

EVALUACIÓN DE ALBÚMINA PORCINA COMO SUSTITUTO PARCIAL DE CLARA DE HUEVO EN PANQUÉS DE CHOCOLATE

Evaluation of Porcine Albumin as a Partial Replacement for Egg White in Chocolate Cakes

Gabriela Ramos-Clamont M. ^{1*}, Silvia Guadalupe Fernández-Michel ², Erika Magallanes-Castañeda ², Xochitl Guadalupe Alba-Hinojosa, Refugio Robles-Burgueño ¹ y Luz Vázquez-Moreno ¹

¹ Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo A.C. Coordinación de Ciencia de los Alimentos. Carretera a la Victoria Km 0.6, Hermosillo, Son. 83000, México. ² Escuela de Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma de Coahuila. Blvd. Torreón-Matamoros Km 7, Ejido el Águila, Ciudad Universitaria, Torreón, Coah. 27000, México. gramos@ciad.mx.

RESUMEN

Se analizó el efecto de la sustitución de clara de huevo por albúmina sérica porcina (ASP) en panqués de chocolate. La ASP se obtuvo mediante un método escalado de aislamiento por cromatografía de interacción hidrofóbica. En la formulación del panqué se reemplazó el 50 y 100% de la clara de huevo con ASP. Todos los panqués presentaron valores similares ($P > 0.05$) de los parámetros de color en la miga: L (25,7-26,2), a* (9,8-10,1) y b* (14,5-15,0) y en la costra: L (25,7-26,2), a* (9,8-10,1) y b* (14,5-15,0). La textura (2,9 N) y el volumen ($148,9 \pm 1,8 \text{ cm}^3$) de los panqués con 50% de ASP fueron similares ($P > 0,05$) a los de los controles. El análisis sensorial indicó que los panqués en los que se reemplazó 50% de la clara por ASP, gustaron tanto como los controles. Los panqués con un reemplazo del 100%, gustaron menos. La excelente calidad microbiológica de los panqués muestra las óptimas condiciones sanitarias durante la obtención de la ASP y su elaboración.

Palabras clave: Albúmina sérica porcina, cromatografía de interacción hidrofóbica, panqués de chocolate, sustituto de huevo.

ABSTRACT

The effect of porcine serum albumin (PSA) as a substitute for egg white (EW) in chocolate cakes was examined. PSA was obtained by a lab-scaled method of Hydrophobic Interaction Chromatography. 50 and 100% of the normal level of EW was replaced with PSA in cake formulation. All cakes had similar ($P > 0.05$) crumb L (25.7-26.2), a* (9.8-10.1) and b* (14.5-15.0) and crust: L (25.7-26.2), a* (9.8-10.1) and b* (14.5-15.0) color values.

Texture (2.9 N) and volume ($148.9 \pm 1.8 \text{ cm}^3$) of cakes with 50% PSA replacing EW were similar ($P > 0.05$) to those of the controls. Sensory analysis indicated that cakes replaced with 50% EW for ASP were as well liked as control cakes. The excellent microbiological quality of formulated cakes points out the optimal sanitary conditions in the PSA isolation and in the cake elaboration process.

Key words: Porcine serum albumin, hydrophobic interaction chromatography, chocolate cakes, egg substitute.

INTRODUCCIÓN

Las propiedades funcionales de las proteínas del huevo le confieren a los productos de panadería una importancia fundamental en la definición del volumen, la textura y el esponjado [7]. Esto dificulta su reemplazo en la formulación de panqués y pasteles. No obstante, se ha intentado el uso de otras proteínas (soya, leche lupinus) con buenas propiedades funcionales, en algunos casos adicionadas con hidrocoloides para emular a las proteínas del huevo [3, 7, 14, 20]. También se ha intentado la utilización de plasma sanguíneo encontrándose como principales desventajas los cambios en sabor y color [10, 13].

En Hermosillo, México, la producción de carne es una actividad agropecuaria altamente tecnificada en donde se han implementado estrictos controles de calidad, desde la crianza hasta el consumidor. Sin embargo, la generación de subproductos como la sangre animal, representa un problema de contaminación para suelo y agua. Debido a los estrictos controles sanitarios durante la matanza, la sangre animal obtenida presenta la calidad microbiológica necesaria para su aplicación en alimentos [25]. Es por ello que la obtención de las proteínas del plasma sanguíneo, además de disminuir el problema de contaminación, permitiría aprovechar su capacidad para

espumar, emulsificar o estabilizar alimentos, de manera similar a las proteínas del huevo [23].

El fraccionamiento cromatográfico de las proteínas del plasma permite obtener proteínas libres de hierro y otros compuestos que afectan el sabor; además, durante el aislamiento se eliminan restos de hemoglobina y otros compuestos que afectan el color [23]. Tal es el caso de la albúmina sérica porcina (ASP) aislada a partir de suero, utilizando cromatografía de interacción hidrofóbica [24, 26]. La ASP constituye el 80% de las proteínas plasmáticas y en dicha cromatografía, puede obtenerse en un sólo paso utilizando una matriz de agarosa altamente acetilada. Las características, tanto de la técnica como de la matriz, permiten el escalamiento del proceso, es decir, la utilización de columnas más grandes y de condiciones que permitan mantener o superar la capacidad de la matriz, para obtener una mayor cantidad de proteínas por corrida cromatográfica [24].

La ASP muestra mejores propiedades emulsificantes que el suero porcino (*Sus scrofa domestica*) y propiedades funcionales comparables a las de las proteínas de clara de huevo [26, 27]. Además, la calidad biológica y la composición de aminoácidos de la ASP son bastante aceptables, supliendo los requerimientos de 7 de los 9 aminoácidos esenciales para los niños de 6 a 12 años [19, 26].

Por su economía y aporte de energía, los productos de panificación son incluidos en la dieta de muchos países. Éstos representan una buena opción como vehículo de proteínas de alto valor biológico, que además mejoren sus propiedades funcionales, sin afectar las características organolépticas, ni la calidad microbiológica del alimento. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue sustituir parte de la clara de huevo de una formulación panadera con ASP y evaluar las propiedades físicas y microbiológicas y la aceptación de los productos resultantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales

Los medios microbiológicos se obtuvieron de Difco Lab (Detroit, EUA) y los anticuerpos dirigidos contra cerdo, de Bethyl (Bethyl Lab Inc, EUA). El resto de los reactivos utilizados fueron de Sigma Aldrich (St. Louis, EUA). Los ingredientes de la formulación de los panqués se adquirieron de las siguientes compañías: la manteca vegetal emulsionada de Unilever Bestfoods (Monterrey, México), la harina de trigo pastelera de la Harinera de la Laguna S.A. de C.V. (Torreón, México) y la leche en polvo desnatada de LALA S.A. (Torreón, México). La goma Xantana se adquirió de Alimentaria Mexicana Bekarem, S.A. de C.V. (Monterrey, México). La cocoa o chocolate en polvo se obtuvo de Hershey's (Guadalajara, México).

Muestra

La sangre porcina se obtuvo de un matadero Tipo Inspección Federal (TIF) de la ciudad de Hermosillo, Sonora, Mé-

xico. En dicho establecimiento se tiene implementado el sistema de Análisis de Riesgos, de Identificación y Control de Puntos Críticos (HACCP, por sus siglas en inglés). Esta planta se encuentra además, con la certificación de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) de México.

Se realizaron 15 muestreos en cada uno de los cuales se tomaron 10 L de sangre proveniente de 5 animales sacrificados. La sangre se trasladó al laboratorio en contenedores estériles cubiertos de hielo. Posteriormente se permitió su coagulación natural, se separó el suero por decantación y se congeló en un congelador Revco ULT1786 (Termo Fisher Scientific, Inc, Waltham, EUA) a -40°C hasta su posterior fraccionamiento cromatográfico [26].

Obtención y caracterización de albúmina porcina

La albúmina de suero porcino (ASP) se obtuvo por cromatografía de interacción hidrofóbica (HIC, por sus siglas en inglés), de acuerdo a Ramos-Clamont y col. [24]. Para el escalamiento del proceso se sintetizaron 260 mL de agarosa altamente acetilada (Agarosa-HA), se empacaron en una columna cromatográfica abierta (20 x 5 cm, Biorad, Hercules, CA, EUA) y se equilibraron con 5 volúmenes de Na_2SO_4 0.5M, 3-(N-morfolino ácido propanilsulfónico (MOPS), 10 mM, a pH 7,6 (Solución A). La separación cromatográfica se realizó en un sistema de baja presión Econo System (BioRad, Hercules, EUA). Se aplicaron $4,0 \pm 0,2$ g de proteína de suero porcino (de 50 a 53 mL) a la columna y se promovió la adsorción de proteínas utilizando la solución A a un flujo de 2 mL/min. Las proteínas no adsorbidas se lavaron con la misma solución hasta una densidad óptica (DO) de 0,020, determinada en un espectroscopio Smart Spec (BioRad, Hercules, EUA), a una longitud de onda de 280 nm.

Las proteínas adsorbidas se eluyeron con MOPS 10 mM a pH 7,2. Las fracciones cromatográficas se caracterizaron por electroforesis en condiciones desnaturizantes y reductoras según Laemmli [11], en geles de poliacrilamida al 10% y por inmunodetección mediante Western blot, según Towbin y col. [31]. Se utilizaron los anticuerpos dirigidos contra cerdo, anti-IgG, anti IgA, Anti-IgM y anti-Albúmina (Bethyl Lab. Inc, EUA). La ASP se obtuvo en la fracción de lavado ($2,5 \pm 0,2$ g/ corrida cromatográfica), se dializó en fundas de diálisis de corte de 10 kDa (Sigma Aldrich, St Louis, EUA) contra agua destilada. Posteriormente se liofilizó en un equipo Virtis Benchop 6,6 (SP Industries, Gardinier, EUA) y se almacenó a -40°C (Revco, Termo Fisher Scientific, Inc, EUA) hasta su posterior análisis.

Parámetros bromatológicos y microbiológicos de la ASP

La ASP obtenida en el proceso escalado se analizó según los métodos oficiales de la Association of Official Analytical Chemists (AOAC) [4]. Se utilizó ASP con $2,5 \pm 0,2\%$ de humedad (método 934,01); $95 \pm 4,0\%$ de proteína (método 960,52); $0,2 \pm 0,01\%$ de contenido graso (método 963,15); $1,2 \pm 0,01\%$ de cenizas (método 923,03); $1,0 \pm 0,1\%$ de sodio

(método 985,35) y 0,02 mg/Kg de hierro (método 999,11). Estos valores fueron reproducibles y garantizan la funcionalidad de la ASP, sin afectar características sensoriales [12, 26, 27]. El análisis microbiológico de la ASP se realizó según las Normas Oficiales Mexicanas (NOM) equivalentes a las técnicas utilizadas por la AOAC [18]. Se utilizó ASP con menos de 10 UFC/g de mesofílicos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), hasta 10 UFC/g de hongos y levaduras (NOM-111-SSA-1994), menos de 3 NMP /g de organismos coliformes (NOM-112-SSA1-1994), menos de 10 UFC/g de *Staphylococcus aureus* (NOM-115-SSA1-1994) y ausencia de *Salmonella* spp (NOM-114-SSA1-1994). Estos parámetros microbiológicos han sido sugeridos para la incorporación de plasma en alimentos [19].

Harina para panificación

La harina utilizada en la formulación de los panqués cumplió con las características requeridas para formar masas extensibles y resistentes al amasado, según la NOM mexicana NOM-147-SSA1-1996 [17]. Se utilizaron harinas con valores promedio de proteína y gluten de 11,6 y 34,5%, respectivamente y no más de 14,3% de humedad; el contenido de cenizas fue menor a 0,5%. Se seleccionaron además, aquellas harinas cuyos farinogramas de Brabender mostraron una absorción de 59-60 mL de agua por cada 100 g de harina, con valores de hidratación de 2 min, de estabilidad de 14 min y de salida de 16 min. Estos parámetros fueron determinados por el método 54-21 de la AACC [1]. A las harinas seleccionadas se les realizaron mediciones en Alveógrafo de Chopin con el método 54-30A [1]. Se escogieron las harinas que mejor cumplieron con las características panaderas de un panqué, es decir, aquellas que presentaron valores de tenacidad (P), de 327×10^4 , de fuerza de panificación (W), de 92,6 y de extensibilidad (G) de 26,7.

Elaboración de los panqués

Para la elaboración de los panqués se siguió el método 10-90 de la AACC [1] con las siguientes modificaciones: a la formulación original se le añadió chocolate en forma de cocoa; se aumentaron las cantidades de agua y manteca añadidas a la mezcla, se incorporó 0,2% de sorbato de potasio como conservador y goma de xantano, para mejorar las características de panificación. La formulación base se muestra en el TABLA I. Para valorar el efecto de la ASP sobre las características de los panqués se sustituyó 50 y 100% de la clara de huevo con ASP.

Para la elaboración de la masa se mezclaron los ingredientes secos con la manteca y la lecitina, durante 1 min, utilizando la velocidad 1, de una batidora Kitchen Aid (Ultra Power Mixer Model KSM90AC, Kitchen Aid, St Joseph, EUA). En una primera etapa se añadieron 100 mL de agua y se mezclaron a la velocidad 1, por 6 min. En la segunda y tercera etapas se añadieron 35 mL de agua y se mezclaron a la misma velocidad, durante 1 min.

Los panqués se hornearon en moldes metálicos rectangulares (Kaiser Bakeware Inc., Alemania). La cocción se llevó

TABLA I
FORMULACIÓN BASE PARA PANQUÉ DE CHOCOLATE/
CHOCOLATE CAKE FORMULATION

Ingredientes	Peso (%)
Harina de trigo pastelera	20,0
Azúcar	26,7
Manteca	10,0
Chocolate (cocoa)	4,0
Leche desnatada en polvo	1,8
Sal	0,66
Bicarbonato de sodio	0,1
Polvo de hornear	0,9
Huevo en polvo	2,0
Clara de huevo en polvo	0,5
Goma Xantana	0,04
Sorbato de potasio	0,2
Lecitina	0,1
Agua	33,0

a cabo a 182°C en un horno convencional (EM1372 Standard, Mabe, D.F., México). Mediante ensayos preliminares, se determinó un tiempo de cocción óptimo para los panqués de 30 min. Después de hornearse, se dejaron enfriar a temperatura ambiente por 1h y posteriormente se empacaron en bolsas de papel celofán y se almacenaron en condiciones de despensa (25-28°C) por 24 h, hasta su posterior análisis.

Análisis físicos

Los análisis físicos comprendieron la determinación de color, volumen y textura. Los parámetros L, a* y b* de la miga y la costra se obtuvieron con un colorímetro Minolta 300 (Minolta CO. Ltd., Maarssebroek, Holanda). Se emplearon 5 muestras por tratamiento de cada experimento. El volumen se determinó por la técnica de desplazamiento de semillas de canola [1].

Para las determinaciones de textura se midió la fuerza de compresión de los panqués, empleando un texturómetro, TA-XT2i (Stable Mycro Systems, EUA) mediante el método 74-09 de la AACC [1]. Se utilizaron los siguientes parámetros de prueba: Sensibilidad del aditamento: 5 Newton, unidad de fuerza utilizada: Newton, aditamento: punzón esférico de 0,5 pulgadas de diámetro, velocidad de prueba: 3 min/seg, distancia de recorrido de la muestra, 5 mm [3]. Los parámetros, la operación del instrumento y el manejo de datos se realizaron a través del programa computacional Texture Expert versión 1 (Stable Mycro Systems, EUA). Se emplearon 5 panqués de cada nivel de sustitución de cada experimento. Los panqués se rebanaron a una pulgada de la base, y se marcaron cinco regiones, punzando cada una de ellas para registrar el valor máximo de la fuerza [9].

Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se cortaron cubos de 20 mm de los panqués inmediatamente antes de la prueba y se sirvieron en platos de plástico marcados con un código de tres dígitos tomados al azar de una tabla de números aleatorios de acuerdo a Anzaldúa [2]. Las pruebas se aplicaron a un panel de consumidores de 68 jueces no entrenados que gustan del consumo de pastelillos de chocolate. Se practicó una prueba de nivel de agrado basada en una escala hedónica de 5 puntos: “me gusta mucho, me gusta, ni me gusta ni me disgusta, me disgusta, me disgusta mucho” [2].

Análisis microbiológicos

Se analizaron por duplicado aquellos panes con ASP que en el sensorial gustaron tanto como los controles. Las pruebas se efectuaron a las 24 h posteriores a la elaboración de los panes y después de 15 días de almacenamiento en condiciones de despena (25-28°C). En cada caso se tomaron muestras de 25 g provenientes de 5 panqués. Se utilizaron las normas NOM mexicanas equivalentes a la AOAC [18], para determinar, mesofilicos aerobios en agar cuenta estándar (NOM-092-SSA1-1994), hongos y levaduras en agar papa dextrosa (NOM-111-SSA1-1994), organismos coliformes mediante la técnica del número más probable en caldo lactosado y caldo lauril verde brillante (NOM-112-SSA1-1994), determinación de *Salmonella* spp previo enriquecimiento con caldo tetracionato, utilizando los siguientes agares por separado: xilosa lisina desoxicolato (XLD), verde brillante (VB), sulfito de bismuto, *Salmonella- Shigella* y agar entérico Hektoen (NOM-114-SSA1-1994) y determinación de *Staphylococcus aureus* en

agar Baird Parker, teniendo como confirmatorias las pruebas de coagulasa y termocoagulasa (NOM-115-SSA1-1994). En todos los casos se aplicó la Norma Oficial Mexicana para preparación y dilución de muestras (NOM-110-SSA1-1994).

Diseño experimental

Se empleó un diseño completamente al azar con 3 tratamientos (control, 50 y 100% de ASP, sustituyendo la clara de huevo). Cada tratamiento tuvo 5 repeticiones. Se practicó un análisis de varianza (ANOVA) y la comparación de medias se llevó a cabo con la prueba de Duncan (P < 0,05) [33]. Con los resultados de las pruebas de nivel de agrado se realizó un análisis no paramétrico de prueba de rango de Friedman y posteriormente una comparación de medias por Duncan (P < 0,05). Se utilizó el paquete de diseños experimentales Statistica, versión 4,5 (StatSoft Inc. EUA) [30]. Los análisis microbiológicos se practicaron por duplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Escalamiento del aislamiento de ASP

La FIG. 1A indica los resultados del aislamiento de la ASP; ella representa el cromatograma típico, caracterizado por dos fracciones bien definidas. La estimación de proteínas de la fracción de lavado (I), constituyó del 80 al 85% de la proteína aplicada. Este valor corresponde aproximadamente al contenido de albúmina en suero porcino [5]. Para confirmar la presencia de ASP se realizó una electroforesis. En la FIG. 1B (carril 3) aparece el patrón cromatográfico de la fracción de lavado.

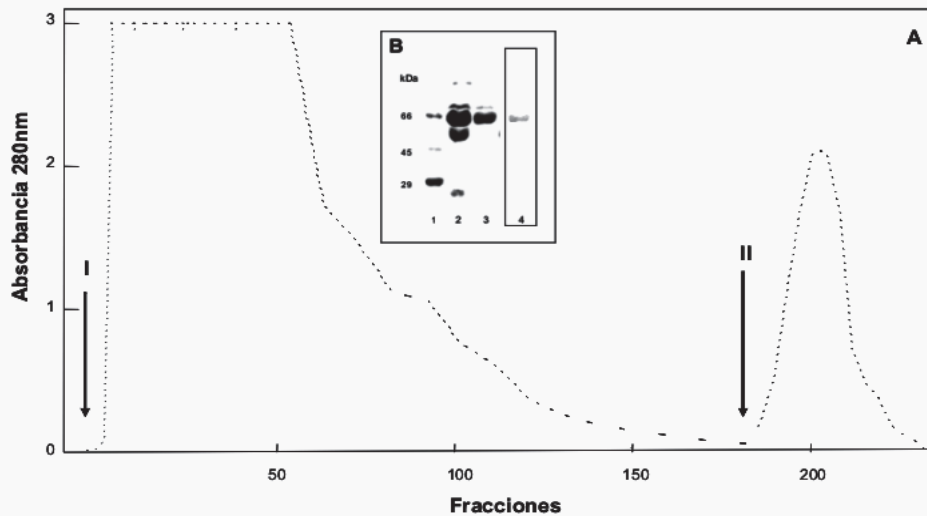


FIGURA 1. ESCALAMIENTO DEL AISLAMIENTO DE ALBÚMINA SÉRICA PORCINA POR CROMATOGRAFÍA DE INTERACCIÓN HIDROFÓBICA/ SCALING-UP ISOLATION OF PORCINE SERUM ALBUMIN BY HYDROPHOBIC INTERACTION CHROMATOGRAPHY.

A. Cromatograma típico. La agarosa altamente acetilada (260 mL) se equilibró con Na₂SO₄ 0.5 M, MOPS 10mM pH 7.6 (solución A), y posteriormente se aplicó el suero porcino (50-53 mL). La columna (20 cm x 5 cm) se lavó con solución A (I). Las proteínas no adsorbidas permanecieron en la fracción de lavado. Las proteínas adsorbidas se eluyeron con MOPS 10 mM, pH 7.6 (II). B. Electroforesis SDS en gel de poliacrilamida de la fracción no adsorbida. Carriles: 1 estándares de masa molecular; 2, suero porcino; 3, fracción no adsorbida, 4 inmunodetección de albúmina por western blot.

Se observa una banda mayoritaria de 66 kDa, correspondiente a la masa de la albúmina porcina [6]. Esta banda fue reconocida por el anticuerpo anti albúmina dirigido contra *Sus scrofa* en el western blot (carril 4). En cada corrida cromatográfica se recuperaron $3,2 \pm 0,2$ g de ASP.

El desarrollo de técnicas y métodos para la separación y purificación de proteínas ha sido esencial para los avances en la investigación bioquímica y biotecnológica. Utilizando diferentes concentraciones salinas, la HIC es capaz de purificar mezclas proteicas complejas, como las del suero sanguíneo, cuya separación se dificulta con otras técnicas cromatográficas [21]. En este estudio se observó que la matriz de Agarosa-HA sintetizada, no disminuyó su capacidad de separar ASP al escalar el proceso. Lo anterior representa una ventaja, debido a que otras matrices cromatográficas ya comercializadas no conservan esta característica [21]. Es por ello una nueva opción para aprovechar a las proteínas séricas como fuentes alternativas de alimentos.

Efecto de la sustitución de clara de huevo con ASP

La TABLA II muestra los resultados de los análisis físicos para los panqués en que se sustituyeron 50 y 100% de la clara de huevo con ASP. No se presentaron cambios entre el volumen de los panqués control y aquellos sustituidos con 50% de ASP. En cambio, la sustitución de 100% de la clara provocó una disminución de aproximadamente del 3% del volumen, FIG. 2. El volumen de los productos de panadería se debe en parte, a la capacidad de las proteínas de formar una fuerte red tridimensional que rodea a las burbujas de aire para estabilizar la estructura. [3, 22]. Si las proteínas presentes en el pan son capaces de formar geles a altas temperaturas, producen panes con mayor volumen [15]. Por lo general, las proteínas que constituyen a la clara de huevo y las proteínas del plasma sanguíneo presentan una capacidad muy similar de formar geles térmicos [16]. Sin embargo, cuando se fraccionan las proteínas plasmáticas de *Bos taurus*, se observa que la al-

TABLA II
ANÁLISIS FÍSICO DE PANQUÉS DE CHOCOLATE PREPARADOS SUSTITUYENDO CLARA DE HUEVO CON DOS NIVELES DE ALBÚMINA SÉRICA PORCINA/ PHYSICAL ANALYSIS OF CHOCOLATE CAKES PREPARED BY REPLACING EGG WHITE WITH TWO LEVELS OF PORCINE SERUM ALBUMIN

Análisis	Control	50% ASP*	100% ASP
Volumen (cm ³)	147,6 ^a	150,2 ^a	142,9 ^b
Textura Compresión (N)	2,9 ^a	2,9 ^a	2,4 ^b
Color de la miga			
L	26,2 ^a	25,9 ^a	25,7 ^a
a*	10,1 ^a	9,9 ^a	9,8 ^a
b*	15,0 ^a	14,7 ^a	14,4 ^a
Color de la costra			
L	25,0 ^a	24,7 ^a	24,5 ^a
a*	9,5 ^a	9,6 ^a	9,2 ^a
b*	10,0 ^a	9,9 ^a	10,1 ^a

ASP: albúmina sérica porcina. Medias con diferentes letras en las filas, difieren estadísticamente ($P < 0,05$). N, Newtons; L, a* y b escala colorimétrica L (levedad, desde el negro al blanco), a* (carácter verde rojo en ausencia de azul o amarillo) y b* (carácter azul amarillo en ausencia de verde o rojo).

búmina forma panes menos esponjados. Lo anterior debido a que la albúmina se desnaturaliza a temperaturas más bajas que las globulinas [22].

La firmeza de los panqués sustituidos con ASP al 100% fue menor ($P < 0,05$) que la de los controles (TABLA II). Este comportamiento es análogo a los resultados de otras investigaciones que mostraron que los panes enriquecidos con proteínas de sangre animal son más blandos [10, 15].

El uso de plasma sanguíneo en panadería se inició durante la Primera Guerra Mundial, siendo uno de los principales problemas la falta de aceptación del alimento debido principal-

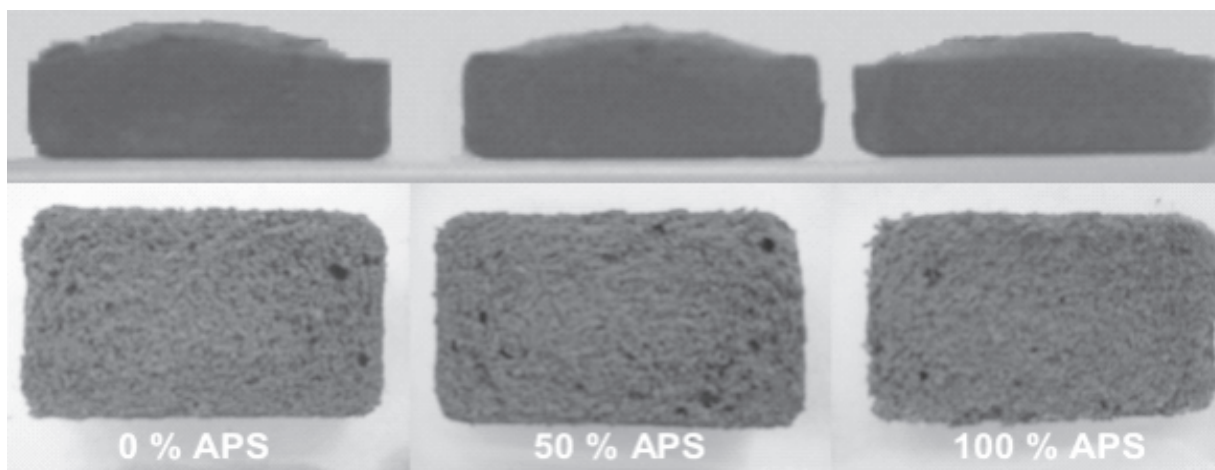


FIGURA 2. VOLUMEN Y SECCIÓN HEMISFÉRICA DE PANQUÉS DE CHOCOLATE PREPARADOS SUSTITUYENDO 50% Y 100% DE LA CLARA DE HUEVO CON ALBÚMINA SÉRICA PORCINA (ASP)/ VOLUME AND HEMISPHERICAL CROSS SECTION OF CHOCOLATE CAKES PREPARED BY REPLACING 50% AND 100% OF EGG WHITE WITH PORCINE SERUM ALBUMIN.

mente a los cambios en el sabor y el color provocados en gran parte por la presencia de hierro [13]. A partir de entonces se han aplicado diversas metodologías para decolorar el plasma, eliminar iones o fraccionar sus proteínas a fin de mejorar la apariencia y el sabor de los alimentos que lo contienen [8, 10, 15]. En este estudio no se observaron diferencias significativas ($P > 0,05$) entre el color de la miga y de la costra de los controles y los panqués sustituidos con ASP. Lo anterior puede deberse a que la ASP obtenida por HIC contiene cantidades mínimas de hierro, presentando un color blanco aperlado. Por otro lado, la presencia del chocolate pudiera estar enmascarando el posible oscurecimiento provocado por efecto de la reacción de Maillard entre la ASP y los azúcares de la mezcla [23].

Análisis sensorial

Para el análisis sensorial se utilizó un panel de consumidores que gustan del consumo de pastelillos de chocolate. La FIG. 3 sintetiza los resultados obtenidos para el caso de la clara de huevo por ASP, no hubo diferencia en la aceptación entre los controles y los panqués en los que se sustituyó el 50% de la clara con ASP, mientras que la aceptación fue menor en aquellos con sustitución al 100% de la clara de huevo.

La alimentación es parte fundamental de la interacción con el entorno que lo rodea. Los sentidos, además de controlar como se lleva a cabo esta interacción, participan de manera importante en la aceptación de los alimentos [28]. De allí la importancia de aplicar pruebas hedónicas o afectivas antes de introducir un alimento al mercado, para valorar la reacción subjetiva de consumidores y compradores habituales de un producto [28, 29]. En este estudio se comprobó que la sustitución del 50% de la clara de huevo con ASP no afectó el nivel de aceptación de 68 jueces. Lo anterior representa una ventaja para la utilización de ASP en productos panaderos.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se practicó a los panqués en los que se sustituyó 50% de la clara de huevo con ASP, por ser los aceptados en el análisis sensorial. No se detectaron microorganismos de interés sanitario, ni la presencia de *Salmonella* spp. o de *Staphylococcus aureus* (TABLA III). Después de dos semanas de almacenamiento en condiciones de despensa, se observó el desarrollo de hongos y mesófilos aerobios. Aunque el número de colonias encontradas (10-100 UFC/g) quedó dentro de los valores reportados como aceptables en la literatura [32]. Estos resultados indican que los productos elaborados con la albúmina de cerdos tuvieron buena calidad microbiológica, representando una ventaja más para su utilización como ingrediente alimenticio.

CONCLUSIONES

La sustitución del 50% de la clara de huevo por albúmina sérica porcina no modificó el volumen, la textura, el co-

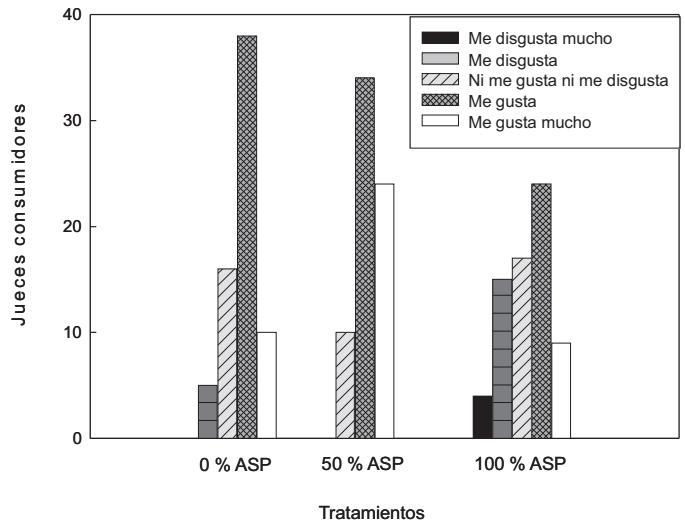


FIGURA 3. EVALUACIÓN SENSORIAL DEL NIVEL DE AGRA-DO/ CONSUMER ACCEPTANCE TESTS.

TABLA III
ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DE LOS PANQUÉS DE CHOCOLATE CON ALBÚMINA SÉRICA PORCINA/ MICROBIOLOGICAL ANALYSIS OF CHOCOLATE CAKES WITH PORCINE SERUM ALBUMIN

Análisis	ASP 50% /clara*	
	Inicio	Después de 15 días
Mesófilos aerobios UFC/g	< 10	100
Coliformes totales NMP/g	< 3	< 3
Hongos y levaduras UFC/g	< 10	100
<i>Staphylococcus aureus</i> UFC/g	< 10	< 10
<i>Salmonella</i> spp*	Ausencia	Ausencia

Se analizaron aquellos panqués que gustaron tanto como los controles. *ASP 50%/clara: Panqués de chocolate en los que se sustituyó el 50% de la clara de huevo con albúmina sérica porcina.

lor, ni la aceptación de los panqués de chocolate. La excelente calidad microbiológica de estos productos es un indicador de las condiciones sanitarias aplicadas durante la obtención de la albúmina y su incorporación a los panqués. Todos estos factores son un indicio del potencial alimentario de la ASP como proteína funcional y un ejemplo de la diversificación que puede tener la producción de carne de cerdo al utilizar a sus subproductos.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México y a la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) por el financiamiento de este trabajo con el proyecto SAGARPA-CO-NACYT-060.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMISTS. **Approved Methods of the AACC. 10th. Ed.** Methods: 10-05, 10-90. 54-21, 54-30A, 74-09. St. Paul Minnesota. U.S.A. Pp 100-786. 2003.
- [2] ANZALDÚA, A. Practicas de la evaluación sensorial. En: **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica.** 2nd Ed. Editorial Acribia, S.A. 180-198 pp. 1994.
- [3] AROZARENA, I.; BERTHOLO, H.; EMPIS, J.; BUNGER, A.; DE SOUSA, I. Study of the total replacement of egg by white lupine protein, emulsifiers and xanthan gum in yellow cakes. **Eur. Food Res. Technol.** 213: 312–316. 2001.
- [4] ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis of the AOAC.** 15th. Ed. Sections: 960.52, 923.03, 934.01, 963.15, 985.35, 999.11. Washington, D.C. U.S.A. Pp 69-771.1990.
- [5] BUTLER, J.E.; BROWN, W.R. The immunoglobulins and immunoglobulin genes of swine. **Vet. Immunol. Immun.** 43: 5–12. 1994.
- [6] CRAWLEY, A.; WILKIE, B.N. Porcine isotypes: function and molecular characteristic. **Vaccine.** 3785: 1-12. 2003.
- [7] DAVIS, J.P.; FOEGEDING, E.A. Comparisons of the foaming and interfacial properties of whey protein isolate and egg white proteins. **Colloids Surf. B.** 54: 200-210. 2007.
- [8] DEL HOYO, P.; MOURE, F.; RENDUELES, M.; DIAZ, M. Demineralization of animal blood plasma by ion exchange and ultrafiltration. **Meat Sci.** 76: 402–410. 2007.
- [9] FERNÁNDEZ-MICHEL, S.G.; RAMOS-CLAMONT, M.G.; VÁZQUEZ-MORENO, L. Características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de panqués de chocolate adicionados con proteínas de suero porcino. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XVI (4): 420-427. 2006.
- [10] INNUN, A.; HAYAKAWA, S.; OGAWA, M.; SUN, Y. Effect of bovine globin and globin-sugar complexes on rheological properties of dough and bread. **Food Sci. Technol. Res.** 13 (4): 332-337. 2007.
- [11] LAEMMLI, U.K. Cleavage of structural proteins during the assembly of the head of bacteriophage T4. **Nature.** 227: 680-685. 1970.
- [12] McCANN, K.B.; VUSICA, Y.; FAMULARI, S.; BERTOLINI, J. Effect of processing methods on coloration of human serum albumin preparation. **Biologicals** 37: 32-36. 2009.
- [13] MANDAL, P.K.; RAO, V.K.; KOWALE, B.N.; PAL, U.K. Utilization of Slaughter House Blood in Human Food. **J. Food Sci. Tech.** 36 (2): 91-105. 1999.
- [14] MORR, C.V.; HOFFMANN, W.; BUCHHEIM, W. Use of applied air pressure to improve the baking properties of whey protein isolates in angel food cakes. **Lebensm. Wiss. Technol.** 36: 83–90. 2003.
- [15] MYHARA, R.M.; KRUGER, G. The performance of decolorized bovine plasma protein as a replacement for egg white in high ratio white cakes. **Food Qual. Prefer.** 9(3): 135-138. 1998.
- [16] NI, CH.; HAYAKAWA, S. Heat-Induced Gelation of Charcoal-Treated Serum Protein. **Food Sci. Technol. Res.** 7 (1): 26–30, 2001.
- [17] NORMA OFICIAL MEXICANA. NOM-147-SSA1-1996. Harinas de cereales, sémolas o semolinas, alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones Diario Oficial de la Federación. Pp1-6.1997.
- [18] NORMA OFICIAL MEXICANA. Análisis microbiológicos. Normas: NOM-092-SSA1-1994, NOM-111-SSA1-1994, NOM-112-SSA1-1994, NOM-114-SSA1-1994, NOM-115-SSA1-1994, NOM-110-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación. Pp 1-12. 1995.
- [19] OCKERMAN, H.W.; HANSEN, C.L. Blood utilization. In: **Animal by-product processing and utilization.** Chapter 9. Technomic Publishing Co. USA. 325-354pp. 2000.
- [20] PERNELL, C.W.; LUCK, P.J.; ALLEN-FOEGEDING, E.; DAUBERT, C.R. Heat-induced changes in angel food cakes containing egg-white protein or whey protein isolate. **J. Food Sci.** 67: 2945-2951. 2002.
- [21] QUEIROZ, J.A.; TOMAZ, C.T.; CABRAL, J.M.S. **Hydrophobic interaction chromatography of proteins. J. Biotech.** 87: 143-159. 2001.
- [22] RAEKER, M.O.; JONSON, L.A. Cake-Baking (High ratio properties of egg white, bovine blood plasma, and their fractions. **J. Cereal Chem.** 72(3): 299-303. 1995.
- [23] RAMÍREZ-JIMÉNEZ, A.; GUERRA-HERNÁNDEZ, E.; GARCÍA-VILLANOVA, B. Browning indicators in bread. **J. Agric. Food Chem.** 48:4176-4181. 2000.
- [24] RAMOS-CLAMONT, M.G.; CANDIA-PLATA, M.C.; GUZMAN-ZAMUDIO, R.; VAZQUEZ-MORENO, L. Novel hydrophobic interaction chromatography matrix for specific isolation and simple elution of immunoglobulins (A, G, and M) from porcine serum. **J. Chromatogr. A.** 1122: 28–34. 2006.
- [25] RAMOS-CLAMONT, M.G.; FERNÁNDEZ-MICHEL, S.; CARRILLO-VARGAS, L.; MARTINEZ-CALDERON, E.; VÁZQUEZ-MORENO, L. Caracterización de suero porcino producido bajo condiciones controladas en un rastro de la ciudad de Hermosillo, México. **Rev. Cientif. FCV-LUZ.** XIII (1): 53-58. 2003.

- [26] RAMOS-CLAMONT, M.G.; FERNÁNDEZ-MICHEL, S.; CARRILLO-VARGAS, L.; MARTÍNEZ-CALDERÓN, E.; VÁZQUEZ-MORENO, L. Functional properties of protein fractions isolated from porcine blood. **J. Food Sci.** 68: 1196-1200. 2003.
- [27] RAMOS-CLAMONT, M.G.; VÁZQUEZ-MORENO, L. Foaming properties of porcine serum and porcine serum albumin. **Cien y Tecnol Alimen.** 5(2): 105-111. 2006.
- [28] ROUSSET, S.; MARTIN, J.F. An Effective hedonic analysis tool: weak/strong points. **J. Sens. Stud.** 16(6): 643-661. 2001.
- [29] SCHIFFERSTEIN, H.N.J. Contextual shifts in hedonic judgments. **J. Sens. Stud.** 10(4): 381-392. 1995.
- [30] STATISTICA. Statistica for windows version 4.5 Stat-Soft, Inc. Tulsa, USA.
- [31] TOWBIN, H.; STAHELIN, T.; GORDON, J. Electrophoretic transfer of proteins from polyacrylamide gels to nitrocellulose sheets: procedure and some applications. **P. Nat. Acad. Sci. USA.** 76: 4350-4354. 1979.
- [32] VAN DER HEUDEN, K.; YOUNES, M.; FISHBEINS, L.; MILLER, S. Hygiene requirements and means of prevention of microbial contaminations of foods. **International Food Safety Handbook: Science, International Regulation and Control.** Marcel Dekker, New York, USA. Pp 718. 1999.
- [33] WARDLAW, A.C. Are Those Differences Significant? **Practical Statistics for Experimental Biologists.** John Wiley and Sons Limited, New York, USA. Pp 10-70. 2000.