

Conservación de pechugas de pollo con aceite esencial de orégano mexicano

Conservation of chicken breasts with mexican oregano essential oil

Daniela D. Herrera-Balandrano¹, Damián Martínez-Rojas², Alejandro Isabel Luna-Maldonado², Guadalupe Gutiérrez-Soto², Carlos Alberto Hernández-Martínez², Ramón Silva-Vázquez³, Emmanuel Flores-Girón⁴, Armando Quintero-Ramos⁵ y Gerardo Méndez-Zamora^{2*}

¹ Institute of Agro-Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, 210014, China.

² Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco Villa s/n, Ex-Hacienda El Canadá, CP. 66050, General Escobedo, N.L., México.

³ Instituto Tecnológico de Parral, Av. Tecnológico 57, Colonia Centro, CP. 33850, Hidalgo del Parral, Chihuahua, México.

⁴ Universidad Autónoma Chapingo, Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Carr. Federal México-Texcoco Km 38.5, CP. 56230, Texcoco, Estado de México, México.

⁵ Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Ciencias Químicas, Circuito Universitario s/n, Campus Universitario #2, CP. 31125, Chihuahua, Chihuahua, México.

RESUMEN

Pechugas de pollo se marinaron sin y con aceite de orégano (AO) para evaluar su calidad durante 14 días a 4 °C. Los tratamientos fueron T1 = pechuga marinada sin AO, T2 = pechuga marinada con 2000 mg/kg AO y T3 = pechuga marinada con 4000 mg/kg AO. Las pechugas tratadas con AO presentaron los valores de pH más altos y bajos después de 1 y 7 días de almacenamiento, respectivamente. El T2 causó los valores más altos ($p < 0.05$) en luminosidad y el T3 la mayor ($p < 0.05$) pigmentación amarilla. El contenido de proteína presentó su valor máximo ($p < 0.05$) a los 14 días. Los tratamientos T1, T2 y T3 a los 14 días causaron los valores más altos ($p < 0.05$) de capacidad antioxidante, mesófilos, psicrótrofos y bacterias ácido lácticas. Estos tratamientos presentaron la menor ($p < 0.05$) carga de hongos y levaduras. La textura de las pechugas presentó los valores más bajos ($p < 0.05$) a los 14 días. Los tratamientos T2 y T3 mejoraron ($p < 0.05$) la aceptabilidad del olor global y olor a orégano a los 7 y 14 días, mientras que la dureza y aceptabilidad causada por el T2 fueron mejores ($p < 0.05$) a los 14 días. El AO puede ser usado a dosis de 2000 y 4000 mg/kg en el marinado de pechugas para conservar sus propiedades fisicoquímicas, contenido nutrimental, textura y aceptabilidad.

Palabras clave: antioxidante; bacterias lácticas; marinado; textura; sensorial.

ABSTRACT

Chicken breast was marinated with oregano oil (OO) to evaluate its quality over 14 days at 4 °C. Treatments were T1 = marinated chicken breast without OO, T2 = marinated chicken breast + 2000 mg/kg of OO, and T3 = marinated chicken breast + 4000 mg/kg of OO. Chicken breast with OO showed higher and lower ($p < 0.05$) values of pH after over 1 and 7 days, respectively. T2 had higher ($p < 0.05$) values on lightness and T3 the highest ($p < 0.05$) yellowness. Protein content showed the maximum ($p < 0.05$) value at 14 days. At

these days T1, T2 y T3 given higher ($p < 0.05$) values on antioxidant capacity, mesophilic, psychrophilic and lactic acid bacteria. These treatments obtained the lowest ($p < 0.05$) fungi and yeast number. Chicken breast texture presented the highest ($p < 0.05$) values at 14 d. T2 and T3 improved ($p < 0.05$) the acceptance of global odor and oregano odor at 7 and 14 d, while hardness and overall acceptability for T2 were the best ($p < 0.05$) at 14 d. Oregano oil can be used (2000 and 4000 g/kg) into chicken breast marinated to preserve their physicochemical traits, nutrient content, texture and acceptability.

Keywords: antioxidant; lactic bacteria; marinated; texture; sensory.

INTRODUCCIÓN

El marinado de la carne es una técnica culinaria usada para suavizar y mejorar el sabor y jugosidad de la carne de pollo, siendo el cloruro de sodio, polifosfatos y azúcar los ingredientes más importantes del marinado (Barbanti y Pasquini, 2005). El marinado es considerado un método para el control microbiológico en la carne de pollo (Piñón *et al.*, 2015). Sin embargo, el crecimiento de microorganismos en los productos cárnicos sigue siendo un problema en su conservación. Decker y Park (2010) indicaron que el desarrollo de productos cárnicos saludables puede ser disminuyendo sustancias no deseables o incrementando los niveles de componentes saludables en los productos. La utilización de componentes naturales obtenidos de hierbas, especias, frutas y vegetales ha permitido inhibir la oxidación de lípidos y favorecer la conservación del color y calidad general de productos cárnicos modificados (Hygreeva *et al.*, 2014; Pisoschi *et al.*, 2018). Los extractos y aceites esenciales (AEs) de hierbas y especias son conocidas por su capacidad antioxidante, antimicrobiana y antifúngica en los alimentos, propiedades conferidas por la presencia de componentes bioactivos como flavonoides, terpenoides, vitaminas, minerales y carotenos.

*Autor para correspondencia: Gerardo Méndez-Zamora
Correo electrónico: gerardo.mendezm@uanl.edu.mx

Recibido: 12 de septiembre de 2019

Aceptado: 28 de enero de 2020

tenoides. Estas propiedades han sido identificadas en los AEs de orégano, romero, clavo, tomillo y limón. El aceite esencial de orégano (AO) es conocido por su actividad antibacteriana debida a su contenido de timol y carvacrol, propiciando su uso para el control microbiológico en productos cárnicos, ya sea solo o como ingrediente de la solución de marinado. Los principales constituyentes del AO de especies mexicanas incluyen al carvacrol, timol β -mirceno, α -terpineno, γ -terpineno, *p*-cimenol y ceneol (Vazquez y Dunford, 2005; Silva-Vazquez *et al.*, 2017). El AO se ha utilizado en la suplementación de dietas de pollo de engorda con la finalidad de evaluar sus efectos en la producción y calidad de la carne, encontrando mejoras en la textura y atributos sensoriales de la carne (Méndez-Zamora *et al.*, 2017; Silva-Vázquez *et al.*, 2018; Cázares-Gallegos *et al.*, 2019; Hernández-Coronado *et al.*, 2019; Sánchez-Zamora *et al.*, 2019). Es muy probable que el AO como componente del marinado cause efectos similares en la carne de pollo. Los efectos del marinado sin y con AO en la calidad microbiológica de pechugas de pollo ya han sido estudiados, aunque de manera escasa.

El objetivo de esta investigación fue usar el aceite de orégano *Lippia berlandieri* Schauer en el proceso de marinado como una estrategia de conservación de pechuga de pollo durante el almacenamiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño experimental

Un diseño completamente al azar de tres tratamientos fue aplicado en pechugas marinadas sin y con AO *Lippia berlandieri* Schauer; T1 = pechuga marinada sin AO, T2 = pechuga marinada con 2000 mg/kg AO y T3 = pechuga marinada con 4000 mg/kg AO. Cada tratamiento constó 9 kg de carne de pechugas deshuesadas, de los cuales se consideraron dos muestreos (réplicas) de 1.5 kg de carne (375 g de carne por pechuga deshuesada) en cada periodo de evaluación (1, 7 y 14 d). El AO fue adquirido de la empresa Natural Solutions (Jiménez, Chihuahua, Chih., México), mientras que las pechugas de pollo fueron adquiridas de una tienda comercial con 12 h post mortem, las cuales fueron deshuesadas antes de someterlas a cada tratamiento.

Preparación del AO emulsificado y solución marinada

Emulsificante Tween 20 fue usado para emulsificar el AO (AO:Emulsificante) y así incorporarlo en la solución de marinado. El establecimiento de las dosis del AO emulsificado fue con base en la norma general para los aditivos alimentarios (CODEX STAN 192-1995; revisión 2019) para que los límites permitidos de Tween 20 no superaran el límite máximo (5000 mg/kg) en productos cárnicos, de aves de corral y caza elaborados, en piezas enteras o en cortes (número 08.2). La relación AO:Emulsificante fue 50:50 y se determinó evaluando durante 20 días la estabilidad de la emulsión en agua destilada. La emulsión se consideró inestable cuando se observó una capa cremosa-aceitosa o gotas dispersas (Van Haute *et al.*, 2016). El AO emulsionado se incorporó en la salmuera (11 L:9 kg carne por tratamiento), la cual estuvo

compuesta por 10 % (p/v) de NaCl y 2 % (p/v) de ácido láctico en agua desionizada (Van Haute *et al.*, 2016). El marinado de las pechugas se efectuó por 12 h a 4 °C. Posteriormente, las pechugas se escurrieron, empacaron en bolsas Ziploc® con cierre hermético y se almacenaron a 4 °C. Las pechugas se evaluaron después de 1, 7 y 14 días de almacenamiento.

Rendimiento de marinado (RM)

El RM (expresado en g/100 g) fue determinado con todas las pechugas después de 12 h de marinado, de acuerdo a Van Haute *et al.* (2016), considerando la masa de solución de marinada retenida por las pechugas después de ser escurridas, pesando la muestra antes y después de 12 h de inmersión. La siguiente fórmula fue utilizada: $RM = ((masa_{después} - masa_{antes}) / masa_{antes}) \times 100$. En la cual $masa_{antes}$: masa de la muestra antes de la inmersión de la carne en la solución de marinado, $masa_{después}$: masa de la muestra después de la inmersión de la carne en la solución de marinado.

Análisis fisicoquímicos

En cuatro pechugas crudas se evaluó el pH, la capacidad de retención de agua (CRA) y variables de color (L^* , a^* y b^*) por duplicado. El pH se determinó con un potenciómetro con electrodo de punción (Hanna Instruments HI99163, Woonsocket, RI, USA), insertando el electrodo directamente en la carne. La CRA fue medida de acuerdo a Tsai y Ockerman (1981) y Méndez-Zamora *et al.* (2015). Esta medición consistió en colocar aproximadamente 0.3 g de pechuga entre dos papeles filtro y luego entre dos placas plexiglás de acrílico (12 x 12 cm), aplicando una fuerza de 4.0 kg durante 20 min. Los líquidos liberados se impregnaron en el papel representaron el agua libre del músculo. Para el cálculo de la CRA (%), las siguientes fórmulas fueron empleadas: % agua libre = $[(P_i - P_f) / P_i] \times 100$; $CRA = 100 - \% \text{ agua libre}$. Donde P_i es el peso inicial (0.3 g) y P_f peso final de la muestra. El color fue determinado sobre la superficie externa del músculo *pectoralis major*, con un colorímetro Minolta Chroma Meter 2002 (Konica Minolta Holdings, CR-400/410, Inc., Tokyo, Japón), con base al sistema CIE Lab (CIE, 1976); L^* representa luminosidad, a^* tendencia al rojo y b^* tendencia al amarillo. Estos parámetros fueron usados para calcular el cambio de color total (ΔCT) y el índice de coloración (IC) de acuerdo a Bozkurt y Bayram (2006) y Ledesma *et al.* (2016). La composición química proximal (humedad, proteína, grasa y cenizas) de la pechuga fue determinada por duplicado de acuerdo a los métodos de la AOAC (1998).

Pérdida por cocción y análisis de textura

La preparación de las pechugas para la determinación de la pérdida por cocción (PC) y el análisis de textura (fuerza de corte y perfil de textura) se realizó de acuerdo a Sánchez-Zamora *et al.* (2019). Las pechugas deshuesadas fueron empacadas al vacío y cocidas en agua caliente a 75 ± 0.1 °C durante 1 h. Después, las muestras fueron enfriadas en agua a 4 °C por 20 min y enseguida se almacenaron en refrigeración durante 12 h para su análisis. Para la PC, las piezas

se removieron de las bolsas y se escurrieron cuidadosamente antes de registrar el peso de cocido. El peso fresco y cocido de cada músculo fueron registrados para evaluar la PC [% PC = ((peso pieza fresca - peso pieza cocida) / peso pieza fresca) * 100]. La fuerza de corte (FC) y el análisis del perfil de textura (APT) fueron realizados en un texturómetro (TA.XT2i Stable Micro Systems Serrey, England). La FC se determinó en ocho rectángulos de pechuga de 3.5 x 1.0 x 1.0 cm, adaptando una navaja Warner-Bratzler al texturómetro. Los cortes se hicieron de manera paralela a la dirección de las fibras musculares. Las condiciones establecidas en el equipo fueron velocidad de 2 mm s⁻¹ en pre-prueba, 2 mm s⁻¹ en prueba, 10 mm s⁻¹ en post-prueba y una distancia de 30 mm. El valor de FC (g) fue tomado del punto máximo de la curva obtenida con la prueba. El APT se realizó en ocho cilindros de 1.5 cm de alto y 2.5 cm de diámetro, obtenidos mediante un sacabocados de manera perpendicular a la dirección de las fibras musculares. Un pistón cilíndrico fue usado para comprimir la muestra durante dos ciclos de prueba, comprimiendo la muestra 60 % de la altura original a un intervalo de 5 s entre los ciclos de compresión. Se obtuvieron curvas de deformación fuerza-tiempo a velocidades de pre-prueba, prueba y post-prueba de 1.0 mm s⁻¹, 5.0 mm s⁻¹ y 5.0 mm s⁻¹, respectivamente, obteniendo los parámetros dureza (Dur; g), adhesividad (Adh; g s), elasticidad (Elast; mm), cohesividad (Cohes), gomosidad (Gom; g) y masticabilidad (Mast; g mm) indicados por Bourne (1978) y Sánchez-Zamora *et al.* (2019).

Capacidad antioxidante y análisis microbiológico

La capacidad antioxidante (CA) fue determinada con base en la actividad del radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH) de acuerdo a Manhiani *et al.* (2013) con algunas modificaciones. Se tomaron muestras de 50 g y se diluyeron 1:20 (p/v) en etanol. Se mezclaron 50 µl de las muestras con 1 ml de la solución de DPPH (25 µg/ml). La reacción se incubó a 25 °C por 20 min en obscuridad. Posteriormente, se evaluó la absorbancia en un espectrofotómetro (Shimadzu UV-VIS 1800, Japón) a 517 nm.

El conteo microbiano se realizó de acuerdo a las normas NOM-092-SSA1 (1994), NOM-110-SSA1 (1994) y NOM-111-SSA1 (1994) con ligeras modificaciones. Las muestras fueron preparadas en una dilución 1:10 (p/v) en agua peptonada estéril en 0.1% (pH = 6.5). Las diluciones fueron sembradas en placa, tomando 1 ml de cada una y agregando aproximadamente 15 ml del medio correspondiente. El recuento de mesófilos y psicrótrofos totales fue realizado en agar cuenta estándar (peptona de caseína: 5.0 g, dextrosa: 1.0 g, extracto de levadura: 2.5 g, agar bacteriológico: 15.0 g). Después, las placas fueron incubadas por 24 h a 37 °C para mesófilos y a 4 °C para psicrótrofos. El conteo de bacterias ácido lácticas (BAL) se realizó en el medio MRS, incubando las placas a 37 °C por 24 h. El medio papa dextrosa agar (infusión de papa a partir de 200 g: 4 g, dextrosa: 20 g, agar: 15 g) fue utilizado para el conteo de hongos y levaduras (HyL). El medio fue modificado con ácido tartárico al 10%, incubando las placas a 37 °C de 24 a 48 h. Los medios de cultivos fueron

adquiridos de la casa comercial Laboratorios CONDA SA (Torrejón de Ardoz, Madrid, España).

Evaluación sensorial

La carne de pechuga fue empacada al vacío, cocinada a 75 °C por 1.5 h, pre-enfriada en agua fría a 4 °C en 20 min y almacenada durante 12 h a 4 °C. La carne fue sometida a una evaluación sensorial afectiva por atributos por 30 consumidores. Cada consumidor recibió aleatoriamente dos cubos de pechuga (4 °C) de 2 cm por lado, colocados en platos de plástico codificados con tres dígitos aleatorios. Los atributos evaluados fueron aroma, olor a orégano, textura y aceptabilidad global. Una escala hedónica de 7 puntos fue usada para la evaluación, donde 7 indicó me gusta mucho, 6 me gusta, 5 me gusta ligeramente, 4 ni me gusta ni me disgusta, 3 me disgusta ligeramente, 2 me disgusta y 1 me disgusta mucho (Anzaldúa-Morales, 1994; Meilgaard *et al.*, 2006).

Análisis estadístico

Un análisis de varianza fue realizado con el procedimiento GLM de SAS (2006) considerando el siguiente modelo estadístico; $y_{ijk} = \mu + T_i + \delta_j + (T\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$; donde: y_{ijk} = variables fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas evaluadas a través del tiempo; μ = media general; T_i = efecto del i-ésimo tratamiento; δ_j = efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); $(T\delta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día; ϵ_{ijk} = error aleatorio distribuido en forma normal con media cero y varianza σ^2 [$\epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2)$]. Un nivel de significancia de 0.05 fue utilizado para encontrar diferencia significativa de las medias de mínimos cuadrados con la instrucción adjust = tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de marinado (RM)

El RM no fue afectado ($p = 0.4823$) por los niveles de AO (T2 y T3) usados en el marinado de las pechugas de pollo. Similarmente, Van Haute *et al.* (2016) no encontraron efecto en el rendimiento de marinado cuando usaron aceites esenciales (*Oreganum compactum*, *Cinnamomum zeylanicum* y *Thymus zygis* ct) en filetes de pechuga de pollo. Ellos indicaron que no todos los componentes son transferidos en el mismo nivel en la matriz alimenticia, por lo que inferimos que no toda la concentración de AO fue transferido a la carne durante el marinado.

Variables fisicoquímicas

Los resultados de las variables fisicoquímicas evaluadas en las pechugas de pollo crudas marinadas con aceite esencial de orégano (AO) se muestran en la Tabla 1. El pH, CRA, a* y ángulo Hue (tono) fueron afectados estadísticamente ($p < 0.05$) por la interacción entre la solución de marinado y los días de almacenamiento [$(T\delta)_{ij}$], mientras que L*, b* y ΔCT presentaron efecto ($p < 0.05$) por los tratamientos (T_i) y los días (δ_j) de almacenamiento ($p < 0.05$). El IC no fue afectado ($p > 0.05$) por los factores probados. En un estudio

Tabla 1. Variables fisicoquímicas evaluadas en las pechugas de pollo crudas marinadas con aceite de orégano.**Table 1.** Physicochemical variables evaluated on raw broilers breast marinated with oregano oil.

Días/ Trat ¹	pH	CRA (%)	Color ²						
			L*	a*	b*	Hue	Chroma	ΔCT	IC
Día 1									
T1	5.95 ^A	63.75 ^{cB}	55.67 ^{ab}	9.57 ^{aA}	12.45 ^c	51.08 ^{bC}	16.01	40.72 ^a	37.52
T2	6.05 ^A	69.17 ^{bAB}	56.94 ^a	10.19 ^{aA}	12.72 ^b	51.44 ^{bC}	16.33	39.74 ^b	38.44
T3	5.85 ^{AB}	77.96 ^{aAB}	56.12 ^a	8.35 ^{bAB}	13.55 ^a	58.50 ^{aB}	15.94	40.24 ^a	38.35
Día 7									
T1	5.77 ^B	63.49 ^{cB}	55.43 ^b	8.36 ^{aAB}	13.18 ^c	57.96 ^{cBC}	15.70	40.82 ^a	37.92
T2	5.72 ^B	73.89 ^{bAB}	56.36 ^a	6.35 ^{cC}	13.39 ^b	64.37 ^{aAB}	14.84	39.59 ^b	35.07
T3	5.78 ^B	85.36 ^{aA}	55.27 ^b	8.04 ^{bAB}	15.26 ^a	62.34 ^{bAB}	17.38	41.43 ^a	42.63
Día 14									
T1	5.88 ^{AB}	69.86 ^{aAB}	57.48 ^b	8.89 ^{aAB}	12.06 ^c	53.70 ^{cBC}	14.99	38.75 ^a	34.63
T2	5.80 ^B	63.12 ^{bB}	60.13 ^a	6.49 ^{cC}	14.75 ^b	66.16 ^{aA}	16.13	36.42 ^b	35.70
T3	5.90 ^{AB}	63.13 ^{bB}	57.06 ^b	7.05 ^{bBC}	14.44 ^a	64.14 ^{bAB}	16.09	39.31 ^a	37.84
EEM	0.02	3.31	0.71	0.51	0.52	1.46	0.62	0.80	1.88
p-value									
T _i	0.5466	0.0060	0.0078	0.0069	0.0003	< 0.0001	0.1768	0.0209	0.0749
δ _j	< 0.0001	0.0189	< 0.0001	< 0.0001	0.0575	< 0.0001	0.7765	0.0004	0.2075
(Tδ) _{ij}	< 0.0001	0.0044	0.4872	0.0067	0.0661	0.0009	0.1006	0.6863	0.3295

¹ Tratamientos T1 = pechuga marinada control (sin aceite de orégano); T2 = pechuga marinada + 2000 mg/kg aceite de orégano; T3 = pechuga marinada + 4000 mg/kg aceite de orégano. EEM = error estándar de la media. T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)_{ij} = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

² CRA = capacidad de retención de agua; L* = luminosidad; a* = tendencia color rojo; b* = tendencia color amarillo; Hue = ángulo Hue; Chroma = índice de saturación; ΔCT = cambio de color total; IC = índice de coloración.

^{a-c} Medias (n = 8) dentro de la misma columna y para diferentes tratamientos en cada día con diferente superíndice difieren significativamente cuando el *p*-value de (Tδ)_{ij} < 0.05.

^{A-C} Medias (n = 8) en columnas y con diferente superíndice son diferentes significativamente (*p* < 0.05) en los días evaluados.

realizado por Petrou *et al.* (2012) en pechugas tratadas con 0.25% v/p de AO no encontraron efecto en el pH, pero si en L*, a* y b* a los 25 días. Los valores de L*, a* y b* fueron similares a los obtenidos para T2 y T3. Esto indica que el AO incorporado a la solución de marinado tiene el mismo efecto antioxidante y antimicrobiano que el ejercido por las atmósferas modificadas. Al día 1, el pH fue más alto y en el día 7 y 14 los más bajos. Este comportamiento en el tiempo puede ser atribuido al ácido láctico producido por el metabolismo de las bacterias ácido lácticas (BAL) (Chouliara *et al.*, 2007). En esta investigación los valores más altos de BAL fueron a los días 7 y 14 (Tabla 2).

La CRA fue más alta en T3 para los días 1 y 7, mientras que al día 14 fue la más baja que el tratamiento control (T1). Por el contrario, a* fue más baja en los tratamientos con AO (T2 y T3) a los días 1, 7 y 14. En el caso de ángulo Hue, T2 y T3 presentaron valores más bajos a los días 7 y 14. Similares comportamientos de pH, L*, a* y b* en el tiempo fueron observados por Zhang *et al.* (2016) en pechugas crudas fileteadas tratadas con 1% de extractos de romero y clavo a los 15 d. Así mismo en el estudio de Zhuang y Bowker (2016) sobre filetes de pechugas de pollo obtuvieron un pH, L* y

a* similares a los tratamientos T1 y T3. El comportamiento observado al día 7 de la presente investigación podría ser consecuencia del efecto inhibitorio de los compuestos antimicrobianos del AO (Zhang *et al.*, 2016). Chouliara *et al.* (2007) obtuvieron mejoras en L* y b* con el uso de 1% de AO en pechugas almacenadas a 4°C por 25 d, como ocurrió en esta investigación a los 14 d. Los resultados obtenidos en cuanto al ΔCT indican que el color fue incrementado por 4000 mg/kg de AO (T3) durante los 14 d de almacenamiento. Los valores obtenidos fueron cercanos a los de Ros-Polski *et al.* (2015). Por otra parte, los valores de CRA obtenidos por Méndez-Zamora *et al.* (2015) en carne de pechuga de pollos suplementados con AO (400 y 800 mg/kg) fueron menores a T1, T2 y T3. Esos autores (Méndez-Zamora *et al.*, 2015) encontraron mejor CRA con los niveles altos de AO. En estudios previos donde se ha investigado el efecto del marinado en la calidad de la pechuga de pollo no se ha reportado CRA. Los datos obtenidos en la presente investigación indican que la mejor retención de agua se observó al día 7, siendo la concentración de 4000 mg/kg de AO la que causó la máxima retención de agua, indicando un efecto positivo del AO en esta propiedad.

Tabla 2. Capacidad antioxidante y análisis microbiológico en las pechugas de pollo tratadas con aceite esencial de orégano.**Table 2.** Antioxidant capacity and microbial analysis on raw broilers breast tested with oregano essential oil.

Días/Trat ¹	CA (%)	Conteo microbiológico (UFC) ²			
		Mesófilos	Psicrótrofos	BAL	Hongos y levaduras
Día 1					
T1	1.30 ^{cE}	5.82 ^{aB}	5.93 ^a	5.63 ^{aB}	5.07 ^{aB}
T2	4.71 ^{bC}	5.09 ^{aB}	5.58 ^b	4.58 ^{bC}	5.12 ^{aB}
T3	8.52 ^{aA}	3.95 ^{bC}	5.40 ^b	4.54 ^{bC}	4.10 ^{bC}
Día 7					
T1	2.69 ^{cD}	7.34 ^{aB}	6.55 ^a	6.72 ^{aA}	5.75 ^{aA}
T2	7.63 ^{bB}	7.26 ^{aB}	6.38 ^{ab}	6.51 ^{aB}	5.28 ^{aAB}
T3	9.69 ^{aA}	6.87 ^{aB}	6.19 ^b	6.68 ^{aB}	4.10 ^{bC}
Día 14					
T1	3.32 ^{bD}	8.46 ^{aA}	7.59 ^a	7.06 ^{aA}	4.54 ^{bB}
T2	4.13 ^{aC}	8.35 ^{aA}	7.51 ^a	6.90 ^{aA}	4.90 ^{abB}
T3	4.17 ^{aC}	8.41 ^{aA}	7.43 ^a	7.12 ^{aA}	5.37 ^{aAB}
EEM	0.58	0.15	0.07	0.06	0.16
p-value					
T _i	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0002
δ _j	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.1189
(Tδ) _{ij}	0.0002	0.0004	0.1804	< 0.0001	< 0.0001

¹ Tratamientos T1 = pechuga marinada control (sin aceite de orégano); T2 = pechuga marinada + 2000 mg/kg aceite de orégano; T3 = pechuga marinada + 4000 mg/kg aceite de orégano. EEM = error estándar de la media. T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)_{ij} = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

² CA = capacidad antioxidante.

^{a-c} Medias (n = 6) dentro de la misma columna y para diferentes tratamientos en cada día con diferente superíndice difieren significativamente cuando el *p*-value de (Tδ)_{ij} < 0.05.

^{A-C} Medias (n = 6) en columnas y con diferente superíndice son diferentes significativamente (*p* < 0.05) en los días evaluados.

Capacidad antioxidante y análisis microbiológico

El efecto del aceite de orégano en el marinado sobre la capacidad antioxidante (CA) y los conteos microbiológicos a los 14 d se muestra en la Tabla 2. El efecto de la interacción entre los tratamientos y días de evaluación fue significativo (*p* < 0.05) sobre la CA. La CA del T3 fue mayor (*p* < 0.05) a los días 1, 7 y 14; aunque en general los valores de T1 fueron menores en el tiempo. Estos resultados indicaron que el AO mejora la CA de la carne de pechuga de pollo a los días 1, 7 y 14. Esto es debido a la capacidad del AO para interrumpir las cadenas de radicales libres al ofrecer hidrógeno de los grupos fenólicos del carvacrol y timol (Zhang *et al.*, 2016).

La interacción entre tratamientos y el tiempo tuvieron efecto muy significativo (*p* < 0.0001) sobre mesófilos, bacterias ácido lácticas (BAL) y hongos y levaduras (HyL) (Tabla 2). El conteo de mesófilos y BAL fueron altos a los días 14 y bajos al día 1. Lo trascendente fue que T3 (4000 mg/kg) presentó los valores más bajos y T1 los más altos en los días evaluados (1,

7 y 14). Asimismo, HyL fue mayor (*p* < 0.05) en T1 y T2 pero menor en T3. A los 14 d T3 presentó los conteos más altos de HyL. Los conteos de *Enterobacteriaceae* y levaduras a los 25 d en carne de pechuga de pollo realizados por Chouliara *et al.* (2007) incrementaron con 1% de AO a los 25 d, similares a T2 y T3 en BAL y HyL. Estos resultados sugieren que el AO promueve los conteos de las BAL y HyL. Por otra parte, los psicrótrofos fueron diferentes (*p* < 0.05) al día 1 y 7; T1 (control) fue el más alto y T3 el más bajo.

El principal objetivo del marinado en los productos cárnicos ha sido mejorar la terneza, sabor, la sanidad y vida de anaquel debido a la inhibición del crecimiento microbiano, controlado por pH ácidos, sorbatos y benzoatos en el marinado (Björkroth, 2005). En este caso, el pH del AO podría contribuir con el control de las bacterias (conservador natural) y mejorar el desarrollo de las BAL. Zhang *et al.* (2016) obtuvieron un incremento de BAL y análisis TBARS a los 15 d. Estos autores indicaron que las BAL son las más resistentes

de las Gram positivas contra la acción antimicrobiana de los aceites esenciales por su habilidad ante el estrés osmótico, respuesta efectiva al eflujo de K^+ y su capacidad para generar ATP.

Pérdida por cocción (PC) y composición química de la carne

Las características fisicoquímicas de la carne son afectadas por el almacenamiento y los tratamientos térmicos usados durante su procesamiento. En la Tabla 3 se presenta la PC, pH y composición química de la carne de las pechugas. La PC fue diferente en el tiempo ($\delta_j < 0.0001$) y no entre los tratamientos ($T_i = 0.7103$); esta variable fue mayor al día 1. Esto indicó que la pérdida de exudados durante el cocimiento disminuye en el tiempo. Posiblemente el AO coadyuve en estos resultados al retardar los procesos de deterioro proteolítico de las fibras musculares. El pH fue afectado ($p < 0.05$) por los tratamientos en cada día evaluado. En el tiempo (1, 7 y 14 d) el pH se mostró menor en las pechugas tratadas con 4000 mg/kg (T3). Además, el pH de las pechugas marinadas con

2000 mg/kg (T2) no fue diferente ($p > 0.05$) del tratamiento control (T1) en el tiempo. Estos resultados indicaron que el AO disminuye el pH debido a que éste es ácido 4.49 ± 0.05 (Perales-Jasso *et al.*, 2018).

Por otra parte, el efecto de la interacción entre los tratamientos y tiempo fue significativo ($p < 0.05$) sobre la humedad, grasa y cenizas. Al día 1 y 7 el contenido de humedad y grasa fueron mayores en T1 y menores en T2; mientras que T3 fue el más alto en estas variables al día 14. En general el % cenizas fue el más alto en T1 a los días 1, 7 y 14. La composición química de la carne de pechuga de pollo marinada (Barbanti y Pasquini, 2005) fue similar en humedad, proteína y grasa al T1 y T3 del día 14. Un marinado modifica la composición de la carne debido a la pérdida de agua por evaporación, fundido de la grasa y pérdida de proteínas solubles (Barbanti y Pasquini, 2005). Esto ocurrió en los tratamientos con AO (T2 y T3) porque disminuyeron el % humedad y aumentaron el % proteína al día 14. Valores similares a los de T2 y T3 en humedad, grasa y ceniza fueron obtenidos en el estudio de Méndez-Zamora *et al.* (2015) en pechuga de pollo

Tabla 3. Análisis de la carne cocida y composición química de las pechugas de pollo marinadas con aceite de orégano.

Table 3. Analysis of cooked meat and chemical composition of broilers breast marinated with oregano oil.

Días/ Trat ¹	PC (%)	pH	Composición carne (%)				
			Humedad	Proteína	Grasa	Cenizas	CaT
Día 1							
T1	11.86	6.13 ^a	76.95 ^{aA}	17.14	0.84 ^{aA}	4.03 ^{aA}	1.15
T2	11.61	6.12 ^a	76.74 ^{aB}	18.05	0.64 ^{bB}	3.69 ^{bB}	0.89
T3	13.35	6.07 ^b	76.78 ^{aB}	17.47	0.64 ^{bB}	3.73 ^{bB}	1.59
Día 7							
T1	7.08	5.97 ^a	76.30 ^{aB}	17.86	0.89 ^{aA}	3.74 ^{aB}	1.21
T2	6.93	6.02 ^a	76.61 ^{aB}	17.98	0.90 ^{aA}	3.45 ^{bC}	1.06
T3	7.40	5.92 ^b	75.76 ^{bC}	18.15	0.80 ^{aA}	3.26 ^{aD}	2.05
Día 14							
T1	6.08	6.03 ^a	75.53 ^{aC}	18.42	0.87 ^{abA}	3.74 ^{aB}	1.46
T2	6.53	6.02 ^a	74.72 ^{bD}	18.69	0.68 ^{bB}	3.57 ^{aB}	2.35
T3	5.02	5.98 ^b	75.51 ^{aC}	18.33	0.95 ^{aA}	3.39 ^{bC}	1.83
EEM	0.79	0.02	0.30	0.21	0.03	0.02	0.24
<i>p</i> -value							
T _i	0.7103	0.0010	< 0.0001	0.0907	0.0034	< 0.0001	0.0533
δ _j	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0017	0.0006	< 0.0001	0.0221
(Tδ) _{ij}	0.1524	0.3744	< 0.0001	0.3139	0.0018	0.0008	0.0672

¹ Tratamientos T1 = pechuga marinada control (sin aceite de orégano); T2 = pechuga marinada + 2000 mg/kg aceite de orégano; T3 = pechuga marinada + 4000 mg/kg aceite de orégano. EEM = error estándar de la media. T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); $(T\delta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

PC = pérdida por cocción; CaT = carbohidratos totales.

^{a-b} Medias (n = 8) dentro de la misma columna y para diferentes tratamientos en cada día con diferente superíndice difieren significativamente cuando el *p*-value de $(T\delta)_{ij} < 0.05$.

^{A-C} Medias (n = 8) en columnas y con diferente superíndice son diferentes significativamente ($p < 0.05$) en los días evaluados.

suplementados con AO en las dietas. Pero el contraste con estos autores fue en el contenido de proteína, atribuidos al marinado y solubilización de proteínas por efecto del NaCl de la solución marinada.

Análisis de textura

El análisis de la textura de los alimentos proporciona información del comportamiento estructural de los alimentos. Los parámetros de textura evaluados en las pechugas de pollo marinadas con AO se presentan en la Tabla 4. En general la interacción entre los tratamientos y el tiempo no fue significativa ($(T\delta)_{ij}$; $p > 0.05$) sobre las variables de textura. En el tiempo (δ_j) fueron influenciadas ($p > 0.05$) la Dur, Adh, Elast, Cohes y Mast. Los valores de estas variables disminuyeron al día 14, pero la Mast fue mayor al día 1. La FC y Gom no fueron afectadas ($p > 0.05$) por los factores evaluados. Estos resultados indicaron que la textura de la carne de pollo marinada con AO no es influenciada concentraciones de 2000 y 4000 mg/kg a los 14 días. Hasta el momento no existen estudios donde evalúen la textura de pechugas de pollo marinadas con AO. Sin embargo, en carne de pollo tratada con alta presión hidrostática y NaCl estudiada por Ros-Polski *et al.* (2015) obtuvieron resultados similares en Dur, Elast, Cohes, Gom y Mast. Esta similitud de resultados demuestra que el uso del

AO no afecta la textura de la carne cuando es almacenada. Así mismo, en otro estudio realizado por Dolores Romero de Ávila *et al.* (2014) en carne de pechuga obtuvieron resultados similares en Dur, Elast y Cohes al día 1, pero al día 14 estas variables se comportaron diferentes. En estudios recientes donde evaluaron AO desde 0.2 hasta 1.0 g/kg en dietas y agua de bebida (Cázares-Gallegos *et al.*, 2019; Hernández-Coronado *et al.*, 2019; Sánchez-Zamora *et al.*, 2019) sobre la textura de la carne han encontrado diferencias en FC, Dur, Cohes y Gom. En esos estudios postularon que la textura de la carne depende de la estructura miofibrilar y el contenido de agua. Esto indica que el marinado de carne de pechuga de pollo puede mejorar la penetración de las moléculas (agua y sales) en los espacios intersticios de la carne a un mismo nivel (RM no fue diferente entre los tratamientos), lo que se manifiesta en el efecto de la textura.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de las pechugas marinadas con AO se presenta en la Tabla 5. El olor global y olor a orégano se afectaron ($p < 0.05$) por la interacción entre tratamientos y días; esto no fue así ($p > 0.05$) en la dureza y aceptabilidad global. Durante el tiempo de almacenamiento los atributos sensoriales fueron diferentes ($p < 0.05$). El olor global y olor

Tabla 4. Fuerza de corte y análisis del perfil de textura de las pechugas de pollo marinadas con aceite esencial de orégano.

Table 4. Shear force and texture profile analysis of broilers breast marinated with oregano essential oil.

Días/ Trat ¹	Parámetros de textura ²						
	FC (g _f)	Dur (g)	Adh (g s ⁻¹)	Elast (mm)	Cohes	Gom (g)	Mast (g mm)
Día 1							
T1	714.63	7146.30	-2.16	0.68	0.37	2616.77	1956.31
T2	849.29	7546.07	-2.09	0.64	0.41	3100.63	1994.47
T3	727.14	7458.34	-2.39	0.63	0.36	2599.27	1816.76
$\mu \pm \varepsilon$	763.69 \pm 28.97	7383.57 ^A \pm 245.05	-2.21 ^A \pm 1.81	0.65 ^A \pm 0.10	0.38 ^A \pm 0.02	2772.22 \pm 177.45	1922.51 ^B \pm 172.18
Día 14							
T1	775.29	4879.56	-7.33	0.79	0.54	2782.78	2427.20
T2	832.90	5232.89	-13.78	0.82	0.57	3313.79	2503.84
T3	793.74	5039.44	-3.87	0.81	0.60	3072.19	2687.90
$\mu \pm \varepsilon$	800.64 \pm 28.97	550.63 ^B \pm 245.34	-8.23 ^B \pm 1.81	0.81 ^B \pm 0.01	0.57 ^B \pm 0.02	3056.25 \pm 177.45	2539.65 ^A \pm 172.18
EEM	50.08	423.83	3.14	0.02	0.03	306.99	297.37
<i>p</i> -value							
T_i	0.1380	0.6772	0.3137	0.8233	0.5021	0.2570	0.9762
δ_j	0.3740	< 0.0001	0.0218	< 0.0001	< 0.0001	0.2649	0.0162
$(T\delta)_{ij}$	0.6530	0.9833	0.2740	0.1812	0.3521	0.8603	0.7618

¹ Tratamientos T1 = pechuga marinada control (sin aceite de orégano); T2 = pechuga marinada + 2000 mg/kg aceite de orégano; T3 = pechuga marinada + 4000 mg/kg aceite de orégano. $\mu \pm \varepsilon$ = media global \pm error estándar; EEM = error estándar de la media. T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1 y 14 d); $(T\delta)_{ij}$ = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

² FC = fuerza de corte (g_f); Dur = dureza; Adh = adhesividad; Elast = elasticidad; Coh = cohesividad (adimensional); Gom = gomosidad; Mast = mastabilidad.

^{A-B} Medias (n = 8) en columnas y con diferente superíndice son diferentes significativamente ($p < 0.05$) en los días evaluados.

Tabla 5. Evaluación sensorial de las pechugas tratadas con aceite esencial de orégano.**Table 5.** Sensory evaluation of broilers breast tested with oregano essential oil.

Días/ Trat ¹	Olor global	Olor orégano	Dureza	Aceptabilidad global
Día 1				
T1	5.23 ^{aA}	4.70 ^{aB}	5.07 ^b	4.83 ^b
T2	4.90 ^{aAB}	4.60 ^{aB}	5.47 ^a	5.40 ^a
T3	4.83 ^{aB}	4.97 ^{aAB}	5.13 ^{ab}	4.57 ^b
Día 7				
T1	4.37 ^{ab}	3.93 ^{bC}	5.06 ^b	4.63 ^b
T2	5.07 ^{aAB}	5.33 ^{aA}	5.60 ^a	5.53 ^a
T3	4.97 ^{aAB}	5.07 ^{aAB}	5.17 ^b	5.23 ^b
Día 14				
T1	3.47 ^{bD}	2.57 ^{bD}	4.30 ^b	3.83 ^b
T2	4.70 ^{aB}	4.87 ^{aAB}	4.83 ^a	5.07 ^a
T3	4.70 ^{aB}	4.93 ^{aAB}	4.73 ^{ab}	4.77 ^b
EEM	0.25	0.29	0.24	0.23
<i>p</i> -value				
T _i	0.0190	< 0.0001	0.0445	< 0.0001
δ _j	0.0025	0.0072	0.0012	0.0092
(Tδ) _{ij}	0.0096	0.0003	0.9263	0.1259

¹ Tratamientos T1 = pechuga marinada control (sin aceite de orégano); T2 = pechuga marinada + 2000 mg/kg aceite de orégano; T3 = pechuga marinada + 4000 mg/kg aceite de orégano. EEM = error estándar de la media. T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1 y 14 d); (Tδ)_{ij} = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

T_i = efecto del i-esimo tratamiento; δ_j = efecto del j-esimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)_{ij} = efecto de la interacción entre el i-esimo tratamiento y el j-esimo día.

^{a-c} Medias (n = 30) dentro de la misma columna y para diferentes tratamientos en cada día con diferente superíndice difieren significativamente cuando el *p*-value de (Tδ)_{ij} < 0.05.

^{A-C} Medias (n = 30) en columnas y con diferente superíndice son diferentes significativamente (*p* < 0.05) en los días evaluados.

orégano de T2 y T3 presentaron la mejor aceptabilidad (*p* < 0.05) a los días 7 y 14. El T2 se aceptó (*p* < 0.05) más al día 7. La dureza y aceptabilidad global de T2 y T3 fueron mayores al día 7; no obstante, la aceptabilidad disminuyó en el tiempo (*p* < 0.05). Los extractos de especias en carne de pollo mejoran su olor y gusto a los 15 d, ya que inhiben el desarrollo microbiano, retardan la oxidación de lípidos y reducen la producción de amonio (proteólisis) (Zhang *et al.*, 2016). Esto explica la menor preferencia de T1 (sin AO) y la mayor aceptabilidad de T2 y T3. Lo que puede indicar que el AO en el marinado de pechugas de pollo puede retardar lipólisis, proteólisis (Hong *et al.*, 2012; Kirkpınar *et al.*, 2014); además de inhibir los microorganismos. Estos hallazgos son evidencia para indicar que el AO mejora el aroma y aceptabilidad de la carne marinada por efecto de sus compuestos fenólicos predominantes (carvacrol y timol).

CONCLUSIONES

El aceite de orégano en 2000 y 4000 mg/kg en el marinado de pechugas de pollo crudas no afectó el rendimiento de marinado, pero incrementaron la capacidad antioxidante a los 14 días. El color amarillo y el cambio de color total fueron mayores en 4000 mg/kg a los 14 días, pero esta dosis decreció la retención de agua, luminosidad, color rojo y tonalidad. Además, 2000 y 4000 mg/kg de aceite de orégano disminuyeron los conteos de mesófilos y psicrótrofos, aunque solo 4000 mg/kg aumentó las bacterias ácido lácticas y hongos-levaduras. En la carne cocida, el pH y cenizas fueron disminuidos por 4000 mg/kg, aunque este nivel aumentó la humedad y grasa. El aceite de orégano mejoró la aceptación sensorial de la carne y no afectaron la textura en el tiempo. Con los resultados de esta investigación, puede indicarse que el aceite esencial de orégano Mexicano *Lippia berlandieri* Schauer puede prolongar la vida anaquel de la pechuga de pollo. Esto también sugiere que el aceite de orégano se incorporado y evaluado en salmueras para inyección de carne.

REFERENCIAS

- Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Zaragoza: Acribia.
- AOAC. 1998. Official Methods of Analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Barbanti, D. y Pasquini, M. 2005. Influence of cooking conditions on cooking loss and tenderness of raw and marinated chicken breast meat. LWT-Food Science and Technology. 38: 895-901.
- Björkroth, J. 2005. Microbiological ecology of marinated meat products. Meat Science. 70: 477-480.
- Bourne, M.C. 1978. Texture profile analysis. Food Technology. 35(2): 62-66.
- Bozkurt, H. y Bayram, M. 2006. Colour and textural attributes of sucuk during ripening. Meat Science. 73(2): 344-350.
- Cázares-Gallegos, R., Silva-Vázquez, R., Hernández-Martínez, C.A., Gutiérrez-Soto, J.G., Kawa-Garza, J.R., Hume, M.E. y Méndez-Zamora, G. 2019. Performance, carcass variables, and meat quality in broilers supplemented with dietary Mexican oregano oil. Brazilian Journal of Poultry Science. 21: 1-10.
- Chouliara, E., Karatapanis, A., Savvaidis, I.N. y Kontominas, M.G. 2007. Combined effect of oregano essential oil and modified atmosphere packaging on shelf-life extension of fresh chicken breast meat, stored at 4 °C. Food Microbiology. 24: 607-617.
- CODEx STAN 192, Norma general para los aditivos alimentarios. Normas internacionales de los alimentos. Revisión 2019. [Consultado 6 septiembre del 2019] 1995. Disponible en: <http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/codex-texts/list-standards/es/>.
- Decker, E.A. y Park, Y. 2010. Healthier meat products as functional foods. Meat Science. 86(1): 49-55.
- Dolores Romero de Ávila, Isabel Cambero, M., Ordóñez, J.A., de la Hoz, L. y Herrero, A.M. 2014. Rheological behaviour of commercial cooked meat products evaluated by tensile test and texture profile analysis (TPA). Meat Science. 98: 310-315.
- Hernández-Coronado, A.C., Silva-Vázquez, R., Rangel-Nava, Z.E., Hernández-Martínez, C.A., Kawa-Garza, J.R., Hume, M.E. y

- Méndez-Zamora, G. 2019. Mexican oregano essential oils given in drinking water on performance, carcass traits, and meat quality of broilers. *Poultry Science*. 98: 3050-3058.
- Hong, J.C., Steiner, T., Aufy, A. y Lien, T.F. 2012. Effects of supplemental essential oil on growth performance, lipid metabolites and immunity, intestinal characteristics, microbiota and carcass traits in broilers. *Livestock Science*. 144: 253-262.
- Hygreeva, D., Pandey, M.C. y Radhakrishna, K. 2014. Potential applications of plant based derivatives as fat replacers, antioxidants and antimicrobials in fresh and processed meat products. *Meat Science*. 98: 47-57.
- Kirkpınar, F., Ünlü, B.H., Serdaroğlu, M. y Turp, Y.G. 2014. Effects of dietary oregano and garlic essential oils on carcass characteristics, meat composition, colour, pH and sensory quality of broiler meat. *British Poultry Science*. 55: 157-166.
- Ledesma, E., Laca, A., Rendueles, M. y Díaz, M. 2016. Texture, colour and optical characteristics of a meat product depending on smoking time and casing type. *LWT-Food Science and Technology*. 65: 164-172.
- Manhiani, P.S., Northcutt, J.K., Han, I., Bridges, W.C. y Dawson, P.L. 2013. Antioxidant activity of carnosine extracted from various poultry tissues. *Poultry Science*. 92: 444-453.
- Meilgaard, M., Civille, G.V. y Carr, T.B. 2006. Affective tests consumer tests and in-house panel acceptance tests. En: *Sensory evaluation techniques*. M. Meilgaard, G.V. Civille y T.B. Carr (ed.), cap. 12, pp 231-251. Boca Raton: CRC Press.
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J.A., Santellano-Estrada, E., Durán-Meléndez, L.A. y Silva-Vázquez, R. 2015. Aceite de orégano sobre la calidad de pechuga de pollos de engorda. *Investigación y Ciencia*. 65: 5-12.
- Méndez-Zamora, G., Durán-Meléndez, L.A., Hume, M.E. y Silva-Vázquez, R. 2017. Performance, blood parameters, and carcass yield of broiler chickens supplemented with Mexican oregano oil. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 46: 515-520.
- Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [Consultado 6 septiembre del 2019] 1994. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994, Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. [Consultado 6 septiembre del 2019] 1994. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.
- Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. [Consultado 6 septiembre del 2019] 1994. Disponible en: <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/consultasAction.do>.
- Perales-Jasso, Y.J., Gamez-Noyola, S.A., Aranda-Ruiz, J., Hernandez-Martinez, C.A., Gutierrez-Soto, G., Luna-Maldonado, A.I., Silva-Vazquez, R., Hume, M.E. y Mendez-Zamora, G. 2018. Oregano powder substitution and shelf life in pork chorizo using Mexican oregano essential oil. *Food Science & Nutrition*. 6: 1254-1260.
- Petrou, S., Tsiraki, M., Giatrakou, V. y Savvaidis, I.N. 2012. Chitosan dipping or oregano oil treatments, singly or combined on modified atmosphere packaged chicken breast meat. *International Journal of Food Microbiology*. 156: 264-271.
- Piñón, M.I., Alarcon-Rojo, A.D., Rentería, A.L., Méndez, G. y Vidales, J.H. 2015. Reduction of microorganisms in marinated poultry breast using oregano essential oil and power ultrasound. *Acta Alimentaria*. 44(4): 527-533.
- Pisoschi, A.M., Pop, A., Georgescu, C., Turcuş, V., Olah, N.K. y Mathe, E. 2018. An overview of natural antimicrobials role in food. *European Journal of Medicinal Chemistry*. 143: 922-935.
- Ros-Polski, V., Koutchma, T., Xue, J., Defelice, C. y Balamurugan, S. 2015. Effects of high hydrostatic pressure processing parameters and NaCl concentration on the physical properties, texture and quality of white chicken meat. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 30: 31-42.
- SAS Institute. 2006. Statistical Analysis System. Version 9.1.3. Cary, North Carolina.
- Sánchez-Zamora, N., Silva-Vázquez, R., Rangel-Nava, Z.E., Hernández-Martínez, C.A., Kawas-Garza, J.R., Hume, M.E., Herrera-Balandranos, D.D. y Méndez-Zamora, G. 2019. Inulina de agave y aceite de orégano mejoran la productividad de pollos de engorda. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*. 6(18): 523-534.
- Tsai, T.C. y Ockerman, H.W. 1981. Water binding measurement of meat. *Journal of Food Science*. 46(3): 697-701.
- Van Haute, S., Raes, K., Van der Meeren, P. y Samplers, I. 2016. The effect of cinnamon, oregano and thyme essential oils in marinade on the microbial shelf life of fish and meat products. *Food Control*. 68: 30-39.
- Vazquez, S.R. y Dunford, N.T. 2005. Bioactive Components of Mexican Oregano Oil as Affected by Moisture and Plant Maturity. *Journal Essential Oil Research*. 17: 668-671.
- Silva-Vazquez, R., Duran-Melendez, L.A., Mendez-Zamora, G., Estrada, E.S., Xie, M., Dunford, N.T. y Goad, C. 2017. Antioxidant activity of essential oils from various Mexican oregano ecotypes and oil fractions obtained by distillation. *JSM Chem*. 5(3): 1046.
- Silva-Vázquez, R., Duran-Melendez, L.A., Hernández-Martínez, C.A., Gutiérrez-Soto, J.G., Hume, M.E. y Méndez-Zamora, G. 2018. Effects of two sources of Mexican oregano oil on performance, blood profile, carcass variables, and meat of broilers. *Rev. Bras. Zootecn*. 47: 1-10.
- Zhang, H., Wu, J. y Xinyu, G. 2016. Effects of antimicrobial and antioxidant activities of spice extracts on raw chicken meat quality. *Food Science and Human Wellness*. 5: 39-48.
- Zhuang H., y Bowker, B. 2016. Effect of marination on lightness of broiler breast fillets varies with raw meat color attributes. *LWT-Food Science and Technology*. 69: 233-235.