como especia. La mayoría de estas especies pertenecen a las familias Lamiacea y Verbenaceae, el orégano europeo (*Origanum sp*) y el mexicano (*Lippia sp*) son los de mayor importancia. Cuando se utiliza el orégano como antioxidante se hace por medio del uso de las hojas o a través del aceite esencial extraído de hojas y flores. Existen investigaciones de la adición del orégano directamente en la carne de pollo y pavo, con fines antioxidantes y de este modo, aumentar su vida de anaquel (Botsoglou *et al.*, 2002 y 2003a; Govaris *et al.*, 2005; Florou-Paneri *et al.*, 2005). Pero es importante mencionar que se ha observado que al incluir aceite de orégano en la dieta del animal, la actividad antioxidante del aceite es mayor debido a su proceso de absorción e incorporación en las membranas celulares del animal (Florou-Paneri *et al.*, 2005). Estas propiedades se atribuyen a sus dos principales componentes activos, el timol y el carvacrol, compuestos fenólicos monoterpenos que llegan a representar del 78 al 82 % del total del aceite esencial (Adam *et al.*, 1998).

México, debido a sus condiciones geográficas, es uno de los países con mayor producción de orégano, específicamente *Lippia graveolens* u orégano mexicano, el cual, al ser evaluada su actividad antioxidante *in vitro* mostró el mayor potencial antioxidante en relación a todas las especies de orégano en el mundo; debido a su alta concentración de timol y carvacrol (Zheng y Wang, 2001). Sin embargo, existen pocos estudios donde evalúen su actividad antioxidante *in vivo* al suplementarse en la dieta de las aves. Por lo tanto, es justificable evaluar la capacidad antioxidante del AO mexicano, proporcionado a través de la dieta, en carne de pollos de engorda.

Dados estos antecedentes se plantearon dos experimentos:

En el primero se utilizaron 3 tratamientos: testigo ( $T_1=10$  mg de vitamina E  $kg^{-1}$  de alimento) y la adición de dos niveles de AO, 50 o 100 mg  $kg^{-1}$  de alimento en pollos de engorda y se evaluaron sus efectos antioxidantes en la carne precocida y envasada al vacío.

En el segundo experimento se utilizaron 5 tratamientos: testigo ( $T_1=10$  mg de vitamina E  $kg^{-1}$  de alimento),  $T_2=100$  mg de vitamina E  $kg^{-1}$  de alimento,  $T_3=100$  mg de AO  $kg^{-1}$  de alimento,  $T_4=200$  mg de AO  $kg^{-1}$  de alimento y  $T_5=100$  mg de vitamina E + 100 mg de AO  $kg^{-1}$  de alimento en pollos de engorda y se evaluaron sus efectos antioxidantes en la carne precocida y envasada en condiciones aeróbicas.

# CAPITULO I

## REVISIÓN DE LITERATURA

## 1.1. Composición de la carne de pollo

El contenido de lípidos de la carne de pollo varía según el tejido. En el Cuadro 1.1 se muestra el contenido total y la composición de los lípidos del muslo, pechuga y piel. Se observa que la piel contiene la mayor proporción de grasa compuesta principalmente por triacilglicerol. El contenido de lípidos de la pechuga es aproximadamente la mitad de los del muslo. Además, estos lípidos en la pechuga están constituidos en más del 50% por fosfolípidos, mientras que en el muslo son mayoritariamente triacilglicerol.

**Cuadro 1.1.** Contenido y clase de lípidos en pechuga y muslo de pollo

Tejido	Lípidos totales (g/100g tejido crudo)	Clase de lípido (g/100 g lípidos totales)	
		Triacilglicerol	Fosfolípidos
Pechuga	0.9-1.5	32-43	55-66
Muslo	2.2-2.3	63-83	16-33
Piel	30.3-31.5	100	0.36

Fuente: Pikul *et al.*, 1984; Ang, 1988

En el Cuadro 1.2 se muestra la composición de ácidos grasos de la fracción lipídica de la pechuga, muslo y piel de pollo alimentados con una dieta a base de maíz-pasta de soya (USDA, 1998). En estos tejidos, los ácidos grasos (AG) en mayor concentración son el oleico (C18:1), seguido por el palmítico (C16:0) y el linoleico (C18:2). La pechuga presenta menos ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) que el muslo y más ácidos grasos poliinsaturados (AGPI), sobre todo AGPI de cadena muy larga, siendo el ácido araquidónico (C20:4) el más abundante. En comparación con los tejidos musculares, la piel contiene niveles más elevados de oleico (C18:1) y palmitoleico (C16:1).

**Cuadro 1.2.** Composición en ácidos grasos de pechuga, muslo y piel de pollos alimentados con una dieta a base de maíz-soya

Ácidos Grasos	Pechuga	Muslo	Piel
<b>Saturados</b>	33.5	32.2	30.7
C16:0 (Palmítico)	23.8	22.6	24.0
C18:0 (Esteárico)	7.5	7.6	5.1
<b>Monoinsaturados</b>	34.5	39.4	47.8
C16:1 $\omega$ 7 (Palmitoleico)	4.5	6.3	7.8
C18:1 $\omega$ 9 (Oleico)	29.1	32.0	39.4
C20:1 $\omega$ 9 (Gondoico)	0.5	0.5	0.6
C22:1 $\omega$ 9 (Erúsico)	0.4	0.6	0.4
<b>Poliinsaturados</b>	32.0	28.5	21.4
$\omega$ 6	27.4	25.1	19.7
$\omega$ 3	4.5	3.4	1.8
C18:2 $\omega$ 6 (Linoleico)	17.8	18.3	18.2
C18:3 $\omega$ 3 (Linolénico)	0.5	0.7	1.0
C20:4 $\omega$ 6 (Araquidónico)	5.0	3.7	0.6
C20:5 $\omega$ 3 (Eicosapentaenoico)	0.7	0.6	0.4
C22:5 $\omega$ 3 (Docosapentaenoico)	0.9	0.5	0.1
C22:6 $\omega$ 3 (Docosahexaenoico)	1.8	1.0	0.1

Fuente: USDA, 1998

### 1.1.1. Modificación del perfil lipídico a través de la dieta

La alimentación de las aves a base de dietas adicionadas con grasa, influye en los depósitos de grasa del animal y el perfil de AG del tejido adiposo y muscular. Es por ello que al aumentar el nivel dietético de grasa se consigue aumentar la cantidad de los AG presentes en los tejidos corporales (López-Ferrer *et al.*, 2001).

### 1.1.2. Alteraciones asociadas al grado de poliinsaturación

La utilización de fuentes ricas en AGPI tiene efectos nutricionales positivos para el consumidor, sin embargo, también puede influir en la calidad de la canal y carne de pollo. Se pueden presentar canales blandas y la presencia de olores y sabores desagradables, así como la alteración de los AG a través del proceso de oxidación durante el almacenamiento, sobre todo cuando la carne ha recibido un procesamiento (Cortinas *et al.*, 2005).

El principal problema asociado al incremento de AGPI en la carne de pollo es la oxidación lipídica, la cual provoca alteraciones en las dobles ligaduras de los ácidos grasos insaturados, lo que afecta negativamente la calidad organoléptica y nutricional de la carne (Krauss *et al.*, 2001). El desarrollo de la oxidación lipídica y subsiguiente acumulación de subproductos (hexanal, nonanal, 2,4-decadienal y malondialdehído, principalmente) en la carne, implica un serio riesgo para la salud del consumidor, dado que se ha relacionado el consumo de productos de la oxidación con la aparición de determinadas patologías cardiovasculares y carcinogénicas (Krauss *et al.*, 2001).

## **1.1. Oxidación lipídica**

En los últimos años han surgido una serie de cambios en los hábitos alimenticios, observándose un incremento en la demanda de productos precocidos, los cuales tienen mayor susceptibilidad de desarrollar oxidación lipídica. Además, los resultados de investigaciones en el ámbito de la nutrición, han derivado en nuevos hábitos nutricionales, para evitar padecimientos cardiovasculares (Krauss *et al.*, 2001). Los resultados de esas investigaciones recomiendan el consumo de alimentos con mayores niveles de AGPI, en detrimento de los ácidos grasos saturados (AGS), mismos que son más susceptibles a la oxidación. Por ello, las investigaciones se han centrado en el estudio de la oxidación y de su prevención, con el objetivo de mejorar la calidad final de los productos que llegan al consumidor.

### **1.1.1. Mecanismos de oxidación lipídica**

Los lípidos pueden oxidarse por vía enzimática dando lugar a diversos compuestos con diferente actividad en el organismo. No obstante, los procesos oxidativos que se producen en los alimentos y que afectan sus características nutricionales y organolépticas son, principalmente, los derivados de una vía no enzimática.

La oxidación puede dividirse en dos fases: la primaria en la que los lípidos se transforman en hidroperóxidos; y la secundaria en la que los hidroperóxidos se descomponen en productos secundarios de la oxidación (Halliwell y Chirico, 1993).

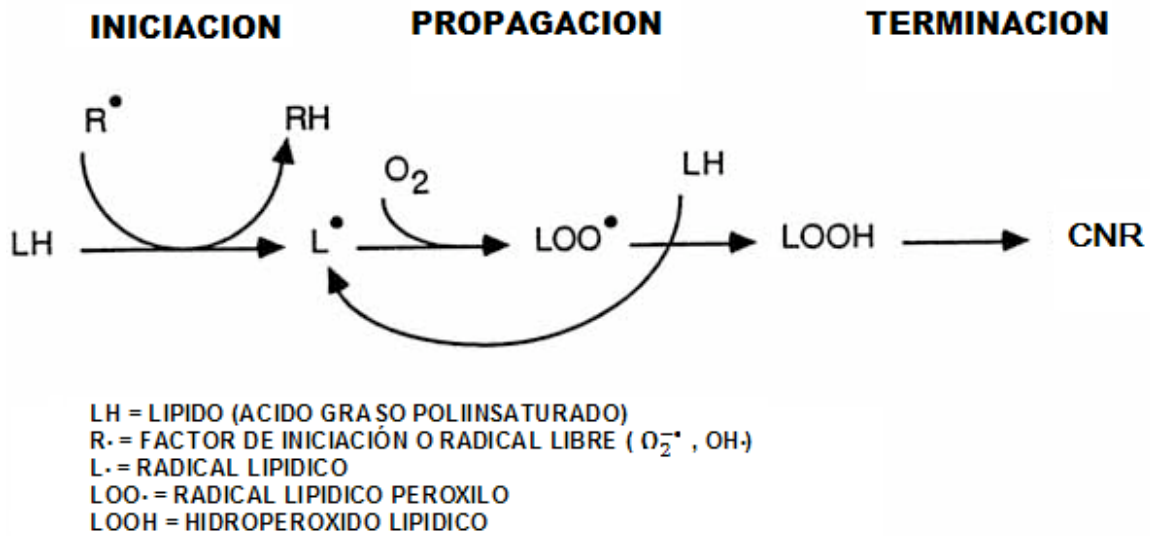
#### **1.1.1.1. Oxidación primaria clásica**

La oxidación lipídica clásica, o también llamada autooxidación, es una reacción en cadena mediada por radicales libres. Un radical libre es un átomo o molécula que posee un electrón desapareado, que le otorga mayor reactividad. Estos radicales se producen en el organismo en los procesos metabólicos en los que interviene el oxígeno. Si estos radicales no son neutralizados por un antioxidante, atacan principalmente a los AG insaturados de los fosfolípidos de las membranas celulares.

La oxidación de los lípidos por radicales libres consta de tres fases diferentes: iniciación, propagación y terminación (Figura 1.1). Para que se inicie la reacción de oxidación se necesita la presencia de un agente iniciador o radical libre ( $R\cdot$ ) que remueve un hidrógeno de un AG (LH). Esto provoca la reorganización electrónica de la molécula de AG que dará lugar a un radical lipídico ( $L\cdot$ ) (Halliwell *et al.*, 1995).

La fase de propagación normalmente comienza con la adición de una molécula de oxígeno al radical libre ( $L\cdot$ ) para dar lugar a un radical lipídico peróxilo ( $LOO\cdot$ ), que podrá reaccionar con otro lípido para generar un hidroperóxido ( $LOOH$ ) y producirse así otro radical lipídico ( $L\cdot$ ). Finalmente, la reacción concluye cuando diferentes radicales reaccionan entre sí y dan lugar a compuestos no radicalarios (CNR), o cuando el sustrato de la reacción se agota.





**Figura 1.1.** Esquema de la reacción en cadena de la peroxidación lipídica (Halliwell *et al.*, 1995)

### 1.1.1.2. Fotooxidación

La fotooxidación es una reacción de oxidación iniciada por el oxígeno singuleto ( $^1O_2$ ). El  $^1O_2$  es un estado inestable del oxígeno molecular y es extremadamente reactivo. Esta molécula tan reactiva necesita la presencia de compuestos fotosensibilizadores. Estos compuestos poseen un número elevado de dobles enlaces con capacidad de absorber la luz (clorofila, porfirina, riboflavina, bilirrubina y hemoglobina) y pasar a un estado de excitación, transfiriendo el exceso de energía al  $O_2$  convirtiéndolo en  $^1O_2$  (Halliwell y Chirico, 1993).

### 1.1.1.3. Oxidación secundaria

Los compuestos derivados de la oxidación primaria pueden descomponerse por una serie de reacciones secundarias en compuestos de bajo peso molecular como: hidrocarburos, aldehídos, cetonas, alcoholes y ésteres, los cuales contribuyen en gran medida a la aparición de malos olores y al enranciamiento de los lípidos de los alimentos (Frankel, 1991). De los más de 40 compuestos detectados, los aldehídos se encuentran en mayor proporción. Los diferentes compuestos volátiles

se clasifican en función de su valor umbral, el cual indica la concentración necesaria del compuesto para ser detectado por los consumidores. De esta forma el hexanal, nonanal y 2,4-decadienal son los más importantes, debido a su elevada concentración y su bajo umbral de detección (De Winne y Dirinck, 1996).

## **1.1.2. Factores que influyen en la oxidación de la carne**

### **1.1.2.1. Especie animal**

El potencial oxidativo lipídico de la carne cruda está influenciado por el contenido de pigmentos hemo; así, la carne cruda de ternera tiene más tendencia a oxidarse que la de cerdo, pollo o pavo. Pero en la carne cocida esta situación cambia y la carne de pollo y pavo pasan a ocupar el primer lugar en cuanto a susceptibilidad a la oxidación. Esto se explica por el mayor contenido de AGPI en este tipo de carne (Rhee y Ziprin, 1987).

### **1.1.2.2. Tipo de músculo**

Los diferentes tejidos del pollo presentan diferencias en cuanto a su susceptibilidad a la oxidación lipídica. Las fibras blancas de la pechuga con metabolismo glucolítico se utilizan durante actividades vigorosas en un corto periodo, mientras que las fibras rojas de metabolismo oxidativo presentes en el muslo, se utilizan en actividades continuas. Las fibras rojas tienden a ser más pequeñas, contienen más mitocondrias, mioglobina y fosfolípidos, y tienen un sistema vascular más desarrollado que las fibras blancas. Todas estas diferencias provocan diferencias en la estabilidad oxidativa de los tejidos (Kanner, 1994). En este sentido, el potencial oxidativo de los diferentes tejidos de las aves presenta el siguiente orden: hígado > muslo > pechuga > piel (Cortinas *et al.*, 2005).

### **1.1.2.3. Composición lipídica de la carne**

El perfil lipídico de la carne puede modificarse por cambios en la dieta de las aves. La inclusión en la dieta de grasas o aceites con un elevado contenido en AGPI provoca un aumento de la susceptibilidad de la carne de pollo a la oxidación (López-Ferrer *et al.*, 2001).

Los AGPI son más susceptibles a la acción de los radicales libres que los AGMI o los AGS. Paralelamente, la susceptibilidad de los AGPI no es igual para todos ellos, sino que aumenta con el nivel de insaturación. Así, se ha establecido que la susceptibilidad de los tres AG insaturados mayoritarios en las dietas son: Oleico < Linoleico << Linolénico con una relación 1:10:30 (Kanner, 1994).

### **1.1.2.4. Conservación y procesado de la carne**

Existen diferentes factores tecnológicos que afectan la oxidación lipídica de la carne de pollo, como son los tratamientos térmicos, el picado, el molido, el salado, el envasado y la conservación de la misma, entre otros. El simple troceado o picado de la carne favorece la oxidación lipídica, dado que la integridad celular se rompe, favoreciendo el contacto entre los compuestos prooxidantes y los componentes lipídicos (Decker, 1998).

La liberación de Fe de los compuestos hémicos como hemoglobina, mioglobina, ferritina y transferrina (Kanner *et al.*, 1994), la destrucción de la integridad celular y la inactivación de enzimas antioxidantes son consecuencia del calentamiento y generalmente conduce a la aceleración de la oxidación (Decker, 1998).

Además, los productos cárnicos que son sometidos a cocción, durante el enfriamiento previo al envasado, el oxígeno inicia la oxidación, afectándolos en el almacenamiento refrigerado. La presencia de oxígeno es uno de los factores más críticos que influye en el desarrollo de la oxidación

lipídica. Por ello, para controlar de manera efectiva la oxidación es esencial envasar al vacío inmediatamente después del cocinado (Ahn *et al.*, 1998).

#### 1.1.2.5. Presencia de antioxidantes

Las células del músculo esquelético poseen una serie de compuestos que en forma natural evitan los procesos oxidativos. Estos sistemas antioxidantes intrínsecos evitan la formación de radicales libres e inhiben su actividad oxidante una vez formados (Halliwell *et al.*, 1995). Así, la enzima superóxido dismutasa acelera la conversión de  $O_2^-$  a  $H_2O_2$ , el cual posee menor reactividad. Las enzimas catalasas presentes en los peroxisomas convierten el  $H_2O_2$  en agua y oxígeno. Además, las células poseen un sistema enzimático muy importante, la glutatión peroxidasa. Este complejo enzimático elimina el  $H_2O_2$  oxidándose el glutatión reducido (GSH). Otro sistema antioxidante importante es el relativo a los metales de transición (Fe y Cu) presentes en el músculo esquelético. Estos metales son capaces de generar radicales libres; esta actividad está controlada por la formación de complejos estables con proteínas. La ferritina es la principal proteína que almacena Fe en la célula, mientras que el Cu se encuentra unido principalmente a dipéptidos con histidina, como la carnosina (Kanner, 1994). Estos sistemas intrínsecos de la célula dejan de ser eficaces cuando ésta muere. Así, una vez sacrificado el animal, se inactivan la mayor parte de los mecanismos que permiten controlar los procesos oxidativos, produciéndose reacciones de oxidación que en pocos días llegan a provocar marcadas alteraciones en las propiedades de la carne. En este sentido, la oxidación avanza rápidamente cuando se rompe su estructura celular, ya que los componentes de la célula, principalmente fosfolípidos, están expuestos al oxígeno, enzimas e iones metálicos (Decker *et al.*, 1993).

Para proteger los lípidos de la carne de la oxidación se han utilizado diferentes estrategias. Una de ellas ha sido la adición experimental de antioxidantes, los cuales son compuestos que al retardar o inhibir la degradación oxidativa de las moléculas orgánicas, ayudan a prevenir la formación de colores y olores desagradables. Pueden ser de origen natural o sintético, pero la mayoría de los utilizados comercialmente son de origen sintético, como butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), ácido etilendiamintetracético (EDTA) y tert-butilhidroquinona (TBHQ). Los antioxidantes sintéticos son altamente inestables bajo las condiciones de trabajo en las que se utilizan y en ciertos casos ocasionan efectos adversos sobre la salud de los animales (Vázquez *et al.*, 2007) y pueden tener efectos carcinogénicos (Shahidi, 2000). En consecuencia, el uso de BHA está prohibido en alimentos en Japón y el TBHQ ha sido rechazado en Japón, Canadá y la Unión Europea (Shahidi, 2000). Ante esta situación, se han intentado encontrar antioxidantes naturales más estables, eficaces, versátiles y no tóxicos. Las ventajas de los antioxidantes naturales son su rápida aceptación por los consumidores, se consideran seguros, no requieren evaluaciones para su legislación y su uso genera alimentos de tipo nutracéutico (Pokorny, 1991).

La inclusión de dichos antioxidantes puede ser directamente en la carne o a través de la dieta. Sin embargo, la inclusión de un antioxidante directamente en la carne no permite que éste sea incorporado en la estructura de la membrana de la célula. Por lo tanto, la suplementación del antioxidante a través de la dieta permite la incorporación a las membranas celulares de forma más efectiva y por lo tanto puede ser más eficaz en el control de la oxidación de los lípidos (Asghar *et al.*, 1990).

## 1.3. Vitamina E

### 1.3.1. Estructura química y actividad

En la definición de vitamina E se incluyen 8 compuestos activos muy afines entre sí, que se dividen en dos grupos, los denominados tocoferoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ) y los tocotrienoles ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$ ). Todas las formas comparten una estructura básica formada por un anillo 6-cromanol y una cadena lateral o cola fitol isoprenos en la posición 2. En el caso de los tocoferoles la cadena de isoprenos es saturada mientras que los tocotrienoles presentan 3 insaturaciones en los carbonos 3, 7 y 11 de la cadena (Figura 1.2).

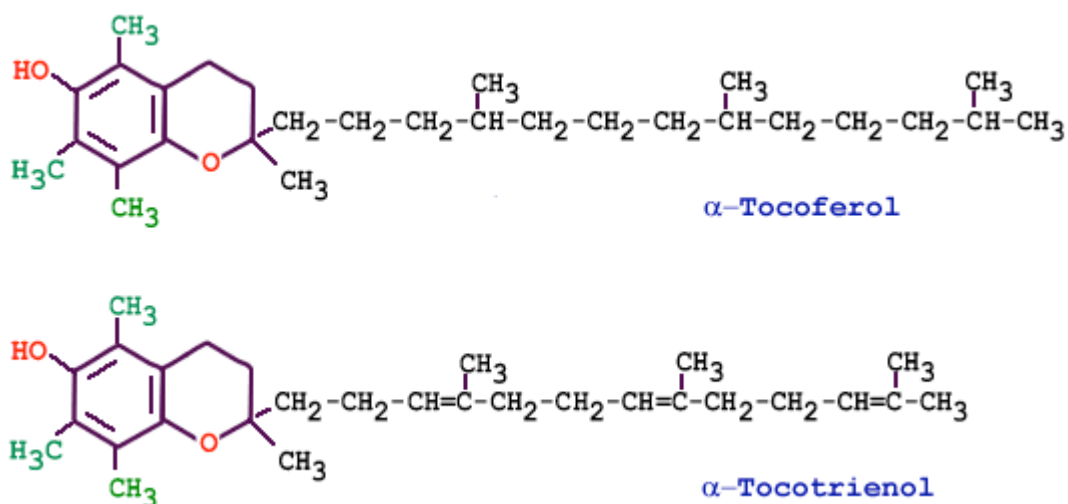


Figura 1.2. Estructura del  $\alpha$ -tocoferol y  $\alpha$ -tocotrienol (Lynch, 1990).

### 1.3.2. Acción antioxidante de la vitamina E

Una de las principales funciones de la vitamina E o  $\alpha$ -Tocoferol ( $\alpha$ -Toc), es la de ser un antioxidante lipídico natural en la membrana celular. La vitamina E bloquea la reacción en cadena de oxidación de los lípidos, y de los AGPI que forman parte de los fosfolípidos de las membranas celulares. Para llevar a cabo esta acción es esencial su posición en las membranas celulares, así como su estructura química. El anillo cromanol es el encargado de la función antioxidante, mientras

que la cola es la que aporta las características de liposolubilidad y es la responsable de su posición a nivel de las membranas celulares (Burton y Traber, 1990).

El  $\alpha$ -Toc inhibe la oxidación lipídica cediendo el hidrógeno del anillo cromanol por dos mecanismos. El primero es al eliminar los radicales libres producidos durante la peroxidación, inhibiendo de esta manera la reacción en cadena de la oxidación, y el segundo, al actuar como quelatante del oxígeno no apareado (Cortinas *et al.*, 2005).

La oxidación lipídica es una cadena de reacciones de radicales libres que se inicia cuando un AG, presente en los fosfolípidos de las membranas, pierde un hidrógeno al reaccionar con un radical libre, de manera que el propio ácido graso se transforma en un radical libre, el cual reacciona rápidamente con el oxígeno molecular dando lugar a un radical libre peroxilo (L-OO•). Este radical libre, a su vez, puede actuar en otro AGPI que iniciaría de nuevo todo el proceso y daría lugar a la cadena de peroxidación. La cadena de reacciones de radicales libres se suspende cuando el  $\alpha$ -tocoferol (TocOH), presente en la membrana celular, transfiere su hidrógeno al radical libre peróxilo transformándose en un hidroperóxido (L-OOH), y dando lugar a un radical tocoferil (TocO•).

### **1.3.3. Modificación del contenido de $\alpha$ -tocoferol en los tejidos**

El depósito tisular de  $\alpha$ -Toc en los tejidos de las aves se afecta por el tipo de tejido, por el estado fisiológico del animal y por la composición de la dieta. El contenido de vitaminas (E, A y C), minerales (Se, Zn, Cu, Fe), AG insaturados y la presencia de antioxidantes sintéticos tienen influencia sobre la incorporación de vitamina E en los tejidos (Cortinas *et al.*, 2005).

## **1.4. Orégano**

El orégano es la especia de mayor valor comercial en el mundo. El término orégano es el nombre común para referirse a un aroma y sabor de derivados de 60 especies de plantas usadas en todo el mundo como especia. La mayoría de estas especies pertenecen a las familias Lamiaceae y Verbenaceae, siendo el orégano europeo (*Origanum sp*) y el mexicano (*Lippia sp*) los más importantes (Arcila-Lozano *et al.*, 2004). El primero es utilizado como un saborizante en carne y embutidos, sopas, salsas, guisados y ensaladas. El aceite se usa ampliamente en la industria de los alimentos, cosméticos y licores. El orégano mexicano se utiliza predominantemente como saborizante en comida mexicana, pizza y salsa (Pascual *et al.*, 2001).

### **1.4.1. Distribución**

La distribución mundial de *Lippia* es amplia, sobretodo en América, desde el Sur de Estados Unidos hasta Costa Rica y América del Sur, así como en algunos territorios del África Tropical, España, Francia, Grecia y Turquía (Pascual *et al.*, 2001). En México, se encuentra distribuido a lo largo y ancho del territorio nacional.

### **1.4.2. Descripción botánica**

*Lippia graveolens* es un arbusto aromático de hasta 3 m o árbol de hasta 9 m de altura y ramas delgadas. Tiene hojas opuestas con peciolo delgados de 2-20 mm de longitud, de lámina angosta ovada a oblonga o elíptica, de 1-6.5 cm de largo y de 0.4-3.5 cm de ancho. Regularmente son dentadas de la base al ápice con dientes estrechamente aserrados, redondeados o subcordados en la base, a veces abruptamente agudos y ligeramente prolongados dentro del peciolo, reticulado rugoso o subulado por arriba y preferentemente denso hirsutulosos, puberulentos y glandular resinosos por abajo (Rzedowski y Rzedowski, 2002).



Sus inflorescencias son axilares, en espigas cortas, cónicas a cilíndricas de 4-15 mm de largo, por lo general agrupadas en fascículos de 2-4 en las axilas de las hojas, sobre péndulos de 2-15 mm de largo; brácteas comúnmente ordenadas en 4 hileras, persistentes, ovadas a suborbiculares de 2-3 mm de largo y hasta 3 mm de ancho; cáliz comprimido, inconspicuamente dentado, de 1-2 mm de largo, piloso y glandular; corola color blanca a amarilla; frutos en forma de cápsulas (Rzedowski y Rzedowski, 2002).

#### **1.4.3. Componentes químicos**

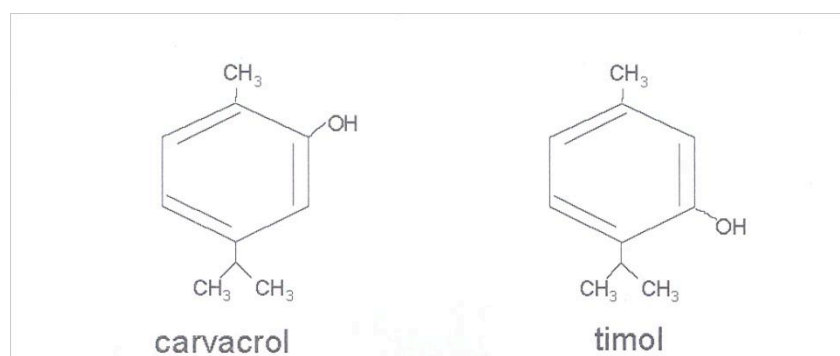
Existen diversos estudios sobre la composición química del orégano, en los cuales utilizaron extractos acuosos y sus aceites esenciales (Pascual *et al.*, 2001). Se han identificado flavonoides, agliconas, alcoholes alifáticos, terpenos y derivados del fenilpropano (Justesen y Knuthsen, 2001). La composición y la cantidad de los metabolitos secundarios del orégano dependen de la especie, factores climáticos, la altitud, la época de cosecha y su estado de crecimiento (Arcila-Lozano *et al.*, 2004).

La subespecie *O. vulgare ssp hirtum* es la más estudiada, especialmente en relación a la composición y calidad de su aceite, ya que este último tiene un importante valor comercial. En esta subespecie, el rendimiento de aceite en la hoja seca varía entre 2% y 6% (Ruso *et al.*, 1998; Milos *et al.*, 2000). Este porcentaje se ve afectado por la altitud del lugar de cultivo (Ruso *et al.*, 1998), y por la época de recolección, siendo este más bajo en el otoño (Kokkini *et al.*, 2004). El aceite de *O. vulgare ssp hirtum* obtenido mediante la destilación por arrastre de vapor comprende más de 30 componentes, la mayoría de los cuales son fenoles antioxidantes (Kokkini *et al.*, 2004). Los componentes mayores son el timol y carvacrol al constituir de 78 a 82% del total del aceite (Adam *et al.*, 1998); además, de sus efectos antioxidantes, ejercen considerable actividad antimicrobiana y antifúngica (Kokkini *et al.*, 2004). Además, otros constituyentes menores como el  $\gamma$ -terpineno y  $p$ -

cimeno, dos monoterpenos hidrocarbonados (compuestos aromáticos que la naturaleza produce vía la ruta del mevalonato seguido por compuestos aromáticos que involucran al ácido shiquímico), constituyen alrededor de 5 y 7 % del total de aceite, respectivamente (Kokkini *et al.*, 2004).

Los aceites esenciales de *Lippia graveolens* son principalmente monoterpenos como timol, carvacrol, *p*-cimeno, limoneno y  $\beta$ -felandreno; sesquiterpenos como concariofileno, humuleno, bisaboleno y aromadendreno; flavonoides como naringenina y pinocembrina; y otros componentes como lapachenol (Pascual *et al.*, 2001). Existe mucha variabilidad en la composición de los ingredientes activos del aceite de *L. graveolens*. En este sentido, Castillo-Herrera *et al.*, (2007) reportaron los siguientes valores para la fracción fenólica: 0.71-1.09% de  $\gamma$ -terpineno, 1.35-3.07 % de humuleno, 2.36-4.72% de  $\beta$ -felandreno, 11.16-14.16 % de *p*-cimeno, 0.34-24.54% de carvacrol y 24.59-45.97 % de timol.

El carvacrol (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O) y el timol (C<sub>10</sub>H<sub>14</sub>O) son monoterpenos aromáticos (Figura 1.3) considerados los componentes *activos* principales en el aceite *O. vulgare*, (Sivropoulou *et al.*, 1996) y *L. graveolens* (Pascual *et al.*, 2001). El aceite de orégano silvestre contiene principalmente carvacrol y timol. Se ha observado que un incremento en los porcentajes de timol provoca un decremento en el contenido de carvacrol y viceversa (Russo *et al.*, 1998).



**Figura 1.3.** Estructura química del carvacrol y del timol (Arcila-Lozano *et al.*, 2004)

#### 1.4.4. Métodos de extracción

Los métodos convencionales utilizados para la extracción de aceites esenciales son la destilación con arrastre de vapor y el uso de solventes orgánicos. En los últimos años ha aumentado el interés por la extracción supercrítica y subcrítica con dióxido de carbono como solvente. Este gas es ideal ya que no es explosivo y es fácil de remover de los productos extraídos. Los rendimientos de extracción generalmente van de 1.8% hasta el 5.6% (Simándi *et al.*, 1998).

#### 1.4.5. Propiedad antioxidante

El efecto antioxidante de las plantas aromáticas se debe a la presencia de grupos hidroxilo en los compuestos fenólicos (Shahidi, 2000). Entre las diferentes variedades de orégano se han encontrado altos niveles de antioxidantes (>140 mmol/100 g) (Dragland *et al.*, 2003). El potencial antioxidante de los extractos de orégano ha sido determinado por su capacidad para inhibir la peroxidación lipídica, protegiendo al ADN del daño por radicales hidroxilo, con los métodos de atrapamiento de peróxido de hidrógeno y por la prueba de la rancidez (Arcila-Lozano *et al.*, 2004). En todas estas pruebas, los extractos de orégano han mostrado efectividad, en algunos casos a niveles superiores a los exhibidos por el propil galato, BHT y BHA (Martínez-Tome *et al.*, 2001). El aceite esencial de *O. vulgare* tiene actividad anti-radical y esta propiedad es atribuida a los monofenoles carvacrol y timol (Kokkini *et al.*, 2004).

Arcila-Lozano *et al.*, (2004), evaluó el potencial antioxidante del aceite esencial de orégano mexicano (*L. graveolens* K.) de hojas secadas a la sombra y al sol a través del método del  $\beta$ -caroteno y reportaron mayor actividad antioxidante en el aceite que proviene de las hojas de orégano secadas a la sombra.

La peroxidación lipídica es uno de los principales problemas en la industria de los cárnicos, durante el procesamiento, la preparación y el almacenamiento (Gray *et al.*, 1996). En un intento por disminuir este problema se ha evaluado el efecto antioxidante de hojas, flores, extractos y aceite de orégano con resultados positivos (Economou *et al.*, 1991). Otra forma interesante de evitar la peroxidación de los ácidos grasos en la carne es utilizando el aceite de orégano como suplemento en la alimentación de los animales destinados para consumo humano.

En el caso de aves como el pavo y el pollo, cuya alimentación es enriquecida con aceite de orégano, se observa una reducción significativa de la oxidación lipídica en la carne cruda y cocinada mantenida en refrigeración, lo cual representa una alternativa al uso de la vitamina E. Lo anterior es una evidencia de que los compuestos antioxidantes presentes en orégano, son absorbidos y entran al sistema circulatorio después de ser ingeridos (Botsoglou *et al.*, 2002; Botsoglou *et al.*, 2003a, b, c; Govaris *et al.*, 2004; Florou-Paneri *et al.*, 2005).

### **1.5. Evaluación de la oxidación lipídica de la carne**

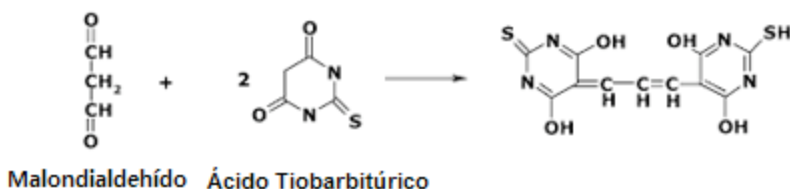
Existe un amplio número de técnicas analíticas para determinar la oxidación lipídica de la carne. Entre ellas, las más utilizadas son aquellas que evalúan los compuestos de oxidación primaria como son los hidroperóxidos, y aquellas que determinan los compuestos de oxidación secundaria como el malondialdehído (MDA), los óxidos de colesterol y los compuestos volátiles (Fernández *et al.*, 1997). Los inconvenientes de estas técnicas es la imposibilidad de comparación de las determinaciones de oxidación lipídica entre diferentes estudios y la dificultad para cuantificar de manera precisa la oxidación lipídica real.

Dado que la oxidación lipídica es un proceso dinámico, en función del momento en que se lleva a cabo la determinación de la oxidación y del método utilizado, los resultados pueden ser muy

variables. Por ejemplo, si se consideran dos muestras de carne refrigerada 1 y 20 días, las cuales se analizan por los diferentes métodos analíticos: el valor más elevado de oxidación lipídica de la muestra refrigerada un día sería el índice de peróxidos, dado que la muestra comienza a oxidarse. Mientras que en aquella muestra refrigerada 20 días, los valores más elevados se encontrarían en las determinaciones de los compuestos secundarios derivados de la descomposición de los peróxidos. Es por ello que algunos investigadores opinan que ningún método es ideal para medir la oxidación (Halliwell, 1991).

### 1.5.1. Prueba del ácido tiobarbitúrico

Las técnicas para la valoración de peróxidos son técnicas de baja sensibilidad y difíciles de adaptar al análisis de rutina de cantidades importantes de muestras (Grau, 2000). Es por ello que un gran número de técnicas estudian el nivel de oxidación de los alimentos y tejidos a través del TBA (ácido tiobarbitúrico), que es una de las formas de medir la oxidación, más antigua y más frecuentemente usada (Rhee, 1978). Es un método simple y rápido de usar que consiste en determinar colorimétricamente (absorbancia a 532 nm) la cantidad de malondialdehído (MDA; Figura 1.4) que al reaccionar con el TBA origina un compuesto de color rojo. En realidad, muchas otras sustancias, además del MDA, reaccionan con el TBA por lo que es más correcto hablar de cuantificación de TBARS. Existen diferentes variantes de la prueba del TBA, pero la más utilizada es la basada en la destilación de las muestras (Tarladgis *et al.*, 1960).



**Figura 1.4.** Reacción del ácido tiobarbitúrico con el malondialdehído (Fernández *et al.*, 1997)

El MDA es un dialdehído de tres átomos de carbono ( $C_3H_4O_2$ ) y tiende a estar en forma de enol estable con posibilidad de isomería cis-trans. Es un producto secundario de la oxidación y se encuentra en mayor o menor cantidad según la insaturación de los ácidos grasos, la presencia de metales en transición, el pH, la temperatura y la duración del calentamiento (Raharho y Sofos, 1993). La velocidad de aparición del compuesto coloreado depende de la cantidad de TBA, la temperatura de la reacción y el pH del medio. Los valores de MDA podrían estar sobreestimados debido al tratamiento térmico que provoca que los precursores de MDA se transformen propiamente en MDA y además a la liberación por calor del MDA originalmente unido a proteínas, como la miosina (Rhee, 1978). Es muy difícil establecer las condiciones ideales para la liberación del MDA, pues depende de la muestra y de las condiciones de análisis (luz, calor y oxígeno; Fernández *et al.*, 1997). Rhee (1978) adicionó PG y EDTA en la destilación de la prueba de TBA, con la finalidad de minimizar la oxidación de las muestras durante la prueba.

Aunque la rapidez del análisis permite que el método del TBA sea muy utilizado, se deben considerar algunas limitaciones (St. Angelo, 1996): resultados no comparables entre carnes de diferentes especies, variación errática de los resultados en muestras congeladas, los valores no siempre aumentan durante el almacenamiento de la muestra y la variante del método utilizado afecta la variación de los resultados.

Además, en muestras conservadas durante largos periodos de tiempo se ha descrito una reducción del contenido de MDA y en consecuencia de los valores de TBA (King *et al.*, 1995). Inicialmente se pensó que esta reducción podía ser debida a la degradación del MDA por enzimas lipolíticas secretadas por microorganismos presentes en el alimento. Posteriormente, se demostró que los microorganismos no afectan al MDA (Ang *et al.*, 1988), y que dicha reducción en los valores de TBA era el resultado de la polimerización de los productos de oxidación secundaria.

## 1.6. LITERATURA CITADA

- Adam, K., A. Sivropoulou, S. Kokkini, T. Lanaras, and M. Arsenakis. 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1739–1745.
- Ahn, D. U., J. L. Sell, C. Jo, X. Chen, C. Wu, and J. I. Lee. 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation on lipid oxidation and volatiles content of irradiated, cooked turkey meat patties with different packaging. *Poult. Sci.* 77:912–920.
- Ang, C. Y. W. 1988. Comparisons of broiler tissues for oxidative changes after cooking and refrigerated storage. *J. Food Sci.* 53:1072–1075.
- Arcila-Lozano, C.C., G. Loarca-Piña, S. Lecona-Urbe, y E. González de Mejía. 2004. El orégano: propiedades, composición y actividad biológica de sus componentes. *Arch. Latinoame. Nut.* 54 (1):100-111.
- Asghar, A., C.F. Lin, J.I. Gray, D.J. Buckey, and A.M. Flegal. 1990. Effects of dietary oils and  $\alpha$ -tocopherol supplementation on membranar lipid oxidation in broiler meat. *J. Food Sci.* 55: 46-50.
- Botsoglou, N.A., E. Christaki, D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, and A.B. Spais. 2002. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Sci.* 62:259-265.
- Botsoglou, N.A., S.H. Grigoropoulou, E. Botsoglou, A. Govaris, and G. Papageorgiou. 2003a. The effects of dietary orégano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Sci.* 65(3): 1193-1200.
- Botsoglou, N.A., A. Govaris, E.N. Botsoglou, S.H. Grigoropoulou, and G. Papageorgiou. 2003b. Antioxidant activity of dietary oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation in long-term frozen stored turkey meat. *J. Agric. Food Chem.* 51(10): 2930-2936.
- Botsoglou, N.A., D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, E. Christaki, and A.B. Spais. 2003c. Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation. *Food Res. Int.* 36: 207-213.
- Burton, G.B. and M.G. Traber. 1990. Vitamin E: antioxidant activity, biokinetics and bioavailability. *Annu. Rev. Nutr.* 10: 357-382.
- Castillo-Herrera G.A., J.A. García-Fajardo, and M. Estarron-Espinosa. 2007. Extraction method that enriches phenolic content in oregano (*Lippia graveolens*) essential oil. *J. Food Proc. Eng.* 30: 661-669.
- Lynch, G. L. Vitamin E structure and bioavailability. In: Vitamin E in animal nutrition and management. Coelho, M. B. 1996. Segunda Edición. Pp: 1-6

- Cortinas, L., A. Barroeta, C. Villaverde, J. Galobart, F. Guardiola, and M. D. Baucells. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poult. Sci.* 84: 48-55.
- De Winne, A., and P. Dirinck. 1996. Studies on vitamin E and meat quality. 2. Effect of feeding high vitamin E levels on chicken meat quality. *J. Agric. Food Chem.* 44:1691-1696.
- Decker, E.A. 1998. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. *Food Sci. Tech.* 9: 241-248.
- Decker, E.A., Y. L. Xiong, J. T. Calvert, A. D. Crum, and S. P. Blanchard. 1993. Chemical, physical, and functional properties of oxidized turkey white muscle myofibrillar proteins. *J. Agric. Food Chem.* 41: 180-189.
- Dragland, S., H. Senoo, K. Wake, K. Holte, and R. Blomhoff. 2003. Several culinary and medicinal herbs are important sources of dietary antioxidants. *Am. Soc. Nutr. Sci.* 133(5): 1286-1290.
- Economou, K.D., V. Oreopoulou, and C.D. Thomopoulos. 1991. Antioxidant properties of some plant extracts of the Labiatae family. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 68, 109-113.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Disponible en: <http://faostat.fao.org/site/569/DesktopDefault.aspx?PageID=569>.
- Fernández, J., J.A. Pérez-Álvarez, and J.A. Fernández-López. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.* 59(3): 345-353.
- Florou-Paneri, P., G. Palatos, A. Govaris, D. Botsoglou, I. Giannenas, and I. Ambrosiadis. 2005. Oregano herb versus oregano essential oil as feed supplements to increase the oxidative stability of turkey meat. *Int. J. Poult. Sci.* 11:866-871.
- Frankel, E.N. 1991. Recent advances in lipid oxidation. *J. Sci. Food Agric.* 54: 495-511.
- González, G. M.C., M. H. Soto, G. Kite, y M. V. Martínez. 2007. Actividad antioxidante de flavonoides del tallo de orégano mexicano (*Lippia graveolens* HBK var. *berlandieri* Schauer). *Rev. Fitotec. Mex.* 30 (1): 43-49.
- Govaris, A., E. Botsoglou, P. Florou-Paneri, A. Moulas, and G. Papageorgiou. 2005. Dietary supplementation of oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on microbial growth and lipid oxidation of turkey breast fillets during storage. *Int. J. Poult. Sci.* 4 (12): 969-975.
- Grau, A., F. Guardiola, J. Boatella, A. C. Barroeta, and R. Codony. 2000. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: Influence of various parameters. *J. Agric. Food Chem.* 48:1155-1159.
- Gray, J.I., E.A. Goma, and D.J. Buckley. 1996. Oxidative quality and shelf life of meats. *Meat Sci.* 43:111S-123S.
- Halliwell, B. 1991. Reactive oxygen species in living systems: source, biochemistry, and role in human disease. *Amer. J. Med.* 31 (3): 14S-22S.



- Halliwell, B., and S. Chirico. 1993. Lipid peroxidation: its mechanism, measurement, and significance. *Amer. J. Clin. Nutr.* 57 suppl (7): 15S-25S.
- Halliwell, B., A. Murcia, S. Chirico, and O.I. Aruoma. 1995. Free radicals and antioxidants in food and in vivo: what they do and how they work. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 35: 7-20.
- Justesen, U., and P. Knuthsen. 2001. Composition of flavonoids in fresh herbs and calculation of flavonoid intake by use of herbs in traditional Danish dishes. *Food Chem.* 73, 245-250.
- Kanner J. 1994. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. *Meat Sci.* 36: 169-189.
- King, A. J., T. J. Uijttenboogaart, and A. W. Vries. 1995.  $\alpha$ -Tocopherol,  $\beta$ -carotene and ascorbic acid as antioxidant in stored poultry muscle. *J. Food Sci.* 60:1009–1012.
- Kokkini, S., R. Karousou, and E. Hanlidou. 2004. Essential oil composition of greek (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) and turkish (*O. onites*) oregano: a tool for their distinction. *J. Essent. Oil Res.* 16: 334-338.
- Krauss, R. M., R. H. Eckel, B. Howard, L. J. Appel, S. R. Daniels, R. J. Deckelbaum, J. W. Erdman, P. Kris-Etherton, I. J. Goldberg, T. A. Kotchen, A. H. Lichtenstein, W. E. Mitch, R. Mullis, K. Robinson, J. Wylie-Rossett, S. S. Jeor, J. Suttie, D. L. Tribble, and T. L. Bazzare. 2001. Revision 2000: Statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *J. Nutr.* 131:132–146.
- Kulisic, T., A. Radonic, V. Katalinic, and M. Milos. 2004. Use of different methods for testing antioxidative activity of oregano essential oil. *Food Chem.* 85(4): 633-640.
- Lauridsen, C., D. J. Buckley, and P. A. Morrissey. 1997. Influence of dietary fat and vitamin E supplementation on  $\alpha$ -tocopherol levels and fatty acid profiles in chicken muscle membranal fractions and on susceptibility to lipid peroxidation. *Meat Sci.* 46:9–22.
- López-Ferrer, S., M. D. Baucells, A. C. Barroeta, and M. A. Grashorn. 2001. N-3 enrichment of chicken meat. 1. Use of very long-chain fatty acids in chicken diets and their influence on meat quality: Fish oil. *Poult. Sci.* 80:741–752.
- Martínez-Tomé, M., A.M. Jiménez, S. Ruggieri, N. Frega, R. Strabbioli, and M.A. Murcia. 2001. Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. *J. Food Protect.* 64 (9): 1412-1419.
- Milos, M., J. Mastelic, and I. Jerkovic. 2000. Chemical composition and antioxidant effect of glycosidically bound volatile compounds from oregano (*Origanum vulgare L. ssp. hirtum*). *Food Chem.* 71, 79-83.
- Pascual, M.E., K. Slowing, E. Carretero, M.D. Sánchez, and A. Villar. 2001. *Lippia*: traditional uses, chemistry and pharmacology: A review. *J. Ethnopharmacol.* 2001: 76, 201-214.

- Pikul, J., D.E. Leszczynski, A. Niewiarowicz, and F.A. Kummerow. 1984. Lipid oxidation in chicken breast and leg meat after sequential treatments of frozen storage, cooking, refrigerated storage and reheating. *J. Food Tech.* 19: 575-584.
- Pokorny, J. 1991. Natural antioxidants for food use. *Trends Food Sci. Tech.* 2: 223–227.
- Raharjo, S., and J.N. Sofos. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissues: a review. *Meat Sci.* 35: 145-169.
- Rhee, K.S. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci.* 43: 1776-1778.
- Rhee, K.S., and Y.A. Ziprin. 1987. Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and microsomal enzymic lipid peroxidation activity. *J. Food Bioch.* 11:1-15.
- Rojas, M.C., and M.S. Brewer. 2007. Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *J. Food Sci.* 72(4): 282-288.
- Russo, M., G.C. Galletti, P. Bocchini, and A. Carnacini. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare ssp. hirtum*): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3741-3746.
- Rzedowski J., and G.C. Rzedowski. 2002. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. Familia Verbenaceae. Instituto de Ecología, A.C. Centro Regional del Bajío. Michoacan, Mex. Pp: 78-79.
- Shahidi, F., 2000. Antioxidants in food and food antioxidants. *Nahrung.* 44(3): 158-163.
- Simándi, B., M. Oszagyán, E. Lemberkovics, A. Kéry, J. Kaszács, F. Thyron, and T. Mátyás. 1998. Supercritical carbon dioxide extraction and fractionation of oregano oleoresin. *Food Res. Int.* 31 (10): 723-728.
- Sivropoulou, A., E. Papanikolaou, C. Nikolaou, S. Kokkini, T. Lanaras, and M. Arsenakis. 1996. Antimicrobial and cytotoxic activities of *Origanum* essential oils. *J. Agric. Food Chem.* 44: 1202-1205.44
- St Angelo, A.J. 1996. Lipid oxidation in foods. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 36(3): 175-224.
- Tarladgis, B.G., B.M. Watts, M.T. Younathan, and L.R. Dugan. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 37: 44-48.
- USDA. 1998. Poultry Products: Nutrient Database for Standard Reference, Release 12.
- Vázquez, A.C., M.M. Cala, I. Miranda, G.G. Tafurt, J.M. Martínez, y E.E. Stashenko. 2007. Actividad antioxidante y contenido total de fenoles de los extractos etanólicos de *Salvia aratocensis*, *Salvia Sochensis*, *Bidens reptans* y *Montanoa ovalifolia*. *Scientia Et. Tech.* 13: 205-207.

Zheng, W., and S.Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food Chem.* 49:5165–5170.

# CAPITULO II

(EXPERIMENTO 1)

**ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN  
LIPÍDICA DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA**

**OREGANO OIL (*Lippia graveolens*) AS ANTIOXIDANT ON LIPIDIC PEROXIDATION OF COOKED  
MEAT OF BROILER CHICKENS**

Artículo con formato de la Revista Universidad y Ciencia

## ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN LIPÍDICA DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA

Heriberto Zacatula Mier, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

La oxidación de los lípidos es la principal causa del deterioro nutritivo y organoléptico de la carne de pollo, manifestándose principalmente durante su almacenamiento. Con el objetivo de evaluar el efecto del aceite de orégano mexicano (AO; *Lippia graveolens*) en la estabilidad oxidativa de la carne de pollo empacada al vacío y precocida se realizó un experimento con 300 pollos Ross 308 de un día de edad, distribuidos aleatoriamente en tres tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, con un diseño completamente al azar. Los animales estuvieron alimentados con una dieta testigo con 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento (T<sub>1</sub>) y dos dietas adicionadas con 50 (T<sub>2</sub>=ORE50) y 100 (T<sub>3</sub>=ORE100) mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento. Los pollos se sacrificaron para obtener muestras de pechuga y muslo, que fueron empacadas al vacío, cocidas en baño María y almacenadas en refrigeración durante 0, 8, 16, 24 y 32 días. La oxidación lipídica se estimó a través del contenido de malondialdehído (MDA), mediante el método del ácido tiobarbitúrico. Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS y las diferencias entre medias de tratamientos se determinaron con la prueba de Tukey. La oxidación lipídica de la carne se afectó por la interacción tratamientos y días de almacenamiento (P<0.05). En pechuga se observó que a partir del día 16, ORE100 produjo un menor valor de MDA que los demás tratamientos (P<0.05). Respecto al muslo, ORE100 a partir del día 24 mostró niveles más bajos MDA que el resto de los tratamientos (P<0.05). En conclusión, el AO mostró actividad antioxidante en la carne de pollo, la cual se manifiesta a un nivel de 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento a la dieta de pollos de engorda.

**Palabras clave:** pollos de engorda, aceite de orégano, oxidación lipídica, malondialdehído, *Lippia graveolens*

## OREGANO OIL (*Lippia graveolens*) AS ANTIOXIDANT ON LIPIDIC PEROXIDATION OF COOKED MEAT OF BROILER CHICKENS

Heriberto Zacatula Mier, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

The lipids oxidation is the main cause of nutritional deterioration and organoleptic of chicken meat, manifested mainly during storage. With the objective to investigate the effect of oregano oil (OO; *Lippia graveolens*) on the oxidative stability of chicken meat vacuum packaged and cooked, an experiment was carried out with 300 day-old chicken Ross 308, which were randomly assigned into three treatments and four replications, into a completely randomized design. The animals were fed a control diet with 10 mg of vitamin E kg<sup>-1</sup> of feed (T<sub>1</sub>) and two supplemented diets with 50 (T<sub>2</sub>=ORE50) and 100 (T<sub>3</sub>=ORE100) mg of OO kg<sup>-1</sup> of feed. Samples of breast and thigh were vacuum packaged, cooked by submersion in a water bath and storage under refrigeration for 0, 8, 16, 24 and 32 days. The lipid oxidation was measured through the content of malondialdehyde values (MDA) using the 2-thiobarbituric acid test. Data were analyzed by PROC MIXED of SAS and differences in treatment means were determined by Tukey's test. The results showed that there was no treatment effect on the performance traits (P>0.05). The lipid oxidation of meat was affected by interaction of treatment and storage days. In breast muscle, it was observed that at day 16, ORE100 presented the lowest value of MDA than others treatments (P<0.05). With respect to thigh muscle, ORE100 at day 24 showed the lowest level of MDA than others treatments (P<0.05). In conclusion, the oregano oil exhibited antioxidant activity on chicken meat at the level of 100 mg of oregano oil kg<sup>-1</sup> of feed, in the broiler chickens diet.

**Key words:** broiler chickens, oregano oil, lipid oxidation, malondialdehyde, *Lippia graveolens*

## 2.1. INTRODUCCION

La carne de pollo contiene relativamente alta concentración de ácidos grasos poliinsaturados, lo que la hace susceptible al proceso de deterioro por oxidación (Grau *et al.*, 2000). Una de las estrategias más utilizadas y efectivas para la prevención de la oxidación lipídica es la adición de antioxidantes. En los últimos 30 años, se ha incrementado el uso de antioxidantes naturales debido a las tendencias hacia el consumo de alimentos naturales y al efecto de los antioxidantes para contrarrestar los efectos nocivos de los radicales libres en la salud de los consumidores y la protección contra enfermedades (Papageorgiou *et al.*, 2003). Las especias son una importante fuente de antioxidantes naturales. El orégano es una especia que contiene compuestos con actividad antioxidante; estos se encuentran en mayor concentración en el aceite que es extraído de las hojas y flores de la planta. El aceite obtenido por el proceso de destilación comprende más de 30 compuestos, de los cuales la mayoría son fenólicos (Russo *et al.*, 1998). El carvacrol y el timol son los dos principales compuestos fenólicos responsables de la actividad antioxidante, llegando a constituir aproximadamente de 78 a 82% del aceite de orégano (Adam *et al.*, 1998). Sin embargo, otros constituyentes menores como  $\gamma$ -terpineno y *p*-cimeno representan alrededor de 5 y 7 % del total del aceite, respectivamente, y podrían además contribuir a dicha actividad (Kokkini *et al.*, 2004).

La adición de aceite de orégano europeo (*Origanum vulgare*) en la dieta de pollos de engorda mejora la estabilidad oxidativa de la carne de pollo cruda y precocida durante su conservación en refrigeración o congelación (Botsoglou *et al.*, 2002; Basmacioglu *et al.*, 2004; Marcincak *et al.*, 2008). Sin embargo, no existen investigaciones con aceite de orégano mexicano (*Lippia graveolens*) en la peroxidación lipídica de carne de pollo; a pesar de que resultados obtenidos por con Zheng & Wang (2001), al comparar el orégano europeo con el mexicano, muestran que éste último posee mayor actividad antioxidante *in vitro*. La suplementación en la dieta es conveniente para incorporar los antioxidantes naturales dentro de las membranas de los fosfolípidos, lugar donde inhiben más

efectivamente las reacciones de oxidación lipídica (Florou-Paneri *et al.*, 2005). Los antecedentes mencionados, indican que la adición del AO en la dieta mejora la estabilidad oxidativa de la carne de pollo; por lo tanto, parece justificable evaluar su efecto antioxidante.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto del aceite de orégano mexicano (*Lippia graveolens*) suplementado en la dieta de pollos de engorda, sobre la peroxidación lipídica de la carne precocida durante su almacenamiento.



## 2.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el módulo de producción avícola del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México. México.

### Animales y dietas experimentales

Se utilizaron 300 pollos machos de un día de edad de la estirpe comercial Ross 308. Las aves se distribuyeron aleatoriamente en 3 tratamientos y 4 repeticiones, con 25 pollos cada una, mismos que fueron alojados en piso en condiciones apropiadas de temperatura, humedad y ventilación. Los pollos se alimentaron durante 6 semanas con una dieta a base de sorgo y pasta de soya. El suministro de agua y alimento fue *ad libitum*.

Las dietas experimentales fueron isocalóricas e isoproteicas de acuerdo a cada etapa de crecimiento de los pollos, iniciación y finalización, 0-3 y 4-6 semanas, respectivamente. Dichas dietas se formularon con base a las recomendaciones de Leeson y Summers (2005) a partir de una dieta a base de sorgo y pasta de soya como ingredientes principales, a los que se añadió aceite acidificado de soya (Cuadro 2.1) y un nivel de vitamina E de 10 mg kg<sup>-1</sup> de alimento (T<sub>1</sub>=testigo) y dos niveles de aceite de orégano mexicano (*Lippia graveolens*; Oreganoily, Torreón, Coah., México) de 50 (T<sub>2</sub>) y 100 (T<sub>3</sub>) mg kg<sup>-1</sup> de alimento.

**Cuadro 2.1.** Composición de las dietas experimentales (%) de 0-3 y 4-6 semanas

Ingrediente	Etapa	
	Iniciación	Finalización
Sorgo	61.12	64.67
Pasta de soya	32.07	26.86
Aceite acidificado	3.03	3.86
Metionina	0.24	0.31
Lisina	0.00	0.11
Carbonato de Calcio	1.59	1.57
Ortofosfato	1.44	1.51
Premezcla de minerales <sup>1</sup>	0.06	0.06
Premezcla de vitaminas <sup>2</sup>	0.05	0.05
Sal	0.35	0.35
Coccidiostato	0.05	0.05
Pigmento	0.00	0.60
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>
<b>Análisis calculado</b>		
Energía metabolizable,	3.05	3.10
Mcal/kg	21.00	19.00
Proteína cruda, %	1.00	1.00
Calcio, %	0.45	0.45
Fósforo disponible, %	0.90	0.90
Metionina + Cistina, %	1.22	1.15
Lisina, %	0.28	0.25
Triptofano, %	0.82	0.73
Treonina, %	1.40	1.23
Arginina, %		

<sup>1</sup>La premezcla de minerales aportó por kg de alimento: 0.27 mg de Se, 2 mg de I, 8 mg de Cu, 50 mg de Fe, 80 mg de Zn, 80 mg de Mn y 0.2 mg de Co.

<sup>2</sup>La premezcla de vitaminas aportó por kg de alimento: 12000 UI de vitamina A, 3100 UI de vitamina D<sub>3</sub>, 5 mg de vitamina K<sub>3</sub>, 2 mg de Tiamina, 12 mg de Riboflavina, 21 mg de Ácido Pantoténico, 2.6 mg de Piridoxina, 1.5 mg de Acido Fólico, 0.018 mg de Cianocobalamina y 0.15 mg de Biotina.

### Análisis del aceite de orégano

El análisis cuantitativo de los principales constituyentes del AO se realizó por cromatografía de gases, en un cromatógrafo Agilent Technologies 6890 acoplado a un detector selectivo de masas 5973 CG/MSD y equipado con una columna capilar HP-5MS. La temperatura del horno del cromatógrafo se puso a 40 °C por 10 minutos y programado de 40 a 250 °C a un ritmo de 15 °C por minuto, usando helio como gas acarreador (0.7 mL por minuto). El inyector y detector de

temperatura fue de 250 y 280 °C, respectivamente. La composición de los constituyentes principales del aceite de orégano se presenta en el Cuadro 2.2.

**Cuadro 2.2.** Composición del aceite de orégano (*Lippia graveolens*)

<b>Compuesto</b>	<b>% del aceite de orégano</b>
Timol	37.35
Carvacrol	29.24
m-Cimeno	25.99
γ-Terpineno	7.42
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

### **Sacrificio y procesamiento de aves**

Al final de las 6 semanas de crecimiento, 6 pollos por repetición fueron seleccionados aleatoriamente y sacrificados de manera comercial. Se colectaron 100 g de carne de pechuga (*Pectoralis major*) y muslo (*Biceps femoris*) y se envasaron al vacío (Vacmaster, Modelo SVP 20). La carne se empacó independientemente en bolsas de plástico resistentes al calor y de baja permeabilidad al oxígeno y almacenada en congelación a -20 °C hasta su posterior análisis químico y de oxidación lipídica. Las muestras de pechuga y muslo se descongelaron durante 15 h y posteriormente se cocieron en baño María hasta una temperatura interna de 74 °C, que fue monitoreada con termopares conectados a termómetros digitales (Omega, Modelo HH501BT). Inmediatamente después de alcanzar la temperatura deseada, las muestras de carne fueron enfriadas en agua con hielo y almacenadas en refrigeración a 4 °C, durante 0, 8, 16, 24 y 32 días.

### **Oxidación Lipídica**

A la carne de pollo empacada y cocida se le determinó el grado de oxidación lipídica, mediante la cuantificación de los valores de malondialdehído, utilizando un espectrofotómetro (UNICO, Modelo 1100RS) a una longitud de onda de 530 nm. La estimación de oxidación lipídica de la carne se realizó por medio del método de destilación de malondialdehído, mediante la reacción

con el ácido 2-tiobarbitúrico (J.T. Baker, Mallinckrodt Baker, Inc. Phillipsburg, NJ, USA), según el método descrito por Tarladgis *et al.* (1960) y Rhee (1978). La reacción del malondialdehído con el ácido tiobarbitúrico, una molécula de MDA y dos moléculas de TBA, producen una coloración rosada, la cual se cuantifica a través de espectrofotometría (Fernández *et al.*, 1997).

Para la determinación del contenido de MDA se pesaron 30 g de pechuga o muslo cocidos, previamente picada durante 15 segundos en un procesador de alimentos eléctrico (Moulinex, Modelo AR6838), para después mezclarla con 45 mL de agua destilada a 50 °C y 15 mL de PG (Propil Galato; Sigma-Aldrich Inc. St. Louis, MO, USA) + EDTA (ácido etilendiamino tetraacético; J.T.Baker, Mallinckrodt Baker, SA de CV., Xalostoc, Edo. de Mex., México) en una licuadora durante 2 minutos. La adición de la mezcla de PG + EDTA fue con la finalidad de reducir la oxidación lipídica de la carne por el manejo en el laboratorio. Posteriormente, se pesaron 30 g de la mezcla y se transfirieron a un matraz Kjeldahl junto con 77.5 mL de agua destilada a 50 °C, 2.5 mL de HCl 4N y 10 piedras de carbón inerte (Sigma-Aldrich Inc. St. Louis, MO, USA). En el cuello del matraz se colocó silicón con la finalidad de evitar el reflujo de la mezcla. Se conectaron los matraces al equipo de destilación y se calentaron a fuego lento, para coleccionar 50 mL de destilado, de los cuales se extrajeron 5 mL y se mezclaron con 5 mL de TBA 0.02N en tubos de ensaye con tapas y se calentaron durante 35 minutos en agua hirviendo. Los blancos se prepararon con 5 mL de agua destilada y 5 mL de TBA 0.02N. Una vez finalizada la incubación, la reacción se detuvo con un baño de hielo durante 10 minutos y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 530 nm, primero colocando el blanco para obtener una absorbancia de 0 y posteriormente la muestra.

El cálculo del contenido de MDA se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Número TBARs} = \text{Abs a } 530 \text{ nm} * 7.8$$

Los resultados se expresan en  $\mu\text{g MDA/kg}$  de muestra.

### **Ésteres metílicos de ácidos grasos**

El análisis de los lípidos totales y de AG de carne de pechuga y muslo fresco fue realizado en el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán (INCMNSZ). Los lípidos totales fueron cuantificados de acuerdo al método 34.1.08 de la Asociación Oficial de Química Analítica (AOAC, 2000) por medio de la extracción con cloroformo-etanol. El análisis de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME por sus siglas en inglés) de los lípidos totales de la carne se realizó por cromatografía de gases (Marca Varian, CP-3880).

### **Diseño experimental y análisis de los datos**

Se utilizó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas; cada tratamiento se ofreció a 4 repeticiones de 25 pollos cada una. Se midió semanalmente la ganancia de peso, el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la mortalidad.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + P_j + \tau P_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijkl}$  = variable de respuesta correspondiente a la  $i$ -ésima concentración de vitamina E o aceite de orégano, en el  $j$ -ésimo periodo de la  $k$ -ésima repetición;  $\mu$  = constante que caracteriza a la

población;  $\tau_i$  = efecto fijo de la  $i$ -ésima concentración de vitamina E o aceite de orégano,  $i = 1, 2, 3$ ;  $P_j$ = efecto del  $k$ -ésimo período,  $k = 1, 2 \dots 6$ ;  $\tau P_{ij}$  = efecto fijo de la interacción del nivel de vitamina E o aceite de orégano en la dieta por el período;  $E_{ijk}$  = error experimental. Los datos se analizaron con el procedimiento Mixed (SAS, 2000). Los datos de mortalidad expresados en porcentaje, fueron transformados previamente a la función arco-seno (Steel *et al.*, 1988) para su análisis. Las diferencias entre medias de tratamientos encontradas en el análisis de varianza (ANOVA), fueron separadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey.

## 2.3. RESULTADOS

### Ésteres metílicos de ácidos grasos

Los resultados de la composición de AG en músculo de pechuga y muslo de pollo indican que no hubo diferencia entre tratamientos ( $P>0.05$ ; Cuadro 2.3), lo cual indica que el aceite de orégano no influyó en la deposición de los ácidos grasos.

**Cuadro 2.3.** Composición de lípidos totales y de ácidos grasos de pechuga y muslo

	PECHUGA				MUSLO			
	Testigo	ORE50	ORE100	EEM	Testigo	ORE50	ORE100	EEM
<b>Lípidos Totales (g/100 g muestra)</b>	2.64	2.34	2.73	0.51	13.83	11.02	13.28	0.65
<b>Ácidos Grasos Totales</b>	2.54	2.22	2.58	0.51	13.61	10.81	13.01	0.65
<b>ÁGS</b>	<b>28.55</b>	<b>28.42</b>	<b>28.02</b>	0.51	<b>27.01</b>	<b>26.75</b>	<b>26.39</b>	0.65
C16:0	19.62	19.19	18.34	0.51	20.33	20.30	20.33	0.65
C18:0	8.44	8.82	8.96	0.51	6.05	5.81	5.47	0.65
<b>ÁGM</b>	<b>32.64</b>	<b>32.20</b>	<b>32.14</b>	0.51	<b>38.64</b>	<b>38.50</b>	<b>40.57</b>	0.65
C16:1 $\omega$ 7	2.32	2.11	1.88	0.51	3.49	3.98	4.28	0.65
C18:1 $\omega$ 9	23.86	23.54	23.64	0.51	32.32	31.97	34.13	0.65
C20:1 $\omega$ 9)	0.30	0.42	0.38	0.51	0.29	0.29	0.31	0.65
<b>ÁGPI</b>	<b>34.89</b>	<b>34.35</b>	<b>34.52</b>	0.51	<b>32.79</b>	<b>32.91</b>	<b>31.02</b>	0.65
C18:2 $\omega$ 6	23.08	21.40	21.98	0.51	28.33	27.81	26.45	0.65
C18:3 $\omega$ 3	1.76	1.54	1.49	0.51	2.74	2.88	2.77	0.65
C20:4 $\omega$ 6	5.79	6.22	5.92	0.51	0.80	1.07	0.82	0.65
C20:5 $\omega$ 3	0.30	0.34	0.42	0.51	0.14	0.11	0.11	0.65
C22:5 $\omega$ 3	1.31	1.39	1.14	0.51	0.24	0.20	0.18	0.65
C22:6 $\omega$ 3	0.92	1.24	0.88	0.51	0.15	0.13	0.11	0.65

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, ORE50= 50 mg de aceite de orégano  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, ORE100 = 100 mg de aceite de orégano  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, AGS = Ácidos grasos saturados, AGM = Ácidos grasos monoinsaturados, AGPI = Ácidos grasos poliinsaturados, EEM=Error estándar de la media.  $P>0.05$ .

### Variables productivas

Las variables productivas de peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento, conversión alimenticia y mortalidad no fueron afectadas por las dietas experimentales ( $P>0.05$ ; Cuadro 2.4).

**Cuadro 2.4.** Resultados acumulados de las variables evaluadas con pollos durante 6 semanas

Tratamiento	Peso inicial, g	Ganancia de peso, g	Peso total, g	Consumo de alimento, g	Conversión alimenticia	Mortalidad, %
VITE10 (Testigo)	43.80	2388	2432	4252	1.78	1.50
ORE50	44.00	2392	2436	4355	1.82	1.25
ORE100	43.50	2285	2329	4306	1.88	1.00
EEM	0.29	39.44	26.10	66.13	0.05	0.01
Valor de P	NS	NS	NS	NS	NS	NS

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE50= 10 mg de vitamina E + 50 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup>de alimento, ORE100 = 10 mg de vitamina E + 100 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup>de alimento, EEM=Error estándar de la media. P>0.05.

### Estabilidad oxidativa de la carne de pechuga

Los resultados obtenidos en carne de pechuga muestran que el desarrollo de la estabilidad oxidativa fue afectada por la interacción entre el tratamiento y el tiempo de almacenamiento en refrigeración a 4 °C (P<0.05; Cuadro 2.5), mostrando altos niveles de MDA en muestras de carne de pollos alimentados con bajos niveles de AO conforme avanzó el tiempo de almacenamiento de la carne precocida. Durante los 0 y 8 días de almacenamiento la oxidación lipídica no hubo diferencias entre (P>0.05). Sin embargo, en los días 16 y 32 de almacenamiento, se observaron menores valores de MDA con el tratamiento ORE100, comparado con los otros tratamientos, testigo y ORE50 (P<0.05). Es importante mencionar que en el día 24 de almacenamiento el tratamiento ORE100 solo fue diferente que el testigo.



**Cuadro 2.5.** Concentración de malondialdehído en carne de pechuga precocida durante su almacenamiento, mg de MDA kg<sup>-1</sup> muestra

Tratamiento	Tiempo de refrigeración (d)					$\bar{X}$
	0	8	16	24	32	
VITE10 (Testigo)	0.46 <sup>az</sup>	0.60 <sup>ayz</sup>	0.73 <sup>ay</sup>	0.81 <sup>ay</sup>	1.10 <sup>ax</sup>	0.74 <sup>a</sup>
ORE50	0.54 <sup>ay</sup>	0.65 <sup>ay</sup>	0.68 <sup>ay</sup>	0.74 <sup>abxy</sup>	0.99 <sup>ax</sup>	0.72 <sup>a</sup>
ORE100	0.37 <sup>ay</sup>	0.49 <sup>axy</sup>	0.53 <sup>bxy</sup>	0.57 <sup>bxy</sup>	0.70 <sup>bx</sup>	0.53 <sup>b</sup>
$\bar{X}$	0.46 <sup>z</sup>	0.58 <sup>y</sup>	0.64 <sup>xy</sup>	0.70 <sup>x</sup>	0.93 <sup>w</sup>	
<b>Efecto</b>	<b>Valor de P</b>					
Tratamiento	0.0001					
Día	0.0001					
Tratamiento x Día	0.0086					
EEM	0.0184					

<sup>a,b</sup> Medias con distinta letra en las misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

<sup>w,x,y,z</sup> Medias con distinta letra en las misma hileras indican diferencias significativas (P<0.05).

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE50= 50 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE100 = 100 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento, EEM=Error estándar de la media.

### Estabilidad oxidativa de la carne de muslo

En carne de muslo, la concentración de MDA fue afectada por la interacción tratamiento por días de almacenamiento (P<0.05; Cuadro 2.6). Durante los días 0, 8 y 16 de almacenamiento, la actividad antioxidante no fue influenciada por los tratamientos (P>0.05). Sin embargo, en los días 24 y 32 de almacenamiento, se presentó mejor estabilidad oxidativa por efecto de los tratamientos (P<0.05); así, fueron observados altos niveles de MDA en muestras de carne de pollos alimentados con el tratamiento ORE50 y testigo.

**Cuadro 2.6.** Concentración de malondialdehído en carne de muslo precocida durante su almacenamiento, mg de MDA kg<sup>-1</sup> muestra

Tratamiento	Tiempo de refrigeración (días)					$\bar{X}$
	0	8	16	24	32	
VITE10 (Testigo)	0.60 <sup>az</sup>	0.71 <sup>ayz</sup>	0.80 <sup>ayz</sup>	1.07 <sup>axy</sup>	1.29 <sup>ax</sup>	0.89 <sup>a</sup>
ORE50	0.61 <sup>az</sup>	0.81 <sup>ayz</sup>	0.93 <sup>ay</sup>	1.11 <sup>axy</sup>	1.32 <sup>ax</sup>	0.96 <sup>a</sup>
ORE100	0.65 <sup>ax</sup>	0.67 <sup>ax</sup>	0.69 <sup>ax</sup>	0.75 <sup>bx</sup>	0.84 <sup>bx</sup>	0.72 <sup>b</sup>
$\bar{X}$	0.62 <sup>z</sup>	0.73 <sup>y</sup>	0.81 <sup>y</sup>	0.98 <sup>x</sup>	1.15 <sup>w</sup>	
<b>Efecto</b>	<b>Valor de P</b>					
Tratamiento	0.0001					
Día	0.0001					
Tratamiento x Día	0.0011					
EEM	0.0241					

<sup>a,b</sup> Medias con distinta letra en las misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

<sup>w,x,y,z</sup> Medias con distinta letra en las misma hileras indican diferencias significativas (P<0.05).

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE50= 50 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE100 = 100 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento, EEM=Error estándar de la media.

## 2.4. DISCUSION

### Variables productivas

Los resultados en las variables productivas indican que el AO no ejerció ningún efecto como promotor de crecimiento en los pollos. Sin embargo, es importante señalar que se observó una tendencia a disminuir en 4.31% la ganancia de peso en los pollos que recibieron la dieta con 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Botsoglou *et al.* (2002 y 2003a) al evaluar el AO adicionado en la dieta de pollos con niveles de 50 y 100 mg kg<sup>-1</sup> de alimento; Papageorgiou *et al.* (2003) con niveles de 100 y 200 mg kg<sup>-1</sup>; y, Marcincak *et al.* (2008) al utilizar 500 mg de AO kg<sup>-1</sup> alimento en pollos de engorda.

Sin embargo, en otras investigaciones, la adición de 300 mL de AO en 1000 L de agua ejercieron mejoras en el comportamiento productivo de los pollos (Hertrampf, 2001). Mientras que Hernández *et al.* (2004) al evaluar dos extractos de plantas (AO + canela + pimienta o salvia + tomillo + romero) reportaron que ambos extractos mejoraron la digestibilidad de los alimentos en pollos y por lo tanto mejoran ligeramente las características productivas. Estudios realizados con pavos (Florou-Paneri *et al.*, 2005) y conejos (Botsoglou *et al.*, 2004), no indicaron respuesta favorable al AO como promotor de crecimiento.

Los resultados obtenidos muestran que el AO no tiene actividad como promotor de crecimiento, lo cual podría estar relacionada con la digestibilidad de la dieta basal y las condiciones ambientales a que son expuestos los pollos (Lee *et al.*, 2003; Florou-Paneri *et al.*, 2005). Los promotores de crecimiento tienen mayor impacto cuando la dieta es menos digestible (Lee *et al.*, 2003). Además, las condiciones ambientales saludables para las aves, hacen menos evidente la actividad de los promotores de crecimiento (Florou-Paneri *et al.*, 2005). En el presente estudio los pollos estuvieron en condiciones ambientales saludables, mismas que pudieron haber limitado la

respuesta al AO.

### **Estabilidad oxidativa de la carne de pechuga**

Los valores obtenidos durante el día 0 y 8 de almacenamiento puede ser debido a que se utilizó el envasado al vacío en bolsas de baja permeabilidad al oxígeno, provocando que existiera una baja presión de oxidación, lo cual evita que los antioxidantes expresen su máximo potencial para prevenir la oxidación lipídica de la carne (Chow, 1991).

Los resultados sugieren que es necesaria una suplementación de 100 mg de aceite de orégano  $\text{kg}^{-1}$  alimento para expresar actividad antioxidante en la carne de pollo. Botsoglou *et al.* (2002), en carne de pollo, encontraron que al adicionar 100 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, en pollos de engorda produjeron mayor actividad antioxidante que 30 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento y 50 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento. Estas observaciones indican que a mayor nivel de suplementación de AO en la dieta de las aves, mayor es la actividad antioxidante, específicamente a 16, 24 y 32 días de almacenamiento. De esta manera, Basmacioglu *et al.* (2004) reportaron que al utilizar 300 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento en pollos de engorda observaron la misma actividad antioxidante que 200 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, pero superior que 150 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento. En trabajos recientes, Marcincak *et al.* (2008) encontraron que al adicionar 500 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento proporcionado a pollos de engorda mejoró la estabilidad oxidativa de la carne almacenada en refrigeración. Estos autores proponen que la actividad antioxidante ejercida por el AO en la carne de pollo se debe a que después de ser absorbidos sus componentes, entran al sistema circulatorio para ser distribuidos y retenidos en los tejidos musculares.

Botsoglou *et al.* (2003b) encontraron que 200 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento en pavos ejerció mejor efecto antioxidante que 100 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, pero similar a 200 mg de vitamina E

kg<sup>-1</sup> de alimento.

Govaris *et al.* (2004) compararon el AO y la vitamina E adicionados en la dieta o directamente en la carne de pavo, y reportan diferencias significativas en los niveles de MDA en la carne, dependiendo de la forma en que se incorporó el AO a la carne y concluyen que el AO mostró la misma actividad antioxidante que la vitamina E; sin embargo, ambos antioxidantes suplementados en la dieta produjeron la mejor estabilidad oxidativa que los adicionados directamente en la carne, lo cual se atribuye a que al suplementarse en la dieta los ingredientes activos tienen mejor incorporación en los tejidos. Florou-Paneri *et al.* (2005) estudiaron la actividad antioxidante del aceite y hojas de orégano suplementada en la dieta de pavos, y mencionan que ambas ayudan a mejorar la estabilidad oxidativa de la carne almacenada en refrigeración. Los resultados obtenidos en este estudio discrepan con los obtenidos por Messikommer *et al.* (2005) quienes encontraron que al adicionar sólo 22.5 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento se logró una estabilidad oxidativa similar a la ejercida por 40 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, pero superior a la presentada por 90 mg de AO. La variación en los valores de MDA mencionada puede atribuirse a que, a pesar de emplear la prueba de TBA-MDA como indicador de la peroxidación lipídica, utilizan diferentes variantes entre ellas; a las variaciones en la composición del AO en cuanto a los constituyentes con actividad antioxidante como timol y carvacrol; a las cantidades de AO suplementadas en el alimento o directamente en la carne. Además, la estabilidad oxidativa de la carne, particularmente de pollo, está influenciada por la composición de AG de la dieta (Jensen *et al.*, 1997; Grau *et al.*, 2001; Papageorgiou *et al.*, 2003; Cortinas *et al.*, 2005), y las condiciones de sacrificio de las aves y procesamiento de la carne (Jensen *et al.*, 1997; Morrissey *et al.*, 1998; Govaris *et al.*, 2004).

Además, la formación del complejo cromogénico TBA-MDA se afecta por componentes diferentes a los peróxidos, por lo que muchas veces se sobreestima los valores (Botsoglou *et al.*,

2003a). Debido a esto, se emplea el término de especies reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARs).

### **Estabilidad oxidativa de la carne de muslo**

Si se observan los valores de MDA en muslo, se aprecia una gran susceptibilidad oxidativa, la cual se atribuye principalmente a su alto contenido de ácidos grasos totales y particularmente AGPI (Cuadro 3). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Jensen *et al.* (1997). Esta mayor composición de AG del muslo y su mayor susceptibilidad está relacionada con la forma en que este tipo de músculo obtiene energía a través de la fosforilación oxidativa, es decir, en presencia de oxígeno, que es el principal elemento promotor de la peroxidación lipídica. Además, este tejido tiene gran cantidad de compuestos prooxidantes como mioglobina y proteínas que contienen hierro en su estructura (Rhee & Ziprin, 1987).

## **2.5. CONCLUSIONES**

En conclusión, la incorporación de aceite de orégano en la dieta de pollos de engorda no afecta las características productivas. Sin embargo, la adición de 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento, tiene efectos antioxidantes en la carne de pollo precocida durante su almacenamiento en refrigeración, ayudando a prevenir la peroxidación lipídica y por lo tanto, incrementa la vida de anaquel. Estos resultados indican que la suplementación del aceite de orégano representa una alternativa viable a los antioxidantes utilizados en la alimentación de las aves y particularmente de los pollos de engorda.

## 2.6. LITERATURA CITADA

- Adam, K., A. Sivropoulou, S. Kokkini, T. Lanaras, and M. Arsenakis. 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J Agric Food Chem.* 46: 1739–1745.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC. 556 Pp.
- Basmacioglu, H., O. Tokusoglu, and M. Ergul, 2004. The effect of oregano and rosemary essential oils or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFA's in broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 197-210.
- Botsoglou, N.A., E. Christaki, D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, and A.B. Spais. 2002. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Sci.* 62:259-265.
- Botsoglou, N.A., D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, E. Christaki, and A.B. Spais. 2003a. Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation. *Food Res. Int.* 36: 207-213.
- Botsoglou, N.A., S.H. Grigoropoulou, E. Botsoglou, A. Govaris, and G. Papageorgiou. 2003b. The effects of dietary orégano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Sci.* 63(3): 1193-1200.
- Botsoglou, N.A., P. Florou-Paneri, E. Christaki, I. Giannenas, and A.B. Spais. 2004. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil. *Arch. Anim. Nut.* 58(3): 209 – 218.
- Chow, C.K. 1991. Vitamin E and oxidative stress. *Free Radic Biol Med.* 11: 215-232.
- Cortinas, L., A. Barroeta, C. Villaverde, J. Galobart, F. Guardiola, and M. D. Baucells. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poult. Sci.* 84: 48-55.
- Fernández, J., J.A. Pérez-Álvarez, and J.A. Fernández-López. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chem.* 59(3): 345-353.
- Florou-Paneri, P., G. Palatos, A. Govaris, D. Botsoglou, I. Giannenas, and I. Ambrosiadis. 2005. Oregano herb versus oregano essential oil as feed supplements to increase the oxidative stability of turkey meat. *Int. J. Poult. Sci.* 11:866-871.
- Govaris, A., N., Botsoglou, G. Papageorgiou, E. Botsoglou, and I. Ambrosiadis. 2004. Dietary versus post-mortem use of oregano oil and/or  $\alpha$ -tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55 (2): 115- 123.



- Grau, A., F. Guardiola, J. Boatella, A. C. Barroeta, and R. Codony. 2000. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: Influence of various parameters. *J. Agric. Food Chem.* 48:1155–1159.
- Grau, A., F. Guardiola, S. Grimpa, A.C. Barroeta, and R. Codony. 2001. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poult. Sci.* 80: 1630-1642.
- Hernández, F., J. Madrid, V. García, J. Orengo, and M. D. Megías. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poult. Sci.* 83:169–174.
- Hertrampf, J.W. 2001. Alternative antibacterial performance promoters. *Poult. Int.* 40: 50-52.
- Jensen, C., J. Guidera, I. Skovgaard, H. Staun, and L. Skibsted. 1997. Effects of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol deposition in porcine m. *psaos mayor* and m. *longissimus dorsi* and on drip loss. Color stability of pork meat. *Meat Sci.* 45: 491-500.
- Kokkini, S., R. Karousou, and E. Hanlidou. 2004. Essential oil composition of greek (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) and turkish (*O. onites*) oregano: a tool for their distinction. *J. Essent. Oil Res.* 16: 334-338.
- Lee, K.W., H. Everts, H. J. Kappert, M. Frehner, R. Losa, and A. C. Beynen. 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Brit. Poult. Sci.* 44 (3): 450-457.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. Commercial poultry nutrition. 3<sup>a</sup> Ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. 398 pp.
- Marcinčák, S., R. Cabadaj, P. Popelka, and L. Šoltýsová. 2008. Antioxidative effect of oregano supplemented to broilers on oxidative stability of poultry meat. *Slov. Vet. Res.* 45 (2): 61-66
- Messikommer, R., S. Baltzer, and C. Wenk. 2005. Impact of oregano essential oil on production data and lipid oxidation parameters in broiler chickens. Institute for Animal Sciences, Nutritionbiology, Zurich. In Proceedings of the 15th European Symposium on Poultry Nutrition, Balatonfüred, Hungary, 25-29 September, 2005. Pp. 529-531.
- Morrissey, P.A., P.J.A. Sheehy, K. Galvin, J.P. Kerry, and D.J. Buckley. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* 49: S73-S86.
- Papageorgiou, G., N. Botsoglou, A. Govaris, I. Giannenas, and S. Iliadis. 2003. Effect of dietary oregano oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on iron-induced lipid oxidation of turkey breast, thigh, liver and heart tissues. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87: 324-335.
- Rhee, K.S. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci.* 43: 1776-1778.

- Rhee, K.S., and Y.A. Ziprin, 1987. Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and liposomal enzymic peroxidation activity. *J. Food Biochem.* 11: 1-15.
- Russo, M., G.C. Galletti, P. Bocchini, and A. Carnacini. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare ssp. hirtum*): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3741-3746.
- SAS. 2000. Statistical Analysis System. The SAS system for Window release 8.0. USA. 558 pp.
- Steel, R. G. D., J. H. Torrie, and D. A. Dickey. 1988. Bioestadística: Principios y Procedimientos. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 pág.
- Tarladgis, B.G., B.M. Watts, M.T. Younathan, and L.R. Dugan. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 37: 44-48.
- Zheng, W., and S.Y. Wang. 2001. Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *J. Agric. Food. Chem.* 49:5165-5170.

# CAPITULO III

(EXPERIMENTO 2)

**ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA ENVASADA EN CONDICIONES AERÓBICAS**

**OREGANO OIL (*Lippia graveolens*) AS ANTIOXIDANT ON PEROXIDATION OF COOKED MEAT OF BROILER CHICKENS PACKAGED IN AEROBIC CONDITIONS**

Artículo con formato de la Revista Universidad y Ciencia

## ACEITE DE ORÉGANO (*Lippia graveolens*) COMO ANTIOXIDANTE EN LA PEROXIDACIÓN DE LA CARNE PRECOCIDA DE POLLOS DE ENGORDA ENVASADA EN CONDICIONES AERÓBICAS

Heriberto Zacatula Mier, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

Con el objetivo de evaluar el efecto del aceite de orégano (AO; *Lippia graveolens*) en la estabilidad oxidativa de la carne de pollo empacada en condiciones aeróbicas y precocida, se realizó un experimento con 460 pollos de un día de edad, Ross 308, distribuidos aleatoriamente en cinco tratamientos y cuatro repeticiones cada uno, con un diseño completamente al azar. Los animales se alimentaron con una dieta testigo con 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento (T<sub>1</sub>) y dietas suplementadas con 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento (T<sub>2</sub>=VITE100) o 100 (T<sub>3</sub>=ORE100) o 200 (T<sub>4</sub>=ORE200) mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento o la mezcla de 100 mg de vitamina E + 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento (T<sub>5</sub>=VITE100+ORE100). Se obtuvieron muestras de pechuga y muslo, se empacaron en bolsas de plástico resistentes a la transferencia de oxígeno, se cocieron en baño María y se almacenaron en refrigeración a 4 °C durante 0, 3, 6 y 9 días. La oxidación lipídica se estimó a través de la cuantificación de los valores de malondialdehído (MDA) mediante el método del ácido tiobarbitúrico. Los datos se analizaron con el procedimiento MIXED de SAS y las diferencias entre medias de tratamientos se determinaron con la prueba de Tukey. Los resultados indican que las variables productivas no mostraron diferencias entre tratamientos (P>0.05), excepto en mortalidad, siendo el tratamiento VITE100+ORE100 el de mejor desempeño (P<0.05). La oxidación lipídica de la carne fue afectada por la interacción tratamientos y días de almacenamiento (P<0.05). En pechuga, se observó que en el día 0 y 3, VITE100+ORE100 y VITE100 y en los días 6 y 9, VITE100+ORE100 produjeron menores niveles de MDA que el resto de los tratamientos. Respecto al muslo, al día 0 de almacenamiento, VITE100+ORE100 y VITE100, y al día 3, además ORE200, produjeron más bajos niveles de MDA que los demás tratamientos. En los días 6 y 9, VITE100 + ORE100 produjeron mayor actividad antioxidante que los demás tratamientos. En conclusión, el aceite de orégano produjo actividad antioxidante en la carne de pollo precocida y envasada en condiciones aeróbicas comparable con la vitamina E. La adición de ambos antioxidantes produce un efecto sinérgico incrementando la estabilidad oxidativa de la carne de pollo.

**Palabras clave:** pollos de engorda, aceite de orégano, oxidación lipídica, malondialdehído, *Lippia graveolens*

## OREGANO OIL (*Lippia graveolens*) AS ANTIOXIDANT ON PEROXIDATION OF COOKED MEAT OF BROILER CHICKENS PACKAGED IN AEROBIC CONDITIONS

Heriberto Zacatula Mier, M.C.  
Colegio de Postgraduados, 2009.

With the objective to determine the effect of oregano essential oil (OO; *Lippia graveolens*) on the oxidative stability of chicken meat packaged in aerobic conditions and precooked was carried out with 460 day-old broilers Ross 308, which were randomly assigned into five treatments and four replications each one, into a completely randomized design. The animals were fed with a control diet with 10 mg of vitamin E kg<sup>-1</sup> of feed (T<sub>1</sub>) and diets were supplemented with 100 mg of vitamin E kg<sup>-1</sup> of feed (T<sub>2</sub>=VITE100) or (T<sub>3</sub>=ORE100) or 200 (T<sub>4</sub>=ORE200) mg of OO kg<sup>-1</sup> of feed or a mix of 100 mg of vitamin E + 100 mg of OO kg<sup>-1</sup> of feed (T<sub>5</sub>=VITE100+ORE100). Samples of breast and thigh were packaged in heat resistant and low oxygen exchange barrier pouches, cooked by submersion in a water bath and was stored under refrigeration during 0, 3, 6 and 9 days. The lipid oxidation was estimated through the content of malondialdehyde values (MDA) using the 2-thiobarbituric acid reactant substances (TBARS) analysis. Data were analyzed by PROC MIXED of SAS and mean differences between treatments were performed used Tukey's test. The results showed that the productive performance of broilers was no influenced by any of the treatments used (P>0.05), with exception of mortality, having the VITE100+ORE100 the lowest one (P<0.05). The lipid oxidation of meat was affected by the interaction of treatments and storage day. In breast meat, it was observed that at days 0 and 3, VITE100+ORE100 and VITE100, and at days 6 and 9, VITE100+ORE100 produced the lowest MDA values than other treatments. Respect to thigh meat, at 0 day, VITE100+ORE100 and VITE100, and at 3 day, furthermore ORE200, these treatments produced the lowest MDA values than the other treatments. At days 6 and 9, VITE100 + ORE100 produced a higher antioxidant activity than other treatments. In conclusion, the oregano oil produced antioxidant activity on chicken meat comparable to vitamin E. The addition of both antioxidants produced synergistic effect on the lipid oxidation stability in chicken meat during storage.

**Key words:** broiler chickens, oregano oil, lipid oxidation, malondialdehyde, *Lippia graveolens*

### 3.1. INTRODUCCIÓN

La oxidación de lípidos es la principal causa del deterioro nutritivo y organoléptico de la carne de ave (Krauss *et al.*, 2001), manifestándose principalmente durante su almacenamiento (Grau *et al.*, 2000). El grado de oxidación de los lípidos de la carne está influenciado por factores como el contenido de elementos prooxidantes (hierro y mioglobina), nivel de antioxidantes en el músculo (vitamina E), contenido de grasa y perfil de ácidos grasos, grado de procesamiento (molido, cocción), tipo de envasado y condiciones de almacenamiento (tiempo y temperatura; Jensen *et al.*, 1997). La presencia de oxígeno es uno de los factores más críticos que influye en el desarrollo de la oxidación lipídica, así la exposición al aire durante el almacenamiento tiene un efecto significativo sobre el desarrollo de la oxidación en la carne cocida (Ahn *et al.*, 1998). Este proceso origina compuestos responsables de olores desagradables, reduce la cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, vitaminas y pigmentos, disminuye la aceptabilidad por parte del consumidor final y además genera compuestos que pueden presentar toxicidad (Marcincak *et al.*, 2008). La suplementación dietaria es una estrategia simple y conveniente para incluir compuestos o nutrientes en los alimentos cárnicos, logrando una distribución homogénea en todo el animal (Luna *et al.*, 2007). De esta manera, un lípido con poder antioxidante se incorporaría en el tejido adiposo retardando su degradación y la formación de compuestos oxidados después del sacrificio del animal. La oxidación lipídica puede verse inhibida por nitritos (O'Donnell y Freeman, 2001), agentes quelantes (fosfatos, ácido cítrico) y antioxidantes sintéticos como butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroxianisol (BHA), tert-butilhidroquinona (TBHQ; Decker, 1998). Sin embargo, debido a que estos compuestos pueden producir efectos adversos en órganos y células humanas, en los últimos años se ha incrementado la tendencia a reemplazarlos por otros de origen natural que son adicionados como suplemento en la dieta (Papageorgiou *et al.*, 2003). Entre las hierbas aromáticas estudiadas se destaca el orégano por las propiedades funcionales que confiere a los alimentos, como la actividad antioxidante. Los

ingredientes activos que le confieren la propiedad antioxidante se encuentran en mayor concentración en el aceite extraído de hojas y flores (Florou-Paneri *et al.*, 2005). El aceite obtenido por el proceso de destilación contiene más de 30 compuestos, de los cuales la mayoría son fenólicos (Russo *et al.*, 1998). El carvacrol y el timol son los dos principales compuestos fenólicos responsables de la actividad antioxidante, llegando a constituir aproximadamente de 78 a 82% del aceite de orégano (Adam *et al.*, 1998). Sin embargo, otros constituyentes menores como  $\gamma$ -terpineno y *p*-cimeno representan alrededor de 5 y 7 % del total del aceite, respectivamente, y podrían además contribuir a dicha actividad (Kokkini *et al.*, 2004).

En estudios previos se ha observado que a adición de aceite de orégano europeo en la dieta de pollos de engorda incrementa la estabilidad oxidativa de la carne de pollo cruda y precocida durante su conservación en refrigeración o congelación (Botsoglou *et al.*, 2002; Basmacioglu *et al.*, 2004; Marcincak *et al.*, 2008). Sin embargo, no existen investigaciones en pollos de engorda, en donde utilicen el AO mexicano con fines antioxidantes en la carne, incorporado por medio de la dieta. La suplementación en la dieta es conveniente para incorporar los antioxidantes naturales dentro de las membranas, específicamente en los fosfolípidos, que es el sitio donde desempeñarían su capacidad antioxidante. Algunos autores, han estudiado el uso de AO europeo en combinación con vitamina E (Papageorgiou *et al.*, 2003) y otros extractos de plantas (Basmacioglu *et al.*, 2004; Hernández *et al.*, 2004) y sugieren que existen un posible sinergismo entre estas sustancias. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto del AO (*Lippia graveolens*) en la dieta sobre la estabilidad oxidativa de carne de pechuga y muslo precocida y empacada en condiciones aeróbicas, y suplementación alta de vitamina E e investigar una posible acción sinérgica entre estos dos antioxidantes naturales.

## 3.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El experimento se llevó a cabo en el módulo de producción avícola del Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Estado de México, México.

### Dietas experimentales y manejo

Se utilizaron 460 pollos machos de un día de edad de la estirpe comercial Ross 308. Las aves se distribuyeron aleatoriamente en 5 tratamientos y 4 repeticiones, con 23 pollos cada una, mismos que se alojaron en piso. Los pollos se alimentaron durante 5 semanas con una dieta a base de maíz y pasta de soya. El suministro de agua y alimento fue *ad libitum*.

Las dietas experimentales fueron isocalóricas e isoproteicas de acuerdo a cada etapa de crecimiento de los pollos, iniciación y finalización, 0-3 y 4-6 semanas, respectivamente. Dichas dietas fueron formuladas con base a las recomendaciones de Leeson y Summers (2005) a partir de una dieta a base de maíz y pasta de soya como ingredientes principales, a los que se añadió aceite crudo de soya (Cuadro 3.1) y dos niveles de vitamina E de 10 o 100 mg kg<sup>-1</sup> de alimento, dos niveles de aceite de orégano mexicano (*Lippia graveolens*; Oreganoily, Torreón, Coah., México) de 100 o 200 mg kg<sup>-1</sup> de alimento, o una mezcla de 100 mg de vitamina E + 100 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento.



**Cuadro 3.1.** Composición de las dietas experimentales (0-3 y 4-6 semanas, %)

Ingrediente	Etapa	
	Iniciación	Finalización
Maíz	65.61	71.79
Pasta de soya	29.22	22.11
Aceite crudo de soya	1.00	1.86
Metionina	0.30	0.18
Lisina	0.29	0.19
Carbonato de Calcio	1.63	1.51
Ortofosfato	1.49	1.30
Premezcla de minerales <sup>1</sup>	0.06	0.06
Premezcla de vitaminas <sup>2</sup>	0.05	0.05
Sal	0.30	0.30
Coccidiostato	0.05	0.05
Pigmento	0.00	0.60
<b>TOTAL</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

Análisis calculado		
Energía metabolizable,	3.00	3.10
Mcal/kg	20.06	17.00
Proteína cruda, %	1.00	0.90
Calcio, %	0.45	0.40
Fósforo disponible, %	0.95	0.75
Metionina + Cistina, %	1.30	1.00
Lisina, %	0.27	0.23
Triptofano, %	0.84	0.73
Treonina, %	1.31	1.08
Arginina, %		

<sup>1</sup>La premezcla de minerales aportó por kg de alimento: 0.27 mg de Se, 2 mg de I, 8 mg de Cu, 50 mg de Fe, 80 mg de Zn, 80 mg de Mn y 0.2 mg de Co.

<sup>2</sup>La premezcla de vitaminas aportó por kg de alimento: 12000 UI de vitamina A, 3100 UI de vitamina D<sub>3</sub>, 5 mg de vitamina K<sub>3</sub>, 2 mg de Tiamina, 12 mg de Riboflavina, 21 mg de Ácido Pantoténico, 2.6 mg de Piridoxina, 1.5 mg de Ácido Fólico, 0.018 mg de Cianocobalamina y 0.15 mg de Biotina.

### Análisis del aceite de orégano

El análisis cuantitativo de los principales constituyentes del AO se realizó por cromatografía de gases, en un cromatógrafo Agilent Technologies 6890 acoplado a un detector selectivo de masas 5973 CG/MSD y equipado con una columna capilar HP-5MS. La temperatura del horno del cromatógrafo fue puesto a 40 °C por 10 minutos y entonces programado de 40 a 250 °C a un ritmo

de 15 °C por minuto, usando el helio como gas acarreador (0.7 mL por minuto). El inyector y detector de temperatura fue de 250 y 280 °C, respectivamente. La composición de los constituyentes principales del aceite de orégano utilizado en este experimento y determinado por cromatografía de gases se presenta en el Cuadro 3.2.

**Cuadro 3.2.** Composición del aceite de orégano (*Lippia graveolens*)

<b>Compuesto</b>	<b>% del aceite de orégano</b>
Timol	37.35
Carvacrol	29.24
m-Cimeno	25.99
γ-Terpineno	7.42
<b>Total</b>	<b>100.00</b>

### **Sacrificio y procesamiento de aves**

Al final de las 5 semanas de crecimiento, 6 pollos por repetición fueron seleccionados aleatoriamente y sacrificados de manera comercial. Se colectaron 100 g de carne de pechuga (*Pectoralis major*) y muslo (*Biceps femoris*) y se envasaron en condiciones aeróbicas. La carne se empacó independientemente en bolsas de plástico y se almacenó en congelación a -20 °C hasta su posterior análisis químico y de oxidación lipídica. Las muestras de pechuga y muslo fueron descongeladas durante 15 h en agua y posteriormente se cocieron en baño María hasta una temperatura interna de 74 °C, la cual se monitoreó con termopares conectados a termómetros digitales (Omega, Modelo HH501BT). Inmediatamente después de alcanzar la temperatura deseada, las muestras de carne se enfriaron en agua con hielo y almacenadas en refrigeración a 4 °C, durante 0, 3, 6 y 9 días.

## Oxidación Lipídica

La estimación de oxidación lipídica de la carne se realizó por medio del método de destilación de malondialdehído, mediante la metodología de TBARS, utilizando el ácido 2-tiobarbitúrico (J.T. Baker, Mallinckrodt Baker, Inc. Phillipsburg, NJ, USA), según el método descrito por Tarladgis *et al.* (1960) y Rhee (1978). A la carne de pollo empacada y cocida se le determinó el grado de oxidación lipídica mediante la cuantificación de los valores de malondialdehído, utilizando un espectrofotómetro (UNICO, Modelo 1100RS) a una longitud de onda de 530 nm. La reacción del malondialdehído con el ácido tiobarbitúrico, una molécula de MDA y dos moléculas de TBA, producen una coloración rosada, la cual se cuantifica a través de espectrofotometría (Fernández *et al.*, 1997).

Para la determinación del contenido de MDA se pesaron 30 g de pechuga o muslo cocidos, previamente picada durante 15 segundos en un procesador de alimentos eléctrico (Moulinex, Modelo AR6838), para después mezclarla con 45 mL de agua destilada a 50 °C y 15 mL de PG (Propil Galato; Sigma-Aldrich Inc. St. Louis, MO, USA) + EDTA (ácido etilendiamino tetraacético; J.T.Baker, Mallinckrodt Baker, SA de CV., Xalostoc, Edo. de Mex., México) en una licuadora durante 2 minutos. La adición de la mezcla de PG + EDTA fue con la finalidad de reducir la oxidación lipídica de la carne por el manejo en el laboratorio. Posteriormente, se pesaron 30 g de la mezcla y se transfirieron a un matraz Kjeldahl junto con 77.5 mL de agua destilada a 50 °C, 2.5 mL de HCl 4N y 10 piedras de carbón inerte (Sigma-Aldrich Inc. St. Louis, MO, USA). En el cuello del matraz se colocó silicón con la finalidad de evitar el reflujo de la mezcla. Se conectaron los matraces al equipo de destilación y se calentaron a fuego lento, para coleccionar 50 mL de destilado, de los cuales se extrajeron 5 mL y se mezclaron con 5 mL de TBA 0.02N en tubos de ensaye con tapas y se calentaron durante 35 minutos en agua hirviendo. Los blancos se prepararon con 5 mL de agua destilada y 5 mL de TBA 0.02N. Una vez finalizada la incubación, la reacción se detuvo con un baño de hielo durante 10

minutos y se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 530 nm, primero colocando el blanco para obtener una absorbancia de 0 y posteriormente la muestra.

El cálculo del contenido de MDA se obtuvo utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Número TBARs} = \text{Abs a 530 nm} * 7.8$$

Los resultados se expresan en  $\mu\text{g MDA/kg}$  de muestra.

### **Diseño experimental y análisis de los datos**

Se utilizó un diseño completamente al azar con mediciones repetidas; cada tratamiento se ofreció a 4 repeticiones de 23 pollos cada una. Se midió semanalmente la ganancia de peso, el consumo de alimento, la conversión alimenticia y la mortalidad.

El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + P_j + \tau P_{ij} + E_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ijk}$  = variable de respuesta correspondiente a la *i*-ésima concentración de vitamina E o AO, en el *j*-ésimo periodo de la *k*-ésima repetición;  $\mu$  = constante que caracteriza a la población;  $\tau_i$  = efecto fijo de la *i*-ésima concentración de vitamina E o AO,  $i = 1, 2, 3, 4, 5$ ;  $P_j$  = efecto del *k*-ésimo periodo,  $k = 1, 2, \dots, 5$ ;  $\tau P_{ij}$  = efecto fijo de la interacción del nivel de vitamina E x AO en la dieta por el periodo;  $E_{ijk}$  = error experimental. Los datos se analizaron con el procedimiento Mixed (SAS, 2000). Los datos de mortalidad, expresados en porcentaje, fueron transformados previamente a la función arco-seno (Steel *et al.*, 1988) para su análisis. Las diferencias entre medias de tratamientos encontradas en el

análisis de varianza (ANOVA), fueron determinadas mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey.

### 3.3. RESULTADOS

#### VARIABLES PRODUCTIVAS

Las variables productivas de peso vivo, ganancia de peso, consumo de alimento y conversión alimenticia no fueron afectadas por las dietas experimentales ( $P > 0.05$ ; Cuadro 3.3), esto indica que el AO no ejerció ningún efecto como promotor de crecimiento en los pollos. Sin embargo, es importante señalar que se observó una tendencia a aumentar la ganancia de peso (4.41%) y mejorar la conversión alimenticia en los pollos que recibieron la dieta con VITE100 + ORE100, respecto a los animales que recibieron la dieta testigo.

El porcentaje de mortalidad de los pollos estuvo influenciado por los tratamientos a los que fueron asignados ( $P < 0.05$ ). De esta manera los pollos del tratamiento VITE10+ORE200 no presentaron mortalidad (0%), siendo estadísticamente diferente a los de VITE100, los cuales presentaron la mayor mortalidad (4.78%).

**Cuadro 3.3.** Resultados acumulados de las variables evaluadas con pollos durante 5 semanas

Tratamiento	Peso inicial, g	Ganancia de peso, g	Peso total, g	Consumo de alimento, g	CA	Mortalidad, %
VITE10(Testigo)	46.5	1518	1564	2761	1.82	1.67 <sup>ab</sup>
VITE100	46.5	1529	1575	2711	1.78	4.78 <sup>b</sup>
ORE100	47.2	1546	1593	2791	1.81	0.96 <sup>a</sup>
ORE200	45.6	1532	1577	2755	1.80	0.00 <sup>a</sup>
VITE100+ORE100	46.9	1585	1631	2778	1.76	1.68 <sup>ab</sup>
EEM	0.32	13.33	15.78	18.06	0.02	0.02
Valor de P	NS	NS	NS	NS	NS	0.0022

<sup>a,b</sup> Medias con distinta letra en las misma columna indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

CA = Conversión alimenticia, VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, VITE100 = 100 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento ORE100= 100 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, ORE200 = 200 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, VITE100 + ORE100 = 100 mg de vitamina E + 100 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento. EEM=Error estándar de la media.

#### Estabilidad oxidativa de la carne de pechuga

Los resultados obtenidos en pechuga muestran que el desarrollo de la estabilidad oxidativa se afectó por la interacción tratamiento por días de almacenamiento en refrigeración ( $P < 0.05$ ; Cuadro

3.4), mostrando menores niveles de MDA las muestras de pollos alimentados con ambos antioxidantes y mayores niveles de MDA conforme avanzó el tiempo de almacenamiento de la carne precocida. En el día 0, VITE100+ORE100 y VITE100 manifestaron bajos niveles de MDA que el resto de los tratamientos. Durante el día 3, VITE100+ORE100 y VITE100 produjeron mejor estabilidad oxidativa que el tratamiento testigo y ORE100. En el día 6 y 9 de almacenamiento VITE100+ORE100 produjeron los menores niveles de MDA que el resto de los tratamientos.

**Cuadro 3.4.** Concentración de malondialdehído en carne de pechuga precocida durante su refrigeración mg de MDA kg<sup>-1</sup> muestra

Tratamiento	Tiempo de refrigeración (d)				$\bar{X}$
	0	3	6	9	
VITE10 (Testigo)	0.58 <sup>bz</sup>	1.29 <sup>by</sup>	5.21 <sup>ax</sup>	12.48 <sup>aw</sup>	4.89 <sup>a</sup>
VITE100	0.34 <sup>cy</sup>	0.65 <sup>cy</sup>	4.06 <sup>abx</sup>	9.42 <sup>bw</sup>	3.62 <sup>b</sup>
ORE100	0.91 <sup>az</sup>	2.21 <sup>ay</sup>	5.23 <sup>ax</sup>	12.10 <sup>aw</sup>	5.11 <sup>a</sup>
ORE200	0.57 <sup>bz</sup>	0.93 <sup>bcy</sup>	3.50 <sup>bx</sup>	9.38 <sup>bw</sup>	3.60 <sup>b</sup>
VITE100+ORE100	0.26 <sup>cy</sup>	0.72 <sup>cx</sup>	1.52 <sup>cx</sup>	5.03 <sup>cw</sup>	1.88 <sup>c</sup>
$\bar{X}$	0.53 <sup>z</sup>	1.16 <sup>y</sup>	3.90 <sup>x</sup>	9.68 <sup>w</sup>	
<b>Efecto</b>					<b>Valor de P</b>
Tratamiento					0.0001
Día					0.0001
Tratamiento x Día					0.0001
EEM					0.0701

<sup>a,b,c</sup> Medias con distinta letra en las misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

<sup>w,x,y,z</sup> Medias con distinta letra en las misma hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, VITE100 = 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento ORE100= 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento, ORE200 = 200 mg de AO kg<sup>-1</sup>de alimento, VITE100 + ORE100 = 100 mg de vitamina E + 100 mg de AO kg<sup>-1</sup>de alimento. EEM=Error estándar de la media.

### Estabilidad oxidativa de la carne de muslo

En carne de muslo, la estabilidad oxidativa fue afectada por la interacción de los diferentes tratamientos y los días de almacenamiento en refrigeración (P<0.05; Cuadro 3.5), mostrando bajos niveles de MDA en muestras de pollos alimentados con ambos antioxidantes y mayores niveles de

MDA conforme avanzó el tiempo de almacenamiento de la carne precocida. A los 0 días de almacenamiento, VITE100+ORE100 y VITE100 produjeron los menores niveles de MDA que los demás tratamientos. En el día 3 de almacenamiento, VITE100+ORE100, VITE100 y ORE200 manifestaron mejor estabilidad oxidativa que el resto de tratamientos. En los días 6 y 9, VITE100 y ORE200 produjeron mayor actividad antioxidante que el testigo, y que ORE100 en el día 9, pero menor que VITE100+ORE100.

**Cuadro 3.5.** Concentración de malondialdehído en carne de muslo precocida durante su refrigeración mg de MDA kg<sup>-1</sup> muestra

Tratamiento	Tiempo de refrigeración (d)				$\bar{X}$
	0	3	6	9	
VITE10 (Testigo)	0.83 <sup>a z</sup>	3.71 <sup>a y</sup>	6.18 <sup>a x</sup>	13.85 <sup>a w</sup>	6.14 <sup>a</sup>
VITE100	0.47 <sup>b z</sup>	1.36 <sup>b y</sup>	4.96 <sup>b x</sup>	10.69 <sup>b w</sup>	4.36 <sup>b</sup>
ORE100	0.97 <sup>a z</sup>	3.42 <sup>a y</sup>	5.95 <sup>ab x</sup>	12.96 <sup>a w</sup>	5.82 <sup>a</sup>
ORE200	0.78 <sup>a z</sup>	1.62 <sup>b y</sup>	4.91 <sup>b x</sup>	10.54 <sup>b w</sup>	4.46 <sup>b</sup>
VITE100+ORE100	0.35 <sup>b z</sup>	1.21 <sup>b y</sup>	3.64 <sup>c x</sup>	7.93 <sup>c w</sup>	3.28 <sup>c</sup>
$\bar{X}$	0.68 <sup>z</sup>	2.27 <sup>y</sup>	5.13 <sup>x</sup>	11.19 <sup>w</sup>	
<b>Efecto</b>	<b>Valor de P</b>				
Tratamiento	0.0001				
Día	0.0001				
Tratamiento x Día	0.0001				
<b>EEM</b>	0.08				

<sup>a,b,c</sup> Medias con distinta letra en las misma columna indican diferencias significativas (P<0.05).

<sup>w,x,y,z</sup> Medias con distinta letra en las misma hilera indican diferencias significativas (P<0.05).

VITE10 (Testigo) = 10 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, VITE100 = 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento ORE100= 100 mg de AO kg<sup>-1</sup>de alimento, ORE200 = 200 mg de AO kg<sup>-1</sup>de alimento, VITE100 + ORE100 = 100 mg de vitamina E + 100 mg de AO kg<sup>-1</sup>de alimento. EEM=Error estándar de la media.



### 3.4. DISCUSIÓN

#### Variables productivas

La falta de acción como promotor de crecimiento mostrada con los resultados de este experimento coinciden con los obtenidos por Botsoglou *et al.* (2002 y 2003a) al evaluar el AO en pollos adicionados a través de la dieta con niveles de 50 y 100 mg kg<sup>-1</sup> de alimento; Papageorgiou *et al.* (2003) con niveles de 100 y 200 mg kg<sup>-1</sup> de alimento; y, Marcincak *et al.* (2008) al utilizar 500 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento en pollos de engorda.

Sin embargo, en otras investigaciones en pollos de engorda, la suplementación de 200 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento produjo mejores ganancias de peso que 150 mg de AO, pero similares a las mostradas por 300 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento (Basmacioglu *et al.*, 2004). Asimismo, Hertrampf (2001) encontró que al proporcionar 300 ml de AO en 1000 L de agua produjo mejora en el comportamiento productivo de los pollos. Mientras que Hernández *et al.* (2004) al evaluar dos extractos de plantas (AO + canela + pimienta o salvia + tomillo + romero) reportaron que ambos extractos mejoraron la digestibilidad de los alimentos en pollos y por lo tanto mejoran ligeramente las características productivas.

Los resultados obtenidos esta investigación muestran que el AO no tiene actividad como promotor de crecimiento, lo cual podría estar relacionada con la digestibilidad de la dieta basal y las condiciones ambientales a que son expuestos los pollos (Lee *et al.*, 2003; Florou-Paneri *et al.*, 2005). Los promotores de crecimiento podrían tener mayor impacto cuando la dieta es menos digestible (Lee *et al.*, 2003). Además, las condiciones ambientales limpias de las naves para aves, hacen menos evidente la actividad de los promotores de crecimiento (Florou-Paneri *et al.*, 2005). En el presente estudio los pollos estuvieron en condiciones ambientales saludables, mismas que pudieron haber limitado la respuesta al AO. Ante esta situación resultaría conveniente evaluar dosis más

elevadas de AO en pollos de engorda, con la finalidad de determinar su efectos como promotor de crecimiento.

Investigaciones realizadas por Lee *et al.* (2003), utilizando un producto comercial a base de AO en pollas, y Papageorgiou *et al.* (2003) al evaluar AO, vitamina E y una mezcla de ambos antioxidantes en la dieta de pavos no presentaron mortalidad. Los resultados encontrados en este experimento no coinciden con los resultados obtenidos por Basmacioglu *et al.* (2004) quienes reportaron que la mortalidad de pollos no fue influenciada por la suplementación de AO o vitamina E.

El efecto del orégano sobre la menor mortalidad de los pollos puede deberse a que sus componentes principales, timol y carvacrol, desnaturalizan y coagulan las proteínas presentes en la estructura de pared celular bacteriana. Específicamente, se puede mencionar que los fenoles interactúan con la membrana citoplasmática provocando cambios en la permeabilidad por la disipación del gradiente de iones como H<sup>+</sup> y K<sup>+</sup>, los cuales son esenciales en el proceso celular; resultando un desbalance de agua y, finalmente, la muerte celular (Basset, 2000).

### **Estabilidad oxidativa de la carne de pechuga**

La estabilidad oxidativa encontrada en este estudio coinciden con los de otras investigaciones realizadas por Basmacioglu *et al.* (2004), quienes utilizaron la vitamina E, AO, aceite de romero y una mezcla de AO más aceite de romero, y en encontraron que la suplementación de la combinación de los aceites orégano y romero ejercieron mejor estabilidad oxidativa en la carne de pollo refrigerada 15 días, que la vitamina E y cada uno de los aceites suplementados individualmente. Botsoglou *et al.* (2003b) en pechuga y muslo crudo y cocido de pavo y Papageorgiou *et al.* (2003) en pechuga, muslo, hígado y corazón de pavo, encontraron que 200 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento produjo

igual actividad antioxidante que 200 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, pero menor que la combinación de 100 mg de vitamina E + 100 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento. Govaris *et al.* (2004) compararon el AO y la vitamina E adicionadas a la dieta o directamente en la carne de pavo, y encontraron diferencias significativas en los niveles de MDA en la carne, dependiendo de la forma en que se incorporó el AO a la carne, de tal forma que el AO mostró la misma actividad antioxidante que la vitamina E. Es importante mencionar que los antioxidantes suplementados en la dieta produjeron mayor estabilidad oxidativa que los adicionados directamente en la carne, lo cual se atribuye a que al suplementarse en la dieta los ingredientes activos tienen mejor incorporación en los tejidos (Papageorgiou *et al.*, 2003; Govaris *et al.*, 2004). Govaris *et al.* (2005) observaron que la combinación de AO + vitamina E ejerció mejor estabilidad oxidativa en filetes de pavos almacenados en refrigeración durante 12 días, que al proporcionarse de forma separada. Florou-Paneri *et al.* (2005) evaluaron la actividad antioxidante de aceite y las hojas de orégano suplementada en la dieta de pavos, y afirman que ambas ayudan a mejorar la estabilidad oxidativa de la carne almacenada en refrigeración. Estos autores proponen que la actividad antioxidante del AO en la carne de pollo, se debe a que después de ser absorbidos sus componentes, entran al sistema circulatorio para ser distribuidos y retenidos en los tejidos. El mecanismo de acción del AO en combinación con vitamina E para mejorar la estabilidad oxidativa de la carne, es que probablemente haya sinergismo entre ambos antioxidantes, pues el AO podría donar hidrógenos a  $\alpha$ -tocoferil para regenerarlo a  $\alpha$ -tocoferol y de esta forma poder actuar nuevamente como antioxidante contra los radicales libres.

Los resultados obtenidos en este estudio discrepan con los obtenidos por Messikommer *et al.* (2005) quienes encontraron que al adicionar bajos niveles de AO (22.5 mg de AO  $\text{kg}^{-1}$  de alimento) se logró una estabilidad oxidativa similar a la ejercida por 40 mg de vitamina E  $\text{kg}^{-1}$  de alimento, pero superior a la producida por 90 mg de AO.

La prueba de TBA como indicador del grado de oxidación lipídica en los valores de MDA puede presentar variación, las cuales pueden ser atribuidas a las variaciones en la composición del AO en cuanto a los constituyentes con actividad antioxidante como timol y carvacrol; a las cantidades de AO suplementadas en el alimento o directamente en la carne. Además, la estabilidad oxidativa de la carne, particularmente de pollo, está influenciada por la composición de ácidos grasos de la dieta (Jensen *et al.*, 1997; Grau *et al.*, 2001; Papageorgiou *et al.*, 2003; Cortinas *et al.*, 2005), las condiciones de sacrificio de las aves y procesamiento de la carne (Jensen *et al.*, 1997; Morrissey *et al.*, 1998; Govaris *et al.*, 2004).

#### **Estabilidad oxidativa de la carne de muslo**

Si se observan los valores de MDA en muslo, se aprecia una gran susceptibilidad oxidativa, la cual se atribuye principalmente a su alto contenido de ácidos grasos totales y particularmente AGPI. Estos resultados coinciden con obtenidos por Jensen *et al.* (1997). Esta mayor composición de AG del muslo y su mayor susceptibilidad está relacionada con la forma en que este tipo de músculo obtiene energía a través de la fosforilación oxidativa, es decir, en presencia de oxígeno, que es el principal elemento promotor de la peroxidación lipídica. Además, este tejido tiene gran cantidad de compuestos prooxidantes como mioglobina y proteínas que contienen hierro en su estructura (Rhee y Ziprin, 1987).

### **3.5. CONCLUSIONES**

La inclusión de aceite de orégano en la dieta de pollos de engorda no influye en las características productivas, excepto la mortalidad. Sin embargo, la adición de 200 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento tiene efectos antioxidantes similares a 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, pero inferior a la ejercida por la combinación de 100 mg de AO más 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento en la carne de pollo precocida empacada en condiciones aeróbicas durante su almacenamiento en refrigeración por 6 o 9 días, ayudando a prevenir la oxidación lipídica y por lo tanto, su deterioro. Estos resultados sugieren un posible sinergismo entre AO y vitamina E para mejorar la estabilidad oxidativa de la carne. En conclusión, la adición de aceite de orégano representa una alternativa viable a los antioxidantes utilizados en la alimentación de las aves y particularmente de los pollos de engorda.

### 3.6. LITERATURA CITADA

- Adam, K., A. Sivropoulou, S. Kokkini, T. Lanaras, and M. Arsenakis. 1998. Antifungal activities of *Origanum vulgare* ssp. *Hirtum*, *Mentha spicata*, *Lavandula angustifolia*, and *Salvia fruticosa* essential oils against human pathogenic fungi. *J. Agric. Food Chem.* 46: 1739–1745.
- Ahn, D. U., J. L. Sell, C. Jo, X. Chen, C. Wu, and J. I. Lee. 1998. Effects of dietary vitamin E supplementation on lipid oxidation and volatiles content of irradiated, cooked turkey meat patties with different packaging. *Poult. Sci.* 77:912–920.
- AOAC. 2000. Official methods of analysis. 17<sup>th</sup> Ed. Association of Official Analytical Chemist. Washington, DC. 556 Pp.
- Basmacioglu, H., O. Tokusoglu, and M. Ergul, 2004. The effect of oregano and rosemary essential oils or  $\alpha$ -tocopheryl acetate on performance and lipid oxidation of meat enriched with n-3 PUFA's in broilers. *S. Afr. J. Anim. Sci.* 34: 197-210.
- Botsoglou, N.A, E. Christaki, D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, and A.B. Spais. 2002. The effect of dietary oregano essential oil on lipid oxidation in raw and cooked chicken during refrigerated storage. *Meat Sci* 62:259-265.
- Basset, R. 2000. Oregano's positive impact on poultry production. *World Poult.* 16 (9):31-33.
- Botsoglou, N.A., D.J. Fletouris, P. Florou-Paneri, E. Christaki, and A.B. Spais. 2003a. Inhibition of lipid oxidation in long-term frozen stored chicken meat by dietary oregano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation. *Food Res. Int.* 36: 207-213.
- Botsoglou, N.A., S.H. Grigoropoulou, E. Botsoglou, A. Govaris, and G. Papageorgiou. 2003b. The effects of dietary orégano essential oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate on lipid oxidation in raw and cooked turkey during refrigerated storage. *Meat Sci.* 63(3): 1193-1200.
- Botsoglou, N.A., P. Florou-Paneri, E. Christaki, I. Giannenas, and A.B. Spais. 2004. Performance of rabbits and oxidative stability of muscle tissues as affected by dietary supplementation with oregano essential oil. *Arch. Anim. Nut.* 58(3): 209 – 218.
- Cortinas, L., A. Barroeta, C. Villaverde, J. Galobart, F. Guardiola, and M. D. Baucells. 2005. Influence of the dietary polyunsaturation level on chicken meat quality: lipid oxidation. *Poult. Sci.* 84: 48-55.
- Decker, E.A.1998. Strategies for manipulating the prooxidative/antioxidative balance of foods to maximize oxidative stability. *Food Sci. Tech.* 9: 241-248.
- Fernández, J., J.A. Pérez-Álvarez, and J.A. Fernández-López. 1997. Thiobarbituric acid test for monitoring lipid oxidation in meat. *Food Chemistry.* 59(3): 345-353.
- Florou-Paneri, P., G. Palatos, A. Govaris, D. Botsoglou, I. Giannenas, and I. Ambrosiadis. 2005. Oregano herb versus oregano essential oil as feed supplements to increase the oxidative stability of turkey meat. *Int. J. Poult. Sci.* 11:866-871.

- Govaris, A., N., Botsoglou, G. Papageorgiou, E. Botsoglou, and I. Ambrosiadis. 2004. Dietary versus post-mortem use of oregano oil and/or  $\alpha$ -tocopherol in turkeys to inhibit development of lipid oxidation in meat during refrigerated storage. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 55 (2): 115- 123.
- Grau, A., F.Guardiola, J. Boatella, A. C. Barroeta, and R. Codony. 2000. Measurement of 2-thiobarbituric acid values in dark chicken meat through derivative spectrophotometry: Influence of various parameters. *J. Agric. Food Chem.* 48:1155–1159.
- Grau, A., F. Guardiola, S. Grimpa, A.C. Barroeta, and R. Codony. 2001. Oxidative stability of dark chicken meat through frozen storage: Influence of dietary fat and  $\alpha$ -tocopherol and ascorbic acid supplementation. *Poult. Sci.* 80: 1630-1642.
- Hernández, F., J. Madrid, V. García, J. Orengo, and M. D. Megías. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility, and digestive organ size. *Poult. Sci.* 83:169–174.
- Hertrampf, J.W. 2001. Alternative antibacterial performance promoters. *Poult. Int.* 40: 50-52.
- Jensen, C., J. Guidera, I. Skovgaard, H. Staun, and L. Skibsted. 1997. Effects of dietary  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on  $\alpha$ -tocopherol deposition in porcine m. *psaos mayor* and m. *longissimus dorsi* and on drip loss. Color stability of pork meat. *Meat Sci.* 45: 491-500.
- Kokkini, S., R. Karousou, and E. Hanlidou. 2004. Essential oil composition of greek (*Origanum vulgare ssp. hirtum*) and turkish (*O. onites*) oregano: a tool for their distinction. *J. Essent. Oil Res.* 16: 334-338.
- Krauss, R. M., R. H. Eckel, B. Howard, L. J. Appel, S. R. Daniels, R. J. Deckelbaum, J. W. Erdman, P. Kris-Etherton, I. J. Goldberg, T. A. Kotchen, A. H. Lichtenstein, W. E. Mitch, R. Mullis, K. Robinson, J. Wylie-Rossett, S. S. Jeor, J. Suttie, D. L. Tribble, and T. L. Bazzare. 2001. Revision 2000: Statement for healthcare professionals from the nutrition committee of the American Heart Association. *J. Nutr.* 131:132–146.
- Lee K.W., H. Everts, H.J. Kappert, M. Frehner, R. Losa, and A.C. Beynen. 2003. Effects of dietary essential oil components on growth performance, digestive enzymes and lipid metabolism in female broiler chickens. *Brit. Poult. Sci.* 44(3): 450-457.
- Leeson, S., and J. D. Summers. 2005. *Commercial Poultry Nutrition*. 3<sup>a</sup> Ed. University Books, Guelph, Ontario, Canadá. 398 pp.
- Luna, A., M.C. Lábaque, J.A. Zygadlo, y R.H. Marín. 2001. Suplementación dietaria del pollo parrillero con componentes del aceite esencial de orégano: potencial efecto antioxidante. *Rev. Arg. Prod. Anim.* 27(1): 60-61.
- Marcinčák, S., R. Cabadaj, P. Popelka, and L. Šoltýsová. 2008. Antioxidative effect of oregano supplemented to broilers on oxidative stability of poultry meat. *Slov. Vet. Res.* 45 (2): 61-66.
- Messikommer R., S. Baltzer, and C. Wenk. 2005. Impact of oregano essential oil on production data and lipid oxidation parameters in broiler chickens. Institute for Animal Sciences,

Nutritionbiology, Zurich. In [Proceedings of the 15th European Symposium on poultry nutrition, Balatonfüred, Hungary, 25-29 September, 2005](#). Pp. 529-531.

Morrissey, P.A., P.J.A. Sheehy, K. Galvin, J.P. Kerry, and D.J. Buckley. 1998. Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* 49: S73-S86.

O'Donnell, V.B., and B.A. Freeman. 2001. Interactions between nitric oxide and lipid oxidation pathways, implications for vascular disease. In: *Oxidant signaling in cardiovascular cells*. <http://www.circresaha.org>. Consultado: 20 de agosto de 2009.

Papageorgiou G, N. Botsoglou, A. Govaris, I. Giannenas, and S. Iliadis. 2003. Effect of dietary oregano oil and  $\alpha$ -tocopheryl acetate supplementation on iron-induced lipid oxidation of turkey breast, thigh, liver and heart tissues. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 87: 324-335.

Rhee, K.S. 1978. Minimization of further lipid peroxidation in the distillation 2-Thiobarbituric acid test of fish and meat. *J. Food Sci.* 43: 1776-1778.

Rhee, K.S., and Y.A. Ziprin, 1987. Lipid oxidation in retail beef, pork and chicken muscles as affected by concentrations of heme pigments and nonheme iron and liposomal enzymic peroxidation activity. *J. Food Biochem.* 11: 1-15.

Russo, M., G.C. Galletti, P. Bocchini, and A. Carnacini. 1998. Essential oil chemical composition of wild populations of Italian oregano spice (*Origanum vulgare ssp. hirtum*): A preliminary evaluation of their use in chemotaxonomy by cluster analysis. 1. Inflorescences. *J. Agric. Food Chem.* 46: 3741-3746.

SAS. 2000. Statistical Analysis System. The SAS system for Window release 8.0. USA. 558 Pp.

Steel, R. G. D., J. H. Torrie, and D. A. Dickey. 1988. *Bioestadística: Principios y Procedimientos*. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill. México. 622 pág.

Tarladgis, B.G., B.M. Watts, M.T. Younathan, and L.R. Dugan. 1960. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *J. Amer. Oil Chem. Soc.* 37: 44-48.



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES GENERALES

### Conclusiones

1. La inclusión de aceite de orégano en la dieta de pollos de engorda no influye en las características productivas. Sin embargo, cuando se utilizan 200 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento se mejora la mortalidad.
2. La adición de 100 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento, tiene efectos antioxidantes en la carne de pollo precocida y envasada al vacío, durante su almacenamiento en refrigeración, ayudando a prevenir la peroxidación lipídica y por lo tanto, incrementa la vida de anaquel.
3. La incorporación de 200 mg de AO kg<sup>-1</sup> de alimento tiene efectos antioxidantes similares a los producidos por 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento, pero inferior a la ejercida por la combinación de 100 mg de AO más 100 mg de vitamina E kg<sup>-1</sup> de alimento en la carne de pollo precocida empacada en condiciones aeróbicas durante su almacenamiento en refrigeración por 6 o 9 días, ayudando a prevenir la oxidación lipídica y por lo tanto, su deterioro.
4. Estos resultados sugieren un posible sinergismo entre AO y vitamina E para mejorar la estabilidad oxidativa de la carne.
5. La adición de aceite de orégano representa una alternativa viable a los antioxidantes utilizados en la alimentación de las aves y particularmente de los pollos de engorda.

### Recomendaciones

Se recomienda utilizar 100 mg de aceite de orégano kg<sup>-1</sup> de alimento en las dietas de pollos de engorda para prevenir la oxidación de la carne precocida y envasada en vacío. Sin embargo, cuando la carne es precocida y envasada en condiciones aeróbicas se recomienda utilizar 200 mg

de aceite de orégano  $\text{kg}^{-1}$  de alimento o bien la combinación de 100 mg de vitamina E + 100 mg de aceite de orégano  $\text{kg}^{-1}$  de alimento para mejorar la estabilidad oxidativa y por lo tanto, su tiempo de vida de anaquel.