

## Oregano essential oil as vinegar substitute in pork chorizo formulation

### El aceite esencial de orégano como sustituto del vinagre en la formulación de chorizo de puerco

Juan Carlos Charles Aviles<sup>1</sup>; Cristina G. González Garza<sup>1</sup>; Daniela D. Herrera Balandrano<sup>2</sup>; Carlos A. Hernández Martínez<sup>1</sup>; Guadalupe Gutiérrez Soto<sup>1</sup>; Ramón Silva Vázquez<sup>3</sup>; Michael E. Hume<sup>4</sup>; Gerardo Méndez Zamora<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Agronomía, Francisco I. Madero s/n, Ex Hacienda El Cañada. C.P. 66050, Escobedo, Nuevo León. México.

<sup>2</sup>Institute of Agro-Product Processing, Jiangsu Academy of Agricultural Sciences, Nanjing, 210014, China.

<sup>3</sup>Instituto Tecnológico de Parral. Tecnológico núm. 57, Tecnológico, C.P. 33850, Hidalgo del Parral, Chih.

<sup>4</sup>Southern Plains Agricultural Research Center, Food and Feed Safety Research Unit, College Station, Texas, USA \*Corresponding author: [mezage@hotmail.com](mailto:mezage@hotmail.com)

#### Abstract

The aim of this study was to compare two Mexican chorizo formulations (treatments) considering physicochemical, microbiological and sensorial attributes over 14 days in refrigeration. One formulation involved vinegar (T1= control chorizo + 2.4 % vinegar) and the other oregano essential oil (OEO; *Lippia berlandieri* Schauer) (T2= chorizo + 2.4 % OEO) as a substitute for vinegar. Both formulations were evaluated using a completely randomized experimental design. The effect of the interaction between treatments ( $T_i$ ) and days ( $\delta_j$ ) on pH, Hue and Chroma was highly significant ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P < 0.001$ ). T1 pH values were lower than those for T2 at 1, 7 and 14 d. Redness ( $a^*$ ) and total color change (TCA) values were different between treatments ( $T_i$ ;  $P < 0.05$ ), being higher in T1 than in T2 at 14 d. These results indicate that OEO as a substitute for vinegar reduces Hue and increases Chroma of the typical red color of Mexican chorizo. In general, OEO improved the preference for oregano aroma without changing overall acceptance. OEO represents an interesting alternative as a substitute for vinegar in Mexican chorizo formulation.

**Keywords:** Antioxidant, color, mesophiles, sensory, texture

#### Resumen

El objetivo de esta investigación fue comparar dos formulaciones (tratamientos) de chorizo mexicano (con vinagre y con AEO como sustituto del vinagre) al considerar los atributos físicoquímicos, microbiológicos y sensoriales durante 14 días en refrigeración. Una formulación involucró vinagre (T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre) y otra, aceite esencial de orégano (AEO, *Lippia berlandieri* Schauer) (T2 = chorizo + 2.4 % AEO) como sustituto del vinagre. Los dos tratamientos fueron involucrados en un diseño experimental completamente al azar. El efecto de la interacción de los tratamientos y el tiempo (días) sobre pH, Hue y Chroma fue muy significativo ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P < 0.001$ ). El pH fue menor en T1 que en T2 a los 1, 7 y 14 d. Color rojo ( $a^*$ ) y cambio de color total ( $\Delta CT$ ) fueron diferentes entre los tratamientos ( $T_i$ ;  $P < 0.05$ ); sus valores son mayores en T2 que en T1. Estos resultados indican que el AEO como sustituto del vinagre conserva el color rojo característico del chorizo. Los resultados de coloración indican que el aceite esencial de orégano reduce el tono (Hue) y aumenta la saturación (Chroma) del color rojo en el chorizo. En general, el aceite esencial de orégano mejoró la preferencia del olor a orégano sin cambiar la aceptabilidad global. El aceite esencial de orégano representa una alternativa para la sustitución del vinagre en la formulación de chorizo mexicano.

#### Palabras clave:

Antioxidante, color, mesófilos, sensorial, textura



## Introduction

Chorizo is a raw pork sausage produced in many Hispanic countries (Escartin, Castillo, Hinojosa-Puga, & Saldaña-Lozano, 1999; Mateo, Caro, Figueira, & Ramos, 2009). Chorizo is a fresh sausage, prepared from a mixture of minced pork and fat, to which salt, spices, paprika and pepper are added, with sometimes curing salts and sugar also included in the mix (Kuri, Madden, & Collins, 1995). In Mexico, chorizo is a popular traditional sausage made with lean pork (70-80 %) and dorsal fat (15-20 %), with a characteristic red color and seasoned with spices, salt, oregano powder and vinegar (Perales-Jasso et al., 2018).

Mexican chorizo is similar to Spanish chorizo, except that a controlled fermentation process using starter cultures is rarely used to acidify the Mexican-style version (Hajmeer, Basher, Hew, & Cliver, 2006a; Hajmeer, Basher, & Cliver, 2006b; González-Tenorio et al., 2013). Mexican chorizo is stuffed into natural or artificial casings, uncured (does not contain nitrites), fermented and smoked. Mexican chorizo is acidified with vinegar (Hew et al., 2006; González-Tenorio et al., 2013).

The chorizo sausage is 5 to 15 cm long (Kuri et al., 1995) and 2.5-3.0 to 4.0-5.0 cm in diameter, bright red with a distinctive aroma and is sold either fresh or after a period of ripening (Kuri et al., 1995; González-Tenorio et al., 2013). During preparation, acetic acid (white vinegar) is used to reduce the pH of the chorizo batter to 4.8 or 5.0 (Hajmeer, Basheer, & Cliver, 2005; Hew, Hajmeer, Farver, Glover, & Cliver, 2005; Hajmeer et al., 2006a, 2006b; Hew et al., 2006). In Mexico, vinegar is always used as a preservative in chorizo preparation (Perales-Jasso et al., 2018). Hajmeer et al. (2005) and Hew et al. (2005) reported that vinegar (acetic acid) and salt decrease bacterial levels to less than the initial bacterial load recorded in the ground pork.

Research carried out on chorizos by Gimeno, Ansorena, Astiasarán, and Bello, (2000); Porcella et al., (2001); González and Díez, (2002); Salgado, García-Fortán, Franco, López, and Carballo, (2006); Lorenzo et al., (2011); Broncano, Otte, Petrón, Parra, and Timón, (2012); Casquete et al., (2012); González-Tenorio et al., (2013); Ledesma, Laca, Rendueles, and Díaz (2016) has evaluated the quality of the product (microbiology and physicochemical properties). However, today's consumers prefer processed foods with healthy ingredients, good composition and a long shelf life with minimal deterioration in components and sensory characteristics (Perales-Jasso et al., 2018). In this regard, only Mexican oregano essential oil (OEO) has been evaluated as a substitute for oregano powder in chorizo formulation (Perales-Jasso et al., 2018); results suggest that OEO can be used to make this product

## Introducción

El chorizo es una salchicha fresca de cerdo producido en muchos países hispanos (Escartin, Castillo, Hinojosa-Puga, & Saldaña-Lozano, 1999; Mateo, Caro, Figueira, & Ramos, 2009). El chorizo es un embutido fresco, preparado con la mezcla de carne molida de cerdo y grasa, con la adición de sal, especias, pimentón y pimienta, algunas veces sales cura y azúcar que son adicionadas a la mezcla (Kuri, Madden, & Collins, 1995). En México, el chorizo es un embutido típico y su consumo es popular, elaborado con carne magra de cerdo (70-80 %) y grasa dorsal (15-20 %), color rojo característico, sazonado con especias, sal, orégano en polvo y vinagre (Perales-Jasso et al., 2018).

El chorizo mexicano es como el chorizo español. En el chorizo mexicano no es común un proceso de fermentación controlado con cultivos iniciadores para la acidificación (Hajmeer, Basher, Hew, & Cliver, 2006a; Hajmeer, Basher, & Cliver, 2006b; González-Tenorio et al., 2013). El chorizo mexicano es embutido en fundas naturales o artificiales, no es curado (no contiene nitritos), fermentado y ahumado. El chorizo mexicano es acidificado con vinagre (Hew et al., 2006; González-Tenorio et al., 2013).

El chorizo es una salchicha de 5 a 15 cm de longitud (Kuri et al., 1995) y 2.5-3.0 a 4.0-5.0 cm de diámetro, color rojo brillante con un aroma distintivo y es vendido fresco o después de un periodo de maduración (Kuri et al., 1995; González-Tenorio et al., 2013). En la preparación de la pasta del chorizo, se usa para reducir el pH de la pasta a 4.8 o 5.0 ácido acético (vinagre blanco) (Hajmeer, Basheer, & Cliver, 2005; Hew, Hajmeer, Farver, Glover, & Cliver, 2005; Hajmeer et al., 2006a, 2006b; Hew et al., 2006). En México, el vinagre siempre se usa en la elaboración de los chorizos como conservador (Perales-Jasso et al., 2018). Hajmeer et al. (2005) y Hew et al. (2005) reportaron que el vinagre (ácido acético) y la sal, disminuyen los niveles bacterianos a menos de la carga bacteriana inicial registrada en la carne de cerdo molida.

Las investigaciones realizadas en chorizos Gimeno, Ansorena, Astiasarán, y Bello, (2000); Porcella et al., (2001); González y Díez, (2002); Salgado, García-Fortán, Franco, López, y Carballo, (2006); Lorenzo et al., (2011); Broncano, Otte, Petrón, Parra, y Timón, (2012); Casquete et al., (2012); González-Tenorio et al., (2013); Ledesma, Laca, Rendueles, y Díaz, (2016) han evaluado la calidad del producto (microbiología y propiedades fisicoquímicas). Sin embargo, los consumidores actuales prefieren alimentos procesados con ingredientes saludables, buena composición y vida amplia de anaquel con mínimo deterioro de componentes y características sensoriales (Perales-Jasso et al., 2018). En este sentido, solo el aceite esencial de orégano (AEO)

and improve its quality. Therefore, the evaluation of natural alternatives such as oregano plant extracts in the formulation of processed foods to extend their shelf life may be important. *Lippia berlandieri* Schauer OEO has a strong aroma and different biotic activities (antibacterial, antioxidant, antiviral, antifungal and insecticidal) due to its constituents: carvacrol, thymol, terpinene, p-cymene and cineole (Vazquez & Dunford, 2005; Silva-Vazquez et al., 2017), and an acid pH of  $4.49 \pm 0.05$  (Perales-Jasso et al., 2018). Therefore, studying OEO as a substitute for vinegar and as a preservative may be interesting, as it is feasible to both acidify the medium and reduce the pH of the chorizo.

This research aimed to compare the attributes (pH, color, chemical composition, texture, antioxidant capacity, and microbiological and sensory aspects) of Mexican chorizo made with vinegar and OEO (as a substitute for vinegar) over 14 days in refrigeration.

## Materials and methods

### Experimental design

A completely randomized experimental design was used to compare two treatments consisting of two types of Mexican-style chorizo: one with vinegar and the other with OEO: T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2: chorizo + 2.4 % OEO. The commercial white vinegar had a concentration of approximately 4.5 % acetic acid and pH=3.1. OEO was acquired from the Natural Solutions SMI company (Jiménez, Chihuahua, Mexico). OEO composition was determined by gas chromatography (PerkinElmer Clarus 600 and SQ8 GC/MS; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA) according to the method of Vazquez and Dunford (2005), being mainly 60.0 % carvacrol, 16.1 % cymene, 5.4 % terpinene and 3.4 % thymol.

### Chorizo preparation

Each treatment was formulated for 2.0 kg of product (two replicates per treatment) according to the formulation established by González and Díez (2002) and Perales-Jasso et al. (2018). The formulation (w/w) consisted of 75.0 % lean pork, 18.0 % pork dorsal fat, 2.2 % red guajillo chili powder, 0.1 % pepper powder, 0.1 % oregano powder, 0.5 % garlic powder, 1.7 % NaCl and 2.4 % vinegar (white vinegar; Clemente Jacques, Sabormex S.A. de C.V., Mexico City, Mexico). The meat and fat, at 4.0 °C, were ground through a 3/8 in (9.5-mm) grinding disc using a TORREY® mill (Model MV-22R-SS; Grupo Torrey, S.A. de C.V., Nuevo León, Mexico). Subsequently, the powdered ingredients were added and mixed manually with the ground meat for 8 min, adding the vinegar slowly and mixing for 5 min until a homogeneous chorizo batter was obtained. For the preparation of the T2 treatment, OEO was

mexicano ha sido evaluado como sustituto de orégano en polvo en la formulación del chorizo (Perales-Jasso et al., 2018); los resultados sugieren que el AEO puede usarse en la elaboración de este producto mejorando su calidad. Por lo tanto, la evaluación de alternativas naturales como extractos de plantas de orégano en la formulación de alimentos procesados para extender su vida útil puede ser importante. El AEO de *Lippia berlandieri* Schauer, tiene un olor fuerte y actividades bióticas diferentes (antibacteriano, antioxidante, antiviral, antifúngico e insecticida) debido a sus constituyentes carvacrol, timol, terpineno, p-cimeno y cineol (Vazquez & Dunford, 2005; Silva-Vazquez et al., 2017), y un pH ácido  $4.49 \pm 0.05$  (Perales-Jasso et al., 2018). Por consiguiente, estudiar el AEO como sustituto del vinagre y como conservador puede ser interesante, ya que es factible que acidifique el medio y reduzca el pH del chorizo.

El objetivo de esta investigación fue comparar los atributos (pH, color, composición química, textura, capacidad antioxidante, microbiológicos y sensoriales) de chorizo mexicano elaborado con vinagre y AEO (como sustituto del vinagre) durante 14 días en refrigeración.

## Materiales y métodos

### Diseño experimental

Dos tratamientos fueron involucrados en un diseño experimental completamente al azar, dichos tratamientos consisten en dos tipos de chorizo mexicano; uno con vinagre y otro con AEO: T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2: chorizo + 2.4 % AEO. El vinagre blanco comercial tuvo una concentración de 4.5 % de ácido acético y pH=3.1, aproximadamente. El AEO fue adquirido de la empresa Natural Solutions SMI (Jiménez, Chihuahua, México). La composición del AEO fue determinada por cromatografía de gases (PerkinElmer Clarus 600 and SQ8 GC/MS; PerkinElmer Inc., Waltham, MA, USA) de acuerdo con el método de Vazquez y Dunford (2005), siendo 60.0 % carvacrol, 16.1 % cimeno, 5.4 % terpineno y 3.4 % timol, principalmente.

### Preparación del chorizo

Cada tratamiento fue formulado para 2.0 kg de producto (dos réplicas por tratamiento) de acuerdo con la formulación establecida por González y Díez (2002) y Perales-Jasso et al. (2018). La formulación (p/p) consistió en 75.0 % carne magra de cerdo, 18.0 % grasa dorsal de cerdo, 2.2 % chile guajillo rojo en polvo, 0.1 % pimientón en polvo, 0.1 % de orégano en polvo, 0.5 % ajo en polvo, 1.7 % NaCl y 2.4 % vinagre (vinagre blanco; Clemente Jacques, Sabormex S.A. de C.V., Ciudad de México, México). La carne y grasa, a 4.0 °C, fueron molidos a través de un disco de molido 3/8 in (9.5-mm) usando

slowly incorporated instead of vinegar. Afterwards, the chorizo batter was placed in a TORREY® mixer (Modelo MV-25; Grupo Torrey, S.A. de C.V., Nuevo Leon, Mexico) for 25 min. Finally, the chorizo batter was stuffed into an artificial cellulose casing (3.0 cm diameter) and individual 15 cm ties were made in both cases. The product was stored at 4 °C for evaluation at 1, 7 and 14 d.

### Physicochemical analysis

The pH was measured directly in the chorizos with a puncture electrode (Orion 3 Star Thermo Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, U.S.A.). Color was measured directly on the inside of the chorizos with a colorimeter (CR-400 Konica Minolta®, Tokyo, Japan), recording the lightness ( $L^*$ ), tendency to redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ), Chroma (saturation index) and Hue angle values. Total color change (TCA) and color index (CI) were calculated according to Bozkurt and Bayram (2006) and Ledesma et al. (2016). The equipment was standardized and calibrated using a white plate. The pH and color were measured in triplicate in four chorizo sections for each replicate per treatment ( $n = 24$  per treatment). Proximal analysis of chorizos was performed in accordance with the AOAC (1998) considering three chorizo samples for each replicate per treatment ( $n = 12$ ). Moisture content was determined by weight loss after 12 h of drying at 100 °C in an oven (method 950.46) and ash was measured after 4 h at 400 °C in a muffle (method 920.153). Fat was determined by the Soxhlet method (method 985.15) and protein by the Kjeldahl method (Kjeldahl method 992.15). Total carbohydrates (TC) were estimated by difference.

### Shear force (SF) and texture profile analysis (TPA)

SF ( $n = 12$ ) and TPA ( $n = 12$ ) were performed in a texture analyser (Stable Micro Systems, Surrey, UK; 30-kg force load capacity) on 12 chorizo sections (6 sections per replicate for each treatment) at a temperature of 4 °C according to the procedure established by Perales-Jasso et al. (2018). For SF evaluation, a Warner–Bratzler shear blade (with an inverted cutting triangle) was fitted to the texturometer to perform the test on 3.0 cm diameter x 4.5 cm long sections. The test conditions used were 2 mm·s<sup>-1</sup> pre-test and during the test, 10 mm·s<sup>-1</sup> post-test and a distance of 35 cm from the sample. The SF value was taken from the maximum point of the curve obtained from the test.

In the TPA, cylindrical samples 3.0 cm in diameter and 2.5 cm high were compressed with a compression piston (75 mm in diameter) in two cycles (5 s between cycles) to 60 % of the original height of the cylinders. Force-time deformation curves were obtained by considering the conditions established in the texturometer: pre-test velocity 1.0 mm·s<sup>-1</sup>, and test and post-test velocity 5 mm·s<sup>-1</sup>. The parameters evaluated were hardness

un molino TORREY® (Modelo MV-22R-SS; Grupo Torrey, S.A. de C.V., Nuevo León, México). Posteriormente, los ingredientes en polvo fueron agregados y mezclados manualmente con la carne molida durante 8 min, agregando el vinagre lentamente y mezclando durante 5 min hasta que fue obtenida una pasta de chorizo homogénea. Para la preparación de tratamiento T2, el AEO fue incorporado lentamente en lugar del vinagre. Después, la pasta de chorizo fue colocada en un mezclador TORREY® (Modelo MV-25; Grupo Torrey, S.A. de C.V., Nuevo León, México) durante 25 min. Finalmente, la pasta de chorizo fue embutida en una funda artificial de celulosa (3.0 cm diámetro) y amarres individuales de 15 cm, fueron hechos en ambos casos. El producto fue almacenado a 4 °C para su evaluación a 1, 7 y 14 d.

### Análisis fisicoquímicos

El pH fue medido directamente en los chorizos con un electrodo de punción (Orion 3 Star Thermo Fisher Scientific, Pittsburgh, PA, U.S.A.). El color fue medido directamente en la parte interna de los chorizos con el colorímetro (CR-400 Konica Minolta®, Tokio, Japón), registrando los valores de luminosidad ( $L^*$ ), tendencia al color rojo ( $a^*$ ) y al amarillo ( $b^*$ ), Chroma (índice de saturación) y ángulo Hue. El cambio de color total ( $\Delta CT$ ) y el índice de coloración (IC) fueron calculados de acuerdo con Bozkurt y Bayram (2006) y Ledesma et al. (2016). El equipo fue estandarizado y calibrado usando una placa blanca. El pH y color fueron medidos por triplicado en cuatro secciones del chorizo para cada réplica por tratamiento ( $n = 24$  por tratamiento). El análisis proximal de los chorizos fue realizado de acuerdo con la AOAC (1998) considerando tres muestras de chorizo para cada réplica por tratamiento ( $n = 12$ ). El contenido de humedad fue determinado por pérdida de peso después de 12 h de secado a 100 °C en una estufa (método 950.46) y la ceniza fue medida después de 4 h a 400 °C en una mufla (método 920.153). La grasa fue determinada por el método Soxhlet (método 985.15) y la proteína por el método Kjeldahl (método de Kjeldahl 992.15). Los carbohidratos totales (CT) fueron estimados por diferencia.

### Fuerza de corte (FC) y análisis del perfil de textura (APT)

La FC ( $n = 12$ ) y el APT ( $n = 12$ ) fueron realizados en un analizador de textura (Stable Micro Systems, Surrey, UK; capacidad de carga de 30 kg fuerza) en 12 secciones de chorizo (6 secciones por réplica para cada tratamiento) a una temperatura de 4 °C de acuerdo con el procedimiento establecido por Perales-Jasso et al. (2018). En la FC una navaja Warner–Bratzler (con un triángulo invertido en corte) fue adaptada en el texturómetro para realizar la prueba en secciones de 3.0 cm de diámetro y 4.5 cm de largo. Las condiciones

(g), adhesiveness (Adh;  $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$ ), springiness (Sprin; mm), cohesiveness (Coh; dimensionless), gumminess (Gum; g), chewiness (Chew;  $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) and resilience (Resil; dimensionless) (Bourne, 1978).

### Antioxidant capacity (AC) and microbiological analysis

The hydrophilic extract obtained from the chorizo samples was used for the determination of AC according to the method of Liu, Tsau, Lin, Jan, and Tan (2009). To obtain the extracts, 50 g of ground chorizo were mixed with 50 mL of distilled water, boiled for 20 min, cooled in a freezer ( $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), filtered and chilled until use for testing. AC was determined using methods established by Chun and Kim (2004). The DPPH (2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical) discoloration assay was performed by adding 1500  $\mu\text{L}$  of DPPH to 50  $\mu\text{L}$  of the sample extract, leaving the sample in darkness for reaction for 30 min, and then measuring the absorbance of the samples at 515 nm. An 80 % methanol solution was used as a control. The ABTS (2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)) assay was performed with a stock solution of 7.4 mM ABTS and 2.6 mM potassium persulfate solution kept in the dark for 12 h. The solution was diluted in 80 % methanol. In total, 50  $\mu\text{L}$  of the sample was taken to make it react with 1500  $\mu\text{L}$  of ABTS for 30 min in the dark and the measurements were made at 734 nm. Calibration curves from 0 to 500  $\mu\text{mol}$  of Trolox were performed and the results were expressed in  $\mu\text{molET/g}$  chorizo. The readings of the samples with DPPH and ABTS were measured in a spectrophotometer (GENESYS 10S UV-Vis, USA), testing 12 samples per treatment.

The microbial count was performed in accordance with NOM-092-SSA1 (1994), NOM-110-SSA1 (1994) and NOM-111-SSA1 (1994) with slight modifications. The samples were diluted 1:10 and homogenized in sterile peptone water at 0.1% (pH 6.5). The dilutions were plated, taking 1 ml of each and adding approximately 15 ml of the corresponding medium. Each sample (in duplicate in three sections of each replicate per treatment;  $n = 12$ ) was subjected to three mixing cycles in a Stomacher (Seward Lab., London, UK). The total mesophilic count was performed in standard count agar (casein peptone: 5.0 g, dextrose: 1.0 g, yeast extract: 2.5 g, Bacteriological Agar: 15.0 g) by incubating at  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  for 24 h. Potato dextrose agar medium (potato infusion from 200 g: 4 g, dextrose: 20 g, agar: 15 g) was used for counting fungi and yeasts. The medium was modified with 10 % tartaric acid, incubating the plates at  $37\text{ }^{\circ}\text{C}$  from 24 to 48 h. The culture media were acquired from the Laboratorios CONDA SA company (Torrejón de Ardoz, Madrid, Spain).

establecidas fueron  $2\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  pre-prueba y en prueba,  $10\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$  post-prueba y una distancia de 35 cm de la muestra. El valor de FC fue tomado del punto máximo en la curva obtenida de la prueba.

En el APT, muestras cilíndricas de 3.0 cm de diámetro y 2.5 cm de alto fueron comprimidas con un pistón de compresión (75 mm de diámetro) en dos ciclos (5 s entre ciclos) a 60 % de la altura original de los cilindros. Curvas de deformación tiempo-fuerza fueron obtenidas al considerar las condiciones establecidas en el texturómetro: velocidad pre-prueba de  $1.0\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ , en prueba y post-prueba de  $5\text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ . Los parámetros evaluados fueron dureza (g), adhesividad (Adhes;  $\text{g}\cdot\text{s}^{-1}$ ), elasticidad (Elast; mm), cohesividad (Cohes; adimensional), gomosidad (Gom; g), masticabilidad (Mast;  $\text{g}\cdot\text{mm}^{-1}$ ) y resistencia (Resist; adimensional) (Bourne, 1978).

### Capacidad antioxidante (CA) y análisis microbiológico

El extracto hidrofílico obtenido de las muestras de chorizo fue usado para la determinación de CA de acuerdo con el método de Liu, Tsau, Lin, Jan, y Tan (2009). Los extractos fueron obtenidos mediante la molienda de 25 g de chorizo en 50 mL de agua destilada, llevados hasta ebullición durante 20 min, enfriados en un congelador ( $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), filtrados y refrigerados hasta su uso para las pruebas. La CA fue determinada con los métodos establecidos por Chun y Kim (2004). La prueba de decoloración del radical DPPH (2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl) fue realizada mediante la adición de 1500  $\mu\text{L}$  de DPPH a 50  $\mu\text{L}$  del extracto de la muestra, dejando en oscuridad la muestra para su reacción durante 30 min, y la absorbancia de las muestras fue medida en 515 nm. Una solución de metanol al 80 % fue usada como control. La prueba ABTS (2, 2'-azinobis, 3-ethylbenzothiazol-6-sulfonic acid) fue realizada con una solución stock de 7.4 mM ABTS y 2.6 mM de solución per-sulfato de potasio mantenida en oscuridad por 12 h. La solución fue diluida en metanol 80 %. Un total de 50  $\mu\text{L}$  de la muestra fue tomada para hacerla reaccionar con 1500  $\mu\text{L}$  de ABTS durante 30 min en oscuridad y, las medidas fueron hechas a 734 nm. Fueron realizadas curvas de calibración de 0 a 500  $\mu\text{mol}$  de Trolox y los resultados fueron expresados en  $\mu\text{molET/g}$  chorizo. Las lecturas de las muestras con DPPH y ABTS fueron medidas en un espectrofotómetro (GENESYS 10S UV-Vis, USA) en 12 muestras por tratamiento.

El conteo microbiano fue realizado de acuerdo con las NOM-092-SSA1 (1994), NOM-110-SSA1 (1994) y NOM-111-SSA1 (1994) con ligeras modificaciones. Las muestras fueron diluidas 1:10 y homogenizadas en agua peptonada estéril en 0.1 % (pH 6.5). Las diluciones fueron sembradas en placa, tomando 1 ml de cada

## Sensory evaluation

An affective sensory evaluation of attributes was conducted with 30 consumers. Each consumer randomly received two 5 mm thick slices of chorizo at 4 °C, placed in plastic cups coded with three random digits and provided randomly to each evaluator during the test. The attributes evaluated were appearance, redness, oregano aroma, smoothness and overall acceptability. A 7-point hedonic scale was used in the evaluation, where 7 = I like it a lot, 6 = I like it, 5 = I like it a little, 4 = I neither like or dislike it, 3 = I dislike it a little, 2 = I dislike it and 1 = I dislike it a lot (Anzaldúa-Morales, 1994; Meilgaard, Civille, & Carr, 2006; Perales-Jasso et al., 2018).

## Statistical analysis

An analysis of variance was performed using the SAS GLM procedure (2006) and the following statistical model:  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + (T\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ ; where:  $y_{ijk}$  = physicochemical, texture, antioxidant capacity, microbiological and sensory variables evaluated over time;  $\mu$  = overall mean;  $\tau_i$  = effect of the  $i$ -th treatment (T1 and T2);  $\delta_j$  = effect of the  $j$ -th evaluation day (1, 7 and 14 d);  $(T\delta)_{ij}$  = effect of the interaction between the  $i$ -th treatment and the  $j$ -th day;  $\epsilon_{ijk}$  = random error distributed normally with mean and variance [ $\epsilon_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$ ]. A significance level of 0.05 was used to find significant difference between treatments, days and interaction. When there was a significant effect of the interaction, the means were compared with the Adjust = Tukey instruction, but when the treatments were different the means were compared with the Tukey instruction (SAS, 2006). In the analysis of sensory data, the evaluator was considered as the effect of the  $k$ -th in the statistical model, maintaining the effect of time, treatment and their interaction in the model.

## Results and discussion

### Physicochemical parameters

The effect of adding vinegar (T1) or oregano oil (T2) to pork chorizo on the physicochemical parameters during its useful life (1-14 d) is shown in Table 1. The effect of the interaction of the treatments with time (days) on pH, Hue angle and Chroma was very significant ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P < 0.001$ ). This suggests that at least two combinations of these factors have important effects on pH, Hue and Chroma. In fact, pH was lower in T1 than in T2 at 1, 7 and 14 d. pH values similar to those of T1 at 14 d were induced by a fermented product (Sucuk) at 15 d (Bozkurt & Bayram, 2006). A pH similar to that of T2 was induced in chorizo with onion (Salgado et al., 2006).

una y agregando aproximadamente 15 ml del medio correspondiente. Cada muestra (por duplicado en tres secciones de cada réplica por tratamiento;  $n = 12$ ) fue sometida a tres ciclos de mezclado en un Stomacher (Seward Lab., London, UK). El recuento de mesófilos 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) incubando a 37 °C por 24 h. El medio de 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. El medio fue modificado con ácido tartárico al 10 %, incubando las placas a 37 °C de 24 a 48 h. Los medios de cultivo fueron adquiridos de la casa comercial Laboratorios CONDA SA (Torrejón de Ardoz, Madrid, España).

### Evaluación sensorial

Una evaluación sensorial afectiva por atributos fue realizada con 30 consumidores. Cada consumidor recibió aleatoriamente dos rebanadas de chorizo de 5 mm espesor a 4 °C, colocadas en vasos de plástico codificados con tres dígitos aleatorios. Esto para ser proporcionados en forma aleatoria a cada evaluador durante la prueba. Los atributos evaluados fueron apariencia, color rojo, olor a orégano, blandura y aceptabilidad global. Una escala hedónica de 7 puntos fue usada en la evaluación, donde 7 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, Civille, & Carr, 2006; Perales-Jasso et al., 2018).

### Análisis estadístico de los datos

Un análisis de varianza fue realizado usando el procedimiento GLM del SAS (2006) y el siguiente modelo estadístico;  $y_{ij} = \mu + \tau_i + \delta_j + (T\delta)_{ij} + \epsilon_{ijk}$ ; dónde:  $y_{ijk}$  = variables fisicoquímicas, textura, capacidad antioxidante, microbiológicas y sensoriales evaluadas a través del tiempo;  $\mu$  = media general;  $\tau_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento (T1 y T2);  $\delta_j$  = 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;  $\epsilon_{ijk}$  = error aleatorio distribuido en forma normal con media y varianza [ $\epsilon_{ij} \sim N(\mu, \sigma^2)$ ]. Un nivel de significancia de 0.05 fue utilizado para encontrar diferencia significativa entre los tratamientos, días y la interacción. Cuando existió efecto significativo de la interacción, las medias fueron comparadas con la instrucción Adjust = Tukey, pero cuando los tratamientos fueron diferentes las medias fueron comparados con la instrucción Tukey (SAS, 2006). En el análisis de datos sensoriales, el evaluador fue considerado como efecto del  $k$ -ésimo en el modelo estadístico, manteniendo el efecto del tiempo, tratamiento y su interacción en el modelo.

**Table 1. Physicochemical attributes of Mexican chorizo with vinegar and oregano oil (as a substitute for vinegar) at 1, 7 and 14 days in refrigeration.****Cuadro 1. Atributos fisicoquímicos de chorizo mexicano con vinagre y aceite de orégano (como sustituto del vinagre) a 1, 7 y 14 días en refrigeración.**

Days-Treat <sup>1</sup> / Días-Trat	Variables <sup>2</sup>							
	pH	L*	a*	b*	Hue	Chroma	CI/IC	TCA/ΔCT
Day 1/Día 1								
T1	5.59 <sup>b:B</sup>	38.90 <sup>C</sup>	22.80 <sup>b</sup>	22.55	44.70 <sup>a:B</sup>	32.04 <sup>a:D</sup>	124.10	62.78 <sup>b</sup>
T2	5.73 <sup>a:A</sup>	39.53 <sup>B</sup>	25.57 <sup>a</sup>	23.22	42.38 <sup>b:BC</sup>	32.92 <sup>a:CD</sup>	130.00	69.64 <sup>a</sup>
μ ± ε	5.66 ± 0.01	39.21 ± 0.14	24.18 <sup>A</sup> ± 0.41	22.88 <sup>B</sup> ± 0.36	43.54 ± 0.18	32.48 ± 0.14	127.05 ± 2.55	63.21 <sup>A</sup> ± 0.30
Day 7/Día 7								
T1	5.11 <sup>b:C</sup>	40.30 <sup>B</sup>	21.90 <sup>b</sup>	23.6	32.39 <sup>a:C</sup>	47.45 <sup>a:A</sup>	123.91	61.64 <sup>b</sup>
T2	5.73 <sup>a:A</sup>	39.88 <sup>B</sup>	23.80 <sup>a</sup>	22.88	33.01 <sup>a:C</sup>	43.83 <sup>b:B</sup>	123.59	62.41 <sup>a</sup>
μ ± ε	5.42 ± 0.01	40.08 ± 0.14	22.85 <sup>B</sup> ± 0.41	23.37 <sup>AB</sup> ± 0.36	32.70 ± 0.18	45.63 ± 0.14	123.75 ± 2.55	62.02 <sup>B</sup> ± 0.30
Day 14/Día 14								
T1	5.10 <sup>b:C</sup>	41.76 <sup>A</sup>	21.79 <sup>b</sup>	24.83	48.79 <sup>a:A</sup>	33.00 <sup>a:C</sup>	123.04	60.64 <sup>b</sup>
T2	5.6 <sup>8:A</sup> B	41.07 <sup>A</sup>	24.10 <sup>a</sup>	23.80	44.58 <sup>b:B</sup>	33.87 <sup>a:C</sup>	124.05	61.77 <sup>a</sup>
μ ± ε	5.39 ± 0.01	41.41 ± 0.14	22.94 <sup>B</sup> ± 0.41	24.31 <sup>A</sup> ± 0.36	46.68 ± 0.18	33.43 ± 0.14	123.54 ± 2.55	61.20 <sup>B</sup> ± 0.30
SEM	0.02	0.20	0.58	0.52	0.25	0.20	3.62	0.43
P-value								
T <sub>i</sub>	< 0.0001	0.3267	< 0.0001	0.2906	< 0.0001	0.0004	0.4658	0.0116
δ <sub>j</sub>	< 0.0001	< 0.0001	0.0465	0.0265	< 0.0001	< 0.0001	0.5648	0.0001
(Tδ) <sub>ij</sub>	< 0.0001	0.0042	0.7523	0.1866	< 0.0001	< 0.0001	0.6716	0.9110

<sup>1</sup> Treatments T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2 = T1 + 2.4 % OEO; SEM = standard error of the mean; T<sub>i</sub> = effect of the *i*<sup>th</sup> treatment; δ<sub>j</sub> = effect of the *j*<sup>th</sup> evaluation day (1, 7 and 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = effect of the interaction between the *i*<sup>th</sup> treatment and the *j*<sup>th</sup> day.

<sup>2</sup> L\* = lightness; a\* = redness; b\* = yellowness; Hue = Hue angle; Chroma = saturation index; TCA = total color change; CI = color index.

<sup>ab</sup> Means (n = 24 per treatment/period), within the same column, between treatments and times with different superscripts indicate significant differences (P < 0.05).

<sup>AD</sup> Means (n = 24 per treatment/period), within the same column, for all treatments and times with different superscripts indicate significant difference (P < 0.05).

<sup>1</sup> Tratamientos T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2 = T1 + 2.4 % AEO; EEM = error estándar de la media; T<sub>i</sub> = efecto del *i*-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub> = efecto del *j*-ésimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = efecto de la interacción entre el *i*-ésimo tratamiento y el *j*-ésimo día.

<sup>2</sup> L\* = luminosidad; a\* = tendencia al color rojo; b\* = tendencia al color amarillo; Hue = ángulo Hue; Chroma = índice de saturación; ΔCT = cambio de color total; IC = índice de coloración.

<sup>ab</sup> Medias (n = 24 por tratamiento/periodo), en la misma columna, entre tratamientos y tiempos con superíndices distintos indican diferencias significativas (P < 0.05).

<sup>AD</sup> Medias (n = 24 por tratamiento/periodo), en la misma columna, para todos los tratamientos y tiempos con superíndices distintos indican diferencias significativas (P < 0.05).

On the other hand, redness (a\*) and total color change (TCA) were different (T<sub>i</sub>; P < 0.05) between treatments, their values being higher in T2 than in T1. These results indicate that the OEO as a substitute for vinegar retains the characteristic red color of chorizo. A color value similar to that of T2 was estimated at d 11 in a chorizo made by Ledesma et al. (2016); another chorizo had a similar redness value at 20 d (Lorenzo, González-Rodríguez, Sánchez, Amado, & Franco, 2013). The T2 a\* value may be due to the effect of the OEO antioxidant compounds (carvacrol and thymol). That is, these compounds contribute to the preservation of the chorizo ingredients, such as the red chili powder containing characteristic reddish pigments. In fact, OEO maintains a\* during storage (Perales-Jasso et al., 2018).

## Resultados y discusión

### Parámetros fisicoquímicos

El efecto de la adición de vinagre (T1) o aceite de orégano (T2) en chorizo de cerdo sobre los parámetros fisicoquímicos durante su vida útil (1-14 d) es mostrado en el Cuadro 1. El efecto de la interacción de los tratamientos con el tiempo (días) sobre pH, ángulo Hue y Chroma fue muy significativo ((Tδ)<sub>ij</sub>; P < 0.001). Esto sugiere que al menos dos combinaciones de esos factores tienen efectos importantes sobre pH, Hue y Chroma. De hecho, el pH fue menor en T1 que en T2 a los 1, 7 y 14 d. Valores de pH similares a los del T1 a los 14 d fueron inducidos por un producto fermentado

In general, higher TCA values are associated with T2. However, the major differences are associated more with the  $\delta_j$  factor than the type of chorizo (T1 or T2). Hue value was lower in T2 at 14 d. In addition, the chroma (saturation) value was higher in T2 at 14 d. These results indicate that oregano essential oil reduces the hue and increases the saturation of the chorizo color. This can be explained by the fact that oregano essential oil has antioxidant phenolic compounds that modify the color of chorizo (Lorenzo et al., 2013).

### Chemical composition

The chemical composition of pork chorizos formulated with vinegar (T1) and oregano oil (T2) at 14 d storage is shown in Table 2. The effect of the interaction of treatments with days was significant ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P < 0.05$ ) on moisture, fat, ash and TC. This suggests that at least two combinations of these factors have important effects on these variables. Notably, the % of moisture increased in T1 while it decreased in T2, although it was higher ( $P = 0.0436$ ) in T1 than in T2 at 7 and 14 d. T2 moisture content coincides with the result of Bozkurt and Bayram (2006) at 7 d. Moisture can be increased by proteolysis of preserved chorizo, as hydrolysis of peptide bonds releases water molecules in the medium (T2).

In general, the % of protein is lower ( $P = 0.0148$ ) in T2 than in T1. This indicates that oregano oil controlled more deterioration reactions (proteolysis and lipolysis) in T2 than in T1. Therefore, smaller protein changes are to be expected in T2 than in T1.

The % of fat decreased ( $P=0.0008$ ) in T1, while it increased ( $P=0.0008$ ) slightly in T2. At 14 d, this variable was higher in T2 than in T1. This was expected because T2 was formulated with oregano oil (more lipids). However, if the jowl and bacon matter were involved, the % of fat could also be increased (Salgado et al., 2006).

The % of ash increased ( $P = 0.0191$ ) in T1 but there was no change in T2 ( $P = 0.0191$ ), although the difference between T1 and T2 is not significant at 7 and 14 d. The composition involves a higher % of ash in the chorizo when bacon, skin and onion are incorporated (Salgado et al., 2006) than that of T1 and T2.

Overall, the % of total carbohydrates decreased little in T1 and increased little in T2. At 14 d, this variable was higher in T2 than T1. This may be because oregano oil tends to inhibit the breakdown of carbohydrates associated with fewer bacteria.

### Shear force (SF) and texture profile analysis

The effects of vinegar and oregano oil as ingredients on chorizo texture at 14 d are shown in Table 3. Overall, the effect of the interaction between treatments and days on chorizo texture was very significant ( $(T\delta)_{ij}$ ;

(Sucuk) a los 15 d (Bozkurt & Bayram, 2006). Un pH similar al del T2 fue inducido en chorizo con cebolla (Salgado et al., 2006).

Por otra parte, el color rojo ( $a^*$ ) y cambio de color total ( $\Delta CT$ ) fueron diferentes ( $T_i$ ;  $P < 0.05$ ) entre los tratamientos; sus valores son mayores en T2 que en T1. Estos resultados indican que el AEO como sustituto del vinagre conserva el color rojo característico del chorizo. Un valor de color parecido al del T2 se estimó a los 11 d en un chorizo elaborado por Ledesma et al. (2016); otro chorizo tuvo un valor similar de color rojo a los 20 d (Lorenzo, González-Rodríguez, Sánchez, Amado, & Franco, 2013). El valor de  $a^*$  en T2 puede deberse al efecto de los compuestos antioxidantes (carvacrol y timol) del AEO. Es decir, esos compuestos coadyuvan a la conservación de los ingredientes del chorizo, como el chile rojo en polvo que contiene pigmentos rojizos característicos. De hecho, el AEO mantiene  $a^*$  durante el almacenamiento (Perales-Jasso et al., 2018).

En general, los valores mayores de  $\Delta CT$  se asocian a T2. Sin embargo, las diferencias mayores se asocian más al factor  $\delta_j$  que al tipo de chorizo (T1 o T2). El valor de Hue (tonalidad) fue menor en T2 a los 14 días. Además, el valor de chroma (saturación) fue mayor en T2 a los 14 d. Estos resultados indican que el aceite esencial de orégano reduce el tono y aumenta la saturación del color del chorizo. Lo anterior puede ser explicado porque el aceite esencial de orégano tiene compuestos fenólicos antioxidantes que modifican el color del chorizo (Lorenzo et al., 2013).

### Composición química

La composición química de chorizos de cerdo formulado con vinagre (T1) y aceite de orégano (T2) a los 14 d de almacenamiento se aprecia en el Cuadro 2. El efecto de la interacción de tratamientos con días, fue significativo ( $(T\delta)_{ij}$ ;  $P < 0.05$ ) sobre humedad, grasa, cenizas y CT. Esto sugiere que al menos dos combinaciones de esos factores tienen efectos importantes sobre dichas variables. Lo notable es que el % de Humedad se incrementó en T1 mientras que disminuyó en T2; aunque fue mayor ( $P = 0.0436$ ) en T1 que en T2 a los 7 y 14 d. El contenido de humedad de T2 coincide con el resultado de Bozkurt y Bayram (2006) al día 7. La humedad puede incrementar por la proteólisis del chorizo en conservación, la hidrólisis de enlaces peptídicos libera moléculas de agua en el medio (T2).

En general, el % de Proteína es menor ( $P = 0.0148$ ) en T2 que en T1. Esto indica que el aceite de orégano controló más las reacciones de deterioro (proteólisis y lipólisis) en T2 que en T1. Entonces, lo esperado es que los cambios de proteína en T2 sean menores que en T1. El % de grasa disminuyó ( $P=0.0008$ ) en T1, mientras que

$P < 0.001$ ). Similar statistical effects ( $(T\bar{\delta})_{ij}$ ) occurred at seven days in chorizo studied by Perales-Jasso et al. (2018). This implies that, in the two types of chorizo (with vinegar (T1) and with OEO, (T2)), time has an important influence on shear force (SF), hardness, springiness (Sprin), cohesiveness (Coh), gumminess (Gum), chewiness (Chew) and resilience (Resil). At days 1, 7 and 14 these variables were higher in T1 than in T2. This difference may be because the OEO lubricates the chorizo batter more than the vinegar. The values of the Sprin, Coh and Resil variables in a product fermented by Bozkurt and Bayram (2006) at 15 d are similar to those of T1; however, the hardness, Gum and Chew values were greater than those of T1. This contrast may be related to the fact that the moisture during the ripening of the fermented product (sucuk) decreased from 65 to 35 %, to the coagulation of the proteins at acidic pHs and to

se incrementó ( $P=0.0008$ ) poco en T2. A los 14 d, esta variable fue mayor en T2 que en T1. Esto era esperado porque T2 fue formulado con aceite de orégano (más lípidos). Aunque, si se involucrara materia de papada y tocino también se podría incrementar el % de grasa (Salgado et al., 2006).

El % de cenizas se incrementó ( $P = 0.0191$ ) en T1 y el cambio fue nulo en T2 ( $P = 0.0191$ ); aunque la diferencia entre T1 y T2 es no significativa a los 7 y 14 d. La composición involucra más % de cenizas del chorizo cuando se incorpora tocino, piel y cebolla (Salgado et al., 2006) que el de T1 y T2.

En general, el % de carbohidratos totales disminuyó poco en T1 y aumentó poco en T2. A los 14 d, esta variable fue mayor en T2 que T1. Esto puede deberse a

**Table 2. Chemical composition of Mexican chorizo with vinegar and oregano oil (as a substitute for vinegar) at 1, 7 and 14 days in refrigeration.**

**Cuadro 2. Composición química de chorizo mexicano con vinagre y aceite de orégano (como sustituto del vinagre) a 1, 7 y 14 días en refrigeración.**

Days-Treat <sup>1</sup> / Días-Trat <sup>1</sup>	Chemical composition (%) / Composición química (%)				
	Moisture / Humedad	Protein / Proteína	Fat / Grasa	Ash / Cenizas	TC <sup>2</sup> / CT <sup>2</sup>
Day 1 / Día 1					
T1	65.60 <sup>b:D</sup>	18.00 <sup>a</sup>	10.69 <sup>a:B</sup>	2.75 <sup>b:B</sup>	2.96 <sup>a:AB</sup>
T2	67.23 <sup>a:A</sup>	17.66 <sup>b</sup>	9.41 <sup>b:E</sup>	2.84 <sup>a:A</sup>	2.86 <sup>a:AB</sup>
Day 7 / Día 2					
T1	66.44 <sup>a:C</sup>	17.97 <sup>a</sup>	10.51 <sup>b:C</sup>	2.78 <sup>a:AB</sup>	2.30 <sup>b:B</sup>
T2	65.29 <sup>b:E</sup>	17.61 <sup>a</sup>	11.22 <sup>a:A</sup>	2.76 <sup>a:B</sup>	3.13 <sup>a:A</sup>
Day 14 / Día 14					
T1	67.26 <sup>a:A</sup>	18.02 <sup>a</sup>	9.52 <sup>b:E</sup>	2.81 <sup>a:A</sup>	2.40 <sup>a:B</sup>
T2	66.68 <sup>b:B</sup>	17.81 <sup>b</sup>	9.68 <sup>a:D</sup>	2.84 <sup>a:A</sup>	2.99 <sup>a:AB</sup>
SEM	0.02	0.11	0.03	0.01	0.14
P-value					
T <sub>i</sub>	0.0436	0.0148	0.0008	0.0191	0.0084
$\bar{\delta}_j$	< 0.0001	0.5530	< 0.0001	0.0185	0.3129
$(T\bar{\delta})_{ij}$	< 0.0001	0.7790	< 0.0001	0.0096	0.0391

<sup>1</sup>Treatments T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2 = T1 + 2.4 % OEO; SEM = standard error of the mean; T<sub>i</sub> = effect of the i<sup>th</sup> treatment;  $\bar{\delta}_j$  = effect of the j<sup>th</sup> evaluation day (1, 7 and 14 d);  $(T\bar{\delta})_{ij}$  = effect of the interaction between the i<sup>th</sup> treatment and the j<sup>th</sup> day.

<sup>2</sup>TC = total carbohydrates.

<sup>a,b</sup>Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, between treatments and different times with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,E</sup>Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, for all treatments and times with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Tratamientos T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2 = T1 + 2.4 % AEO; EEM = error estándar de la media; T<sub>i</sub> = efecto del i-ésimo tratamiento;  $\bar{\delta}_j$  = efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 7 y 14 d);  $(T\bar{\delta})_{ij}$  = efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup>CT = carbohidratos totales.

<sup>a,b</sup>Medias (n = 12 por tratamiento/periodo), en la misma columna, entre tratamientos y diferentes tiempos con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,E</sup>Medias (n = 12 por tratamiento/periodo), en la misma columna, para todos los tratamientos y días con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

**Table 3. Evaluation of the texture of Mexican chorizo with vinegar and oregano oil (as a substitute for vinegar) at 1, 7 and 14 days in refrigeration.****Cuadro 3. Evaluación de la textura de chorizo mexicano con vinagre y aceite de orégano (como sustituto del vinagre) a 1, 7 y 14 días en refrigeración**

Days:Treat <sup>1</sup> /Día Trat <sup>1</sup>	Texture analysis / Análisis de textura							
	SF (g <sub>f</sub> )/ FC (g <sub>f</sub> )	Hard (g)/ Dureza	Adh (g·s <sup>-1</sup> )/ Adhes (g·s <sup>-1</sup> )	Sprin (mm)/ Elast (mm)	Coh/ Cohes	Gum (g)/ Gom (g)	Chew (g·mm <sup>-1</sup> )/ Mast (g·mm <sup>-1</sup> )	Resil/ Resist
Day 1 / Día 1								
T1	749.51 <sup>a:BC</sup>	240.66 <sup>a:D</sup>	-18.71 <sup>b</sup>	0.60 <sup>a:A</sup>	0.53 <sup>a:A</sup>	142.2 <sup>a:D</sup>	84.53 <sup>a:B</sup>	0.16 <sup>a:A</sup>
T2	730.27 <sup>a:BC</sup>	230.78 <sup>b:E</sup>	-35.68 <sup>a</sup>	0.31 <sup>b:C</sup>	0.32 <sup>b:BC</sup>	141.5 <sup>a:D</sup>	43.47 <sup>b:C</sup>	0.08 <sup>b:C</sup>
Day 7 / Día 7								
T1	1358.17 <sup>a:A</sup>	927.17 <sup>a:A</sup>	-19.55 <sup>b</sup>	0.55 <sup>a:B</sup>	0.35 <sup>a:B</sup>	425.14 <sup>a:A</sup>	232.21 <sup>a:A</sup>	0.10 <sup>a:B</sup>
T2	603.32 <sup>b:C</sup>	560.72 <sup>b:C</sup>	-43.41 <sup>a</sup>	0.35 <sup>b:C</sup>	0.30 <sup>b:C</sup>	198.31 <sup>b:C</sup>	68.56 <sup>b:B</sup>	0.07 <sup>b:C</sup>
Day 14 / Día 14								
T1	1025.83 <sup>a:B</sup>	1029.73 <sup>a:A</sup>	-24.04 <sup>b</sup>	0.54 <sup>a:B</sup>	0.32 <sup>a:BC</sup>	435.34 <sup>a:A</sup>	234.24 <sup>a:A</sup>	0.09 <sup>a:BC</sup>
T2	715.78 <sup>b:BC</sup>	792.09 <sup>b:B</sup>	-53.51 <sup>a</sup>	0.34 <sup>b:C</sup>	0.29 <sup>a:C</sup>	265.02 <sup>b:B</sup>	88.52 <sup>b:B</sup>	0.07 <sup>a:C</sup>
SEM/EEM	78.02	25.87	3.10	0.01	0.11	10.39	5.65	0.004
P-value								
T <sub>i</sub>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
δ <sub>j</sub>	0.0145	< 0.0001	0.0018	0.3184	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.0002	< 0.0001	0.1352	0.0002	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

<sup>1</sup>Treatments T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2 = T1 + 2.4 % OEO; SEM = standard error of the mean; T<sub>i</sub> = effect of the i<sup>th</sup> treatment; δ<sub>j</sub> = effect of the j<sup>th</sup> evaluation day (1, 7 and 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = effect of the interaction between the i<sup>th</sup> treatment and the j<sup>th</sup> day.

<sup>2</sup>SF = shear force (g<sub>f</sub>); Hard = hardness (g); Adh = adhesiveness; Sprin = springiness; Coh = cohesiveness (dimensionless); Gum = gumminess; Chew = chewiness; Resil = resilience (dimensionless).

<sup>a:b</sup>Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, between treatments and different times with different superscripts indicate significant differences (P < 0.05).

<sup>A:C</sup>Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, for all treatments and days with different superscripts indicate significant differences (P < 0.05).

<sup>1</sup>Tratamientos T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2 = T1 + 2.4 % AEO; EEM = error estándar de la media; T<sub>i</sub> = efecto del i-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub> = efecto del j-ésimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = efecto de la interacción entre el i-ésimo tratamiento y el j-ésimo día.

<sup>2</sup>FC = fuerza de corte (g<sub>f</sub>); Dur = dureza (g); Adh = adhesividad; Elast = elasticidad; Coh = cohesividad (adimensional); Gom = gomosidad; Mast = masticabilidad; Resist = resistencia (adimensional).

<sup>a:b</sup>Medias (n = 12 por tratamiento/periodo), en la misma columna, entre tratamientos y tiempos distintos con superíndices distintos indican diferencias significativas (P < 0.05).

the occurrence of proteolysis (Bozkurt & Bayram, 2006). Also, the texture variable values of fermented chorizo turn out to be higher when fermentation occurs over 48 d (12 °C and 75-80 % relative humidity) in a drying chamber (Lorenzo et al., 2013).

#### Antioxidant capacity and microbiological analysis

Results of the antioxidant capacity (AC) and microbiological analyses of pork chorizos with vinegar and oregano oil at 14 days are presented in Table 4. The effect of the interaction between Ts and time was very significant (P<0.01) in the cases of DPPH and mesophiles as well as that of time. In addition, the effect of the treatment factor was very significant in the cases of DPPH, ABTS and mesophiles; notably, the AC (DPPH and ABTS) turned out to be greater in T2 than in T1. This evidence suggests that the AC of chorizo with OEO at days 1, 7 and 14 is better than that of chorizo

que el aceite de orégano tiende a inhibir la degradación de los carbohidratos asociada a menos bacterias.

#### Fuerza de corte y análisis de perfil de textura

Los efectos del vinagre y aceite de orégano como ingredientes sobre la textura del chorizo a los 14 d se muestran en el Cuadro 3. En general, el efecto de la interacción entre tratamientos y días sobre la textura del chorizo fue muy significativo ((Tδ)<sub>ij</sub>; P < 0.001). Efectos estadísticos ((Tδ)<sub>ij</sub>) similares ocurrieron a los siete días en chorizo estudiado por Perales-Jasso et al. (2018). Esto implica que, en los dos tipos de chorizo (con vinagre (T1) y con AEO, (T2)), el tiempo influye de manera importante sobre la fuerza de corte (FC), dureza, elasticidad (Elast), cohesividad (Cohes), gomosidad (Gom), masticabilidad (Mast) y resistencia (Resist). A los días 1, 7 y 14 estas variables fueron mayores en T1 que en T2. Esta diferencia puede deberse a que el AEO lubrica la pasta del chorizo más que el vinagre. Los valores de las

with vinegar. The possible explanation is that natural antioxidants (phenolic compounds) delay the oxidation of chorizo lipids at 30 d (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009) and 48 d of ripening (Lorenzo et al., 2013). In other words, the results indicate that the AC inherent in OEO can contribute to improving the useful life of chorizo by delaying oxidation.

The mesophilic and F&Y differences between T1 and T2 were very significant ( $P < 0.0001$ ) and significant ( $P < 0.0229$ ), respectively. Notably, mesophilic and F&Y values were higher in T1 than in T2. Results similar to those of T1 occurred in salchichón and chorizo studied by Casquete et al. (2012). Also, F&Y results similar to those of T2 correspond to a chorizo with grape seed and chestnut extract that was studied by Lorenzo et al. (2013). In general, the results suggest that inhibition of microbial activity is associated with OEO in chorizo (Burt, 2004).

variables Elast, Cohes y Resist (en un producto fermentado por Bozkurt y Bayram (2006) a los 15 d son similares a los del T1; sin embargo, los valores de dureza, Gom y Mast fueron mayores que los de T1. Este contraste puede estar asociado a que la humedad durante la maduración del producto fermentado (sucuk) decreció de 65 hasta 35 %, a la coagulación de las proteínas a pH's ácidos y a la ocurrencia de proteólisis (Bozkurt & Bayram, 2006). También, los valores de las variables de textura de chorizo fermentado resultan ser mayores cuando la fermentación ocurre durante 48 d (12 °C y 75-80 % humedad relativa) en una cámara de secado (Lorenzo et al., 2013).

#### Capacidad antioxidante y análisis microbiológico

Los resultados de la capacidad antioxidante (CA) y del análisis microbiológico de chorizos de cerdo con vinagre y aceite de orégano a los 14 días se presentan

**Table 4. Antioxidant capacity and microbiological characteristics of Mexican chorizo with vinegar and oregano oil (as a substitute for vinegar) at 1, 7 and 14 days in refrigeration.**

**Cuadro 4. Capacidad antioxidante y microbiológica de chorizo mexicano con vinagre y aceite de orégano (como sustituto del vinagre) a 1, 7 y 14 días en refrigeración.**

Days·Treat <sup>1</sup> / Días·Trat <sup>1</sup>	AC (μmol ET·kg <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>		Microbiology/Microbiología	
	DPPH	ABTS	Mesophiles/Mesófilos	F&Y/HyL
Day 1/Día 1				
T1	0.456 <sup>a,c</sup>	0.487 <sup>b</sup>	5.37 <sup>a,d</sup>	2.39 <sup>a</sup>
T2	0.519 <sup>a,c</sup>	0.614 <sup>a</sup>	4.95 <sup>b,f</sup>	0.00 <sup>b</sup>
Day 7/Día 7				
T1	0.487 <sup>b,c</sup>	0.467 <sup>b</sup>	5.54 <sup>a,c</sup>	6.00 <sup>a</sup>
T2	0.599 <sup>a,b</sup>	0.641 <sup>a</sup>	5.07 <sup>b,e</sup>	2.50 <sup>b</sup>
Day 14/Día 14				
T1	0.454 <sup>b,c</sup>	0.507 <sup>b</sup>	7.12 <sup>a,A</sup>	4.87 <sup>a</sup>
T2	0.699 <sup>a,A</sup>	0.663 <sup>a</sup>	6.31 <sup>b,B</sup>	1.65 <sup>b</sup>
SEM/EEM	0.015	0.022	0.02	1.23
P-value				
T <sub>i</sub>	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	0.0229
δ <sub>j</sub>	0.0003	0.2600	< 0.0001	0.1113
(Tδ) <sub>ij</sub>	0.0002	0.5590	< 0.0001	0.8968

<sup>1</sup> Treatments T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2 = T1 + 2.4 % OEO; SEM = standard error of the mean; T<sub>i</sub> = effect of the *i*<sup>th</sup> treatment; δ<sub>j</sub> = effect of the *j*<sup>th</sup> evaluation day (1, 7 and 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = effect of the interaction between the *i*<sup>th</sup> treatment and the *j*<sup>th</sup> day.

<sup>2</sup> AC = antioxidant capacity; DPPH = 2,2'-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical; ABTS = 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid; F&Y = fungi and yeasts.

<sup>a,b</sup> Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, between treatments and different times with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,E</sup> Means (n = 12 per treatment/period), within the same column, for all treatments and days with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup> Tratamientos T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2 = T1 + 2.4 % AEO; EEM = error estándar de la media; T<sub>i</sub> = efecto del *i*-ésimo tratamiento; δ<sub>j</sub> = efecto del *j*-ésimo día de evaluación (1, 7 y 14 d); (Tδ)<sub>ij</sub> = efecto de la interacción entre el *i*-ésimo tratamiento y el *j*-ésimo día.

<sup>2</sup> CA = capacidad antioxidante; DPPH = radical 2,2-Difenil-1-picrilhidrazil; ABTS = ácido 2, 2'-azinobis, 3-etilbenzotiazol-6-ácido sulfónico; HyL = hongos y levaduras.

<sup>a,b</sup> Medias (n = 12 por tratamiento/periodo), en la misma columna, entre tratamientos y tiempos distintos con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,E</sup> Medias (n = 12 por tratamiento/periodo), en la misma columna, para todos los tratamientos y días con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

### Sensory analysis

The sensory attributes of chorizo formulated with vinegar and oregano essential oil are shown in Table 5. The effect of the interaction between treatments and days was significant ( $P < 0.05$ ) in the cases of the variables redness, oregano aroma and appearance. Redness and appearance in T2 were more preferred than in T1 in chorizo with 7 d of ripening, but the preference was reversed when the chorizo had 14 d of ripening. Notably, the preference associated with oregano aroma was significantly reduced to 14 d in

en el Cuadro 4. El efecto de la interacción entre T's y tiempo, fue muy ( $P < 0.01$ ) significativa en los casos de DPPH y mesófilos al igual que el del tiempo. Además, el efecto del factor tratamiento fue muy significativo en los casos de DPPH, ABTS y mesófilos; lo notable es que la CA (DPPH y ABTS) resultó ser mayor en T2 que en T1. Esta evidencia sugiere que la CA del chorizo con AEO a los días 1, 7 y 14 es mejor que la del chorizo con vinagre. La explicación posible es que los antioxidantes naturales (compuestos fenólicos) retardan la oxidación de lípidos de chorizo a los 30 d (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009) y 48 d de maduración (Lorenzo et

**Table 5. Sensory evaluation by consumers of Mexican chorizo with vinegar and oregano oil (as a substitute for vinegar) at 14 days in refrigeration.**

**Cuadro 5. Evaluación sensorial por consumidores en chorizo mexicano con vinagre y aceite de orégano (como sustituto del vinagre) a 14 días en refrigeración.**

Days-Treat <sup>1</sup>	Sensory attributes / Atributos sensoriales				
	Redness / Color Rojo	Oregano Aroma / Olor Orégano	Smoothness / Blandura	Appearance / Apariencia	Overall acceptability / Aceptabilidad global
Day 1					
T1	5.90 <sup>a:AB</sup>	4.97 <sup>A</sup>	5.13 <sup>a</sup>	4.83 <sup>B</sup>	5.37
T2	5.87 <sup>a:AB</sup>	4.17 <sup>A</sup>	4.63 <sup>b</sup>	5.53 <sup>AB</sup>	4.90
$\mu \pm \epsilon$	5.88 $\pm$ 0.14	4.57 $\pm$ 0.20	4.88 <sup>B</sup> $\pm$ 0.15	5.18 $\pm$ 0.16	5.13 $\pm$ 0.13
Day 7					
T1	5.33 <sup>b:AB</sup>	4.53 <sup>A</sup>	5.73 <sup>a</sup>	5.23 <sup>AB</sup>	5.33
T2	5.90 <sup>a:AB</sup>	4.27 <sup>A</sup>	5.07 <sup>a</sup>	5.43 <sup>AB</sup>	5.13
$\mu \pm \epsilon$	5.62 $\pm$ 0.14	4.40 $\pm$ 0.20	5.40 <sup>A</sup> $\pm$ 0.15	5.33 $\pm$ 0.16	5.23 $\pm$ 0.13
Day 14					
T1	6.07 <sup>a:A</sup>	3.63 <sup>B</sup>	5.07 <sup>a</sup>	5.73 <sup>A</sup>	5.23
T2	5.20 <sup>b:B</sup>	5.07 <sup>A</sup>	4.63 <sup>b</sup>	5.30 <sup>AB</sup>	5.13
$\mu \pm \epsilon$	5.63 $\pm$ 0.14	4.35 $\pm$ 0.20	5.25 <sup>AB</sup> $\pm$ 0.15	5.52 $\pm$ 0.16	5.28 $\pm$ 0.13
SEM	0.20	0.29	0.25	0.22	0.19
P-value					
$T_i$	0.4874	0.5938	0.0028	0.4045	0.2099
$\delta_j$	0.3139	0.7207	0.0384	0.3445	0.7083
$(T\delta)_{ij}$	0.0015	0.0003	0.7665	0.0478	0.3069

<sup>1</sup>Treatments T1 = control chorizo + 2.4 % vinegar; T2 = T1 + 2.4 % OEO; SEM = standard error of the mean;  $T_i$  = effect of the  $i^{\text{th}}$  treatment;  $\delta_j$  = effect of the  $j^{\text{th}}$  evaluation day (1, 7 and 14 d);  $(T\delta)_{ij}$  = effect of the interaction between the  $i^{\text{th}}$  treatment and the  $j^{\text{th}}$  day.

<sup>a,b</sup> Means (n = 30 consumers per period), within the same column, between treatments and different times with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,B</sup> Means (n = 30 consumers per period), within the same column, for all treatments and days with different superscripts indicate significant differences ( $P < 0.05$ ).

<sup>1</sup>Tratamientos T1 = chorizo control + 2.4 % vinagre; T2 = T1 + 2.4 % AEO; EEM = error estándar de la media;  $T_i$  = efecto del  $i$ -ésimo tratamiento;  $\delta_j$  = 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.

<sup>a,b</sup> Medias (n = 30 consumidores por periodo), en la misma columna, entre tratamientos y tiempos distintos con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

<sup>A,B</sup> Medias (n = 30 consumidores por periodo), en la misma columna, para todos los tratamientos y días con superíndices distintos indican diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

T1, although, in general, T1 had more acceptance for smoothness than T2.

Unfermented and fermented sausages with extracts of *Borago officinalis* (340 ppm) presented non-significant differences in consumer preferences at 30 d in the cases of aroma, taste, appearance, color and juiciness attributes (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009). In another case of unfermented sausages fermented with natural extracts, preferences based on color, aroma and rancid and abnormal tastes were not significant (Lorenzo et al., 2013). Therefore, discrepancies between the above results and those of the present study suggest that oregano oil as a substitute for vinegar may improve the sensory attributes of chorizo. The possible improvement may be associated with some plant extracts containing phenolic components that have a sensory impact on fermented sausages (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009; Lorenzo et al., 2013).

## Conclusions

Use of 2.4 % oregano (*Lippia berlandieri* Schauer) essential oil in chorizo formulation improved the tendency to redness, the color index and antioxidant capacity. This component also preserved the protein content and decreased mesophiles, fungi and yeasts, shear force and hardness. Likewise, oregano essential oil improved the preference for the oregano aroma without changing overall acceptability. Oregano essential oil represents an alternative for replacing vinegar in chorizo formulation. However, the optimum amount of oregano essential oil to be used as a substitute for vinegar needs to be defined in order not to affect the texture and sensory attributes of chorizo, such as its taste and redness.

*End of English version*

## References / Referencias

- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Zaragoza, España: Acibia.
- AOAC. (1998). *Official Methods of Analysis*. Association of Official Analytical Chemists (16th ed.). Arlington, VA, USA.
- Bourne, M. C. (1978). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- Bozkurt, H., & Bayram, M. (2006). Colour and textural attributes of sucuk during ripening. *Meat Science*, 73(2), 344-350. doi: 10.1016/j.meatsci.2006.01.001
- Broncano, J. M., Otte, J., Petró, M. J., Parra, V., & Timón, M. L. (2012). Isolation and identification of low molecular weight antioxidant compounds from fermented "chorizo" sausages. *Meat Science*, 90(2), 494-501. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.09.015

al., 2013). En otras palabras, los resultados indican que la CA inherente al AEO puede contribuir a mejorar la vida útil del chorizo retardando la oxidación.

Las diferencias de mesófilos y HyL entre T1 y T2 fueron muy significativas ( $P < 0.0001$ ) y significativas ( $P < 0.0229$ ), respectivamente. Lo notable es que los valores de mesófilos y HyL fueron mayores en T1 que en T2. Resultados similares a los de T1 ocurrieron en salchichón y chorizo estudiados por Casquete et al. (2012). También, resultados de HyL similares a los de T2 corresponden a un chorizo con extracto de semilla de uva y castaña que fue estudiado por Lorenzo et al. (2013). En general, los resultados sugieren que la inhibición de la actividad microbiana está asociada al AEO en el chorizo (Burt, 2004).

## Análisis sensorial

Los atributos sensoriales del chorizo formulado con vinagre y aceite esencial de orégano se presentan en el Cuadro 5. El efecto de la interacción entre tratamientos y días fue significativo ( $P < 0.05$ ) en los casos de las variables color rojo, olor a orégano y apariencia. Color rojo y apariencia en T2 fueron más preferidos que en T1 en chorizo con 7 d de maduración; pero la preferencia se revirtió cuando el chorizo tenía 14 d de maduración. Notablemente, la preferencia asociada a olor de orégano se redujo significativamente a los 14 d en T1; aunque en general, T1 tuvo más aceptación por blandura que T2.

Salchichas sin fermentar y fermentadas con extractos de *Borago officinalis* (340 ppm) presentaron diferencias no significativas de preferencias por consumidores a los 30 d en los casos de los atributos olor, sabor, apariencia, color y jugosidad (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009). En otro caso de salchichas sin fermentar y fermentadas con extractos naturales, las preferencias con base en el color, aroma y sabores rancio y anormal fueron no significativas (Lorenzo et al., 2013). Por lo tanto, las discrepancias entre los resultados señalados y los del presente estudio sugieren que el aceite de orégano como sustituto del vinagre puede mejorar los atributos sensoriales del chorizo. La mejora posible puede estar asociada a que algunos extractos vegetales incorporan componentes fenólicos que influyen sensorialmente en salchichas fermentadas (García-Iñiguez de Ciriano et al., 2009; Lorenzo et al., 2013).

## Conclusiones

El aceite esencial de orégano *Lippia berlandieri* Schauer en 2.4 % en la formulación de chorizo mejoró la tendencia al color rojo, el índice de coloración y la capacidad antioxidante. También, dicho componente conservó el contenido proteico, disminuyó los mesófilos, hongos y levaduras, fuerza de corte y dureza. Asimismo, el aceite

- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94, 223-253. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.03.022>
- Casquete, R., Benito, J. M., Martín, A., Ruiz-Moyano, S., Aranda, E., & Córdoba, G. M. (2012). Microbiological quality of salchichon and chorizo, traditional Iberian dry-fermented sausages from two different industries, inoculated with autochthonous starter cultures. *Food Control*, 24(1-2), 191-198. doi: 10.1016/j.foodcont.2011.09.026
- Chun, O. K., & Kim, D. O. (2004). Consideration on equivalent chemicals in total phenolic assay of chlorogenic acid-rich plums. *Food Research International*, 37(4), 337-342. doi: 10.1016/j.foodres.2004.02.001
- Escartin, E. F., Castillo, A., Hinojosa-Puga, A., & Saldaña-Lozano, J. (1999). Prevalence of Salmonella in chorizo and its survival under different storage temperatures. *Food Microbiology*, 16(5), 479-486. doi: 10.1006/fmic.1999.0258
- García-Iñiguez de Ciriano, M., García-Herreros, C., Larequi, E., Valencia, I., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2009). Use of natural antioxidants from lyophilized water extracts of *Borago officinalis* in dry fermented sausages enriched in  $\alpha$ -3 PUFA. *Meat Science*, 83(2), 271-277. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.05.009
- Gimeno, O., Ansorena, D., Astiasarán, I., & Bello, J. (2000). Characterization of chorizo de Pamplona: instrumental measurements of colour and texture. *Food Chemistry*, 69(2), 195-200. doi: 10.1016/S0308-8146(99)00239-3
- González, B., & Díez, V. (2002). The effect of nitrite and starter culture on microbiological quality of “chorizo”—a Spanish dry cured sausage. *Meat Science*, 60(3), 295-298. doi: 10.1016/S0309-1740(01)00137-1
- González-Tenorio, R., Fonseca, B., Caro, I., Fernández-Diez, A., Kuri, V., Soto, S., & ..., Mateo, J. (2013). Changes in biogenic amine levels during storage of Mexican-style soft and Spanish-style dry-ripened sausages with different  $a_w$  values under modified atmosphere. *Meat Science*, 94(3), 369-375. doi: 10.1016/j.meatsci.2013.03.017
- Hajmeer, M., Basheer, I., & Cliver, D. O. (2005). Modeling survival curves of *Salmonella* spp. in chorizos using artificial neural networks and regression. *Journal of Rapid Methods & Automation in Microbiology*, 13(4), 283-306. doi: 10.1111/j.1745-4581.2005.00027.x
- Hajmeer, M., Basher, I., & Cliver, D. O. (2006b). Survival curves of *Listeria monocytogenes* in chorizos modeled with artificial neural networks. *Food Microbiology*, 23(6), 561-570. doi: 10.1016/j.fm.2005.09.011
- Hajmeer, M., Basher, I., Hew, C. M., & Cliver, D. O. (2006a). Modeling the survival of *Salmonella* spp. in chorizos. *International Journal of Food Microbiology*, 107(1), 59-67. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2005.08.012
- Hew, C. M., Hajmeer, M. N., Farver, T. B., Glover, J. M., & Cliver, D. O. (2005). Survival of *Listeria monocytogenes* in experimental chorizos. *Journal of Food Protection*, 68(2), 324-330. doi: 10.4315/0362-028X-68.2.324
- Hew, C. M., Hajmeer, M. N., Farver, T. B., Riemann, H. P., Glover, J. M., & Cliver, D. O. (2006). Pathogen survival in chorizos: ecological factors. *Journal of Food Protection*, 69(5), 1087-1095. doi: 10.4315/0362-028X-69.5.1087
- Kuri, V., Madden, R. H., & Collins, M. A. (1995). Hygienic quality of raw pork and chorizo (raw pork sausage) on retail sale in Mexico City. *Journal of Food Protection*, 59(2), 141-145. doi: 10.4315/0362-028X-59.2.141
- Ledesma, E., Laca, A., Rendueles, M., & 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. doi: 10.1016/j.lwt.2015.07.077
- Liu, D. C., Tsau, R. T., Lin, Y. C., Jan, S. S., & Tan, F. J. (2009). Effect of various levels of rosemary or Chinese mahogany on the quality of fresh chicken sausage during refrigerated storage. *Food Chemistry*, 117(1), 106-113. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.03.083
- Lorenzo, J. M., González-Rodríguez, R. M., Sánchez, M., Amado, I. R., & Franco, D. (2013). Effects of natural (grape seed and chestnut extract) and synthetic antioxidants (butylatedhydroxytoluene, BHT) on the physical, chemical, microbiological and sensory characteristics of dry cured sausage “chorizo”. *Food Research International*, 54(1), 611-620. doi: 10.1016/j.foodres.2013.07.064
- Lorenzo, J. M., Purriños, L., Bermudez, R., Cobas, N., Figueiredo, M., & García-Fontán, C. M. (2011). Polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in two Spanish traditional smoked sausage varieties: “Chorizo gallego” and “Chorizo de cebolla”. *Meat Science*, 89(1), 105-109. doi: 10.1016/j.meatsci.2011.03.017
- Mateo, J., Caro, I., Figueira, A. C., & Ramos, D. (2009). Meat processing in Ibero-American countries: a historical view. In: V. T. Noronha, P. Nijkamp, & J. L. Rastoin (Eds), *Traditional food production and rural sustainable* (1st ed., pp. 121-134) New York, NY: Taylor & Francis Group.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, T. B. (2006). Sensory evaluation techniques. In: M. Meilgaard, G. V. Civille, & T. B. Carr TB (Eds), *Affective tests consumer tests and in-house panel acceptance tests* (4th ed., pp. 231-251). Boca Raton, Florida, USA: CRC Press.

### Fin de la versión en español

- NOM-092-SSA1. (1994). Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. Consultado 10-08-2018 en <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>
- NOM-110-SSA1. (1994). Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Consultado 10-08-2018 en <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>
- NOM-111-SSA1. (1994). Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Consultado 10-08-2018 en <http://www.economia-noms.gob.mx/noms/inicio.do>
- Perales-Jasso, Y. J., Gamez-Noyola, S. A., Aranda-Ruiz, J., Hernandez-Martinez, C. A., Gutierrez-Soto, G., Luna-Maldonado, A. I.,...Méndez-Zamora, G. (2018). Oregano powder substitution and shelf life in pork chorizo using Mexican oregano essential oil. *Food Science & Nutrition*, 6(5), 1254-1260. doi: 10.1002/fsn3.668
- Porcella, M. I., Sánchez, G., Vaudagna, R. S., Zanelli, L. M., Descalzo, M.A., Meichtri, H. L.,...Lasta, A. J. (2001). Soy protein isolate added to vacuum-packaged chorizos: effect on drip loss, quality characteristics and stability during refrigerated storage. *Meat Science*, 57(4), 437-443. doi: 10.1016/S0309-1740(00)00122-4
- Salgado, A., García-Fortán, M. C., Franco, I., López, M., & Carballo, J. (2006). Effect of the type of manufacture (homemade or industrial) on the biochemical characteristics of *Chorizo de cebolla* (a Spanish traditional sausage). *Food Control*, 17(3), 213-221. doi: 10.1016/j.foodcont.2004.10.003
- SAS. (2006). SAS/STAT User's Guide (Release 9.1). Cary, NC, USA: SAS Inst. Inc.
- Silva-Vázquez, R., Duran-Meléndez, L. A., Méndez-Zamora, G., Estrada, E. S., Xie, M., & Goad, C. (2017). Antioxidant activity of essential oils from various Mexican oregano ecotypes and oil fractions obtained by distillation. *JSM Chemistry*, 5(3), 1046. Obtenido de <https://www.jscimedcentral.com/Chemistry/chemistry-5-1046.pdf>
- Vazquez, S. R., & Dunford, T. N. (2005). Bioactive components of Mexican oregano oil as affected by moisture and plant growth. *Journal of Essential Oil Research*, 17(6), 668-671. doi: 10.1080/10412905.2005.9699028