

ADICIÓN DE GARBANZO (*Cicer arietinum* L.) Y TOMATE (*Solanum lycopersicum*) DESHIDRATADO EN LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y VIDA DE ANAQUEL DE SALCHICHA TIPO FRANKFURT

ADDITION OF CHICKPEA (*Cicer arietinum* L.) AND DEHYDRATED TOMATO (*Solanum lycopersicum*) ON ANTIOXIDANT CAPACITY AND SHELF-LIFE OF FRANKFURTER SAUSAGE

Nora E. Ponce-Fernández*, Gregorio Pollorena-López, Cindy Rosas-Domínguez,
Vida M. López-Peñuelas, Sandra C. Osuna-Izaguirre¹

Instituto Tecnológico Superior de Guasave. Carretera Internacional Entronque a Brecha s/n,
Ejido El Burrioncito, Guasave, Sinaloa, México. 81149. (nponcef.itsg@gmail.com)

RESUMEN

La combinación de frutas y leguminosas con productos cárnicos demostraron efectos benéficos en la calidad del alimento y en los consumidores. El objetivo de este experimento fue evaluar el efecto de garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y tomate (*Solanum lycopersicum*) deshidratado en la calidad nutricional, capacidad antioxidante y vida de anaquel de salchicha tipo Frankfurt, y se espera que a mayor contenido de tomate y garbanzo se mejore la capacidad antioxidante y estabilidad del producto. En cuatro formulaciones de salchicha, con dos niveles de harina de garbanzo y polvo de tomate se evaluaron características fisicoquímicas, capacidad antioxidante, recuento microbiano y características sensoriales. El diseño experimental para el análisis fisicoquímico y microbiológico fue factorial (5×4), con formulación y tiempo de almacenamiento como factores; el diseño para actividad antioxidante y análisis sensorial fue completamente al azar y se analizó con ANDEVA de una vía y comparación de medias con la prueba Tukey ($p \leq 0.05$). El tomate y el garbanzo no modificaron significativamente el contenido de proteína y carbohidratos, en contraste con la fibra y la humedad. La vida de anaquel, A_w , disminuyó con el tiempo por la interacción de los factores. El tomate redujo los niveles de oxidación e incrementó el color interno y externo de la salchicha. El contenido de fenoles totales mostró que el tomate y el garbanzo son fuente de antioxidantes. La capacidad antioxidante del tomate y el garbanzo en la salchicha podrían disminuir el uso de aditivos sintéticos. El contenido mayor de tomate en la formulación funcionó como antimicrobiano, mientras que el contenido mayor de tomate y el menor de garbanzo produjeron mayor aceptabilidad. Por lo anterior se concluye que la adición de garbanzo y tomate redujo el crecimiento

ABSTRACT

The combination of fruits and pulses with meat products proved to have beneficial effects on food quality and consumers. The objective of this experiment was to evaluate the effect of chickpea (*Cicer arietinum* L.) and dehydrated tomato (*Solanum lycopersicum*) on the nutritional quality, antioxidant capacity, and shelf life of Frankfurter sausages. A higher content of tomato and chickpea are expected to improve the antioxidant capacity and stability of the product. The physicochemical characteristics, the antioxidant capacity, the microbial count, and the sensory characteristic of four sausage formulations —containing two levels of chickpea flour and tomato powder— were evaluated. The experimental design for the physicochemical and microbial analysis was factorial (5×4) with formulation and storage time as factors; the design for antioxidant activity and sensory evaluation was completely random and it was analyzed with a one-way ANOVA and the means were compared with Tukey test ($p \leq 0.05$). Chickpea and tomato did not significantly modify the protein and carbohydrate content, unlike fiber and moist. Shelf life (A_w) decreased in time as a result of the interaction of the factors. Tomato reduced the oxidation levels and increased the internal and external color of the sausages. The total phenolic content showed that tomato and chickpea are sources of antioxidants. The antioxidant capacity of tomato and chickpea could reduce the use of synthetic additives in sausages. The higher tomato content in the formulation had an antimicrobial function, whereas a higher tomato and a lower chickpea content resulted in a greater acceptability. Therefore, the conclusion is that the addition of chickpea and tomato reduced microbial growth and improved nutritional and sensory characteristics, as well as antioxidant capacity, proving that this alternative can reduce the inclusion of chemical additives.

* Autor para correspondencia ♦ Author for correspondence.

Recibido: enero, 2019. Aprobado: octubre, 2019.

Publicado como ARTÍCULO en *Agrociencia* 54: 337-351. 2020.

microbiano y mejoró las características nutricionales, sensoriales y capacidad antioxidante, por lo cual es una alternativa para reducir la inclusión de aditivos químicos.

Palabras clave: garbanzo, tomate, salchicha, calidad nutrimental, capacidad antioxidante, vida de anaquel.

INTRODUCCIÓN

La combinación de frutas y leguminosas con productos cárnicos mejora la calidad del alimento y preferencia por los consumidores (Eyiler y Oztan, 2011). Las leguminosas son ricas en proteínas, carbohidratos, vitaminas hidrosolubles como las del complejo B, y minerales como el calcio y el hierro (Sreerama *et al.*, 2012; Thongram *et al.*, 2016). El garbanzo (*Cicer arietinum* L.) tiene aminoácidos esenciales, ácidos grasos insaturados nutricionalmente, como los ácidos linoleico y oleico, y esteroides como b-sitosterol, campesterol y estigmasterol (Jukanti *et al.*, 2012).

El tomate (*Solanum lycopersicum*) aporta carotenoides, ácido L-ascórbico y licopeno a la dieta humana (Beecher, 1998; Liu *et al.*, 2010) y el aumento en su consumo disminuye el riesgo de aparición de enfermedades cardiovasculares y de cáncer de próstata, pulmón y sistema digestivo (Østerlie y Lerfall, 2005; Eyiler y Oztan, 2011). Por su alta producción Sinaloa es líder nacional en México; sin embargo, de 50 hasta 98% se exporta y lo demás se utiliza para la elaboración de productos como puré y salsa de tomate, y se generan subproductos con propiedades bioactivas que se pueden aprovechar por la industria alimentaria, como antioxidantes y colorantes naturales (Eyiler y Oztan, 2011; SIAP-SAGARPA, 2016; FIRA, 2017a). Toor y Savage (2005) demostraron la importancia de consumir tomates incluyendo piel y semillas para obtener beneficios máximos a la salud. La participación de México en la producción de carne bovina y porcina es 3.1% y 1.3% del total mundial, respectivamente (FIRA, 2017b; FIRA, 2017c), la mayor parte se comercializa como carne en canal. Por lo tanto, se desea contribuir al desarrollo económico mediante el aprovechamiento de las bondades de la carne de res y cerdo para producir productos ricos en proteínas con la elaboración de salchichas, que tienen el primer lugar en volumen de producción de alimentos cárnicos procesados por su demanda (COMECARNE, 2016). La diferencia es el valor agregado que aporta el garbanzo y el tomate en la

Key words: chickpea, tomato, sausage, nutritional quality, antioxidant capacity, shelf life.

INTRODUCTION

The combination of fruits and legumes with meat products improve food quality and consumer preference (Eyiler and Oztan, 2011). Legumes have a high content of proteins, carbohydrates, water-soluble vitamins (such as the vitamin B complex), and minerals (such as calcium and iron) (Sreerama *et al.*, 2012; Thongram *et al.*, 2016). Chickpea (*Cicer arietinum* L.) has essential amino acids, nutritional unsaturated fatty acids (such as linoleic and oleic acids) and sterols (such as b-sitosterol, campesterol, and stigmasterol) (Jukanti *et al.*, 2012).

Tomato (*Solanum lycopersicum*) provides carotenoids, L-ascorbic acid, and lycopene to the human diet (Beecher, 1998; Liu *et al.*, 2010) and its increased consumption diminishes the risk of cardiovascular diseases and prostate, lung, and gastro-intestinal cancer (Østerlie and Lerfall, 2005; Eyiler and Oztan, 2011). As a consequence of its high production, the Mexican state of Sinaloa leads the domestic production. However, Sinaloa exports 50-98% of its production and the rest is used to make products such as tomato purée and sauce, which generates by-products with bioactive properties that can be used in the food industry as antioxidant and natural colorings (Eyiler and Oztan, 2011; SIAP-SAGARPA, 2016; FIRA, 2017a). Toor and Savage (2005) proved the importance of consuming the whole tomato (including its skin and seeds) to obtain maximum health benefits. The Mexican share accounts for 3.1 and 1.3% of the global beef and pork production (FIRA, 2017b; FIRA, 2017c) and most of the meat is commercialized as dressed carcass. Therefore, the aim of this research is to make a contribution to economic development, through the favorable use of beef and pork, in order to manufacture protein-rich products such as sausages—which, as a consequence of its demand, has the highest production volume for processed meat products (COMECARNE, 2016). The difference is the added value that chickpea and tomato bring to the product, in terms of nutritional quality and antioxidant content, because there are few results about the use of by-products in the production of meat products (Deda *et al.*, 2007).

calidad nutricional y contenido de antioxidantes en el producto, porque hay pocos resultados sobre la utilización de subproductos de tomate en la elaboración de productos cárnicos (Deda *et al.*, 2007).

En consecuencia, es necesario combinar los sectores agrícola y pecuario para diseñar y elaborar productos nuevos con propiedades funcionales y de alto valor agregado. Así, el objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la adición de garbanzo y tomate deshidratado sobre la calidad nutricional, capacidad antioxidante y vida de anaquel de una salchicha tipo Frankfurt. La hipótesis fue que a mayor contenido de tomate y garbanzo se mejora la capacidad antioxidante y estabilidad del producto.

MATERIALES Y MÉTODOS

La harina de garbanzo Blanco Sinaloa 92 (HCO) usada se obtuvo con el proceso de secado hidrotérmico propuesto por Praderes *et al.* (2009) para quinchoncho, con ligeras modificaciones en la cocción (95 °C, 50 min) y secado (93 °C, 70 min). Los tomates se compraron en el mercado local de la ciudad de Guasave, se lavaron y cortaron en rebanadas delgadas de 7 mm, que se secaron con una corriente de aire en un secador ventilado a 40 °C durante 24 h, y se pulverizó hasta obtener un polvo fino (TO) que se almacenó en bolsa aluminizada hasta su uso (Rizk *et al.*, 2014).

Formulación del producto

Las materias primas e ingredientes usados se muestran en el Cuadro 1 para cada tratamiento. Con estos ingredientes se prepararon y evaluaron cinco formulaciones de salchicha con dos niveles de tomate en polvo (0.5 y 1.0 g 100 g⁻¹ de mezcla) y dos niveles de harina de garbanzo (1.8 y 3.5 g 100 g⁻¹ de mezcla). Primero se adicionaron al cutter (MAINCA CM1-4) la carne (-5 °C) y la mitad de la grasa y el hielo. El resto de los ingredientes se adicionaron a una velocidad baja. Una vez mezclados, se aumentó la velocidad del cutter y se mantuvo la temperatura de la pasta entre 12-15 °C. Las mezclas se embutieron en fundas de celulosa de 2.5 cm de diámetro y se ataron a intervalos de 13 cm, luego se cocinaron hasta una temperatura interna de 72 °C y se almacenaron en refrigeración (5 °C) en bolsas de polietileno hasta su análisis. Los análisis de calidad se realizaron al día 1, 7, 14 y

Consequently, combining the agricultural and livestock sector is necessary to design and make new products with functional properties and high added value. Therefore, the objective of this study was to evaluate the effect of adding chickpea and dehydrated tomato on the nutritional quality, antioxidant capacity, and shelf life of a Frankfurt-type sausage. The hypothesis was that a higher content of tomato and chickpea will improve the antioxidant capacity and the stability of the product.

MATERIALS AND METHODS

The Sinaloa 92 white chickpea flour (HCO) used in this experiment was obtained through the hydrothermal drying process proposed by Praderes *et al.* (2009) for *Cajun cajan*, with slight modifications in cooking (95 °C, 70 minutes) and drying (93 °C, 70 minutes). The tomatoes were bought at the local market of the city of Guasave. They were washed and cut in 7-mm thin slices that were dried using an air stream in a dryer which was ventilated at 40 °C, during 24 h, it was converted into a thin powder (TO) which was stored in an aluminized bag until it was used (Risk *et al.*, 2014).

Formulation of the product

Table 1 includes the raw materials and ingredients used for each treatment. Five formulations of sausages were prepared and evaluated with these ingredients, using two levels of tomato powder (0.5 and 1.0 g 100 g⁻¹ of the mixture) and two levels of chickpea flour (1.8 and 3.5 g 100 g⁻¹ of the mixture). First, the meat (-5 °C) and half of the fat and the ice were placed into the cutter (MAINCA CM1-4). Then, the rest of the ingredients were added at a slow speed. Once all these ingredients were mixed, the speed of the cutter was increased and the temperature of the paste was kept at 12-15 °C. The mixture was stuffed into 2.5-cm diameter cellulose sausage casings which were tied at 13-cm intervals; then, the sausages were cooked until they reached an internal temperature of 72 °C, they were placed inside polyethylene bags and stored in a refrigerator (5 °C) until their analysis. The quality analysis was carried out 1, 7, 14, and 28 d after the sausages were stored in the refrigerator. The results were compared with those of the sausages manufactured for a commercial brand, which were bought at a local store.

Cuadro 1. Ingredientes utilizados para la elaboración de las salchichas.
Table 1. Ingredients used to manufacture the sausages.

Ingrediente (g)	F1	F2	F3	F4	FT
Carne magra	51	51	51	51	51
Tejido graso	12	12	12	12	12
Agua (como hielo)	25	25	24.5	24.5	25
Cloruro de sodio	2.7	2.7	2.7	2.7	2.7
Sales de curado	0.6	0.6	0.6	0.6	1.6
Harina de trigo	5.2	3.5	5.2	3.5	7.5
Harina de garbanzo	1.8	3.5	1.8	3.5	0
Polvo de tomate	0.5	0.5	1.0	1.0	0
Mezcla de especias	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

F1: formulación 1; F2: formulación 2; F3: formulación 3; F4: formulación 4; FT: formulación testigo ♦ F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4; FT: formulation control.

28 de almacenamiento en refrigeración. Los resultados se compararon con los de salchichas elaboradas por una marca comercial, las cuales se adquirieron en un comercio local.

Determinaciones fisicoquímicas

El pH se midió con la homogenización por triplicado de 3 g de cada muestra de HCO y TO con 27 mL de agua destilada utilizando un potenciómetro HANNA modelo 211 (AOAC, 2000), y la actividad de agua (A_w) se midió de acuerdo al procedimiento del manual del equipo (Rotronic GROPALM). La salchicha se trituro y se repitió el procedimiento para pH y A_w .

El contenido de humedad, cenizas, grasa, proteína y fibra de HCO, TO y producto terminado se evaluaron por triplicado con los métodos estandarizados de la AOAC (2000). Humedad (4.1.03) en una estufa (Yamato DNE400) a 100 °C. La grasa se cuantificó (4.1.05 método 920.39) con un equipo de extracción soxhlet. La proteína (12.1.07 método 960.52) con el equipo de digestión y destilación (Scorpion). Las cenizas (método 942.05) con una mufla a 550 °C por lo menos 4 h. La fibra por el método 985.29 en un digestor (Scorpion Scientific).

El color se midió en la superficie de la salchicha y en su interior con un colorímetro (KONIKA MINOLTA CR-400, Japón). La medición del color incluyó la determinación de los valores L^* , a^* , b^* . El parámetro L^* representa la luminosidad o palidez de la salchicha y tiene una escala que va desde 0 que es negro total, hasta 100 que representa un blanco perfecto. El valor a^* va de la escala positiva a negativa (de rojo a verde). El valor b^* determina el color amarillo si los valores son positivos y azul cuando es

Physicochemical determinations

The pH was measured using a homogenization in triplicate of 3 g of each HCO and TO samples with 27 mL of distilled water, in a 211 HANNA potentiometer (AOAC, 2000); meanwhile, water activity (A_w) was measured according to the procedures described in the equipment handbook (Rotronic GROPALM). The sausage was ground and the procedure was repeated for pH and A_w .

The moist, ashes, fat, protein, and fiber content of HCO, TO, and the final product was evaluated in triplicate using the AOAC's standardized methods (2000). Moist (4.1.03) was measured with a Yamato DNE400 stove at 100 °C. Fat was quantified using a Soxhlet extraction apparatus (4.1.05, method No. 920.39). Protein was measured with a Scorpion Scientific digestion and distillation apparatus (12.1.07, method No. 960.52). Ashes were measured using a muffle furnace, at 550 °C for at least 4 h (method No. 942.05). Fiber was measured with a Scorpion Scientific digestor (method No. 985.29).

The external and internal colors of the sausage were measured with a colorimeter (KONIKA MINOLTA CR-400, Japan). Color measurement included the determination of the L^* , a^* , and b^* values. The L^* parameter represents the brightness or paleness of the sausage and its scale ranges from 0 (total black) to 100 (perfect white). The a^* value ranges from a positive (red) to a negative (green) scale. The b^* value uses yellow to determine positive values and blue for negative values (Eyler and Oztan, 2011). Chroma (C^*) was calculated with the abovementioned parameters.

negativo (Eyiler y Oztan, 2011). Chroma (C*) se calculó con los parámetros anteriores.

Capacidad antioxidante

Preparación de extractos hidrofílicos

La preparación de extractos hidrofílicos se realizó por triplicado a TO, HCO y al producto terminado. Un g de HCO y TO (balanza analítica PR 2003 Deltarange) se homogenizó (Homogenizador IKA, ultra Turrax) en 20 mL de metanol al 80% (J. T. Baker); el homogenizado se colocó en un sonicador (Branson 2510) por 30 min y se centrifugó (SIGMA 3-30KS) a 14 000 rpm durante 15 min a 4 °C. Dos lavados adicionales se realizaron con 10 mL de metanol 80% y se recolectó el sobrenadante para filtrarlo en papel Whatman No. 1. Los extractos obtenidos (EHCO y ETO) se llevaron a un volumen de 30 mL con metanol 80% y se almacenaron a -20 °C hasta su uso en las determinaciones de fenoles totales y capacidad antioxidante (Shivashankara *et al.*, 2004). Para elaborar el extracto del producto terminado se utilizaron 10 g de producto fresco y se usó el método ya descrito y se obtuvo ESA (Extracto de Salchicha).

Contenido de fenoles totales

El contenido de fenoles totales en los extractos se determinó con el método de Folin-Ciocalteu (Singleton y Rossi Jr., 1965) y algunas modificaciones. Los extractos (50 mL) se mezclaron con 3 mL de H₂O (desionizada) y 250 mL del reactivo de Folin-Ciocalteu 1 N. Después de 8 min de agitación se adicionaron 750 mL de Na₂CO₃ (20%) y 950 mL de H₂O, se agitaron de nuevo y se incubaron 30 min a temperatura ambiente. Después de la incubación se leyó la absorbancia a 765 nm en un espectrofotómetro (UV-VIS HACH DR 6000). Los resultados se registraron como mg de equivalentes de ácido gálico (EAG) g⁻¹ de peso seco.

DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidracil)

La capacidad de los extractos para inactivar al radical estable DPPH se evaluó según el método de Brand-Williams *et al.* (1995). Para la solución stock se mezcló 2.5 mg de radical DPPH con 100 mL de metanol puro. La solución se ajustó a 0.7±0.02 (515 nm). La reacción se efectuó con 3.9 mL de radical DPPH y 100 mL de cada extracto. Las mezclas se agitaron y reposaron 30 min en la oscuridad. La reducción del radical se determinó a 515 nm en un espectrofotómetro (UV-VIS HACH DR 6000). La actividad se expresó como % de inhibición del radical DPPH.

Antioxidant capacity

Preparation of hydrophilic extracts

The preparation of hydrophilic extracts was carried out in triplicate with TO, HCO, and the final product. One g of HCO and TO (Deltarange PR 2003 analytical balance) was homogenized (IKA Ultra Turrax® Homogenizer) in 20 mL of 80% methanol (J. T. Baker); the homogenized product was placed in a sonicator (Branson 2510) for 30 min and then it was centrifuged (SIGMA 3-30KS) at 14 000 rpm for 15 min at 4 °C. Two additional washes were carried out, using 10 mL of 80% methanol, gathering the supernatant and filtering it in Whatman filter paper No. 1. Eighty percent methanol was added to the extracts obtained (EHCO and ETO) until reaching a 30 mL volume, they were stored at -20 °C and then were used to determine total phenols and antioxidant capacity (Shivashankara *et al.*, 2004). Ten g of the fresh product was used to obtain the extract from the final product; ESA (sausage extract) was obtained following the aforementioned method.

Total phenols content

The total phenols content of the extracts was determined with the Folin-Ciocalteu method (Singleton and Rossi Jr., 1965), and some modifications. The extracts (50 mL) were mixed with 3 mL of H₂O (deionized) and 250 mL of the 1 N Folin-Ciocalteu reagent. After 8 min of agitation, 750 mL of Na₂CO₃ (20%) and 950 mL of H₂O were added; the mixture was agitated again and it was incubated 30 min at room temperature. After the incubation, a 765 nm absorbance was reported in a spectrophotometer (UV-VIS HACH DR 6000). The results were recorded as mg of gallic acid equivalents (EAG) g⁻¹ of dry weight.

DPPH (2,2-dyphenil-1-picril-hidracil)

The extracts' capacity to render inactive the DPPH stable radical was evaluated with the method developed by Brand-Williams *et al.* (1995). For the stock solution, 2.5 mg of the DPPH radical was mixed with 100 mL of pure methanol. The solution was adjusted at 0.7±0.02 (515 nm). The reaction was carried out using 3.9 mL of the DPPH radical and 100 mL of each extract. The mixtures were agitated and were left in the dark for 30 min. The reduction of the radical was determined at 515 nm in a spectrometer (UV-VIS HACH DR 6000). The activity was reported as % of the inhibition of the DPPH radical.

TEAC (Capacidad Antioxidante en Equivalentes Trolox)

El valor de TEAC se determinó según la técnica de Pellegrini *et al.* (1999), que se basa en la habilidad de los extractos para inactivar el radical ABTS⁺ (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)). El radical catión se generó con 19.2 mg de ABTS⁺ disueltos en 5 mL de agua desionizada y 88 mL de K₂S₂O₈ (0.0378 g mL⁻¹). La solución madre se incubó en la oscuridad a temperatura ambiente por 16 h. Después se tomó 1 mL de radical ABTS⁺ activado, se agregó a 88 mL de metanol y se ajustó a 0.7±0.02 (734 nm), se adicionaron 2970 mL de ABTS⁺ a 30 mL de cada extracto, se monitoreó la absorbancia a 734 nm al minuto 1 y 5 después del mezclado inicial. Los resultados se reportaron como mmoles de equivalentes Trolox (ET) g⁻¹ de peso seco.

Microbiológicos

Las evaluaciones se realizaron los días 1, 7, 14 y 28. Las técnicas son las descritas en las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) y los protocolos fueron cuenta estándar en placa de bacterias aerobias mesófilas (PCA, 37±1 °C) y psicrófilas (PCA, 4±2 °C), (NOM-092-SSA1-1994). Las muestras se procesaron por triplicado para cada repetición.

Sensorial

Los análisis sensoriales se realizaron con 10 panelistas (5 varones y 5 mujeres), miembros del instituto, de 30 a 35 años. Los atributos evaluados fueron color, sabor y aceptabilidad general en la salchicha tipo Frankfurt a través de una escala hedónica de 5 puntos, donde 1=disgusta extremadamente y 5=gusta extremadamente. Las evaluaciones se realizaron al séptimo día de almacenamiento y antes de ellas se reunió a los panelistas para que se familiarizaran con las características a evaluar. Durante la evaluación se les ofrecieron galletas sin sal y agua entre cada muestra como diluyentes. Una pieza entera se sirvió para evaluar color externo y después en trozos, para evaluar sabor y aceptabilidad general (Eyler y Oztan, 2011).

Análisis estadístico

Para evaluar los datos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de la salchicha se aplicó un ANDEVA con un diseño factorial (5×4) donde el primer factor son las formulaciones de salchicha (F1, F2, F3, F4 y FT) y el segundo factor fue el tiempo de almacenamiento (1, 7, 14 y 28 d). Los datos de la actividad antioxidante y análisis sensorial de la salchicha se evaluaron con un ANDEVA, un diseño completamente al azar de una sola vía y

TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity)

The value of TEAC was determined according to the technique developed by Pellegrini *et al.* (1999), which is based on the ability of the extracts to render inactive the ABTS⁺ radical (2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid)). The radical cation was generated dissolving 19.2 mg of ABTS⁺ in 5 mL of dionized water and 88 mL of K₂S₂O₈ (0.0378 g mL⁻¹). The stock solution was incubated in the dark, at room temperature, for 16 h. Afterwards, 88 mL of methanol were added to 1 mL of the ABTS⁺ activated radical and the mixture was adjusted to 0.7±0.02 (734 nm); 2970 mL of ABTS⁺ were added to 30 mL of each extract; and absorbance was monitored at 734 nm, 1 and 5 min after the components were initially mixed. The results were recorded as μmols of Trolox equivalents (ET) g⁻¹ of dry weight.

Microbiologicals

The evaluations were carried out on the 1, 7, 14, and 28 days. The techniques are those described in the Mexican Official Standards (NOM); the protocols were standard count of mesophilic (PCA, 37±1° C) and psychophilic (PCA, 4±2 °C) aerobic bacteria (NOM-092-SSA1-1994). The samples were processed in triplicate per replicate.

Sensory

Ten panelists (5 men and 5 women) —all members of the institute, and 30 to 35 years old— participated in the sensory evaluations. The attributes evaluated were color, taste, and general acceptability of the Frankfurt-type sausage, using a 5-points hedonic scale, where 1 means “does not like at all” and 5 means “likes a lot”. The evaluations were carried out on the 7th day of storage. Before the actual evaluation started, the panelists were familiarized with the characteristics that would be evaluated. During the evaluation, they were offered crackers and water between samples to eliminate the flavor of the previous sample. A whole sausage was served to evaluate external color and it was afterwards served in bits to evaluate taste and general acceptability (Eyler and Oztan, 2001).

Statistical analysis

An ANOVA was used to evaluate the data obtained from the physicochemical and microbiological analysis of the sausages, with a factorial design (5×4) and the first factor corresponds to sausage formulations storage time (1, 7, 14, and 18 d) as the first factor. The data obtained from the antioxidant activity and the sensory evaluation of the sausage were evaluated using

MINITAB 16. Las diferencias entre las medias se evaluaron con la prueba de Tukey ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Fisicoquímicos

Los resultados de la composición química de las formulaciones realizadas y de la marca comercial (FT) mostraron diferencias estadísticas ($p \leq 0.05$) para cada formulación (Cuadro 2). Respecto a humedad, F3 presentó el valor más elevado, el cual fue diferente ($p \leq 0.05$) solo respecto a F1. Según Savadkoohi *et al.* (2014), el contenido de humedad para una salchicha elaborada con carne de res y adicionada con pasta de tomate puede variar entre 61.01-64.91%, mientras que El-Nashi *et al.* (2015) prepararon salchichas adicionadas con cáscara de granada y reportan valores de 58.82 a 61.89%. La formulación también afectó el porcentaje de grasa (9.39 a 10.05%) que fue más elevado en el testigo ($p \leq 0.05$) respecto a los demás tratamientos. Los porcentajes de grasa en salchichas van de 16.23% a 20.07% según Hayes *et al.* (2013), Savadkoohi *et al.* (2014) y El-Nashi *et al.* (2015); estos valores son mayores a los encontrados en nuestra investigación, debido a la formulación utilizada. Los tratamientos no afectaron el contenido de proteína y carbohidratos ($p > 0.05$); en las proteínas se atribuyó al uso de la misma proporción de carne en las formulaciones, y en los carbohidratos a que la harina de trigo y de garbanzo tienen contenidos similares de estos compuestos (Aguilar-Raymundo y Vélez-Ruiz, 2013). Por el contrario, los tratamientos afectaron el porcentaje de fibra y la humedad ($p \leq 0.05$) y los valores más elevados se presentaron en el F4 y F3 y

an ANOVA, a one-way completely randomized design, and MINITAB 16. The differences between the means were evaluated using Tukey test ($p \leq 0.05$).

RESULTS AND DISCUSSION

Physical-Chemical

The results of the chemical composition of the formulations developed for this study and the commercial brand (Table 2) showed statistical differences ($p \leq 0.05$) between each formulation. The highest moisture value was found in F3, which was different ($p \leq 0.05$) only compared to F1. According to Savadkoohi *et al.* (2014), the moisture content of a beef sausage to which tomato paste was added can range from 61.01 to 64.91%, whereas El-Nashi *et al.* (2015) added pomegranate peel to the sausages they prepared and reported 58.82-61.89% values. The formulation also affected fat percentage (9.39 to 10.05%), which was higher in the control ($p \leq 0.05$) than in the other treatments. According to Hayes *et al.* (2013), Savadkoohi *et al.* (2014) and El-Nashi *et al.* (2015), fat percentages in sausages range from 16.23 to 20.07%. As a consequence of the formulation used, those values were higher than those obtained in this research. The treatments did not affect the protein and carbohydrate content ($p > 0.05$), probably because the same meat proportion was used in the formulations (in the case of proteins) and because wheat and chickpea flour have similar contents to these compounds (in the case of carbohydrates) (Aguilar-Raymundo and Vélez-Ruiz, 2013). On the contrary, the treatments did affect the fiber and moisture percentage ($p \leq 0.05$) and the highest

Cuadro 2. Composición química de salchichas adicionadas con harina de garbanzo y polvo de tomate.
Table 2. Chemical composition of sausages to which chickpea flour and tomato powder was added.

	Humedad	Grasa	Proteína	Fibra	Carbohidratos	Cenizas
F1	62.92±0.16b	10.05±0.51b	11.99±0.39	2.44±0.27c	8.04±0.40	4.54±0.29a
F2	65.41±1.04ab	9.73±0.73b	12.35±0.67	2.65±0.23bc	6.41±1.73	3.41±0.09b
F3	66.51±1.23a	9.39±0.66b	11.99±0.37	3.01±0.03ab	5.61±1.84	3.45±0.05b
F4	64.54±1.12ab	9.93±0.16b	12.13±0.25	3.27±0.23a	6.21±1.00	3.89±0.20b
FT	64.11±0.93ab	11.55±0.51a	12.99±0.43	0.33±0.22d	7.31±1.42	3.68±0.34b

abcd, letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). F1: formulación 1; F2: formulación 2; F3: formulación 3; F4: formulación 4; FT: formulación testigo ♦ abcd, different letters in each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$). F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4; and FT: control formulation.

el más bajo en el FT. La variabilidad en el contenido de fibra se atribuyó a la incorporación de polvo de tomate porque el orujo de tomate puede tener hasta 39.11% de fibra (Savadkoohi *et al.*, 2014), y la harina de garbanzo puede contener hasta 3% de fibra (Aguilar-Raymundo y Vélez-Ruiz, 2013). Además, los tratamientos cambiaron el contenido de ceniza y F1 fue diferente ($p \leq 0.05$) a los demás tratamientos. Savadkoohi *et al.* (2014) encontraron 2.18 a 2.45% de cenizas en salchichas adicionadas con orujo de tomate.

La interacción de los factores (tiempo $\times$ formulación) afectó el pH ($p \leq 0.05$), con valores iniciales más cercanos a la neutralidad en todas las formulaciones, después descendió hasta el día 14 y presentó un ligero aumento en el último día de muestreo (Cuadro 3). De todas las formulaciones, F2 en el primer día de muestreo, presentó valores más elevados que los demás tratamientos en el mismo día. El pH descendió hasta el día 14 y presentó valores más bajos y no diferentes entre FT y F4, respecto a las demás formulaciones el mismo día. El-Nashi *et al.* (2015) reportan un comportamiento similar, ya que el pH se redujo durante el tiempo de almacenamiento. Según, Eyiler y Oztan (2011) el pH de salchichas adicionadas con polvo de tomate se reduce cuando se aumenta su concentración. Otra variable importante para evaluar la vida de anaquel es la A_w , la cual disminuyó en todas las formulaciones con respecto al tiempo y con un efecto por la interacción de los factores ($p \leq 0.05$). Los valores más elevados para este parámetro se presentaron en el primer día; la FT tuvo

values were found in F4 and F3, while the lowest value was shown by FC. Fiber content variability was attributed to the incorporation of tomato powder, because tomato pomace can include up to 39.11% fiber (Savadkoohi *et al.*, 2014), and chickpea flour can contain up to 3% fiber (Aguilar-Raymundo and Vélez-Ruiz, 2013). Besides, the treatments changed the ash content and F1 was different ($p \leq 0.05$) to other treatments. Savadkoohi *et al.* (2014) found out that sausages to which tomato pomace was added had 2.18-2.45% of ash.

The interaction of the factors (time $\times$ formulation) affected the pH ($p \leq 0.05$) with initial values closer to the neutrality in all formulations; afterwards, it decreased until day 14 and showed a slight increase in the last sampling day (Table 3). Out of all the formulations, during the first sampling day, F2 had higher values than other treatments on the same day. pH descended until day 14 and showed lower and non-different values between FT and F4, with regard to the other formulations during the same day. El-Nashi *et al.* (2015) report a similar behavior: the pH was reduced during the storage period. According to Eyiler and Oztan (2011), the pH of the sausages to which tomato powder was added is reduced as its concentration increases. A_w is another major variable that helps to evaluate the shelf-life, which diminished in all formulations with regard to time and which was affected by factors interaction ($p \leq 0.05$). This parameter had the highest values during the first day; thus, FT had the highest value on that day and it was different ($p \leq 0.05$) to the other formulations. At day

Cuadro 3. Evaluación del pH y A_w del producto terminado durante su almacenamiento.
Table 3. Evaluation of the pH and A_w of the finished product during storage.

	pH				A_w			
	Tiempo (d)				Tiempo (d)			
	1	7	14	28	1	7	14	28
F1	6.61 c	6.31 e	6.28 f	6.46 d	0.90 b	0.86 e	0.84 f	0.79 i
F2	6.71 b	6.35 e	6.16 h	6.88 a	0.90 b	0.88 d	0.86 e	0.79 i
F3	6.63 c	6.28 f	6.07 ij	6.47 d	0.91 b	0.88 d	0.79 i	0.74 j
F4	6.65 c	6.07 ij	6.02 j	6.26 fg	0.90 b	0.88 d	0.86 e	0.83 g
FT	6.22 gh	6.15 h	6.02 j	6.22 g	0.92 a	0.89 c	0.82 gh	0.81 h

abcdefghij, letras diferentes en cada hilera y columna para cada variable indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). F1: formulación 1; F2: formulación 2; F3: formulación 3; F4: formulación 4; FT: formulación testigo ♦ abcdefghij, different letters in each row and column for each variable indicate significant differences ($p \leq 0.05$). F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4; FT: control formulation.

el valor más elevado ese día y fue diferente ($p \leq 0.05$) a las demás formulaciones. En el día 28 del periodo de muestreo la A_w disminuyó hasta 0.74 en F3 y fue diferente a los demás tratamientos que variaron de 0.79 a 0.83. En otras investigaciones se elaboraron diversos tipos de salchichas y los valores de A_w al día cero varían de 0.89 a 0.99, y tiende a disminuir durante el almacenamiento (Campagnol *et al.*, 2012; Menegas *et al.*, 2013; Sousa *et al.*, 2016).

Otro parámetro de calidad evaluado fue el color (L^* , a^* , b^* y C^*), que se midió en la superficie del producto y en el interior del mismo (Cuadro 4). La luminosidad (L^*) y el color rojo (a^*) son los parámetros que muestran más información sobre los cambios de color (Savadkoohi *et al.*, 2014). Respecto a color externo, la interacción entre los factores principales afectó el parámetro L^* ($p \leq 0.05$) que disminuyó

28, A_w diminished to 0.74 in F3, a value different to the other treatments which varied between 0.79 and 0.83. In other researches, various types of sausages were prepared and a 0.89-0.99 range was obtained for the A_w values on day zero and they have a diminishing trend during their storage (Campagnol *et al.*, 2012; Menegas *et al.*, 2013; Sousa *et al.*, 2016).

Color (L^* , a^* , b^* , and C^*) was another of the quality parameters that was evaluated; both the external and internal color of the product were measured (Table 4). Brightness (L^*) and the red color (a^*) are the parameters that provide more information about color changes (Savadkoohi *et al.*, 2014). In relation to external color, the interaction between the main factors affected the L^* parameter ($p \leq 0.05$) which diminished up to day 14; afterwards, a slight increase occurred during the last sampling

Cuadro 4. Evaluación del color del producto terminado durante su almacenamiento.
Table 4. Evaluation of the color of the finished product during its storage.

	Tiempo (d)	Color externo				Color interno			
		L^*	a^*	b^*	C^*	L^*	a^*	b^*	C^*
F1	1	62.83 b	11.67 de	19.72 a	22.91 b	62.00 ab	11.54 e	20.02 a	23.11 bc
	7	59.40 c	13.09 cd	17.87 bc	22.15 bc	60.22 bc	13.17 d	17.57 de	21.96 c
	14	61.26 bc	13.79c	16.12 c	21.22 cd	59.25 c	15.78 bc	16.25 e	22.65 bc
	28	61.30 bc	13.67 c	16.63 c	21.53 c	60.72 b	16.00 b	16.75 e	23.17 bc
F2	1	60.23 c	14.14 c	17.85 bc	22.77 bc	60.08 b	13.26 cd	17.81 cd	22.20 c
	7	62.09 bc	12.32 d	18.80 ab	22.48 bc	61.06 b	12.52 de	18.67 bc	22.49 c
	14	63.26 ab	11.60 de	16.38 c	20.07 d	59.49 c	13.91 cd	16.89 de	21.88 c
	28	62.34 b	11.85 de	16.50 c	20.33 d	59.67 c	13.42 cd	17.11 de	21.75 c
F3	1	63.32 ab	10.89 e	18.04 bc	21.08 cd	62.58 a	11.54 e	19.80 a	22.92 bc
	7	61.72 bc	11.18 de	19.77 a	22.71 b	62.50 a	10.98 e	19.36 ab	22.26 c
	14	63.27 ab	11.11 e	18.54 b	21.61 c	61.73 ab	12.13 de	18.28 c	21.94 c
	28	64.19 ab	10.60 e	18.64 ab	21.45 cd	62.17 ab	12.30 de	18.64 bc	22.34 c
F4	1	61.36 bc	10.89 e	17.96 bc	21.01 cd	60.50 b	13.71 cd	19.38 ab	23.74 b
	7	62.84 b	12.36 d	18.75 ab	22.47 bc	60.82 bc	14.55 c	19.95 a	24.70 ab
	14	61.17 bc	13.77 c	16.74 bc	21.68 c	60.63 b	16.05 b	17.65 cd	23.87 b
	28	60.58 bc	14.09 c	17.55 c	22.52 bc	60.54 bc	16.15 b	17.70 cd	23.96 b
FT	1	65.35 a	19.60 a	17.84 bc	26.51 a	61.58 ab	18.04 a	18.12 cd	25.56 a
	7	65.12 a	18.63 a	17.12 bc	25.30 a	59.75 c	17.64 a	18.00 cd	25.20 a
	14	62.15 bc	16.54 b	16.84 bc	23.60 b	61.85 ab	17.02 ab	17.95 c	24.74 ab
	28	61.96 bc	15.64 b	16.23 c	22.54 bc	62.01 ab	16.97ab	17.85 cd	24.63 ab

abcdef, letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). F1: formulación 1, F2: formulación 2, F3: formulación 3, F4: formulación 4, FT: formulación testigo. $C^* = \text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$. ♦ abcdef, different letters in each column indicate significant differences ($p \leq 0.05$). F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4; and FC: control formulation. $C^* = \text{Chroma} = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}}$.

conforme avanzó el tiempo hasta el día 14, para seguir con un pequeño incremento en el último día de muestreo. Los valores más elevados se registraron en el día 1 de muestreo y fueron más altos en FT y F3, comparados con los demás tratamientos. Los valores decrecieron hasta el día 14, pero aumentaron en el día 28. Hayes *et al.* (2013) aplicaron polvo de tomate en carne de cerdo y obtuvieron valores de L^* desde 55.3 a 63.1 en los primeros días de muestreo, para después tener un aumento ligero. El valor a^* externo es muy importante porque representa la saturación del color rosado en este tipo de productos y, por lo tanto, el primer contacto con el consumidor (Savadkoohi *et al.*, 2014) y este parámetro también fue afectado por la interacción de los factores principales ($p \leq 0.05$). El valor de a^* decreció con el tiempo de almacenamiento, y fue más elevado en FT al día uno. Respecto a las formulaciones, la F2 presentó el valor más alto el primer día de muestreo, y no fue diferente ($p > 0.05$) a F4 en el día 28 de muestreo. La adición de tomate en productos cárnicos aumenta el valor de a^* que tiende a decrecer durante el almacenamiento del producto (Eyiler y Oztan, 2011; Hayes *et al.*, 2013; Savadkoohi *et al.*, 2014). El valor de b^* se asocia con la saturación de colores amarillos, que se atribuye a las grasas en este tipo de productos (Kim *et al.*, 2015). En F1 se registró el valor más elevado el día 1 de muestreo y fue diferente ($p \leq 0.05$) a las demás formulaciones ese día, las cuales oscilaron de 17.84 a 18.04. Savadkoohi *et al.* (2014) reportaron valores inferiores (7.34 a 9.12) a los de nuestra investigación en salchichas de res adicionadas con orujo de tomate. El C^* representa la combinación y saturación de los colores (Deda *et al.*, 2007), por lo cual es importante evaluar su comportamiento; así, este parámetro también decreció durante el tiempo de almacenamiento (Cuadro 4). En el día 1 de almacenamiento fue 26.51 en la FT, y en los demás tratamientos 21.01 y 22.91. Al día 28 de almacenamiento, los valores oscilaron de 20.33 a 22.54. Según Savadkoohi *et al.* (2014), los valores van desde 19.74 a 21.62. Al igual que el color externo, se evaluó el color interno del producto porque se relaciona con la homogeneidad del color en la masa cárnica al momento de procesarla, y hubo un comportamiento similar al del color externo. La interacción de los factores principales (tiempo $\times$ formulación) afectaron a L^* , a^* , b^* y C^* ($p \leq 0.05$). Los valores de L^* disminuyeron al aumentar los días de almacenamiento, entre 59.25 y 62.58 para todas las

day. The highest values were recorded on the first sampling day and they were higher in FC and F3 than in the other treatments. The values diminished up to day 14, but they increased on day 28. Hayes *et al.* (2013) applied tomato powder to pork meat and recorded L^* values ranging from 55.3 to 63.1 during the first days of sampling and a slight increase afterwards. The external a^* value is very important because it represents the saturation of pink in this kind of products and, therefore, it is the first point of contact with the consumer (Savadkoohi *et al.*, 2014); this parameter was also affected by the interaction between the main factors ($p \leq 0.05$). The value of a^* decreased as storage time passed and it was highest for FC on day one. With regard to formulations, F2 had the highest value on the first sampling day and it had no differences ($p > 0.05$) with F4 on sampling day 28. Adding tomato to meat products increases the value of a^* which has a diminishing trend while the product is stored (Eyiler and Oztan, 2011; Hayes *et al.*, 2013; Savadkoohi *et al.*, 2014). The value of b^* is associated with the saturation of yellow, which is attributed to fats in this kind of products (Kim *et al.*, 2015). The highest value for F1 was recorded on the first day of sampling and it was different ($p \leq 0.05$) to the other formulations on that day, which ranged from 17.84 to 18.04. Savadkoohi *et al.* (2014) recorded lower values (7.34 to 9.12) for beef sausages to which tomato marc was added than those found out on this research. C^* represents color combination and saturation (Deda *et al.*, 2007) and its behavior should be evaluated; this parameter also decreased during storage time (Table 4). On the first day of storage, it had a value of 26.51 for FT and 21.01 and 22.91 for the other treatments. On the 28th day of storage, the values fluctuated between 20.33 and 22.54. According to Savadkoohi *et al.* (2014) the values ranged from 19.74 to 21.62. Like external color, the product's internal color was evaluated, as a consequence of its connection with the homogeneity of the color of the meat when its processed; it behaved similarly to the external color. The interaction of the main factors (time $\times$ formulation) affected L^* , a^* , b^* , and C^* ($p \leq 0.05$). The values of L^* diminished as the storage days increased, from 59.25 to 62.58 (for all formulation and sampling times). In the case of sausages to which tomato powder were added, the values of this parameter ranged from 67.62 to 63.37, which decrease as storage time increased according

formulaciones y tiempos de muestreo. Para este parámetro en salchichas adicionadas con polvo de tomate los valores van de 67.62 a 63.37, los cuales disminuyen con el tiempo de almacenamiento según Eyiler y Oztan (2011). El valor a^* varió de 10.98 a 18.04 durante el tiempo de muestreo y para todas las formulaciones. Este parámetro aumenta con el tiempo de almacenamiento (Eyiler y Oztan, 2011). El parámetro b^* varió de 16.25 a 20.02 y los valores de C^* fueron mayores que para el color externo y diferentes durante el experimento.

Capacidad antioxidante

Los compuestos fenólicos son bioactivos y se relacionan con el decremento de varios procesos deteriorativos en el cuerpo humano, por lo cual se han desarrollado estudios para evaluar la concentración de este tipo de compuestos en los alimentos. En el Cuadro 5 se muestran diferencias ($p \leq 0.05$) en el contenido de fenoles totales entre tratamientos. El ETO presentó una concentración superior a la observada por Toor y Savage (2005), quienes reportan 29.1, 22.0 y 12.2 mg AG100 g⁻¹ pf, en la evaluación del contenido de compuestos fenólicos en piel, semilla y pulpa de tomate, respectivamente. Los cambios en el contenido de estos compuestos se atribuyen a las variaciones genéticas de los cultivares o bien al estado de madurez del fruto, prácticas agronómicas, el manejo y los tratamientos poscosecha. Los resultados de HCO fueron similares a los mostrados por Aguilera *et al.* (2009), quienes evaluaron el contenido de fenoles totales en las variedades Castellano y Sinaloa de garbanzo; la variedad Sinaloa presentó una alta estabilidad térmica en el contenido de compuestos fenólicos después de diferentes procesos térmicos, contrario a lo observado en la variedad Castellano.

to Eyiler and Oztan (2011). For all formulations, the value of a^* ranged from 10.98 to 18.04 during the sampling period. This parameter increases along with storage time (Eyiler and Oztan, 2011). The b^* parameter varied from 16.25 to 20.02 and the values of C^* were greater than those of the external color and they were different throughout the experiment.

Antioxidant capacity

Phenolic compounds are bioactive and they are connected with the decrease in several deteriorating processes in the human body and, consequently, several evaluations of the concentration of this kind of compounds in food have been carried out. Table 5 shows the differences ($p \leq 0.05$) in the total phenol content between treatments. The concentration of ETO was higher than that reported by Toor and Savage (2005) who recorded 29.1, 22.0, and 12.2 mg AG100 g⁻¹ pf for the phenolic compound content of tomato peel, seed, and pulp, respectively. The changes in the content of these compounds are attributed to the genetic variations of the cultivars or to the ripeness stage of the fruit, agricultural practices, handling, and post-harvest treatments. The results for HCO were similar to the findings of Aguilera *et al.* (2009) who evaluated the total phenol content of the Castellano and Sinaloa chickpea varieties; after several thermal processes, the phenolic compound content of the Sinaloa variety had a high thermal stability, while the Castellano variety had the opposite result. Nowadays, consumers tend to prefer healthy, natural, and nutritional food; therefore, artificial additives are being replaced with natural additives.

The addition of tomato powder to sausage production caused a high total phenolic content in

Cuadro 5. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
Table 5. Phenolic compound content and antioxidant capacity.

Tratamiento	Fenoles (mg AG g ⁻¹ ps)	DPPH (% inhibición)	TEAC (μ M ET g ⁻¹ ps)
ETO	104.61 a	59.76 a	34.43 a
EHCO	51.00 b	2.71 b	4.09 b
ESA	25.65 c	2.70 b	2.48 b

abc, letras diferentes en cada columna indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ETO: extracto de tomate, EHCO: extracto de harina de garbanzo cocido, ESA: extracto de salchicha, ps: peso seco ♦ abc, different letters in each column indicate significant difference ($p \leq 0.05$). ETO: tomato extract; EHCO: cooked chickpea flour extract; ESA: sausage extract; ps: dry weight.

La tendencia de los consumidores está orientada al consumo de alimentos sanos, naturales y nutritivos, por lo que los aditivos artificiales se sustituyen por aditivos naturales.

La adición de polvo de tomate en la elaboración de salchicha causó un alto contenido de fenoles totales en el extracto ESA. Eyiler y Oztan (2011) evaluaron las propiedades químicas y sensoriales de salchichas Frankfurt adicionadas con polvo de tomate como aditivo natural y hubo una disminución en la concentración de nitritos utilizados en el proceso de elaboración, se redujeron los niveles de oxidación, la aceptabilidad del producto por los consumidores fue buena y aumentó la intensidad del color interno y externo de la salchicha.

La actividad antioxidante de los compuestos fenólicos se debe a que, por su estructura, tiene facilidad para captar radicales libres. Los valores de capacidad antioxidante evaluada mediante las técnicas de DPPH y TEAC mostraron diferencias ($p \leq 0.05$) entre tratamientos, con la misma tendencia en las dos técnicas. El ETO presentó la mayor capacidad antioxidante en inhibición del radical DPPH y de ABTS⁺. Toor y Savage (2005) reportaron concentraciones de 212.6, 114.0 y 81.8 mM ET 100 g⁻¹ pf cuando evaluaron la capacidad antioxidante en piel, semilla y pulpa de tomate, respectivamente, y 408.4 mM ET 100 g⁻¹ pf en total, lo cual es menor a lo encontrado en nuestro estudio. Lo anterior se atribuye al tipo de cultivar, el estado de madurez del fruto, el clima, la estación del año, y la utilización y duración de tratamientos térmicos. Aguilera *et al.* (2009) evaluaron la capacidad antioxidante de garbanzo Castellano y Sinaloa y reportaron concentraciones de 16.0 y 16.5 mM ET g⁻¹ ps, respectivamente, valores superiores a EHCO. La adición de harina de garbanzo y polvo de tomate a la salchicha mostró inhibición elevada de los radicales DPPH y ABTS⁺. Estos resultados son alentadores, pues al utilizar este tipo de materias primas en el proceso de elaboración de las salchichas no solo disminuiría la utilización de aditivos sintéticos, considerados como potencialmente dañinos, sino que además se incluiría fibra y capacidad antioxidante aportada por los compuestos bioactivos.

Microbiológicos

La Figura 1 muestra los resultados de crecimiento microbiano obtenidos durante el experimento y

the ESA extract. Eyiler and Oztan (2011) evaluated the chemical and sensory properties of Frankfurt sausages to which tomato powder had been added as a natural additive; the concentration of the nitrites used during the production process diminished; oxidation levels decreased; consumers acceptance was good; and the intensity of the internal and external color of the sausage increased.

As a result of their structure, phenolic compounds can easily capture free radicals, as part of their antioxidant activity. The values of the antioxidant capacity that was evaluated using the DPPH and TEACH techniques showed differences ($p \leq 0.05$) between treatments; both techniques showed the same trend. ETO's antioxidant capacity had the highest inhibition values for DPPH and ABTS⁺. When they evaluated the antioxidant capacity of tomato peel, seed, and pulp, Toor and Savage (2005) reported 212.6, 114.0, and 81.8 mM ET 100 g⁻¹ pf concentrations, respectively; the overall concentration was 408.4 mM ET 100 g⁻¹, which is lower than the value found out in our study. This result is attributed to the type of cultivar, the ripeness stage of the fruit, the weather, the season, and the use and length of the thermal treatments. Aguilera *et al.* (2009) evaluated the antioxidant capacity of Castellano and Sinaloa chickpea and reported 16.0 and 16.5 mM ET 100 g⁻¹ ps concentrations, respectively; these results are higher than in EHCO. The addition of chickpea flour and tomato powder to the sausages highly increased the inhibition of the DPPH and ABTS⁺ radicals. These are encouraging results, because using this kind of raw materials in sausage production process would not only diminish the use of synthetic additives—which are considered to be potentially harmful—but would also include the fiber and the antioxidant capacity provided by bioactive compounds.

Microbiological

Figure 1 shows the microbial growth results obtained during the experiment: the time $\times$ formulation interaction affected the mesophylls, while only storage time impacted the psychrophiles ($p \leq 0.05$). The growth of mesophylls naturally increased along with storage time and FT showed a greater growth on the first sampling day. For all formulations, the maximum increase of the microbial

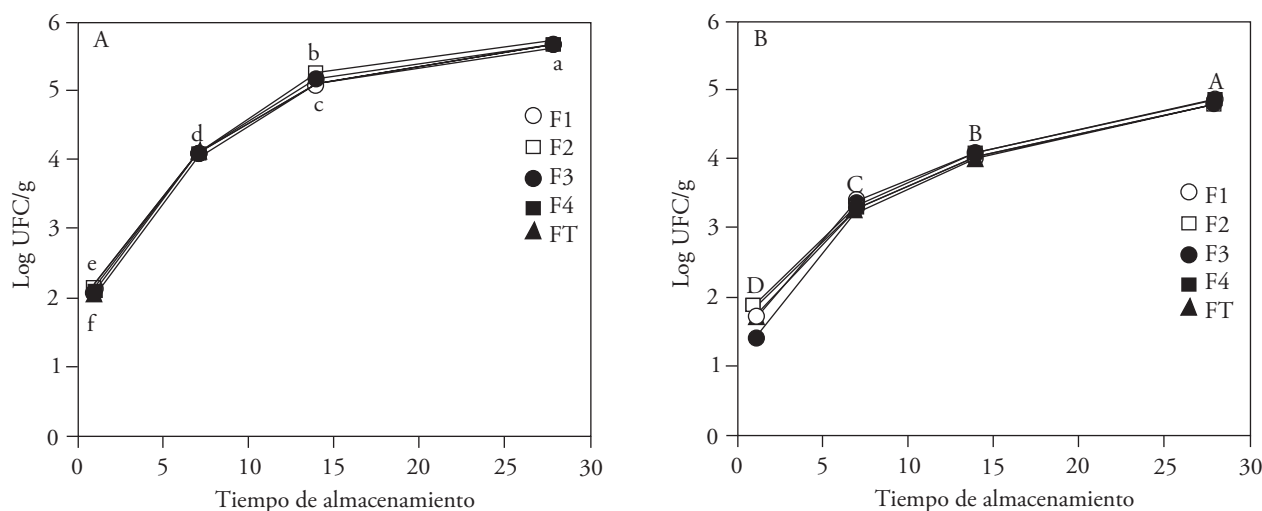


Figura 1. Crecimiento microbiano. A: Mesófilos; B: Psicrófilos.

abcde, letras diferentes en Mesófilos indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). ABCD, letras diferentes en Psicrófilos indican diferencias significativas ($p \leq 0.05$). F1: formulación 1; F2: formulación 2; F3: formulación 3; F4: formulación 4; FT: formulación testigo.

Figure 1. Microbial growth. A: Mesophylls, B: Psychrophiles.

abcde, a different letter in Mesophylls indicates a significant difference ($p \leq 0.05$). ABCD, a different letter in Psychrophiles indicates a significant difference ($p \leq 0.05$). F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4; FT: control formulation.

la interacción tiempo por formulación afectó a los mesófilos, mientras que solo el tiempo de almacenamiento cambió a los psicrófilos ($p \leq 0.05$). El crecimiento de los mesófilos aumentó, de manera natural, con el tiempo de almacenamiento y FT tuvo mayor crecimiento el día 1 de muestreo. El máximo incremento en la carga microbiana se observó en los primeros 7 d de almacenamiento para todas las formulaciones. El-Nashi *et al.* (2015) adicionaron polvo de granada, que actúa como antimicrobiano, en salchichas almacenadas en refrigeración durante 12 d y reportaron 2.93 a 3.36 log UFCg⁻¹. Esos resultados son similares a los de nuestra investigación en la cual se usó una cantidad mayor de polvo de tomate y el crecimiento fue menor. Hasta el día 28 las muestras presentaron el crecimiento máximo permitido, por lo cual no son aptas para el consumo humano (NMX-F-065-1984). Respecto a los psicrófilos, el crecimiento fue menor del observado para mesófilos, pero aumentó con respecto al tiempo. El crecimiento de estos microorganismos al inicio del muestreo tuvo variaciones sin diferencias significativas para las cinco formulaciones. Asimismo, el crecimiento microbiano aumentó de manera paulatina, hasta el último día de muestreo. Este comportamiento es similar al observado por Riazi *et al.* (2016), quienes indicaron que el

load was recorded during the first seven days of storage. El-Nashi *et al.* (2015) added pomegranate powder — which acts as an antimicrobial agent — to sausages refrigerated for 12 d and reported 2.93 to 3.36 log UFCg⁻¹. These results are similar to the findings of this study, as part of which a higher quantity of tomato powder was used and less growth was recorded. Until day 28, the samples showed the maximum growth allowed and, therefore, they would not be adequate for human consumption (NMX-F-065-1984). Meanwhile, psychrophiles grew less than mesophylls, but their growth increased in relation to time. The growth of these microorganisms at the beginning of the sampling had non-significant variations with regard to the five formulations. Likewise, there was a gradual increase in microbial growth, until the last sampling day. This behavior is similar to the one observed by Riazi *et al.* (2016) who pointed out that the growth of psychrophile bacteria increased during their storage in a meat emulsion to which grape marc had been added.

Sensory

Table 6 includes the results of the sensory evaluation. During the external color assessment,

Cuadro 6. El efecto de la adición de polvo de tomate y harina de garbanzo en las características sensoriales de la salchicha.**Table 6. Effect of adding tomato powder and chickpea flour on the sausage's sensory characteristics.**

Formulaciones	Color externo	Sabor	Aceptabilidad general
F1	2.7±0.26b	2.9±0.15a	3.0±0.22b
F2	2.6±0.08b	1.9±0.09b	2.2±0.15c
F3	3.1±0.39ab	3.2±0.87a	3.6±0.10a
F4	3.4±0.19a	1.8±0.07b	2.0±0.22c

abcd, letras diferentes en cada columna indican diferencia significativa ($p \leq 0.05$). F1: formulación 1; F2: formulación 2; F3: formulación 3; F4: formulación 4 ♦ abcd, a different letter in each column indicates a significant difference ($p \leq 0.05$). F1: formulation 1; F2: formulation 2; F3: formulation 3; F4: formulation 4.

crecimiento de bacterias psicrófilas aumentó durante el almacenamiento en una emulsión cárnica adicionada con orujo de uva.

Sensoriales

En el Cuadro 6, los resultados de la evaluación sensorial mostraron que en la valoración del color externo, F3 y F4, las salchichas con mayor contenido de polvo de tomate tuvieron aceptación más alta, sin diferencia significativa ($p > 0.05$) entre ellas. F1 y F4 presentaron diferencia significativa ($p \leq 0.05$), lo cual es similar a lo reportado por Eyiler y Oztan (2011). Respecto al sabor, las salchichas con mayor cantidad de harina de trigo y menor de harina de garbanzo, F1 y F4, presentaron aceptación más alta pero no fue significativa ($p > 0.05$). La aceptabilidad general fue menor en F2 y F4, y el valor mayor que representaría la mejor aceptación por los panelistas fue F3, pero las diferencias no fueron significativas ($p > 0.05$).

CONCLUSIONES

La adición TO y HCO modificó la composición proximal y capacidad antioxidante, favoreciendo la reducción en los niveles de oxidación; además, el crecimiento microbiano se redujo y se mantuvieron las características sensoriales, lo cual mejora la aceptabilidad por los consumidores. La capacidad antioxidante de TO adicionado a la salchicha, junto con HCO, lograron resultados alentadores pues al utilizar este tipo de materias primas en el proceso de elaboración de las salchichas disminuiría la utilización de aditivos sintéticos considerados potencialmente dañinos

F3 and F4 —the sausages with the highest tomato powder content— were better accepted, without significant differences ($p > 0.05$) between them. F1 and F4 did have significant differences ($p \leq 0.05$), just like in the research of Eyiler and Oztan (2011). Regarding flavor, sausages with more wheat flour and less chickpea flour (F1 and F4) had a higher preference, but without significant difference ($p > 0.05$). The overall acceptability was lower for F2 and F4, while F3 had a higher value —since they were better accepted by the panelists—, although they did not show significant differences ($p > 0.05$).

CONCLUSIONS

Addition of TO and HCO modified the proximate composition and antioxidant capacity, favoring the reduction of oxidation levels; besides, microbial growth was reduced, while sensory characteristics were preserved, thus improving consumer acceptance. The antioxidant capacity of the TO that was added to the sausages, along with HCO, produced encouraging results since the use of this kind of raw materials in sausage production would diminish the use of synthetic additives —which are considered to be potentially harmful— and include the fiber and antioxidant capacity contributed by the bioactive compounds.

—End of the English version—

---*---

y, además se incluye fibra y capacidad antioxidante aportada por los compuestos bioactivos.

LITERATURA CITADA

- Aguilar-Raymundo, V. G., y J. F. Vélez-Ruiz. 2013. Propiedades nutricionales y funcionales del garbanzo (*Cicer arietinum* L.). TSIA. 7: 25-34.
- Aguilera, Y., R. M. Esteban, V. Benitez, E. Mollá, and M. A. Martín-Cabrejas. 2009. Starch, functional properties, and microstructural characteristics in chickpea and lentil as affected by thermal processing. J. Agric. Food Chem. 57: 10682-10688.
- AOAC (Association of Official Analytical Chemists). 2000. Official Methods of Analysis. International 17th edition. Gaithersburg, MD. USA.
- Beecher, G. R. 1998. Nutrient content of tomatoes and tomato products. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 218: 98-100.
- Brand-Williams, W., M. E. Cuvelier, and C. Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. LWT-Food Sci. Technol. 28: 25-30.
- Campagnol, P. C. B., B. A. Dos-Santos, N. N. Terra, and M. A. R. Pollonio. 2012. Lysine, disodium guanylate and disodium inosinate as flavor enhancers in low-sodium fermented sausages. Meat Sci. 91: 334-338.
- COMECARNE (Consejo Mexicano de la Carne). 2016. Compendio Estadístico: Contenidos de Información para la Integración del Sector Cárnico y la Toma de Decisiones de sus Participantes. FONDO PYME, México.
- Deda, M. S., J. G. Bloukas, and G. A. Fista. 2007. Effect of tomato paste and nitrite level on processing and quality characteristics of frankfurters. Meat Sci. 76: 501-508.
- El-Nashi, H. B., A. F. A. K. A. Fattah, N. R. A. Karim, A. Fattah, N. R. A. Rahman, and M. M. A. El-Razik. 2015. Quality characteristics of beef sausage containing pomegranate peels during refrigerated storage. Ann. Agric. Sci. 60: 403-412.
- Eyiler, E., and A. Oztan. 2011. Production of frankfurters with tomato powder as a natural additive. LWT - Food Sci. Technol. 44: 307-311.
- FIRA. 2017a. Panorama Agroalimentario. Tomate Rojo. Dirección de Investigación y evaluación Económica y Sectorial. pp: 18.
- FIRA. 2017b. Panorama Agroalimentario. Carne de Bovino. Dirección de Investigación y evaluación Económica y Sectorial. pp: 03.
- FIRA. 2017c. Panorama Agroalimentario. Carne de Bovino. Dirección de Investigación y evaluación Económica y Sectorial. pp: 02.
- Hayes, J. E., I. Canonico, and P. Allen. 2013. Effects of organic tomato pulp powder and nitrite level on the physicochemical, textural and sensory properties of pork luncheon roll. Meat Sci. 95: 755-762.
- Jukanti, A. K., P. M. Gaur, C. L. L. Gowda, and R. N. Chibbar. 2012. Nutritional quality and health benefits of chickpea (*Cicer arietinum* L.): a review. Br. J. Nutr. 108 (S1): S11-S26.
- Kim, H. W., K. E. Hwang, D.H. Song, Y. J. Kim, Y.K. Ham, Y. B. Lim, T. J. Jeong, Y. S. Choi, and C. J. Kim. 2015. Wheat fiber colored with a safflower (*Carthamus tinctorius* L.) red pigment as a natural colorant and antioxidant in cooked sausages. LWT- Food Sci. Technol. 64: 350-355.
- Liu F., X. Cao, H. Wang, and X. Liao. 2010. Changes of tomato powder qualities during storage. Powder Technol. 204: 159-166.
- Menegas L. Z., T. C. Pimentel, S. Garcia, and S. H. Prudencio. 2013. Dry-fermented chicken sausage produced with inulin and corn oil: Physicochemical, microbiological, and textural characteristics and acceptability during storage. Meat Sci. 93: 501-506.
- NMX-F-065-1984. Alimentos. Salchichas. Especificaciones. Fods. Sausage. Specifications. Normas Mexicanas. Dirección General de Normas.
- NOM-092-SSA1-1994. Bienes y Servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.
- Østerlie, M., and J. Lerfall. 2005. Lycopene from tomato products added minced meat: Effect on storage quality and colour. Food Res. Int. 38: 925-929.
- Pellegrini, N., R. Re, Y. Min, and C. Rice-Evans. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2, 2'-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6-sulfonic acid radical cation decolorization assay. Methods Enzymol. 299: 379-389.
- Praderes, G., A. García, y E. Pacheco. 2009. Caracterización físico-química y propiedades funcionales de harina de quinchocho (*Cajanus cajan*) obtenida por secado en doble tambor rotatorio. Rev. Fac. Agron. (UCV) 35: 79-84.
- Riazi, F., F. Zeynali, E. Hoseini, H. Behmadi, and S. Savadkoochi. 2016. Oxidation phenomena and color properties of grape pomace on nitrite-reduced meat emulsion systems. Meat Sci. 121: 350-358.
- Rizk, E. M., A. T. El-Kady, and A. R. El-Bialy. 2014. Characterization of carotenoids (lyco-red) extracted from tomato peels and its uses as natural colorants and antioxidants of ice cream. Ann. Agri. Sci. 59: 53-61.
- Savadkoochi, S., H. Hoogenkamp, K. Shamsi, and A. Farahnaky. 2014. Color, sensory and textural attributes of beef frankfurter, beef ham and meat-free sausage containing tomato pomace. Meat Sci. 97: 410-418.
- Shivashankara, K. S, S. Isobe, M. I. Al-Haq, M. Takenaka, and T. Shiina. 2004. Fruit antioxidant activity, ascorbic acid, total phenol, quercetin, and carotene of Irwin mango fruits stored at low temperature after high electric field pretreatment. J. Agric. Food Chem. 52: 1281-1286.
- SIAP-SAGARPA. 2016. Atlas Agroalimentario. Jitomate. México. pp: 92.
- Singleton, V. L., and J. A. Rossi Jr. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. Am J Enol Vitic. 16: 144-158.
- Sousa, S. C., S. P. Frago, C. R. A. Penna, N. M. O. Arcanjo, F. A. P. Silva, V. C. S. Ferreira, M. D. S. Barreto, and I. B. S. Araújo. 2016. Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. LWT-J. Food Sci. Technol. 76: 320-325.
- Sreerama, Y. N., V. B. Sashikala, V. M. Pratapa, and V. Singh. 2012. Nutrients and antinutrients in cowpea and horse gram flours in comparison to chickpea flour: Evaluation of their flour functionality. Food Chem. 131: 462-468.
- Thongram, S., B. Tanwar, A. Chauhan, and V. Kumar. 2016. Physicochemical and organoleptic properties of cookies incorporated with legume flours. Cogent Food & Agric. 2:1, DOI: 10.1080/23311932.2016.1172389.
- Toor, R. K., and G. P. Savage. 2005. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. Food Res. Int. 38: 487-494.