

Walnut paste as a fat substitute in Frankfurter sausage formulation

Pasta de nuez como sustituto de grasa en la formulación de salchicha Frankfurt

Adriana Lucero Pérez-Vargas¹; Nohemí del Carmen Reyes-Vázquez²;
Juan Luis Morales-Landa²; Juana Aranda-Ruíz¹; Armando Quintero-Ramos³;
Daniela Saraí Rico-Costilla¹; Gerardo Méndez-Zamora^{1*}

¹Universidad Autónoma de Nuevo León. Francisco Villa, s/n, Ex-Hacienda El Canadá, General Escobedo, Nuevo León, C. P. 66050, MÉXICO.

²Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A. C. Subsede Noreste. Vía de la Innovación, núm. 404, Autopista Mty-Aeropuerto km 10, Parque PIIT, Apodaca, Nuevo León, C. P. 66628, MÉXICO.

³Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario, s/n, Campus Universitario, núm. 2, Chihuahua, Chihuahua, C. P. 31125, MÉXICO.

*Corresponding author: gerardo.mendezm@uanl.edu.mx, tel. 811 487 5415

Abstract

Introduction: Healthy meat products can be formulated with plant-based ingredients to replace fat, colorants, salt and nitrites.

Objective: To evaluate Bustamante (B) and Rayones (R) walnut paste as a substitute for pork fat in Frankfurter sausage by emulsion stability, pH, colorimetry, water holding capacity (WHC), composition, texture and sensory properties.

Methodology: Five treatments were studied: T₀ (control: 100 % backfat), T₁ (65 % backfat and 35 % B walnut paste), T₂ (30 % backfat and 70 % B walnut paste), T₃ (65 % backfat and 35 % R walnut paste) and T₄ (30 % backfat and 70 % R walnut paste).

Results: T₃ had the highest total fat exudated ($P \leq 0.05$). WHC and pH increased significantly from T₁ to T₄. Pinkness and yellowness increased in all treatments except T₀. T₁ had lower protein content ($P \leq 0.05$), but greater hardness. Springiness decreased in T₄, while cohesiveness and gumminess decreased significantly from T₂ to T₄. Appearance, pinkness and overall acceptability were statistically different between T₀ and T₄.

Limitations of the study: Bustamante and Rayones walnut paste decreased lightness in sausages.

Originality: Walnut paste can be used in the formulation of emulsified meat products.

Conclusions: B walnut paste can replace 35 and 70 % of pork fat in the formulation of Frankfurter sausage without significantly affecting its properties.

Keywords: emulsion stability, color, composition, texture, sensory.

Resumen

Introducción: Los productos cárnicos saludables se pueden formular con ingredientes vegetales para sustituir la grasa, colorantes, sal y nitritos.

Objetivo: Evaluar la pasta de nuez Bustamante (B) y Rayones (R) como sustituto de grasa de cerdo en salchicha Frankfurt mediante la estabilidad de emulsión, pH, colorimetría, capacidad de retención de agua (CRA), composición, textura y propiedades sensoriales.

Metodología: Se estudiaron cinco tratamientos: T₀ (testigo: 100 % grasa dorsal), T₁ (65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B), T₂ (30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B), T₃ (65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R) y T₄ (30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R).

Resultados: El T₃ tuvo la mayor grasa total expulsada ($P \leq 0.05$). La CRA y el pH incrementaron significativamente de T₁ a T₄. El color rosa y la amarillez aumentaron en todos los tratamientos, excepto en T₀. El T₁ presentó menor contenido de proteína ($P \leq 0.05$), pero mayor dureza. La elasticidad disminuyó en T₄, mientras que la cohesividad y la gomosidad disminuyeron significativamente de T₂ a T₄. La apariencia, el color rosa y la aceptabilidad global resultaron estadísticamente diferentes entre T₀ y T₄.

Limitaciones del estudio: La pasta de nuez Bustamante y Rayones disminuyó la luminosidad en salchichas.

Originalidad: La pasta de nuez se puede usar en la formulación de productos cárnicos emulsificados.

Conclusiones: La pasta de nuez B puede sustituir el 35 y 70 % de grasa de cerdo en la formulación de salchicha Frankfurt sin afectar significativamente sus propiedades.

Palabras clave: estabilidad de emulsión, color, composición, textura, sensorial.

Introduction

Emulsified cooked sausages are the most consumed meat products in industrialized countries (Almeida et al., 2014). These are made from a meat paste based on meat, pork fat and seasonings, and are stuffed into natural or artificial casings. Pork backfat is the main component in most processed meat products, and influences flavor and aroma characteristics (Álvarez et al., 2012). However, some researchers point out that meat products can contribute to the appearance of degenerative and chronic diseases, due to their fat and cholesterol content (Diego-Zarate et al., 2021). Orozco et al. (2019) note that changes in diet can reduce the risk of acquiring cardiovascular disease or modulate physiological functions. Therefore, meat products should be reformulated to reduce their fat content with bioactive components such as walnut to achieve a functional effect.

The cultivation and marketing of walnuts in Nuevo León, Mexico, particularly the Bustamante and Rayones varieties, is important because of their profitable and sustainable agricultural practices and increasing production. Kernels make up 34 to 54 % of these varieties, which have a paste yield of 40 and 55 % oil, respectively, making them a viable option as a functional ingredient in the production of meat products (Reyes-Vázquez et al., 2021).

Walnuts contain 8.04 % crude protein, 17.70 % carbohydrates, 64.11 % lipids (oleic [45 %], linoleic [43 %] and palmitic [7 %] acids), 7.10 % fiber and 677.88 Kcal·100 g⁻¹ (Flores-Córdova et al., 2016). These components make walnuts a nutritious and healthy food due to their energy contribution, source of antioxidants, natural phenolic compounds and high content of polyunsaturated fats (Flores-Córdova et al., 2017).

The replacement of animal fat with vegetable oils and dietary fiber provides nutritional quality to meat products (Choi et al., 2014). In this sense, the use of walnut paste in meat products could improve their nutritional value and technological quality due to its content of dietary fiber, unsaturated fatty acids and phenolic compounds (Jahanban-Esfahlan et al., 2019). Alvarez et al. (2012) observed that walnut, in combination with vegetable oils and rice bran, improved the textural properties of Frankfurter sausages, as well as their consistency and gelling capacity. In this sense, walnut by-products can be used as substitutes for animal fat in the formulation of meat sausages. The partial replacement of pork fat with walnut paste in the preparation of Frankfurter sausages could improve their physicochemical stability, chemical composition, texture and sensory properties. Considering the above, this study aimed to evaluate

Introducción

Los embutidos cocidos emulsionados son los productos cárnicos más consumidos en los países industrializados (Almeida et al., 2014). Estos se elaboran a partir de una pasta cárnica que tiene como base carne, grasa de cerdo y condimentos, y se embuten en fundas naturales o artificiales. La grasa dorsal de cerdo es el principal componente en la mayoría de los productos cárnicos procesados, e influyen en las características de sabor y aroma (Álvarez et al., 2012). No obstante, algunos investigadores señalan que los productos cárnicos pueden contribuir en la aparición de enfermedades degenerativas y crónicas, debido a su contenido de grasa y colesterol (Diego-Zarate et al., 2021). Orozco et al. (2019) mencionan que los cambios en la dieta pueden reducir el riesgo de adquirir una enfermedad cardiovascular o modular funciones fisiológicas. Por ello, se deben reformular los productos cárnicos para reducir su contenido grasa con componentes bioactivos como la nuez para lograr un efecto funcional.

El cultivo y la comercialización de la nuez pecanera en Nuevo León, México, en particular las variedades criollas Bustamante y Rayones, tiene importancia por sus prácticas agrícolas rentables, sustentables y su producción creciente. Dichas variedades contienen de 34 a 54 % de almendra, y presentan un rendimiento en pasta de 40 y 55 % de aceite, respectivamente, por lo cual representan una opción viable como ingrediente funcional en la elaboración de productos cárnicos (Reyes-Vázquez et al., 2021).

La nuez pecanera contiene 8.04 % de proteína cruda, 17.70 % carbohidratos, 64.11 % de lípidos (ácido oleico [45 %], linoleico [43 %] y palmítico [7 %]), 7.10 % de fibra y 677.88 Kcal·100 g⁻¹ (Flores-Córdova et al., 2016). Estos componentes hacen que la nuez sea un alimento nutritivo y saludable por su aporte energético, fuente de antioxidantes, compuestos fenólicos naturales y alto contenido de grasas poliinsaturadas (Flores-Córdova et al., 2017).

La sustitución de la grasa animal por aceites vegetales y fibra dietética otorga a los productos cárnicos calidad nutrimental (Choi et al., 2014). En este sentido, el uso de pasta de nuez en productos cárnicos podría mejorar su valor nutrimental y calidad tecnológica debido a su contenido en fibra dietética, ácidos grasos insaturados y compuestos fenólicos (Jahanban-Esfahlan et al., 2019). Álvarez et al. (2012) observaron que la nuez, en combinación con aceites vegetales y salvado de arroz, mejoró las propiedades de textura de las salchichas Frankfurt, así como la consistencia y la capacidad de gelificación. En este sentido, se pueden usar subproductos de la nuez como sustitutos de grasa animal en la formulación de embutidos cárnicos. La sustitución parcial de grasa de cerdo por pasta de nuez en

the walnut paste of the Bustamante (B) and Rayones (R) varieties as a substitute for pork backfat in Frankfurter sausage formulation by means of emulsion stability, pH, color, water holding capacity (WHC), composition, texture and sensory properties.

Materials and methods

Experimental design

The study was conducted using a completely randomized design with five treatments, which consisted of replacing the backfat in the sausage formulation with the paste of two walnut varieties (Bustamante [B] and Rayones [R]). The percentage of oil in the fruit of these varieties was 73.80 ± 0.03 % in B and 70.80 ± 0.01 % in R, and the walnut paste had an oil content of 61.00 ± 0.24 % in B and 64.30 ± 0.0 % in R. The treatments were: T_0 (control: 100 % backfat), T_1 (65 % backfat and 35 % B walnut paste), T_2 (30 % backfat and 70 % B walnut), T_3 (65 % backfat and 35 % R walnut paste) and T_4 (30 % backfat and 70 % R walnut paste). Each treatment was formulated for 1.3 kg of product, with two experimental replicates per treatment.

Sausage preparation and sampling for analysis

The Frankfurter sausage was prepared according to the methodology of Alvarez et al. (2012), with slight modifications. The meat paste was placed into Eppendorf™ tubes with lids and cooked in a water bath at 75 °C for 90 min, until the internal temperature of the sausage reached 71 °C. The sausages were then cooled to room temperature (20 °C) for 20 min. The sausage was removed from the tubes, packaged and stored at 4 °C. Measurements were made after 12 h of refrigeration. The composition of each treatment is shown in Table 1.

Seventeen Eppendorf™ tubes were randomly selected per treatment per replicate. Five tubes were used to determine emulsion stability ($n = 10$; five per treatment per replicate), six tubes for texture analysis ($n = 12$), three tubes for physicochemical tests measured in duplicate ($n = 12$; three tubes \times two measurements \times two replicates) and three tubes for sensory evaluation ($n = 6$).

Emulsion stability in meat paste

This variable was determined according to the methodology of Silva-Vazquez et al. (2018), with slight modifications. First, the weights of the 50 mL Eppendorf™ tubes (capped and without sample) were recorded, filled with 45 g of meat paste and cooked (75 °C for 90 min). The exudate (supernatant) was removed and the tubes were weighed again. The supernatant was placed in previously weighed

la elaboración de salchichas Frankfurt podría mejorar su estabilidad fisicoquímica, composición química, textura y propiedades sensoriales. Considerando lo anterior, el objetivo de este estudio fue evaluar la pasta de nuez de las variedades Bustamante (B) y Rayones (R) como sustituto de grasa dorsal de cerdo en la formulación de salchicha Frankfurt mediante la estabilidad de la emulsión, pH, color, capacidad de retención de agua (CRA), composición, textura y propiedades sensoriales.

Materiales y métodos

Diseño experimental

El estudio se realizó mediante un diseño completamente al azar con cinco tratamientos, los cuales consistieron en sustituir la grasa dorsal en la formulación de la salchicha por la pasta de dos variedades de nuez pecanera (Bustamante [B] y Rayones [R]). El porcentaje de aceite del fruto de dichas variedades fue de 73.80 ± 0.03 % en B y 70.80 ± 0.01 % en R, y la pasta de la nuez tenía un contenido de aceite de 61.00 ± 0.24 % en B y 64.30 ± 0.0 % en R. Los tratamientos fueron: T_0 (testigo: 100 % grasa dorsal), T_1 (65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B), T_2 (30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B), T_3 (65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R) y T_4 (30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R). Cada tratamiento se formuló para 1.3 kg de producto, con dos repeticiones experimentales por tratamiento.

Elaboración de la salchicha y muestreo para análisis

La salchicha Frankfurt se elaboró de acuerdo con la metodología de Álvarez et al. (2012), con ligeras modificaciones. La pasta cárnica se embutió en tubos Eppendorf™ con tapa y se coció en un baño de agua a 75 °C por 90 min, hasta que la temperatura interna de la salchicha alcanzó los 71 °C. Después, las salchichas se enfriaron a temperatura ambiente (20 °C) durante 20 min. La salchicha se extrajo de los tubos, se empacó y se almacenó a 4 °C. Las mediciones se realizaron después de 12 h en refrigeración. La composición de cada tratamiento se muestra en el Cuadro 1.

Se eligieron al azar 17 tubos Eppendorf™ por tratamiento por réplica. Se utilizaron cinco tubos para determinar la estabilidad de la emulsión ($n = 10$; cinco por tratamiento por réplica), seis tubos para el análisis de textura ($n = 12$), tres tubos para pruebas fisicoquímicas medidas por duplicado ($n = 12$; tres tubos \times dos mediciones \times dos réplicas) y tres tubos para la evaluación sensorial ($n = 6$).

Estabilidad de la emulsión en la pasta cárnica

Esta variable se determinó de acuerdo con la metodología de Silva-Vazquez et al. (2018), con ligeras modificaciones. Primero, se registraron

Table 1. Ingredients in the Frankfurter sausage formulation.**Cuadro 1. Ingredientes en la formulación de salchicha Frankfurt.**

Ingredientes (g·100 g ⁻¹)/ Ingredients (g·100 g ⁻¹)	Treatments/Tratamientos				
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Meat/Carne	62.50	62.50	62.50	62.50	62.50
Fat/Grasa	20.00	13.00	6.00	13.00	6.00
BWP/PNB	0.00	7.00	14.00	0.00	0.00
RWP/PNR	0.00	0.00	0.00	7.00	14.00
Salt/Sal	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
Sausage seasoning/ Condimento para salchicha	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Sodium erythorbate/ Eritorbato de sodio	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Sodium tripolyphosphate/ Tripolifosfato de sodio	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
Sodium nitrite/Nitrito de sodio	0.015	0.015	0.015	0.015	0.015
Ice/Hielo	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

BWP: Bustamante variety walnut paste (B); RWP: Rayones variety walnut paste (R); T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste.

PNB: pasta de nuez variedad Bustamante (B); PNR: pasta de nuez variedad Rayones (R); T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R.

aluminum trays (without sample), and the weights of the tray with wet supernatant and dry supernatant were recorded. Total expressible fluid (TEF) and total fat exudated (TFE) were expressed in %.

pH, water holding capacity and color

The pH was measured with a potentiometer (HI99163, HANNA, USA) by inserting the electrode directly into the sausage. WHC was determined using the methodology of Méndez-Zamora et al. (2015). Color was analyzed with a colorimeter (Colorimeter-SC20, SADT®, Chin Spec®, China) on the inside of the sausages, and the L* (lightness), a* (redness), b* (yellowness), C* (saturation index) and Hue angle were recorded.

Bromatological analysis

According to the Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), moisture (method 934.01), fat (method 920.30), protein (Kjeldahl method 954.01) and ash (method 942.05) content were determined. Carbohydrate content was obtained by difference of the other components: Carbohydrate = 100 - (% fat + % protein + % ash). These analyses were determined in duplicate in each experimental replicate.

Texture analysis

Shear force was applied to 3.0 cm long × 2.6 cm diameter segments using a texturometer (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems, England). A Warner-Bratzler

los pesos de los tubos Eppendorf™ de 50 mL (con tapa y sin muestra), se llenaron con 45 g de pasta cárnica y se llevaron a cocción (75 °C por 90 min). Se vació el exudado (sobrenadante) y se pesaron nuevamente. El sobrenadante se colocó en charolas de aluminio previamente pesadas (sin muestra), y se registraron los pesos de la charola con sobrenadante húmedo y sobrenadante seco. El fluido total expulsado (FTE) y la grasa total expulsada (GTE) se expresaron en %.

pH, capacidad de retención de agua y color

El pH se midió con un potenciómetro (HI99163, HANNA, EUA) mediante la introducción del electrodo directamente en la salchicha. La CRA se determinó con la metodología de Méndez-Zamora et al. (2015). El color se analizó con un colorímetro (Colorimeter-SC20, SADT®, Chin Spec®, China) en la parte interna de las salchichas, y se registraron la L* (luminosidad), a* (tendencia al color rojo), b* (tendencia al color amarillo), C* (índice de saturación) y ángulo Hue (tonalidad).

Análisis bromatológico

De acuerdo con la Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2016), se determinó el contenido de humedad (método 934.01), grasa (método 920.30), proteína (método Kjeldahl 954.01) y cenizas (método 942.05). El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia de los otros componentes: Carbohidratos = 100 - (% grasa + % proteína + % cenizas). Estos análisis se determinaron por duplicado en cada réplica experimental.

knife was used to make the cut in the center of each sausage segment. The pre-test speed was $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ and the post-test speed was $10 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. The maximum point displayed in each graph was considered as the shear force value (N; newton) for each sample. Texture profiling was performed using the same texturometer and the variables hardness (N), adhesiveness (N·s), springiness (mm), cohesiveness (dimensionless), gumminess (N), chewiness (N·mm) and fracturability (dimensionless) were obtained (Méndez-Zamora et al., 2015). Measurement speeds were set at $1.0 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ in pre-test, $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ in test and $5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ in posttest, with a double compression cycle of 60 % of the original height of the sample and time between compression of 5 s. For these analyses, the sample was standardized into 2.6 cm diameter \times 2.0 cm high segments.

Sensory evaluation

Sensory evaluation was carried out using a consumer test by attributes according to the method established by Méndez-Zamora et al. (2015). To do this, 24 consumers evaluated appearance, pinkness, smell, taste and overall acceptability using a five-point hedonic scale (1 = I dislike it very much and 5 = I like it very much). Each evaluator carried out the test in individual booths, equipped with a sink, white light, a chair and direct access to the samples for evaluation.

Statistical analysis

The data arrangement for the statistical analysis was a completely randomized design. The H_0 (equality of treatments) was rejected when the probability value was less than 0.05 ($P \leq 0.05$) for each variable studied. In cases where H_0 was rejected, a comparison of means was performed with Tukey's range test ($P \leq 0.05$). The analysis was carried out in the Minitab® statistical program (2014), with the GLM (general linear model) function. The results of the sensory evaluation were analyzed with the Friedman test, considering the evaluator as a block effect (Minitab®, 2014), and when the H_0 was rejected ($P \leq 0.05$), the comparison of means was performed with the Nemenyi test (Núñez-Colín, 2018).

Results and discussion

Physicochemical stability

The stability of the Frankfurter sausage meat pastes was different ($P \leq 0.05$) among treatments for TFE (Table 2), while TEF did not vary significantly among treatments. These results may be due to the fiber content of the walnut paste, since it allowed the meat emulsion matrix to retain more water and be stable (Alvarez et al., 2012). TFE increased significantly in T_2 and T_3 , compared to T_0 and T_1 , which was attributed to the type

Análisis de textura

La fuerza de corte se realizó en segmentos de 3.0 cm de largo \times 2.6 cm de diámetro con un texturómetro (TA.XT.Plus, Stable Micro Systems, Inglaterra). Se usó una navaja Warner-Bratzler para realizar el corte en el centro de cada segmento de la salchicha. La velocidad de preprueba fue de $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ y la de posprueba de $10 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$. El punto máximo visualizado en cada gráfica se consideró como el valor de fuerza de corte (N; newton) para cada muestra. El perfil de textura se realizó con el mismo texturómetro y se obtuvieron las variables dureza (N), adhesividad (N·s), elasticidad (mm), cohesividad (adimensional), gomosidad (N), masticabilidad (N·mm) y resistencia (adimensional) (Méndez-Zamora et al., 2015). Las velocidades de medición se establecieron a $1.0 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ en preprueba, $2 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ en la prueba y $5 \text{ mm}\cdot\text{s}^{-1}$ en posprueba, con un ciclo de doble compresión de 60 % de la altura original de la muestra y tiempo entre compresión de 5 s. Para estos análisis, la muestra se estandarizó en segmentos de 2.6 cm de diámetro \times 2.0 cm de alto.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se llevó a cabo mediante una prueba de consumidor por atributos según el método establecido por Méndez-Zamora et al. (2015). Para ello, 24 consumidores evaluaron la apariencia, el color rosa, el olor, el sabor y la aceptabilidad global mediante una escala hedónica de cinco puntos (1 = me disgusta mucho y 5 = me gusta mucho). Cada evaluador realizó la prueba en cabinas individuales, acondicionadas con una tarja, luz blanca, una silla y acceso directo a las muestras para su evaluación.

Análisis estadístico

El arreglo de los datos para el análisis estadístico fue un diseño completamente al azar. La H_0 (igualdad de tratamientos) se rechazó cuando el valor de probabilidad resultó menor a 0.05 ($P \leq 0.05$) en cada variable estudiada. En los casos donde se rechazó H_0 , se realizó una comparación de medias con la prueba estadística Tukey ($P \leq 0.05$). El análisis se llevó a cabo en el programa estadístico Minitab® (2014), con la función GLM (*general linear model*). Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron con la prueba Friedman, considerando al evaluador como efecto bloque (Minitab®, 2014), y cuando se rechazó la H_0 ($P \leq 0.05$), la comparación de medias se realizó con la prueba de Nemenyi (Núñez-Colín, 2018).

Resultados y discusión

Estabilidad fisicoquímica

La estabilidad de las pastas cárnicas de la salchicha Frankfurt resultó diferente ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos para la GTE (Cuadro 2), mientras que el

Table 2. Physicochemical stability and pH in Frankfurter sausage made with walnut paste.**Cuadro 2. Estabilidad fisicoquímica y pH en la salchicha Frankfurt elaborada con pasta de nuez.**

Treatments / Tratamientos	Stability parameters / Parámetros de estabilidad			pH
	TEF / FTE	TFE / GTE	WHC / CRA	
T ₀	1.36 ± 0.70 a	4.19 ± 1.85 b	60.50 ± 4.47 b	6.19 ± 0.10 c
T ₁	1.12 ± 0.33 a	4.54 ± 2.80 b	65.08 ± 3.48 a	6.23 ± 0.05 c
T ₂	0.71 ± 0.23 a	7.76 ± 5.29 a	65.94 ± 2.40 a	6.25 ± 0.05 bc
T ₃	0.90 ± 0.67 a	7.90 ± 4.64 a	66.32 ± 4.47 a	6.31 ± 0.07 ab
T ₄	1.02 ± 0.87 a	6.94 ± 2.64 ab	65.46 ± 2.39 a	6.33 ± 0.07 a
P-value	0.176	0.025	0.004	0.000

T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste; TEF: total expressible fluid; FTE: total fat exudated (contained in TEF); WHC: water holding capacity. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R; FTE: fluido total expulsado; GTE: grasa total expulsada (contenida en el FTE); CRA: capacidad de retención de agua. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

of fat (Baer & Dilger, 2014), as well as to the amount and way of adding the walnut, and to the mobility of the vegetable oil during heat treatment (Salejda et al., 2016). The results obtained indicate that the use of 35 % B walnut paste kept the TFE percentage statistically equal to that of the control, with which the stability of the product was preserved. In contrast, 35 % R walnut paste significantly increased TFE, resulting in greater fat loss (poor stability).

WHC and pH in Frankfurter sausage were influenced by the replacement of fat with walnut paste (Table 2). Treatments formulated with walnut paste (T₁, T₂, T₃, and T₄) had a higher WHC than T₀ by 4.5 to 5.0 %. The pH increased in sausages from T₄ compared to T₀, which had the lowest pH, but without significant difference with T₁ and T₂. This proved that sausages made with Bustamante walnut paste maintain the pH of the product, while those made with Rayones walnut paste increase their pH by 2 % (T₃ and T₄).

Jahanban-Esfahlan et al. (2019) point out that walnut is a source of unsaturated fatty acids, phenolic compounds, dietary fiber and digestible proteins. Therefore, walnut paste can improve the WHC in a meat emulsion, which was observed in sausages with walnut paste, since WHC increased in these treatments (T₁-T₄) by at least 4 % compared to the control. The pH values obtained in sausages with walnut paste are consistent with those reported by Salejda et al. (2016), who found that replacing pork backfat with walnut modified pH. These findings indicate that stability and the water-protein-fat ratio improve in sausages with B and R walnut paste, since increasing pH and WHC results in greater stability in the physicochemical properties of the meat product.

FTE no varió significativamente entre los tratamientos. Estos resultados se pueden deber al contenido de fibra de la pasta de nuez, ya que permitió que la matriz de la emulsión cárnica retuviera más agua y fuera estable (Álvarez et al., 2012). La GTE incrementó significativamente en T₂ y T₃, en comparación con T₀ y T₁, lo cual se atribuyó al tipo de grasa (Baer & Dilger, 2014), así como a la cantidad y forma de adicionar la nuez, y a la movilidad del aceite vegetal durante el tratamiento térmico (Salejda et al., 2016). Los resultados obtenidos indican que el uso de 35 % de pasta de nuez B mantuvo el porcentaje de GTE estadísticamente igual que el testigo, con lo cual se conservó la estabilidad del producto. Por el contrario, 35 % de pasta de nuez R incrementó significativamente la GTE, lo que resultó en mayor pérdida de grasa (mala estabilidad).

La CRA y el pH en salchicha Frankfurt estuvieron influenciados por la sustitución de grasa con pasta de nuez (Cuadro 2). Los tratamientos formulados con pasta de nuez (T₁, T₂, T₃, y T₄) tuvieron una mayor CRA que T₀ en un 4.5 a 5.0 %. El pH aumentó en las salchichas de T₄ en comparación con T₀, el cual tuvo el pH más bajo, pero sin diferencia significativa con T₁ y T₂. Esto comprobó que la pasta de nuez Bustamante mantiene el pH del producto, mientras que la pasta de nuez Rayones aumenta su pH en 2 % (T₃ y T₄).

Jahanban-Esfahlan et al. (2019) mencionan que la nuez es una fuente de ácidos grasos insaturados, compuestos fenólicos, fibra dietética y proteínas digestibles. Por lo tanto, la pasta de nuez puede mejorar la CRA en una emulsión cárnica, lo cual se observó en las salchichas con pasta de nuez, ya que la CRA aumentó en estos tratamientos (T₁-T₄) al menos en un 4 % en comparación con el testigo. Los valores de pH obtenidos

Sausage color

The treatments affected the color parameters (Table 3). Relative to T_0 , L^* decreased ($P \leq 0.05$) from 6.96 to 8.18 units in the treatments with 70 % walnut paste (T_2 and T_4 , respectively). The a^* increased from 1.64 to 1.72 units in the sausages with 35 and 70 % B walnut paste (T_1 and T_2). On the other hand, sausages with 70 % R walnut paste (T_4) increased 42.35 % in b^* , 30.62 % in C^* and 10.56 % in Hue, compared to the control. Therefore, the carotenoids of the treatments with 70 % walnut paste increased the saturation (C^*) and Hue of the sausages.

There are few studies reporting the color of sausages made with walnut paste as a fat substitute. However, Salejda et al. (2016) found differences in L^* , a^* and b^* when using 1, 2 and 3 g·100 g⁻¹ of walnut green husk; they also observed that walnut paste enhanced pinkness (a^*). Likewise, Sousa et al. (2017) reported that L^* decreased and b^* increased in sausages prepared with hydrolyzed collagen compared to the control.

Bromatological analysis

The replacement of fat with walnut paste in the sausage formulation had a significant effect on moisture, fat, protein and carbohydrates (Table 4). Moisture decreased and carbohydrates increased when 70 % R walnut paste (T_4) was used in the sausages, and protein decreased with 35 % B walnut paste (T_1). T_0 had the highest percentage of moisture and protein, and the lowest carbohydrate content. Orozco et al. (2019) observed no significant differences in the composition of Frankfurter sausages with 6 % pecan nut paste. The protein content found was similar to that reported by Salejda et al. (2016), when using 3 g of walnut in sausages. In the present study, sausages formulated with 35 and 70 % B and R walnut paste had lower

en las salchichas con pasta de nuez son consistentes con los reportados por Salejda et al. (2016), quienes encontraron que la sustitución de la grasa dorsal de cerdo por nuez modificó el pH. Estos hallazgos indican que la estabilidad y la relación agua-proteína-grasa mejoran en la salchicha con pasta de nuez B y R, ya que al aumentar el pH y la CRA el producto cárnico tiene mayor estabilidad en sus propiedades fisicoquímicas.

Color de las salchichas

Los tratamientos afectaron los parámetros de color (Cuadro 3). Respecto al T_0 , L^* disminuyó ($P \leq 0.05$) de 6.96 a 8.18 unidades en los tratamientos con 70 % de pasta de nuez (T_2 y T_4 , respectivamente). La a^* aumentó de 1.64 a 1.72 unidades en las salchichas con 35 y 70 % de pasta de nuez B (T_1 y T_2). Por su parte, las salchichas con 70 % de pasta de nuez R (T_4) incrementaron 42.35 % en b^* , 30.62 % en C^* y 10.56 % en Hue, en comparación con el testigo. Por lo tanto, los carotenoides de los tratamientos con 70 % de pasta de nuez incrementaron la saturación (C^*) y la tonalidad (Hue) de las salchichas.

Existen pocos estudios que reportan el color de las salchichas elaboradas con pasta de nuez como sustituto de grasa. Sin embargo, Salejda et al. (2016) encontraron diferencias en L^* , a^* y b^* al usar 1, 2 y 3 g·100 g⁻¹ de cáscara de nuez verde; además, observaron que la pasta de nuez potencializó el color rosa (a^*). Asimismo, Sousa et al. (2017) reportaron que L^* decreció y b^* aumentó en las salchichas preparadas con colágeno hidrolizado en comparación con el testigo.

Análisis bromatológico

La sustitución de grasa por pasta de nuez en la formulación de salchichas tuvo un efecto significativo en la humedad, la grasa, la proteína y los carbohidratos

Table 3. Color of Frankfurter sausage made with walnut paste.

Cuadro 3. Color de salchicha Frankfurt elaborada con pasta de nuez.

Treatments/ Tratamientos	Color variables / Variables de color				
	L^*	a^*	b^*	C^*	Hue
T_0	77.76 ± 0.97 a	7.86 ± 1.35 b	8.17 ± 0.64 b	11.43 ± 0.87 c	46.32 ± 5.99 abc
T_1	72.25 ± 1.14 b	9.58 ± 0.97 a	8.82 ± 0.96 b	13.03 ± 0.96 b	42.42 ± 4.39 c
T_2	70.80 ± 1.58 c	9.50 ± 0.54 a	10.74 ± 1.06 a	14.38 ± 0.84 a	48.30 ± 3.25 ab
T_3	72.79 ± 1.56 b	9.14 ± 0.96 a	8.92 ± 1.05 b	12.83 ± 1.10 b	44.22 ± 3.96 bc
T_4	69.58 ± 1.30 c	9.26 ± 0.78 a	11.63 ± 1.36 a	14.93 ± 0.79 a	51.21 ± 5.10 a
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

T_0 : control treatment (100 % backfat); T_1 : 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T_2 : 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T_3 : 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T_4 : 30 % backfat and 70 % R walnut paste; L^* : lightness; a^* : redness; b^* : yellowness; C^* : saturation index. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

T_0 : tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T_1 : 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T_2 : 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T_3 : 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T_4 : 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R; L^* : luminosidad; a^* : tendencia al color rojo; b^* : tendencia al color amarillo; C^* : índice de saturación; Hue: tonalidad. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Table 4. Bromatological analysis of sausages formulated with walnut paste.**Cuadro 4. Análisis bromatológico de las salchichas formuladas con pasta de nuez.**

Treatments/ Tratamientos	Component (%) / Componente (%)				
	Moisture/ Humedad	Fat/ Grasa	Protein/ Proteína	Carbohydrates/ Carbohidratos	Ash/ Cenizas
T ₀	64.89 ± 2.10 a	15.54 ± 0.89 a	12.69 ± 0.51 a	2.98 ± 1.38 b	3.90 ± 0.27 a
T ₁	64.32 ± 0.09 ab	16.57 ± 0.30 a	11.46 ± 0.71 b	3.86 ± 0.51 ab	3.79 ± 0.11 a
T ₂	62.82 ± 0.64 ab	16.75 ± 1.29 a	11.99 ± 0.27 ab	4.58 ± 0.67 ab	3.87 ± 0.20 a
T ₃	63.94 ± 1.63 ab	16.60 ± 1.66 a	11.65 ± 0.36 ab	3.99 ± 0.76 ab	3.82 ± 0.07 a
T ₄	62.23 ± 0.35 b	16.02 ± 1.37 a	11.91 ± 0.54 ab	5.82 ± 1.99 a	4.02 ± 0.14 a
P-value	0.018	0.611	0.042	0.013	0.216

T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

moisture and protein content, but higher carbohydrate content. This could be due to the carbohydrates that form a structural part of the fiber (Flores-Córdova et al., 2016), which increase the carbohydrates and moisture of the sausages. What is remarkable about these results is that the fat content in the sausages was not statistically different among treatments; that is, the oil content of B walnut paste (61.0 ± 0.24 %) and R walnut paste (64.3 ± 0.0 %) balanced the fat content of the sausages when the amount of fat in the formulation decreased.

Texture analysis

Shear force, hardness and springiness were different among treatments (Table 5). Shear force increased significantly in sausages with walnut paste with respect to the control (T₀). Hardness was higher in sausages with 35 % B walnut paste (T₁) than in sausages with 35 and 70 % R walnut paste (T₃ and T₄). Springiness decreased by 0.19 mm in T₄ compared to T₀ (> springiness).

The results obtained in this research coincide with those reported by Méndez-Zamora et al. (2015), who used inulin and pectin as fat substitutes in the preparation of Frankfurter sausages. Several authors indicate that treatments with higher fat content have lower shear force and hardness (Álvarez et al., 212; Méndez-Zamora et al., 2015; Tahmasebi et al., 2016).

Cohesiveness, gumminess, chewiness and fracturability were significantly different ($P \leq 0.05$) among treatments (Table 6), where the values decreased significantly in T₄ compared to T₀. Henning et al. (2016) showed that reduced-fat sausages have lower gumminess and chewiness. Tahmasebi et al. (2016) obtained similar results when using 3 % walnut paste to replace fat in sausages. These effects can be attributed to the walnut

(Cuadro 4). La humedad disminuyó y los carbohidratos incrementaron cuando se usó 70 % de pasta de nuez R (T₄) en las salchichas, y la proteína decreció con 35 % de pasta de nuez B (T₁). T₀ tuvo el mayor porcentaje de humedad y proteína, y menor contenido de carbohidratos. Orozco et al. (2019) no observaron diferencias significativas en la composición de salchichas Frankfurt con 6 % de pasta de nuez. El contenido de proteína encontrado resultó similar a lo reportado por Salejda et al. (2016), al usar 3 g de nuez en salchichas. En el presente estudio, las salchichas formuladas con 35 y 70 % de pasta de nuez B y R presentaron menor contenido de humedad y proteína, pero mayor contenido de carbohidratos. Esto se pudo deber a los carbohidratos que forman parte estructural de la fibra (Flores-Córdova et al., 2016), los cuales aumentan los carbohidratos y la humedad de las salchichas. Lo destacable de estos resultados es que el contenido de grasa en las salchichas no fue estadísticamente diferente entre los tratamientos; es decir, el contenido de aceite de la pasta de nuez B (61.0 ± 0.24 %) y R (64.3 ± 0.0 %) balanceó el contenido graso de las salchichas cuando disminuyó la cantidad de grasa en la formulación.

Análisis de textura

La fuerza de corte, dureza y elasticidad resultaron diferentes entre tratamientos (Cuadro 5). La fuerza de corte aumentó significativamente en las salchichas con pasta de nuez con respecto al testigo (T₀). La dureza fue mayor en las salchichas con 35 % de pasta de nuez B (T₁) que en las salchichas con 35 y 70 % de pasta de nuez R (T₃ y T₄). La elasticidad disminuyó 0.19 mm en T₄ en comparación con T₀ (> elasticidad).

Los resultados obtenidos en esta investigación coinciden con lo reportado por Méndez-Zamora et al. (2015), quienes usaron inulina y pectina como sustitutos de grasa en la elaboración de salchichas Frankfurt.

Table 5. Textural characteristics of Frankfurter sausage made with walnut paste.**Cuadro 5. Características de textura de salchicha Frankfurt elaborada con pasta de nuez.**

Treatments / Tratamientos	Shear force (N) / Fuerza de corte (N)	Hardness (N) / Dureza (N)	Adhesiveness (g-s) / Adhesividad (g-s)	Springiness (mm) / Elasticidad (mm)
T ₀	4.98 ± 0.77 b	51.61 ± 5.68 abc	-51.47 ± 30.82 a	0.83 ± 0.02 a
T ₁	6.47 ± 1.04 a	59.46 ± 5.23 a	-58.30 ± 38.90 a	0.77 ± 0.10 ab
T ₂	7.34 ± 0.78 a	55.37 ± 6.12 ab	-66.10 ± 42.10 a	0.75 ± 0.04 b
T ₃	7.00 ± 1.73 a	47.20 ± 7.86 bc	-48.00 ± 42.60 a	0.72 ± 0.08 b
T ₄	7.13 ± 1.74 a	42.17 ± 16.17 c	-61.70 ± 52.30 a	0.64 ± 0.11 c
P-value	0.000	0.000	0.806	0.000

T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

Table 6. Cohesiveness, gumminess, chewiness and fracturability in Frankfurter sausage made with walnut paste.**Cuadro 6. Cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resistencia en salchicha Frankfurt elaborada con pasta de nuez.**

Treatments / Tratamientos	Cohesiveness / Cohesividad	Gumminess (g) / Gomosidad (g)	Chewiness (N-mm) / Masticabilidad (N-mm)	Fracturability / Resistencia
T ₀	0.41 ± 0.07 a	20.99 ± 3.13 a	17.42 ± 2.73 a	0.20 ± 0.05 a
T ₁	0.35 ± 0.11 ab	20.68 ± 4.6 a	15.52 ± 2.24 a	0.13 ± 0.07 b
T ₂	0.29 ± 0.01 b	16.07 ± 2.12 b	12.04 ± 1.99 b	0.09 ± 0.01 bc
T ₃	0.32 ± 0.08 b	15.43 ± 4.95 b	11.33 ± 4.07 b	0.11 ± 0.04 c
T ₄	0.29 ± 0.07 b	12.87 ± 6.7 b	8.61 ± 4.94 c	0.09 ± 0.03 c
P-value	0.000	0.000	0.000	0.000

T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Tukey, $P \leq 0.05$).

T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

paste and the proteins enveloping the fat globules, which causes stable interactions among fat, protein and water molecules in the food matrix and results in high compressive strength (Tahmasebi et al., 2016). Therefore, T₃ and T₄ sausages maintained low texture values compared to the control. The decrease in fracturability of the walnut paste treatments may be due to the higher water and unsaturated fat content of the walnut.

Sensory evaluation

The treatments were different in appearance, pinkness and overall acceptability (Table 7). T₀ sausages had the best acceptance of the attributes, with no significant differences with the other treatments in smell and taste. Regarding overall acceptability, T₁, T₂ and T₃ were statistically equal to T₀. In addition, it can be observed that the acceptance of pinkness in sausages is better with 35 % walnut paste (T₁ and T₃) than with 70 %

Diversos autores indican que los tratamientos con mayor contenido de grasa tienen menor fuerza de corte y dureza (Álvarez et al., 212; Méndez-Zamora et al., 2015; Tahmasebi et al., 2016).

La cohesividad, gomosidad, masticabilidad y resistencia presentaron diferencia ($P \leq 0.05$) entre los tratamientos (Cuadro 6), donde los valores decrecieron significativamente en T₄ en comparación con T₀. Henning et al. (2016) mostraron que las salchichas reducidas en grasa tienen menor gomosidad y masticabilidad. Tahmasebi et al. (2016) obtuvieron resultados similares al usar 3 % de pasta de nuez para sustituir la grasa en salchichas. Estos efectos se pueden atribuir a la pasta de nuez y a las proteínas que envuelven los glóbulos de grasa, lo cual provoca interacciones estables entre la grasa, las proteínas y las moléculas de agua en la matriz alimenticia y resulta en una alta resistencia a la compresión (Tahmasebi et al., 2016). Por ello, las salchichas del T₃ y T₄ mantuvieron valores bajos de textura en comparación

Table 7. Sensory evaluation of Frankfurter sausage made with walnut paste.**Cuadro 7. Evaluación sensorial de salchicha Frankfurt elaborada con pasta de nuez.**

Treatments / Tratamientos	Appearance / Apariencia	Pink color / Color rosa	Smell / Olor	Taste / Sabor	Overall acceptability / Aceptabilidad global
T ₀	4.35 a	4.03 a	4.28 a	4.38 a	4.33 a
T ₁	3.50 ab	3.53 ab	4.03 a	4.33 a	4.13 ab
T ₂	3.50 ab	3.13 b	3.73 a	3.83 a	3.88 ab
T ₃	3.55 ab	3.48 ab	3.88 a	4.13 a	3.68 ab
T ₄	3.10 b	3.23 b	3.98 a	4.08 a	3.63 b
P-value	0.000	0.008	0.096	0.079	0.026

T₀: control treatment (100 % backfat); T₁: 65 % backfat and 35 % B walnut paste; T₂: 30 % backfat and 70 % B walnut paste; T₃: 65 % backfat and 35 % R walnut paste; T₄: 30 % backfat and 70 % R walnut paste. P-value: obtained from the Friedman test. Means with the same letters within each column do not differ statistically (Nemenyi, $P \leq 0.05$).

T₀: tratamiento testigo (100 % grasa dorsal); T₁: 65 % de grasa dorsal y 35 % pasta de nuez B; T₂: 30 % de grasa dorsal y 70 % pasta de nuez B; T₃: 65 % grasa dorsal y 35 % pasta de nuez R; T₄: 30 % grasa dorsal y 70 % pasta de nuez R. P-value: obtenido de la prueba de Friedman. Medias con letras iguales dentro de cada columna no difieren estadísticamente (Nemenyi, $P \leq 0.05$).

walnut paste (T₂ and T₄). Salejda et al. (2016) obtained lower preference in terms of juiciness, color, taste and overall acceptability when using 1, 2 and 3 % walnut green husk. Overall, the use of 70 % walnut paste had the lowest sensory acceptance, which can be attributed to the high use of this substitute (Salejda et al., 2016). Choi et al. (2014) replaced pork backfat with fiber extracted from *makgeolli* and obtained the highest color score in the control, as in the present study.

Conclusions

Bustamante walnut paste can replace 35 and 70 % of backfat in the formulation of Frankfurter sausage because it improves their physicochemical, bromatological, textural and sensory characteristics. The Bustamante and Rayones walnut paste increased the pinkness of the sausages, but decreased their lightness.

The use of walnut paste in emulsified meat products can be a viable alternative for obtaining low-fat products with greater nutritional value and benefits for consumers requiring special diets. It is advisable to evaluate the shelf life and fatty acid content of the sausage when natural by-products such as walnut paste are incorporated.

Acknowledgments

The authors thank the *Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ Noreste)* for the support provided through the project entitled "Specialized course on the comprehensive, alternative and innovative use of walnut aimed at students with an entrepreneurial vocation", key 1239, of the 2020 call for proposals.

End of English version

con el testigo. El descenso de la resistencia de los tratamientos con pasta de nuez se puede deber al mayor contenido de agua y grasa insaturada de la nuez.

Evaluación sensorial

Los tratamientos fueron diferentes en apariencia, color rosa y aceptabilidad global (Cuadro 7). Las salchichas T₀ tuvieron la mejor aceptación de los atributos, sin diferencias significativas con los demás tratamientos en olor y sabor. En cuanto a la aceptabilidad global, T₁, T₂ y T₃ fueron estadísticamente igual a T₀. Además, se puede observar que la aceptación del color rosa en las salchichas es mejor con 35 % de pasta de nuez (T₁ y T₃) que con 70 % de pasta de nuez (T₂ y T₄). Salejda et al. (2016) obtuvieron menor preferencia en jugosidad, color, sabor y aceptabilidad global cuando usaron 1, 2 y 3 % de cáscara de nuez verde. En general, el uso de 70 % de pasta de nuez presentó la menor aceptación sensorial, lo cual se puede atribuir al uso elevado de este sustituto (Salejda et al., 2016). Choi et al. (2014) cambiaron la grasa dorsal porcina por fibra extraída de *makgeolli* y obtuvieron la puntuación más alta de color en el testigo, al igual que en el presente estudio.

Conclusiones

La pasta de nuez Bustamante puede sustituir el 35 y 70 % de grasa dorsal en la formulación de la salchicha Frankfurt debido a que mejora las características fisicoquímicas, bromatológicas, texturales y sensoriales. La pasta de nuez Bustamante y Rayones aumentó la tendencia del color rosa de las salchichas, pero disminuyó su luminosidad.

El uso de la pasta de nuez en productos cárnicos emulsificados puede ser una alternativa viable para obtener productos bajos en grasa con mayor aporte

References / Referencias

- Almeida, C. M., Wagner, R., Mascarin, L. G., Zepka, L. Q., & Bastianello-Campagnol, P. C. (2014). Production of low-fat emulsified cooked sausages using amorphous cellulose gel. *Journal of Food Quality*, 37(6), 437-443. <https://doi.org/10.1111/jfq.12104>
- Álvarez, D., Xiong, Y. L., Castillo, M., Payne, F. A. & Garrido, M. D. (2012). Textural and viscoelastic properties of pork frankfurters containing canola-olive oils, rice bran, and walnut. *Meat Science*, 92(1), 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.03.012>
- Association of Official Analytical Chemists (AOAC). (2016). *Official Methods of Analysis of International*. AOAC.
- Baer, A. A. & Dilger, A. C. (2014). Effect of fat quality on sausage processing, texture, and sensory characteristics. *Meat Science*, 96(3), 1242-1249. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.001>
- Choi, Y. S., Kim, H. W., Hwang, K. E., Song, D. H., Choi, J. H., Lee, M. A., Chung, H. J., & Kim, C. J. (2014). Physicochemical properties and sensory characteristics of reduced-fat frankfurters with pork back fat replaced by dietary fiber extracted from makgeolli lees. *Meat Science*, 96(2), 892-900. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.033>
- Diego-Zarate, L. M., Méndez-Zamora, G., Rivera-De Alba, J. A., & Flores-Girón, E. (2021). Efecto del nopal (*Opuntia* spp.) deshidratado en polvo sobre las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de salchichas Viena. *Biocencia*, 23(2), 89-95. <https://doi.org/10.18633/biocencia.v23i2.1377>
- Flores-Córdova, M. A., Berzoza-Vasquez, P., Sánchez-Chávez, E., Sáenz Solís, J. I., Guerrero-Morales, S., & Hernández-Carrillo, J. (2016). Composición fisicoquímica y capacidad antioxidante del fruto del pecanero en condiciones de año de elevada producción ("on") y de año de baja producción ("off"). *ITEA- Información Técnica Económica Agraria*, 112(3), 255-270. <https://doi.org/10.12706/itea.2016.016>
- Flores-Córdova, M., Muñoz-Márquez, E., Muñoz-Márquez, E., Ojeda-Barrios, D. L., Soto-Parra, J. M., & Preciado-Rangel, P. (2017). Phytochemical composition and antioxidant capacity in Mexican pecan nut. *Emirates Journal of Food & Agriculture*, 29(5), 346-350. <https://doi.org/10.9755/ejfa.EJFA-2016-08-1075>
- Henning, S. C., Tshalibe, P., & Hoffman, L. C. (2016). Physico-chemical properties of reduced-fat beef species sausage with pork back fat replaced by pineapple dietary fibres and water. *LWT- Food Science & Technology*, 74, 92-98. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.07.007>
- Jahanban-Esfahlan, A., Ostadrahimi, A., Tabibiazar, M., & Amarowicz, R. (2019). A comprehensive review on the chemical constituents and functional uses of walnut (*Juglans* spp.) husk. *International Journal of Molecular Science*, 20(16), 3920. <https://doi.org/10.3390/ijms20163920>
- Méndez-Zamora, G., García-Macías, J. A., Santellano-Estrada, E., Chávez-Martínez, A., Durán-Meléndez, L. A., Silva-Vázquez, R., & Quintero-Ramos, A. (2015). Fat reduction in the formulation of frankfurter sausages using inulin and pectin. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35(1), 25-31. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6417>
- nutricional y beneficios a consumidores que requieran dietas especiales. Es recomendable evaluar la vida útil y el contenido de ácidos grasos de la salchicha cuando se incorporan subproductos naturales como la pasta de nuez.
- ## Agradecimientos
- Al Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco A.C. (CIATEJ Noreste) por el apoyo a través del Proyecto "Curso especializado en el aprovechamiento integral, alternativo e innovador de la nuez pecanera orientado a estudiantes con vocación emprendedora", clave 1239, de la convocatoria 2020.
- ### Fin de la versión en español
- =====
- Minitab®. (2014). User's guide 2: Data analysis and quality tools. Getting Started with Minitab 17, ver. 17.3.0. Minitab, Inc.
- Núñez-Colín, C. A. (2018). Análisis de varianza no paramétrica: un punto de vista a favor para utilizarla. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 4(3), 69-79. <https://doi.org/10.30973/aap/2018.4.3/1>
- Orozco, D., Alarcon-Rojo, A. D., Chavez-Mendoza, C., Luna, L., Carrillo-Lopez, L., & Ronquillo, O. (2019). Frankfurters formulated with pecan nut paste and oregano essential oil as functional components: Proximate composition, lipid oxidation, and fatty acid profile. *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(8), e14016. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14016>
- Reyes-Vázquez, N. C., Morales-Landa, J. L., Cabrera-Álvarez, E. N., Obregón-Solís, E., González-Rojas, L. E., & García-Fajardo, J. (2021). Alternativas tecnológicas de nuez pecanera. In Reyes-Vázquez, N. C., & Morales-Landa, J. L. (eds.), *Agronomía Sustentable y Aprovechamiento Alternativo de la Nuez* (pp. 31-84). Centro de Investigación y Asistencia en Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco.
- Salejda, A. M., Janiewicz, U., Korzeniowska, M., Kolniak-Ostek, J., & Krasnowska, G. (2016). Effect of walnut green husk addition on some quality properties of cooked sausages. *LWT- Food Science & Technology*, 65, 751-757. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.08.069>
- Silva-Vazquez, R., Flores-Giron, E., Quintero-Ramos, A., Hume, M. E., & Mendez-Zamora, G. (2018). Effect of inulin and pectin on physicochemical characteristics and emulsion stability of meat batters. *CyTA - Journal of Food*, 16(1), 306-310. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1403490>
- Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R., Arcanjo, N. M., Silva, F. A., Ferreira, V. C., Barreto, M. D., & Araújo, Í. B. (2017). Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen. *LWT - Food Science & Technology*, 76(B), 320-325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.034>
- Tahmasebi, M., Labbafi, M., Emam-Djomeh, Z., & Yarmand, M. S. (2016). Manufacturing the novel sausages with reduced quantity of meat and fat: The product development, formulation optimization, emulsion stability and textural characterization. *LWT - Food Science & Technology*, 68, 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.12.011>