

## Efecto del aceite esencial de orégano en el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de pollo

### Effect of oregano essential oil on performance and the physicochemical and microbiological properties of chicken meat

Jesús Ricardo Gámez Piñón<sup>1</sup>, Ana Luisa Rentería Monterrubio<sup>1</sup>, Lorenzo Antonio Durán Meléndez<sup>1</sup>, América Chávez Martínez<sup>1</sup>, Alma Delia Alarcón Rojo<sup>1</sup>, Nelson Guadalupe Aguilar Palma<sup>1</sup>, Ramón Silva Vázquez<sup>1</sup>

Gámez Piñón, J. R., Rentería Monterrubio, A. L., Durán Meléndez, L. A., Chávez Martínez, A., Alarcón Rojo, A. D., Aguilar Palma, N. G., Silva Vázquez, R. Efecto del aceite esencial de orégano en el rendimiento y las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la carne de pollo. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*. Número 66: 5-11, septiembre-diciembre 2015.

#### RESUMEN

Se evaluó el efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano (AEO) en el agua de bebida sobre la microbiología intestinal, características fisicoquímicas y rendimiento en canal y carne de 440 pollos de engorda de 1 d de edad no sexados ( $42.59 \pm 1.63$  g de peso) y alimentados durante 42 d. Las aves fueron asignadas al azar en cuatro tratamientos con 11 repeticiones de 10 aves con 0, 100, 200 y 400 p.p.m. de AEO en el agua de bebida. Se aplicó a los datos un análisis de varianza (ANDEVA) y un análisis multivariado (MANDEVA). No se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) en las variables microbiológicas, fisicoquímicas ni rendimiento en canal. Se concluye que el AEO en las concentraciones utilizadas no redujo significativamente los conteos de *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. en ciego, no afectó las propiedades fisicoquímicas de la carne ni de rendimiento de canal.

**Palabras clave:** aceite esencial, orégano, carne de pollo, características fisicoquímicas, microorganismos entéricos.

**Keywords:** oregano essential oil, broilers, physicochemical properties, enteric microorganisms.

Recibido: 29 de enero de 2014, aceptado: 5 de febrero de 2015

<sup>1</sup> Facultad de Zootecnia y Ecología, Universidad Autónoma de Chihuahua.

\* Autor para correspondencia: arenteria@uach.mx

#### ABSTRACT

An evaluation was made of the effect on intestinal microbiology, physicochemical characteristics and carcass yield and meat, of the inclusion during 42 days of oregano essential oil (OEO) in the drinking water fed to 440 one day old unsexed broilers (weight  $42.59 \pm 1.63$  g). The birds were randomly assigned to one of 4 treatments (0, 100, 200 and 400 ppm of OEO diluted in the drinking water) and every treatment had 11 replicates with 10 birds each. The data was subjected to an analysis of variance (ANOVA) and a multivariate analysis (MANDEVA). No significant differences ( $P > 0.05$ ) were found in the microbiological, physicochemical and carcass yield variables. It was concluded that the OEO in the concentrations used, did not significantly reduce the counts of *Salmonella* spp. and *Campylobacter* spp. It did not affect the physicochemical properties of the meat, nor the carcass yield.

#### INTRODUCCIÓN

La carne de pollo es de las más consumidas mundialmente por ser una significativa fuente de proteínas a un costo accesible, pero al mismo tiempo es la principal fuente de transmisión de *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp. Estos microorganismos son bacilos móviles Gram negativos, no formadores de esporas (Adams y Moss, 2008), que colonizan el canal gastrointestinal de animales destinados al consumo humano (Meng y Doyle, 1998), lo que los hace causantes de las gastroenteritis

más frecuentes asociadas con enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) (Gutiérrez Castillo et al., 2008). Se estima que cada año en los Estados Unidos de América se presentan 76 millones de ETA, de las que aproximadamente 2.4 millones son causados por *Campylobacter* spp. y 1.4 millones son asociadas a *Salmonella* spp. (Mead et al., 1999).

A pesar de los esfuerzos realizados para controlar la presencia de estos patógenos, la frecuencia de canales contaminadas ha ido en aumento en los Estados Unidos de América (Stern, 2008); de la misma manera, se considera que aproximadamente 80% de las canales vendidas en el Reino Unido están contaminadas con *Campylobacter* spp. (Corry y Atabay, 2001). Por otro lado, el nivel de resistencia a los antibióticos es cada vez mayor (Hakkinen et al., 2007) como consecuencia del uso indiscriminado de dichos medicamentos como promotores de crecimiento en los animales para abasto (Isabel y Santos, 2009).

Los aceites esenciales son compuestos aromáticos volátiles producto del metabolismo de las plantas y que como característica presentan propiedades antimicrobianas, por lo que se han considerado como posibles sustitutos de los antibióticos en la alimentación animal (Hili et al., 1997). Dentro de este grupo de aceites con propiedades antimicrobianas destaca el aceite esencial de orégano (AEO). De acuerdo con Burt (2004), el efecto antimicrobiano del AEO se debe principalmente a la presencia de metabolitos secundarios: carvacrol y timol y, en menor grado,  $\gamma$ -terpineno y p-cimeno. Estos compuestos dañan la integridad de la membrana celular de las bacterias afectando la homeostasis y el equilibrio de los iones inorgánicos (Lambert et al., 2001).

El poder antimicrobiano del AEO ha sido documentado *in vitro* y en modelos alimentarios (Koutsoumanis et al., 1998; Skandamis y Nychas, 2000; Tsigarida et al., 2000; Oral et al., 2009). Sin embargo, las investigaciones llevadas a cabo en modelos animales son escasas. Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la inclusión de aceite esencial de orégano en el agua de bebida, sobre la contaminación de *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp., el rendimiento de la canal y las características fisicoquímicas de la carne de pollo de engorda.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Crianza y tratamientos

Se utilizaron 440 pollos Cornish no sexados de 1 d de

edad, con un peso promedio de  $42.59 \text{ g} \pm 1.63 \text{ g}$  en una prueba de 42 d en total. Se utilizó un diseño completamente al azar, se asignaron 110 aves de modo aleatorio en cuatro tratamientos con 11 repeticiones de 10 aves cada una. Los tratamientos consistieron en cuatro concentraciones de extracto de orégano: T1= 0, T2= 100 p.p.m., T3= 200 p.p.m. y T4= 400 p.p.m. (64% de timol y 4% de carvacrol). A partir del día 29, el AEO emulsificado en una relación 1:1 con Tween al 20% se ofreció como agua de bebida (diariamente se preparó el tratamiento en agua potable a la concentración especificada para cada tratamiento).

Las aves se alojaron en corrales de  $1 \text{ m}^2$  y los tratamientos fueron asignados aleatoriamente a cada corral y repetición. La temperatura ambiente fue controlada mediante criadoras de gas. El agua y alimento fueron ofrecidos *ad libitum*. Se utilizaron dos etapas de dieta: iniciación (del día 1 hasta el 21) y finalización (del día 22 hasta el 42). Las dietas fueron isoproteicas e isoenergéticas (Tabla 1), de acuerdo con los requerimientos establecidos por la NRC (1994).

**Tabla 1.** Composición química e ingredientes en las dietas de los pollos en estudio

Parámetro	Etapa de alimentación	
	Iniciación <sup>1</sup>	Finalización <sup>2</sup>
	%	
Proteína	25.33	23.64
Grasa	2.31	3.28
Humedad	5.78	5.42
Cenizas	6.12	9.08
Maíz molido	50.31	58.42
Pasta de soya	43.26	35.26
Premezcla comercial de vitaminas y minerales	1.09	1.25
Carbonato de calcio	1.49	1.95
Fosfato dicálcico	1.81	0.36
Sal	0.57	0.60
Metionina sintética	0.17	0.08
Aceite vegetal	1.29	2.08

<sup>1</sup> Dieta ofrecida del día 1 al 21. <sup>2</sup> Dieta ofrecida del día 22 al 42.

### Muestreo

El día 29 se seleccionaron al azar 55 aves por tratamiento (cinco por repetición), las que fueron pesadas y sacrificadas según la NOM-ZOO-033-1995

(SAGARPA, 1997). De cada animal se extrajeron ambos ciegos y se mantuvieron a una temperatura entre 1 °C y 10 °C hasta su análisis microbiológico. Este mismo procedimiento fue realizado con las aves restantes el día 42.

#### Rendimiento al sacrificio y calidad de la canal

Para determinar el rendimiento al sacrificio se determinó peso vivo, peso de la canal caliente y el de órganos, patas, cabeza, plumas y sangre de cada una de las aves. Para determinar la calidad de la canal se diseccionó y se pesó el contenido de músculo, hueso, piel y grasa dentro de la canal de cada ave. También se registró el peso de la pechuga debido a que comercialmente es una pieza muy cotizada. Estas medidas fueron expresadas como porcentaje de rendimiento (%) con base en el peso de la canal.

#### Propiedades fisicoquímicas de la carne

A 44 pechugas y 44 piernas (11 por tratamiento obtenidas al azar) se les evaluó por triplicado el color, pH y la capacidad de retención de agua (CRA). El primero se determinó mediante un potenciómetro con electrodo mecánico de punta Modelo 101 (Sentron Integrated Sensor® Technology). La segunda se obtuvo de acuerdo a la técnica descrita por Owen et al. (1982), en la que 0.3 g de carne son compactados bajo un peso de 5 kg por 10 min y se calculó a partir de la diferencia de peso antes y después de la presión expresada en porcentaje. El color fue evaluado con un espectrofotómetro Minolta® CM-2002, por medio de la escala L\*, a\* y b\*: luminosidad, tendencia al rojo y al amarillo, respectivamente (Qiao et al., 2002).

#### Conteos microbiológicos

El contenido de ambos ciegos en cada ave, fue mezclado y posteriormente diluido a 1:10 en diluyente estéril (Maximum recovery diluent (MRD), CM0733, Oxoid®, Basingstoke, RU). De esta dilución primaria, se elaboraron seis diluciones seriadas y se inoculó cada una por duplicado en agar cuenta en placa (PCA, Oxoid®) para conteo total de microorganismos, agar Carbón Cefoperazona Desoxicolato Modificado para *Campylobacter* spp. (McCDA, Oxoid®) y agar McConkey para *Salmonella* spp. (Oxoid®).

**Las temperaturas y tiempos de incubación fueron:** para PCA, aerobiosis a 30 °C por 72 h; McCDA, microaerobiosis a 42 °C por 48 h y para agar McConkey aerobiosis a 35 °C por 24 h. Los resultados fueron obtenidos por conteo en placa y expresados en UFC/g de heces.

#### Diseño experimental y análisis estadístico

Se utilizó un diseño completamente al azar en el que los datos se sometieron a un modelo lineal general univariado, evaluado por medio de análisis de varianza (ANDEVA) y análisis multivariado (MANDEVA) mediante procedimiento PROC GLM del programa SAS 9.1® (2004). De manera previa al análisis estadístico, las medidas de pH fueron convertidas a antilogaritmo y los conteos microbianos (UFC/mL) a logaritmo base 10. Cuando el ANDEVA fue significativo se les aplicó una prueba de medias de rango múltiple por el método de Tukey.

## RESULTADOS

#### Rendimiento al sacrificio

No se observaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) en el peso vivo (Tabla 2), donde los tratamientos 3 (200 p.p.m.) y 2 (100 p.p.m.) fueron los que alcanzaron mayor y menor peso al sacrificio, respectivamente. Tampoco se observaron diferencias significativas en el peso de sangre, plumas, cabeza y patas ( $P>0.05$ ) ni en el peso de órganos y canal caliente ( $P>0.05$ ). El peso más elevado de sangre, patas y órganos fue en el T2 (100 p.p.m.), lo cual impactó directamente sobre el rendimiento de la canal (74.87%).

**Tabla 2.** Rendimiento al sacrificio de pollos alimentados con aceite esencial de orégano

Parámetro	Tratamientos			
	T1 n= 100	T2 n= 100	T3 n= 100	T4 n= 100
	Media ± Desviación estándar <sup>a</sup>			
Peso vivo <sup>1</sup>	2086.2 49.3	2039.5 49.3	2148.8 49.3	2074.0 49.3
Sangre <sup>2</sup>	3.86 0.0 <sup>1</sup>	4.26 0.01	4.10 0.01	3.97 0.01
Pluma <sup>2</sup>	3.76 0.01	3.65 0.01	3.55 0.01	3.80 0.01
Cabeza <sup>2</sup>	2.69 0.01	2.39 0.01	2.70 0.01	2.49 0.01
Patatas <sup>2</sup>	4.19 0.01	4.20 0.01	4.05 0.01	3.95 0.01
Órganos <sup>2</sup>	9.70 0.01	9.97 0.01	9.87 0.01	9.91 0.01
Canal caliente <sup>2</sup>	75.12 0.01	74.87 0.01	75.87 0.01	75.13 0.01

Valores en la misma línea con literales diferentes: muestran diferencia estadística  $P<0.05$  <sup>1</sup> gramos. <sup>2</sup> Rendimiento expresado en porcentaje (%). T1= 0 p.p.m., T2= 100 p.p.m., T3= 200 p.p.m. y T4= 400 p.p.m.

### Rendimiento de la canal

En la Tabla 3 puede observarse que las variables de rendimiento de la canal no presentaron diferencias significativas ( $P>0.05$ ). El T1 (0 p.p.m.) tuvo el mayor porcentaje de músculo y pechuga, mientras que el T4 (400 p.p.m.) y el T2 (100 p.p.m.) obtuvieron los menores porcentajes en las mismas variables. El T3 (200 p.p.m.) fue el que presentó el menor porcentaje de hueso, piel y grasa. Como ya se mencionó, el T2 (100 p.p.m.) registró el rendimiento de canal caliente más bajo, así como el de menor rendimiento de la pechuga.

**Tabla 3.** Rendimiento de la canal de pollos alimentados con aceite esencial de orégano

Parámetro	Tratamientos			
	T1 n= 100	T2 n= 100	T3 n= 100	T4 n= 100
	%			
Tejido magro <sup>1</sup>	62.30 ± 0.01 <sup>a</sup>	60.20 ± 0.01 <sup>a</sup>	60.97 ± 0.01 <sup>a</sup>	58.73 ± 0.01 <sup>a</sup>
Hueso <sup>1</sup>	26.10 ± 0.01 <sup>a</sup>	26.78 ± 0.01 <sup>a</sup>	25.68 ± 0.01 <sup>a</sup>	28.71 ± 0.01 <sup>a</sup>
Piel y grasa <sup>1</sup>	11.23 ± 0.01 <sup>a</sup>	11.71 ± 0.01 <sup>a</sup>	10.83 ± 0.01 <sup>a</sup>	11.64 ± 0.01 <sup>a</sup>
Pechuga <sup>1</sup>	35.80 ± 0.01 <sup>a</sup>	34.66 ± 0.01 <sup>a</sup>	35.05 ± 0.01 <sup>a</sup>	35.41 ± 0.01 <sup>a</sup>

Valores en la misma línea con literales diferentes: muestran diferencia estadística  $P<0.05$ . T1= 0 p.p.m., T2= 100 p.p.m., T3= 200 p.p.m. y T4= 400 p.p.m. 1 Rendimiento expresado en porcentaje.

### Propiedades fisicoquímicas

Los valores de pH, CRA y color no mostraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre tratamientos (Tabla 4). El pH de la pierna fue mayor que el de la pechuga en todos los tratamientos y en ambos casos el pH del T1 (0 p.p.m.) fue el más alto (5.98 y 5.82, respectivamente). El valor más bajo de CRA se observó en el T1 (0 p.p.m.), tanto para pierna como para pechuga. El T4 (400 ppm) obtuvo el menor valor de luminosidad en pierna y pechuga. Finalmente, en el T1 (pierna y pechuga) se reportaron los niveles más bajos y altos de  $a^*$  y  $b^*$ .

### Análisis microbiológico

En relación con el conteo total de UFC/g en heces (Tabla 5) de *Salmonella* spp. y *Campylobacter* spp., no se encontraron diferencias significativas ( $P>0.05$ ) entre los tratamientos. El conteo más alto de UFC/g de heces fue para *Salmonella* spp., en el T3 (200 p.p.m.); mientras que el más bajo fue el T4, con 400 p.p.m. El T2 (100 p.p.m.) registró el mayor conteo de UFC/g de heces para *Campylobacter* spp. Por otro lado, el T3 (200 p.p.m.) fue el menor. Finalmente, el

conteo total de microorganismos fue más bajo en el T2, con 100 p.p.m.

**Tabla 4.** Propiedades fisicoquímicas de carne de pollos alimentados con aceite esencial de orégano

Variable	T1 n= 44	T2 n= 44	T3 n= 44	T4 n= 44
	Media ± Desviación estándar <sup>a</sup>			
<b>Pechuga</b>				
pH	5.82 0.36	5.75 0.36	5.81 0.36	5.75 0.36
CRA (%)	54.97 0.01	56.24 0.01	55.20 0.01	59.27 0.01
L*	52.84 0.86	52.99 0.86	54.26 0.86	51.76 0.86
$a^*$	6.99 0.33	6.48 0.33	6.64 0.33	6.54 0.33
$b^*$	4.35 0.58	6.14 0.58	5.77 0.58	4.52 0.58
<b>Pierna</b>				
pH	5.98 0.37	5.90 0.37	5.96 0.37	5.93 0.37
CRA (%)	52.87 0.01	54.38 0.01	53.70 0.01	54.65 0.01
L*	51.06 0.85	51.86 0.85	51.83 0.85	50.64 0.85
$a^*$	2.59 0.34	2.06 0.34	2.41 0.34	2.35 0.34
$b^*$	6.10 0.57	7.30 0.57	7.94 0.57	7.40 0.57

Valores en la misma línea con literales diferentes: muestran diferencia significativa  $P>0.05$ . T1= 0 p.p.m., T2= 100 p.p.m., T3= 200 p.p.m. y T4= 400 p.p.m. CRA= capacidad de retención de agua. L\*= luminosidad,  $a^*$ = tendencia al rojo,  $b^*$ = tendencia al amarillo.

**Tabla 5.** Conteo de microorganismos recuperados del ciego de pollos alimentados con aceite esencial de orégano

Microorganismo	Conteo de microorganismos ( $\text{Log}_{10}$ UFC/g)			
	T1 n=	T2 n=	T3 n=	T4 n=
	Media ± Desviación estándar <sup>a</sup>			
<i>Salmonella</i> spp.	5.79 0.21	5.80 0.21	5.88 0.21	5.70 0.21
<i>Campylobacter</i> spp.	3.47 0.33	3.94 0.33	3.24 0.33	3.69 0.33
Conteo total	6.59 0.12	6.57 0.12	6.61 0.12	6.62 0.12

Valores en la misma línea con literales diferentes: muestran diferencia significativa  $P<0.05$ . T1= 0 p.p.m., T2= 100 p.p.m., T3= 200 p.p.m. y T4= 400 p.p.m.

## DISCUSIÓN

### Rendimiento al sacrificio

Los resultados obtenidos en el presente trabajo en cuanto a rendimiento al sacrificio, concuerdan con lo reportado en la literatura por otros autores, quienes no encontraron efecto significativo sobre el peso vivo al incluir aceites esenciales de orégano (Barreto et al., 2008; Symeon et al., 2009) y tomillo (Alfaig et al., 2013) en las dietas animales. El peso de los órganos no se afectó por la inclusión del AEO, lo que concuerda con otros estudios; Jang et al. (2007) no encontraron diferencias al haber incluido en la dieta de los pollos 25 y 50 p.p.m. de una mezcla comercial de aceites esenciales (CRINA®), de la misma forma que lo reportado por Hernández et al. (2004), quienes con 200 p.p.m. de una mezcla de extractos de orégano, canela y pimienta, tampoco encontraron diferencias entre los tratamientos.

### Rendimiento de la canal

El rendimiento de la canal no se afectó por la inclusión de los AEO, lo anterior concuerda con un estudio realizado por Hong et al. (2012), quienes mediante 125 p.p.m. de una mezcla de aceite esencial de orégano y anís en la alimentación de pollos de engorda no encontraron efecto sobre el rendimiento de la canal.

En este sentido, Najafi y Torki (2010) no encontraron diferencias significativas en los pesos de pechuga, muslos y piernas de los pollos alimentados con 200 mg/kg al incluir tres diferentes aceites esenciales (tomillo, canela y clavo). De la misma forma, Simsek et al. (2007) no reportaron diferencias en el peso de la pechuga cuando incluyeron 100, 200 y 400 p.p.m. de aceite de anís en el alimento de los pollos. Lo anterior pudiera deberse a que las dosis utilizadas no fueron lo suficientemente altas para modificar el rendimiento de las canales, ya que otros autores reportaron que la inclusión de 700 p.p.m. de aceite esencial de timo (Fotea et al., 2009) y 480 p.p.m. (Alçiçek et al., 2004) de una mezcla comercial de aceites esenciales (Herbromix™) mejoraron el rendimiento de la canal.

Como se puede observar, los datos reportados varían dependiendo de las concentraciones utilizadas de aceites; sin embargo, a la fecha se desconoce cómo se lleva a cabo el metabolismo del AEO en pollos y cómo impacta en los componentes de la canal.

### Propiedades fisicoquímicas

Con respecto al color, los resultados concuerdan



**Figura 1.** Se estudia el efecto del aceite esencial de orégano en el rendimiento y propiedades de la carne de pollo.

con lo reportado por Symeon et al. (2009) y Hong et al. (2012), quienes al utilizar 100 mg/kg de aceite de orégano observaron una tendencia no significativa de incremento del color amarillo ( $b^*$ ) de la carne ( $P > 0.05$ ); sin embargo, al aumentar la dosis a 250 mg/kg observaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en el valor de este parámetro. Este efecto podría asociarse al incremento de la dosis, lo que pudiera deberse a que los componentes del aceite se absorben en el intestino y se depositan en la carne (Papageorgio et al., 2003; Young et al., 2003; Yan et al., 2010). Este efecto se ha asociado al contenido de carotenoides del orégano (Young et al., 2003). Por otra parte y como se dijo anteriormente, es posible que el resto de las variables fisicoquímicas no se vieran afectadas debido a una rápida absorción y metabolización de los componentes de aceite después de la ingesta (Lee et al., 2004).

### Análisis microbiológico

Los resultados obtenidos en el presente trabajo concuerdan con lo reportado por Kirkpinar et al. (2011), quienes no encontraron diferencias significativas en el conteo de microorganismos aeróbicos totales en el ciego de pollos, en un estudio donde utilizaron 300 mg/kg de AEO en la dieta. De igual forma, Mountzouris et al. (2011) no encontraron diferencias significativas en el conteo de microorganismos aeróbicos y anaeróbicos presentes en el ciego de pollos alimentados con AEO, anís y cítricos esenciales (80, 125 y 250 mg/kg de alimento).

Por otra parte, Hong et al. (2012) reportaron que no hubo efecto en el conteo de *Salmonella* spp. y microorganismos totales en íleon de pollos después

de adicionar aceite de orégano y anís (125 p.p.m.) en la dieta. Los presentes resultados pudieran ser debidos a que la concentración alcanzada en el intestino no fue suficiente para inhibir a los microorganismos, ya que se ha reportado que los componentes de aceites esenciales son absorbidos después de la administración oral y posteriormente la mayoría de estos se metabolizan y eliminan rápidamente vía pulmonar o renal (Lee et al., 2004).

## CONCLUSIONES

El aceite esencial de orégano utilizado en concentraciones de 100, 200 y 400 p.p.m. no tuvo efecto

significativo sobre el rendimiento de la canal, la presencia de microorganismos entéricos ni las características fisicoquímicas de la carne (con excepción de pH y color). Por tanto, su uso en estos niveles y en dicha vía de administración no se recomienda en la alimentación de pollos de engorda. Sin embargo, se recomienda evaluar el efecto de dosis más elevadas de aceite esencial de orégano así como variar la relación de los componentes (timol/carvacrol) con el fin de determinar si este compuesto puede tener efecto sobre las características fisicoquímicas de la canal de pollos de engorda y la calidad de la carne de los mismos. Asimismo, es necesario investigar la eficiencia de diferentes vehículos de administración.

## LITERATURA CITADA

- ADAMS, M. R. Y MOSS, M. O. *Food Microbiology*. 3 ed. Reino Unido: RSC Publishing, 182-269, 2008.
- ALÇIÇEK, A. et al. The effect of a mixture of herbal essential oils, an organic acid or a probiotic on broiler performance. *South African Journal of Animal Science*, 34(4): 217-222, 2004.
- ALFAIG, E. et al. Effect probiotics and thyme essential oil on carcass parameters of broiler chickens. *Animal Science and Biotechnologies*, 46(2): 50-52, 2013.
- BARRETO, M. S. R. et al. Plant extracts used as growth promoters in broilers. *Brazilian Journal of Poultry Science*, 10(2): 109-115, 2008.
- BURT, S. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(2004): 223-253, 2004.
- CORRY, J. E. L. y ATABAY, H. I. Poultry as a source of *Campylobacter* and related organisms. *Journey of Applied Microbiology*, 90(S6): 96S-114S, 2001.
- FOTEA, L. et al. The effect of essential oil of thyme (*Thimus vulgaris*) on the quality of meat and carcasses of meat chicken broilers. *Lucrări Stiintifice*, 52(11): 408-410, 2009.
- GUTIÉRREZ CASTILLO, A. C. et al. Salmonelosis y campilobacteriosis, las zoonosis emergentes de mayor expansión en el mundo. *Veterinaria México*, 39(1): 81-90, 2008.
- HAKKINEN, M. et al. Prevalence of *Campylobacter* spp. in cattle in Finland and antimicrobial susceptibilities of bovine *Campylobacter jejuni* strains. *Applied and Environmental Microbiology*, 73(10): 3232-3238, 2007.
- HERNÁNDEZ, F. et al. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility and digestive organ size. *Poultry Science*, 83(2): 169-174, 2004.
- HILI, P. et al. Antimicrobial action of essential oils: the cinnamon oil. *Letters in Applied Microbiology*, 24(4): 269-275, 1997.
- HONG, J. C. et al. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livestock Science*, 144(3): 253-262, 2012.
- ISABEL, B. y SANTOS, Y. Effects of dietary organic acids and essential oils on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens. *The Journal of Applied Poultry Research*, 18(3): 472-476, 2009.
- JANG, I. S. et al. Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. *Animal Feed Science and Technology*, 134(3-4): 304-315, 2007.
- KIRKPINAR, F. et al. Effects of oregano and garlic essential oils on performance, carcass, organ and blood characteristics and intestinal microflora of broilers. *Livestock Science*, 137(1-3): 219-225, 2011.
- KOUTSOUMANIS, K. et al. Modelling the effectiveness of a natural antimicrobial on *Salmonella enteritidis* as a function of concentration, temperature and pH, using conductance measurements. *Journal of Applied Microbiology*, 84(6): 981-987, 1998.
- LAMBERT, R. J. W. et al. A study of the minimum inhibitory concentration and mode of action of oregano essential oil, thymol and carvacrol. *Journal of Applied Microbiology*, 91(3): 453-462, 2001.
- LEE, K. W. et al. Essential Oils in Broiler Nutrition. *International Journal of Poultry Science*, 3(12): 738-752, 2004.
- MEAD, P. S. et al. Food-related illness and death in the United States. *Emerging Infectious Diseases*, 5(5): 607-625, 1999.

- MENG, J. y DOYLE, M. P. Emerging and evolving microbial foodborne pathogens. *Bulletin de L'Institut Pasteur*, 96(3): 151-163, 1998.
- MOUNTZOURIS, K. C. et al. Assessment of a phytogetic feed additive effect on broiler growth performance, nutrient digestibility and caecal microflora composition. *Animal Feed Science and Technology*, 168(3-4): 223-231, 2011.
- NAJAFI, P. y TORKI, M. Performance, blood metabolites and immunocompetence of broiler chicks fed diets included essential oils of medicinal herbs. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(7): 1164-1168, 2010.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA Y DESARROLLO RURAL (SAGARPA). NOM-033-ZOO-1995, Sacrificio humanitario de los animales domésticos y silvestres. *Diario Oficial de la Federación*, 16 de julio de 1997.
- NRC (NATIONAL RESEARCH COUNCIL). *Nutrient requirements of poultry*. 9 ed. USA: National Academy Press, 1994.
- ORAL, N. et al. Effect of absorbent pads containing oregano essential oil on the shelf life extension of overwrap packed chicken drumsticks stored at four degrees Celsius. *Poultry Science*, 88(7): 1459-1465, 2009.
- OWEN, J. et al. *Manual de prácticas para cursos de tecnología de la carne*. México: Editorial Universidad Autónoma de Chihuahua, 1982.
- PAPAGEORGIOU, G. et al. Effect of dietary oregano oil and  $\alpha$ -tocopherol acetate supplementation on iron-induced lipid oxidation of turkey breast, thigh, liver and heart tissues. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 87(9-10): 324-335, 2003.
- QIAO, M. et al. The Relationship Between Raw Broiler Breast Meat Color and Composition. *Poultry Science*, 81(3): 422-427, 2002.
- SAS Institute. *SAS/STAT User's guide*. Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc., 2002.
- SIMSEK, U. G. et al. The effects of dietary antibiotic and anise oil supplementation on body weight, carcass characteristics and organoleptic analysis of meat in broilers. *Revue Méd. Vét.*, 158(10): 514-518, 2007.
- SKANDAMIS, P. N. y NYCHAS, G. J. E. Development and evaluation of a model predicting the survival of *Escherichia coli* O157:H7 NCTC 12900 in homemade eggplant salad at various temperatures, Phs, and oregano essential oil concentrations. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(4): 1646-1653, 2000.
- STERN, N. J. *Salmonella* species and *Campylobacter jejuni* cecal colonization model in broilers. *Poultry Science*, 87(11): 2399-2403, 2008.
- SYMEON, G. K. et al. Effect of dietary oregano essential oil supplementation for an extensive fattening period on growth performance and breast meat quality of female medium-growing broilers. *Canadian Journal of Animal Science*, 89, 331-334, 2009.
- TSIGARIDA, E. et al. Behaviour of *Listeria monocytogenes* and autochthonous flora on meat stored under aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging conditions with or without the presence of oregano essential oil at 5°C. *Journal of Applied Microbiology*, 89(6): 901-909, 2000.
- YAN, L. et al. Influence of essential oil supplementation and diets with different nutrient densities on growth performance, nutrient digestibility, blood characteristics, meat quality and fecal noxious gas content in grower-finisher pigs. *Livestock Science*, 128(1-3): 115-122, 2010.
- YOUNG, J. F. et al. Ascorbic Acid,  $\alpha$ -Tocopherol, and Oregano Supplements Reduce Stress-Induced Deterioration of Chicken Meat Quality. *Poultry Science*, 82(8): 1343-1351, 2003.