



Scientia Agropecuaria

Website: <http://revistas.unitru.edu.pe/index.php/scientiaagrop>

Facultad de Ciencias
Agropecuarias

Universidad Nacional de
Trujillo

Efecto de la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de soya en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes destinados a niños en edad escolar

Effect of partial substitution of wheat flour by soybean meal in technological and sensory characteristics of cupcakes for children of school age

Luz María Paucar-Menacho*; **Rebeca Salvador-Reyes**; **Jhoseline Guillén-Sánchez**; **Sigry Mori-Arismendi**

Departamento de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Santa, Ancash-Peru.

Received February 11, 2016. Accepted May 30, 2016.

Resumen

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya (HS) en las características tecnológicas y sensoriales de cupcakes, con la finalidad de desarrollar un alimento rico en proteínas para alumnos en edad escolar. Se sustituyó la harina de trigo común por HS en 4 porcentajes diferentes 5% (F1), 10% (F2), 15% (F3) y 20% (F4) y se comparó con una muestra control con 0% (F0) de HS. Las características tecnológicas evaluadas fueron: pérdida de peso, actividad de agua (Aw), color instrumental, volumen específico y texturometría de las muestras durante 12 días. Los resultados mostraron que la sustitución por HS mejora la firmeza de los cupcakes y ayuda a la retención de la humedad, una sustitución hasta F2 no presentó diferencia significativa con F0. Para la evaluación sensorial se aplicó un test con escala hedónica a 45 panelistas, se evaluaron 3 características sensoriales (color, sabor y textura) e intención de compra. Los cupcakes con HS presentaron diferencias significativas en el color en relación con F0, los resultados indicaron que este ingrediente puede sustituir a la harina de trigo de la F0 hasta en un 10%, sin alterar significativamente su calidad sensorial. En cuanto a la intención de compra, F2 obtuvo un puntaje de $4,20 \pm 0,53$ en una escala de 5 puntos, el cual no presenta diferencias significativas con F0.

Palabras clave: características tecnológicas, sensoriales, harina de soya, harina de trigo, cupcakes.

Abstract

The objective of this research was evaluate the effect of the partial substitution of wheat flour by soybean meal (HS) in the technological and sensory characteristics of cupcakes, in order to develop a high-protein food for school-age students. Common wheat flour was replaced with four different percentages of HS: 5% (F1), 10% (F2), 15% (F3) and 20% (F4), these were compared with a control sample with 0% (F0) of HS. The technological characteristics evaluated were weight loss, water activity (Aw), instrumental color, bulk and texturometry samples, for 12 days. The results showed that the substitution of HS improves firmness of cupcakes and helps moisture retention, a substitution until F2 was not significantly different from F0. A test to 45 panelists with a hedonic scale for sensory evaluation was used; three sensory characteristics (color, flavor and texture) and purchase intent were evaluated. The cupcakes with HS presented significant differences in color in relation to F0; the results indicated that this ingredient could replace wheat flour F0 up to 10%, without significantly altering its sensory quality. As for the intention to purchase, F2 obtained a score of 4.20 ± 0.53 on a scale of 5 points, which does not differ significantly from F0.

Keywords: technological characteristics, sensory, soybean meal, wheat flour, cupcakes.

1. Introducción

Entre las diversas leguminosas y cereales existentes ninguna puede aportar todos los nutrientes en cantidad suficiente para cubrir las necesidades nutricionales de un niño. Sin embargo ya desde tiempos

antiguos se reconocía el beneficio de mezclar cereales con leguminosas en la dieta para mejorar su calidad nutricional, lo que demuestra que es posible enriquecer un producto alimenticio con otra sustancia, mejorando la calidad nutricional y la

* Corresponding author

E-mail: luzpaucar@uns.edu.pe (L.M. Paucar-Menacho).

© 2016 All rights reserved.

DOI: [10.17268/sci.agropecu.2016.02.05](https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2016.02.05)

aceptación que es necesaria por parte del consumidor (FAO, 1995).

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura establece dentro del perfil de aminoácidos esenciales para niños entre 3 y 10 años de edad 4,8 (g/100g de proteínas) de lisina y 2,3 (g/100g de proteínas) de metionina. Las proteínas de origen vegetal suelen tener cantidades menores de uno a más aminoácidos esenciales (aminoácido limitante), no obstante estos aminoácidos limitantes son distintos según el tipo de alimento por lo que comiendo una mezcla de estos alimentos es posible obtener todos los aminoácidos necesarios (FAO, 2013).

Los cupcakes son productos de mucha aceptación, debido a sus decoraciones, sabor, color y textura, por niños en edad escolar (Isoldi *et al.*, 2012), además debido a su receta sencilla y fácil de preparar son una buena opción para incluir en la lonchera escolar.

La receta tradicional del cupcake tiene como base la harina de trigo que otorga al producto la textura y volumen deseados (Julianti *et al.*, 2015). En cuanto al sabor, la harina de trigo es imperceptible si se mezcla con otros ingredientes como frutas o esencias por lo que es excelente para la producción de estos productos pasteleros (Marfil, 1991).

Sin embargo, el trigo es un cereal con un bajo contenido de proteína (11,4 %) en comparación con otros granos (Hosseney, 1994). Si bien su contenido de aminoácidos azufrados como la metionina + cisteína (2,1 %) es satisfactorio en comparación con el maíz (1,8 %) y el sorgo (1,2 %) que presentan una menor cantidad de dichos aminoácidos (Robinson, 1991; Hosseney, 1994), su perfil de aminoácidos esenciales presenta deficiencias de lisina (2,4 %) y treonina (1,7 %), lo que determina una calidad proteínica relativamente baja.

La soya es una excelente fuente de proteínas (35-40%) y de aminoácidos esenciales (Ihekoronye y Ngoddy, 1985). Las proteínas de soya son ricas en lisina (6,38%) (Berk, 1992) pero deficientes en

aminoácidos que contienen azufre, mientras que las proteínas de los cereales son deficientes en lisina, pero tienen cantidades adecuadas de aminoácidos azufrados (Eggum y Beame, 1983) lo que hace a la harina de soya (HS) un complemento para fortificar los alimentos a base de cereales, con sólo un ligero aumento en el costo de producción (Mashayekh *et al.*, 2008; Novotni *et al.*, 2009). Además, la soya es una rica fuente de fibra dietética, flavonoides, isoflavonas, saponinas, otros compuestos antioxidantes y la mayoría de las vitaminas B que ejercen beneficios en la prevención de osteoporosis y cáncer (Mahmoodi *et al.*, 2014).

En muchos estudios, la HS se ha utilizado como sustituto parcial de la harina de trigo para la producción de pan (Dhingra y Jood, 2001; Basman y Koxsel, 2003; Ribotta *et al.*, 2004; Sánchez *et al.*, 2004; Moore *et al.*, 2006), galletas (Shrestha y Noomhorm, 2002; Akubor y Ukwuru, 2005), y pastas (Ansari *et al.*, 2013; Doxastakis y Papageorgiou, 2007), modificando las características tecnológicas, sensoriales de los productos, pero sobre todo mejorando su calidad nutricional.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto la sustitución parcial de la harina de trigo por HS en las características tecnológicas y sensoriales de un alimento de consumo masivo en niños en edad escolar como los cupcakes, con la finalidad de desarrollar un alimento rico en proteínas y con el perfil de aminoácidos adecuado.

2. Materiales y métodos

Localización del estudio

La investigación se desarrolló en la Planta Piloto Agroindustrial (PPA) y el Laboratorio de Composición de Productos Agroindustriales de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Agroindustrial (EAPIA); y en las instalaciones del Institución Educativa Experimental de la Universidad Nacional del Santa (UNS), localizadas en el Campus Universitario de

la UNS de la ciudad de Nuevo Chimbote – Ancash.

Materia Prima e insumos

Para la preparación de las formulaciones se utilizó harina de trigo blando (*Triticum Aestivum*) comercial (10% de proteína), harina de soya (*Glycine max* (L.) Merrill), azúcar granulada (sacarosa), huevos frescos, margarina, leche fresca UHT comercial, polvo de hornear, emulsionante y antimoho. Todos los insumos fueron adquiridos en supermercados locales.

Preparación de las formulaciones de cupcakes

Los cupcakes fueron formulados de acuerdo con la Tabla 1, siguiendo la metodología de Muñoz (2010) (Figura 1). Se prepararon formulaciones con sustitución con harina de soya al 5% (F1), 10% (F2), 15% (F3) y 20% (F4) así como una muestra control con 0% (F0) de harina de soya.

Para el pesado de los insumos se utilizó una balanza, marca PRECISA modelo BJ1200C ($\pm 0,01g$). El batido se hizo con batidora de mano y pedestal, marca Oster modelo 2601. El horneado de los cupcakes (5 formulaciones, un total de 250 muestras) se hizo en horno semi-industrial, marca NOVA modelo MAX 500, a la temperatura y tiempo establecido.

Determinación de pérdida de peso

Se usó el método gravimétrico, para ello las muestras se pesaron cada dos días durante 12 días en balanza analítica PRECISA MOD-LX220A (± 0.0001) a condiciones ambientales.

Actividad de agua (a_w)

La actividad de agua (a_w) se determinó por triplicado utilizando un higrómetro marca AQUALAB DECAGÓN 3TE de punto de rocío 25°C.

Volumen específico

Se usó una modificación del método 10-05 AACC (2000), propuesta por Laínez (2006). El volumen se determinó por desplazamiento de las semillas de alpiste, colocadas en una caja de PVC de 10 cm de diámetro y 10 cm de altura (785,4 cm³).

Análisis de perfil de textura

Se determinó por medio de una adaptación del método 74-10A de la AACC (2000) con el Texturómetro Mod. Brookfield CT3 disponiendo la muestra en la base del aparato. Las propiedades de textura se determinaron en un experimento de compresión con un cilindro de 5cm de diámetro a una velocidad de 1,7 mm/s y una distancia recorrida por el cilindro de 10 mm, para una deformación del 50%.

Color instrumental

Se utilizó el colorímetro digital marca KONICA MINOLTA (CR-400T), por el método CIELAB, con mediciones en la corteza y la miga. Para esta última, la muestra se partió a la mitad y se apoyó el visor del colorímetro encima, este procedimiento se realizó por triplicado y se obtuvieron tres parámetros: L (luminosidad), a* (color entre magenta y verde) y b* (color entre amarillo y azul).

Tabla 1

Formulación base de cupcakes (F0) y proporción de sustitución en F1, F2, F3 y F4

Ingredientes	Formulaciones*				
	F0	F1	F2	F3	F4
Harina de trigo	250 g	237,5 g	225 g	212,5 g	200 g
Harina de soya	-	12,5 g	25 g	37,5 g	50 g
Azúcar	150 g	150 g	150 g	150 g	150 g
Huevos	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
Margarina	125 g	125 g	125 g	125 g	125 g
Leche	100 g	100 g	100 g	100 g	100 g
Polvo de hornear	5 g	5 g	5 g	5 g	5 g
Emulsionante	1,25 g	1,25 g	1,25 g	1,25 g	1,25 g
Antimoho	0,625 g	0,625 g	0,625 g	0,625 g	0,625 g

* Formulación para 14 cupcakes de 50 g cada uno.

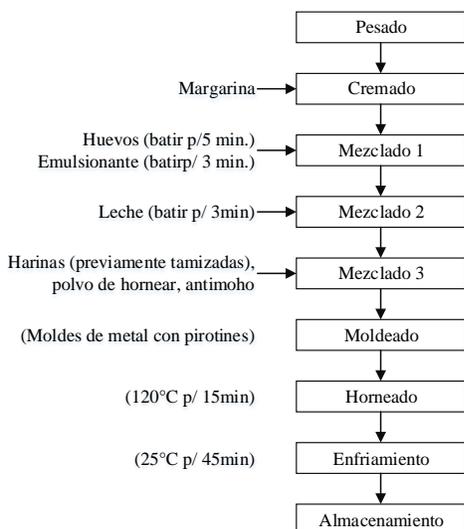


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de cupcakes (Muñoz, 2010).

Análisis sensorial

Se utilizaron 45 panelistas conformado por estudiantes del quinto grado de primaria del Institución Educativa Experimental de la UNS, 28 niños y 22 niñas entre 9 y 10 años de edad. Las muestras se ofrecieron a los panelistas en capacillos de colores (amarillo = F0; celeste = F1, verde = F2; marrón = F3; beige = F4) y un vaso con

agua. La ficha de evaluación aplicada se dividió en dos partes: en la primera, evaluaron tres características sensoriales (sabor, color y textura) utilizando una escala hedónica de 9 puntos (Tabla 2). Para facilitar su comprensión se utilizaron dibujos de caritas con estados de ánimo para cada puntaje (Figura 2; Meiselman y Schutz, 2003). En la segunda parte, se evaluó la intención de compra utilizando una escala hedónica de 5 puntos (Tabla 3) la cual permite al panelista una mejor clasificación de las 5 muestras.

Tabla 2

Escala hedónica de 9 puntos utilizada para la evaluación sensorial de color, textura y sabor en cupcakes formulados

Puntaje	Calificación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta bastante
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta, ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta bastante
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

EVALUACION SENSORIAL DE CUPCAKES

Nombres y Apellidos: _____ Edad: _____ Fecha: _____

Instrucciones: Por favor, Califica a las muestras de cupcakes de acuerdo a la siguiente escala: Coloca el puntaje en los recuadros correspondientes.

1

Me disgusta muchísimo

2

Me disgusta mucho

3

Me disgusta bastante

4

Me disgusta ligeramente

5

Ni me gusta ni me disgusta

6

Me gusta ligeramente

7

Me gusta bastante

8

Me gusta mucho

9

Me gusta muchísimo

¿Cuánto te gusto o disgusto el COLOR del cupcake?

●

●

●

●

●

¿Cuánto te gusto o disgusto el SABOR del cupcake?

●

●

●

●

●

¿Cuánto te gusto o disgusto el TEXTURA del cupcake?

●

●

●

●

●

Según la escala de abajo, Si los encontraras a la venta

1. No lo compraría
2. Posiblemente no lo compraría
3. Tal vez lo compraría
4. Posiblemente lo compraría
5. Si lo compraría

●

●

●

●

●

Figura 2. Ficha de evaluación sensorial de cupcakes utilizada en niños de edad escolar.

Tabla 3

Escala hedónica de 5 puntos utilizada para la evaluación de intensidad de compra en los cupcakes formulados

Puntaje	Calificación
5	Sí lo compraría
4	Posiblemente lo compraría
3	Tal vez lo compraría
2	Posiblemente no lo compraría
1	No lo compraría

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron tratados estadísticamente mediante la prueba de ANOVA y la prueba de Tukey para determinar las posibles diferencias significativas entre las características sensoriales de las formulaciones estudiadas utilizando el software Statgraphic Centurion (versión 2014, USA). Las diferencias se consideraron estadísticamente significativas al nivel de $p < 0,05$.

3. Resultados y discusión

Determinación de pérdida de peso

En la figura 3 se observa el control de peso de las muestras durante los 12 días de evaluación. Los porcentajes de pérdida de peso finales para F0, F1, F2, F3 y F4 fueron 0,470%; 0,431%; 0,444%; 0,389% y 0,345% respectivamente. Las formulaciones con mayor porcentaje de HS perdieron menos peso en comparación con F0. Para Cheftel (1998) es natural la pérdida del contenido de agua por evaporación en todos los alimentos durante su almacenamiento especialmente en productos de panadería y pastelería; no

obstante, un estudio realizado por Esparza *et al.* (2005) consideran que es posible desacelerar este proceso utilizando aislados de proteína de soya en la formulación, el cual ayuda a la retención de humedad y mejora la firmeza de la miga.

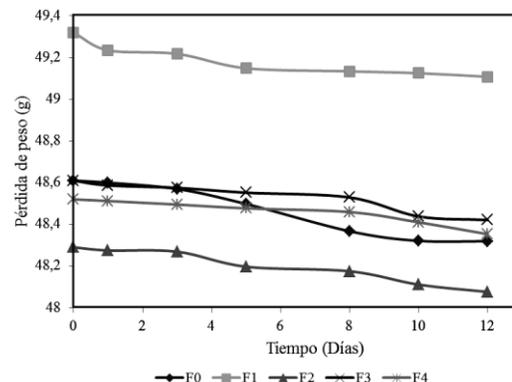


Figura 3. Evolución de la pérdida de peso de los cupcakes a diversas formulaciones (F0, F1, F2, F3 y F4) durante los 12 días de almacenamiento.

Actividad de agua (a_w)

En la Tabla 4 se muestran los valores de a_w evaluados durante los 12 días. Dado que el valor $p < 0,05$ existe diferencia estadística significativa entre la media a_w de un nivel de sustitución a otro establecido al nivel de confianza 95%.

En cuanto al contenido de humedad, se observa que los cupcakes con HS presentan mayor retención de humedad. Hecho que coincide con Yáñez *et al.* (1982), quien determinó que concentraciones de 4 – 8% de harina de soya incrementan la absorción de agua.

Tabla 4

Actividad de agua (25 °C) de las formulaciones de cupcakes medidas durante 12 días de almacenamiento

Días	a_w^*				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	0,667 ^a ±0,011	0,683 ^a ±0,012	0,679 ^a ±0,025	0,688 ^b ±0,023	0,690 ^b ±0,016
2	0,667 ^a ±0,023	0,697 ^a ±0,027	0,678 ^{ab} ±0,033	0,683 ^b ±0,037	0,690 ^b ±0,019
4	0,653 ^a ±0,011	0,71 ^a ±0,016	0,689 ^b ±0,040	0,690 ^b ±0,013	0,687 ^c ±0,020
6	0,669 ^a ±0,031	0,707 ^b ±0,020	0,685 ^a ±0,020	0,675 ^a ±0,010	0,689 ^b ±0,014
8	0,668 ^a ±0,021	0,702 ^b ±0,023	0,6901 ^{aa} ±0,044	0,671 ^a ±0,017	0,691 ^a ±0,020
10	0,663 ^a ±0,032	0,695 ^b ±0,015	0,6908 ^b ±0,023	0,669 ^a ±0,022	0,691 ^b ±0,022
12	0,659 ^a ±0,021	0,692 ^b ±0,022	0,684 ^{ab} ±0,022	0,667 ^a ±0,010	0,689 ^b ±0,014

*Media de 3 repeticiones ± SD.

Volumen específico

El volumen de la miga es una de las características más importantes en un producto de panificación. Este parámetro relaciona la percepción de un producto ligero, pero no denso, ya que existe una relación entre la densidad y el volumen de la miga (Hathorn *et al.*, 2008).

La Tabla 5 muestra los valores de volumen específico de las formulaciones en los 12 días de almacenamiento. Dado que el valor de $p < 0,05$, existe diferencia estadística significativa entre las medias de volumen específico de un nivel de sustitución de harina de trigo a otro, a un nivel de confianza del 95,0%. De acuerdo a la prueba de comparaciones múltiples de Tukey existe diferencia entre las medias del nivel de sustituciones excepto en las muestras F1 y F2. Se observa también una disminución gradual del volumen específico de las muestras durante los días de almacenamiento. Las muestras F4 presentaron una mayor pérdida de volumen específico en comparación con las de F0 y F1. Esto puede explicarse con lo citado por Mizrahi y Nerd (1996), quienes sostienen que la adición de proteína de soya a la harina de trigo, provoca un aumento en la capacidad de absorción de agua de la harina, y una disminución en el volumen específico del producto; sin embargo, con el uso del 1% de lecitina y 6% de proteína de soya, el volumen del producto no es afectado. Un estudio realizado por Mathewson y Pomeranz (1978) reportaron que una sustitución del 5 al 8% de harina de trigo por harinas oleaginosas no altera

significativamente el volumen del pan ni modifica el vigor del gluten.

Análisis del Perfil de Textura (APT)

La Tabla 6 muestra los valores obtenidos en el análisis del perfil de textura de los cupcakes. Si bien se observó que la incorporación de HS aumentó la firmeza de los mismos, ésta no tuvo diferencia significativa ($p > 0,05$) en comparación con F0. No obstante, al partir las muestras se distinguió (Figura 4) que las formulaciones con mayor concentración de HS presentaron una miga más densa en comparación con F0, demostrando que las proteínas de la harina de soya mejoran las propiedades de textura del alimento en el que son incorporadas.

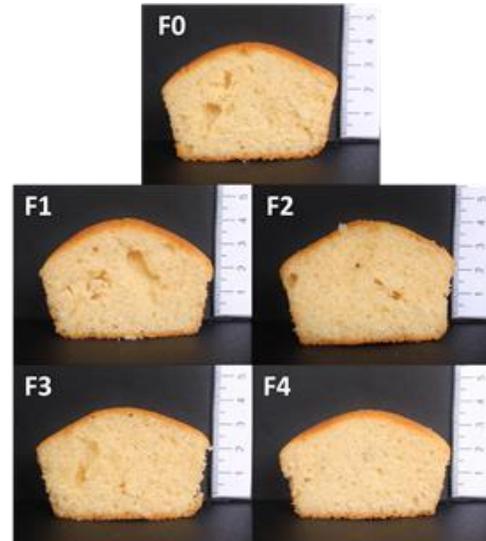


Figura 4. Tamaño y percepción de la densidad de las migas de los cupcakes formulados con sustitución parcial de harina de trigo por harina de soya.

Tabla 5

Volumen específico (cm^3/g) de las formulaciones durante su almacenamiento a condiciones ambientales

Días	Volumen específico (cm^3/g)*				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	41,753 ^a ±0,031	37,220 ^a ±0,053	36,600 ^a ±0,030	34,617 ^{ab} ±0,025	34,053 ^b ±0,023
2	41,347 ^a ±0,055	36,663 ^b ±0,044	36,067 ^b ±0,017	33,883 ^c ±0,020	33,573 ^c ±0,040
4	39,877 ^a ±0,041	35,880 ^a ±0,014	35,293 ^a ±0,032	32,870 ^b ±0,051	32,853 ^{bc} ±0,010
6	39,360 ^a ±0,002	35,753 ^a ±0,014	34,983 ^b ±0,014	32,760 ^b ±0,032	30,783 ^b ±0,013
8	37,563 ^a ±0,020	33,833 ^b ±0,017	33,783 ^b ±0,021	31,860 ^b ±0,055	29,240 ^b ±0,020
10	36,787 ^a ±0,021	32,893 ^a ±0,017	33,003 ^{ab} ±0,011	31,087 ^b ±0,022	28,020 ^b ±0,025
12	36,103 ^a ±0,020	32,100 ^{ab} ±0,031	31,697 ^b ±0,038	29,720 ^{bc} ±0,020	27,680 ^c ±0,014

*Media de 3 repeticiones ± SD.

Tabla 6

Análisis del perfil de textura de las formulaciones de cupcakes medidas durante 12 días de almacenamiento

Días	Trabajo (mJ)*				
	F0	F1	F2	F3	F4
0	108,610 ^a ± 0,402	111,640 ^a ± 0,411	123,087 ^a ± 0,233	138,623 ^a ± 0,234	105,623 ^a ± 1,610
1	112,697 ^a ± 0,040	115,623 ^a ± 0,035	127,350 ^a ± 0,233	143,337 ^a ± 0,021	109,957 ^a ± 0,021
3	116,377 ^a ± 0,080	119,873 ^a ± 0,021	133,363 ^a ± 0,238	147,853 ^a ± 0,024	112,763 ^a ± 0,020
5	121,067 ^a ± 0,140	123,063 ^a ± 0,011	136,000 ^a ± 0,235	154,570 ^a ± 0,010	117,783 ^a ± 0,032
8	124,147 ^a ± 0,231	127,763 ^a ± 0,455	138,323 ^a ± 0,238	156,953 ^a ± 0,262	116,720 ^a ± 0,013
10	126,233 ^a ± 0,120	129,713 ^a ± 0,031	143,433 ^a ± 0,232	158,513 ^a ± 0,023	118,013 ^a ± 0,334
12	126,503 ^a ± 0,101	131,607 ^a ± 0,012	146,650 ^a ± 0,232	159,827 ^a ± 0,011	118,88 ^{0a} ± 0,070

*Medio de 3 repeticiones ± SD.

Según Alvarado (2009) para obtener productos con la textura requerida, es aconsejable recurrir a la utilización de aditivos mejoradores de este parámetro, pues al sustituir parcialmente la harina de trigo por otro tipo de harina, la elasticidad y viscosidad en las masas no es la misma y pueda no resultar muy agradable para el consumidor.

Investigaciones realizadas por Güemes (2005) y Esteller *et al.* (2004) establecen que la fermentación causa variaciones en la firmeza y en otros parámetros de textura de los productos de panificación. El agua, los compuestos volátiles y el CO₂ se difunden en una solución formada por almidones y proteínas, dando como resultado celdas de gas de varios tamaños en la miga. En nuestro estudio las muestras con sustitución parcial mayor a 10% (F3 y F4) mostraron una mayor firmeza, esto podría relacionarse con el contenido de humedad de las muestras. A menor contenido de humedad el producto de panificación pierde suavidad y por lo tanto se hace más duro. También es importante considerar el alto contenido de azúcares, grasa y proteína que están presentes en el producto, pudiendo ser la presencia de HS, la cual contiene 48,40% ± 0,46 de proteína (Coello, 2011), la causa de la modificación de la firmeza del producto.

Color instrumental

El color de la corteza del cupcake es una carta de presentación al consumidor, una corteza muy pálida o en extremo oscura pueden causar el rechazo del producto. En la Figura 5 se observa que la variación en

los parámetros de color (L*, a* y b*) en la corteza de las formulaciones estudiadas presentan diferencias significativas entre formulaciones.

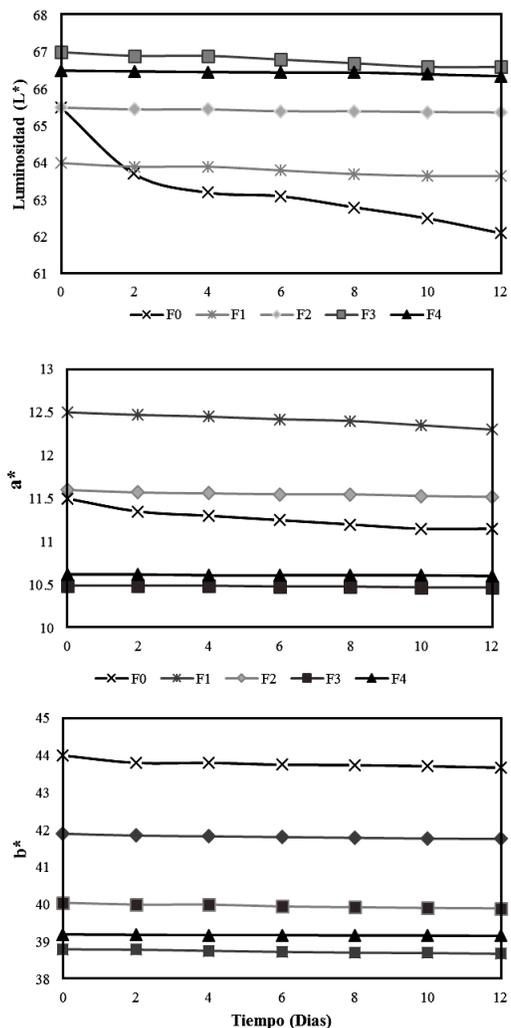


Figura 5. Valores de los parámetros de color L*, a* y b* en la corteza de las formulaciones de cupcakes con harina de soya.

Las formulaciones con mayor concentración de HS: F3 y F4, presentaron mayor luminosidad y mayor intensidad del color dorado en la corteza. Esto se debe a la Reacción de Maillard (Cauvain y Young, 1998), la cual se produce por el contacto en calor entre los azúcares y los aminoácidos (proteínas) presentes en la formulación. Algunos estudios afirman que al aumentar la concentración de proteínas en las mezclas de panificación se logra intensificar el color dorado de la corteza del pan en diferentes presentaciones (Güemes *et al.*, 2009; Visentín *et al.*, 2009; Solís, 2013), es así que en nuestras muestras este color aumentó en proporción a la concentración de HS en la formulación.

En cuanto a los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) obtenidos para la miga, éstos mostraron diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las muestras, la mayor variabilidad se presentó en la luminosidad (L^*) (Figura 6).

Los promedios difirieron ($p < 0,05$) de acuerdo con la prueba de rango múltiple de Tukey. Es así que en las muestras con mayor concentración de HS, el enrojecimiento y la amarillez aumentaron. Asimismo el brillo y los valores de matiz aumentaron con la concentración de HS. En relación a la luminosidad de la miga, la formulación F2 presentó un color más claro seguida de F0, esto puede explicarse debido a que en general los productos de panadería libres de gluten tienden a presentar un color más claro que los panes de trigo (Gallagher *et al.*, 2003).

En la medida en que se incrementan los porcentajes de sustitución de harina de trigo por HS (F3 y F4) las muestras fueron más oscuras (menor valor de L^*). Así mismo, al establecer comparaciones entre los cupcake con F1 y F4 correlacionando los porcentajes de sustitución, se evidenció que los elaborados con F3 fueron más oscuros, esto podría explicarse a que la harina de soya empleada en las formulaciones podrían haber sido sometidas a un tratamiento térmico adicional para su obtención (Padron-Pereira *et al.*,

2009). En tanto las muestras F3 y F4 presentaron similares colores.

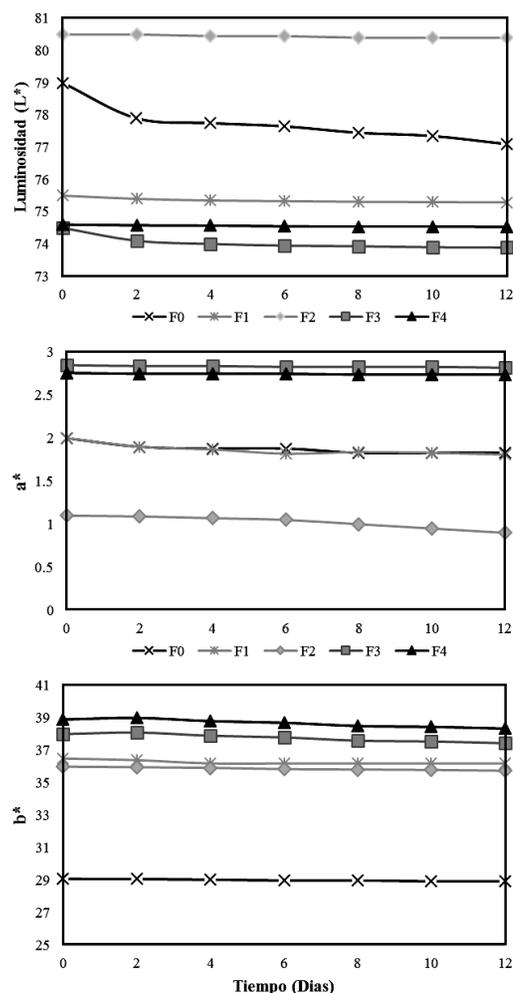


Figura 6. Valores de los parámetros de color L^* , a^* y b^* en la miga de las formulaciones de cupcakes con harina de soya.

Análisis Sensorial

En la Tabla 7 se detallan las puntuaciones medias, asignadas por los panelistas a cada formulación. En la evaluación sensorial se observó que los puntajes de las formulaciones en relación al color aumentaron en medida que aumentó la concentración de HS en los cupcakes hasta F2 que obtuvo el puntaje más alto de $8,00 \pm 0,54$, siendo significativamente superior a F0, no obstante las formulaciones con mayor concentración de HS (F3 y F4) obtuvieron las puntuaciones más bajas ($6,85 \pm 0,63$ y $5,83 \pm 0,41$ respectivamente). Estos resul-

tados indican que los niños prefieren los cupcakes con una corteza dorada, pero que esta no sea demasiado intensa u oscura; en base a ello se puede sustituir la harina de trigo por HS hasta en un 10% para mejorar su color.

Un resultado similar fue obtenido por Shfali y Sudesh (2002), quienes determinaron una mayor aceptación del color en panes enriquecidos con HS hasta en un 10%, debido a la intensidad del color marrón de la corteza y el color dorado de la miga. Julianti *et al.* (2015), también coincidieron con este resultado al reemplazar la harina de trigo por soya en la elaboración de harinas compuestas y la evaluación de sus características reológicas y sensoriales en el pan de molde.

La evaluación sensorial del sabor y textura no presentó diferencias significativas ($p > 0,05$) en el análisis de varianza respecto a las formulaciones de cupcakes. Cabe resaltar que en cuanto al sabor, se observó un incremento del puntaje directamente proporcional al porcentaje de sustitución de harina de trigo por HS hasta un 10% (F3 con un puntaje máximo de $7,88 \pm 0,76$). Shfali y Sudesh (2002) concluyeron que una sustitución de hasta el 10% (F2) de HS alcanza los puntajes más altos de aceptación, en tanto que porcentajes superiores al 15% (F3) disminuyen significativamente esta calificación.

Para Syahrizal *et al.* (2015) el sabor amargo y sensación áspera en la boca de la HS restringen su uso como ingrediente alimentario. Este sabor amargo o a frijol se produce debido a la oxidación catalizada por la lipoxigenasa de aceite de soja a compuestos volátiles, lo que al aumentar el porcentaje de HS incrementa proporcionalmente este sabor amargo en el producto

final (Shogren *et al.*, 2003). La aceptación de las propiedades de sabor de pan de trigo disminuye en los panelistas con un aumento del contenido HS (Mashayekh *et al.*, 2008).

En cuanto a la textura, la mejor puntuación la obtuvo F1 ($7,25 \pm 0,54$). Estudios afirman que HS tiene propiedades funcionales atractivas, como una alta retención de agua, la capacidad de formación de espuma, las propiedades de manipulación de masas, y un efecto de ablandamiento (Nilufer-Erdil *et al.*, 2012), así como una variedad de micronutrientes y fotoquímicos (Siddhuraju y Becker, 2007). En particular la proteína de soya se ha utilizado para imitar las propiedades viscoelásticas del gluten en la panificación y pastelería (Ribotta *et al.*, 2004).

Según el estudio realizado por Shogren *et al.* (2003), la sustitución máxima de harina de trigo por soya en productos horneados puede ser de hasta un 30%; asimismo resaltó que la sustitución completa de la harina de trigo por 100% de harina de soja es difícil de lograr en productos de panadería, debido al sabor a haba resultante y textura densa (Shin *et al.*, 2013).

Intensión de compra

En la Figura 7 se pueden observar las medias según los datos obtenidos de la evaluación de intención de compra de las formulaciones estudiadas. Claramente se aprecia que a medida que aumenta el porcentaje de sustitución, de la harina de trigo por HS, el puntaje de intención de compra decrece. Al realizar el análisis de varianza el valor p obtenido fue de 0,0276, el cual es menor a 0,05 lo que indica que existe diferencia significativa entre por lo menos una muestra.

Tabla 7

Puntuaciones promedio de las características sensoriales de color, sabor y textura* en los cupcakes con sustitución de harina de trigo por harina de soya

Característica sensorial	Puntaje*				
	F0	F1	F2	F3	F4
Color	$7,48^{a,b} \pm 0,41$	$7,68^{a,b} \pm 0,35$	$8,00^a \pm 0,54$	$6,85^b \pm 0,63$	$5,83^c \pm 0,41$
Sabor	$7,38^a \pm 0,68$	$7,58^a \pm 0,53$	$7,88^a \pm 0,76$	$7,20^a \pm 0,64$	$7,05^a \pm 0,63$
Textura	$7,22^a \pm 0,83$	$7,25^a \pm 0,54$	$7,12^a \pm 0,53$	$7,10^a \pm 0,64$	$7,00^a \pm 0,52$

* Media de 45 panelistas no entrenados \pm SD.

Al aplicar la prueba de Tukey de múltiples rangos, los datos fueron separados en dos grupos homogéneos, donde los puntajes F0, F1 y F2 no presentaron diferencia significativa entre medias, lo que indica que los panelistas están dispuestos a comprar el producto hasta con una sustitución del 10% (F2), mientras que para F3 y F4 el estudio determinó, según los puntajes obtenidos (3,78 y 3,65, respectivamente), que tal vez los estudiantes comprarían los cupcakes.

Estos resultados tendrían su fundamento en el sabor intenso a frejol de la soya en la formulación, el cual como se ha explicado en los párrafos anteriores es tan apetecible para el panelista.

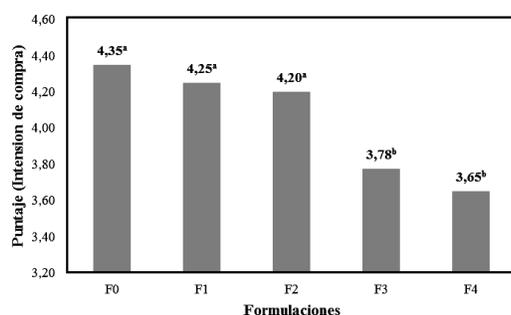


Figura 7. Puntajes medios de intención de compra obtenidos por formulación.

4. Conclusiones

De acuerdo con los resultados obtenidos se concluye que la sustitución de harina de trigo por harina de soya, si tiene un efecto significativo en las características tecnológicas de los cupcakes, ya que mejora la retención de agua y disminuye la pérdida de peso; asimismo la sustitución de hasta un 10% de harina de trigo por harina de soya mejora la firmeza de los cupcakes, ya que ésta se ve afectada por la presencia de proteínas las cuales se desnaturalizan al momento del horneado.

El volumen específico es afectado significativamente con la sustitución de harina de soya por harina de trigo, pues disminuye proporcionalmente al aumentar la concentración de harina de soya por no contener gluten.

El color tanto de la corteza como de la miga de los cupcakes presenta diferencias entre formulaciones, pues éste aumenta significativamente su luminosidad e intensidad a medida que aumenta la sustitución de harina de trigo por harina de soya.

Los resultados del análisis sensorial de los cupcakes, demuestran que la sustitución parcial de harina de trigo por HS, si tiene un efecto significativo en las características sensoriales de color de corteza aumentando su aceptabilidad con una sustitución de hasta el 10% con harina de soya. Por otro lado, la aceptabilidad de textura y sabor por parte de los niños en edad escolar evidencia que no existe diferencia significativa entre las formulaciones y la muestra control. De acuerdo con los puntajes de intención de compra, los niños comprarían el producto con hasta un 10% de sustitución de harina de trigo por soya.

Los resultados demuestran que es viable la sustitución de hasta un 10% de la harina de trigo por harina de soya. Por lo tanto, según este estudio la formulación óptima para la elaboración de cupcakes fue F2 la cual estuvo conformada por 90% de harina de trigo y 10% de harina de soya, ya que les otorga una textura firme, agradable y de buena aceptación por los niños en edad escolar.

Agradecimientos

Al Ing. Pedro David Ayala Cruz por el apoyo brindado en el uso de los equipos del área de panificación de la Planta Piloto Agroindustrial de la UNS y a la Institución Educativa Experimental de la UNS por las facilidades brindadas para la aplicación de la prueba de Análisis Sensorial a los estudiantes del quinto grado de Primaria.

Referencias bibliográficas

- AACC. American Association of Cereal Chemist. 2000. Approved Methods of the AACC. Décima Edición. The American Association of Cereal Chemists. St. Paul, MN.EE.UU.
- Akubor, P.; Ukwuru, M. 2005. Functional properties and biscuit making potential of soybean and cassava flour blends. *Plant Foods for Human Nutrition* 58: 1–12.
- Alvarado, L. 2009. Obtención de la harina de yuca para el desarrollo de productos dulces destinados para la

- alimentación de celíacos. Tesis de Grado. Escuela Politécnica superior del litoral. Facultad de ingeniería mecánica y producción. Guayaquil-Ecuador.
- Ansari, A.; Kalbasi-Ashtari, A.; Gerami, A. 2013. Effects of defatted soy flour, xanthan gum, and processing temperature on quality criteria of spaghetti. *Journal of Agricultural Science and Technology* 15: 265–278.
- Basman, A.; Koksel, H. 2003. Utilization of transglutaminase use to increase the level of barley and soy flour incorporation in wheat flour breads. *Journal of Food Science* 68: 2453–2460.
- Berk, Z. 1992. Technology of production of edible flours and protein products from soybean. *FAO agricultural services bulletin*, Vol. 92.
- Cauvain, S.; Young, L. 1998. *Fabricación del pan*. Editorial Acribia. Zaragoza-España. Vol. 60, 330-375p.
- Cheftel, J. 1998. *Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los alimentos*. Vol. I. Edit. Acribia. Zaragoza - España.
- Coello, K. 2011. *Alternativas de aprovechamiento de subproductos de soya y maíz de la agroindustria ecuatoriana para el desarrollo de productos dirigidos a la alimentación social*. Tesis de grado. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil – Ecuador.
- Dhingra, S.; Jood, S. 2001. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Journal of Food Chemistry* 77: 479–488.
- Doxastakis, G.; Papageorgiou, M. 2007. Technological properties and nonenzymatic browning of white lupin protein enriched spaghetti. *Journal of Food Chemistry* 101: 57–64.
- Eggum, B.; Beame, R. 1983. The Nutritive Value of Seed Proteins. In: Gottschalk, W., Muller, H.P. (Eds.), *Seed Protein Biochemistry, Genetics and Nutritive Value*. Martinus Nijhoff/DR W.Kunk Publishers, London.
- España, J.; Meza, F.; Meza, M.; Meza, J. 2005. Efecto de la adición de proteína de soya en la textura de un pan blanco. *Agrofaz* 5(1): 775-782.
- Esteller, M.; Amaral, R.; Lannes, S. 2004. Effect of sugar and fat replacers on the texture of baked goods. *Journal of Texture Studies* 35(4): 383-393.
- FAO. 1995. *El sorgo y el mijo: en la nutrición humana*. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/t0818s/T0818S00.htm#Contents>
- FAO. 2013. *Dietary protein quality evaluation in human nutrition*. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
- Gallagher E.; Kunkel A.; Gormley T.; Arent, E. 2003. The effect of dairy and rice powder addition on loaf and crumb characteristics, and shelf life (intermediate and long-term) of gluten-free stored in a modified atmosphere. *European Food Research and Technology* 218: 44-48.
- Güemes, N. 2005. Análisis de perfil de textura en masas y panes dulces de harina de trigo fortificadas con lacto suero. En: Congreso Nacional de Ciencia de los Alimentos y Foro de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Guanajuato. Disponible en: www.uanl.mx/publicaciones/respsyn/especiales/2005/e-e-13-2005/documentos/cna21.pdf
- Güemes, N.; Totousaus, A.; Hernandez, J.; Soto, S.; Aquino, E. 2009. Propiedades de textura de masa y pan dulce tipo "concha" fortificados con proteínas de suero de leche. *Journal of Food Science and Technology* 29(1): 70-75.
- Hathorn, C.; Biswas, M.; Gichuhi, P.; Bovell-Benjamin, A. 2008. Comparison of chemical, physical, micro-structural, and microbial properties of breads supplemented with sweetpotato flour and high-gluten dough enhancers. *LWT Journal of Food Science and Technology* 41: 803-815.
- Hossey, C. 1994. *Principles of Cereal Science and Technology*. Ed. American Association of Cereal Chemists. Minnesota, USA. 512-533.
- Ihekonye, A.; Ngoddy, P. 1985. *Integrated Food Science and Technology for the Tropics*. Macmillan Publs, Ltd.
- Isoldi, K.; Dalton, S.; Rodriguez, D.; Nestle, M. 2012. Classroom "Cupcake" Celebrations: Observations of Foods Offered and Consumed. *Journal of Nutrition Education and Behavior* 44: 71-75.
- Julianti, E.; Rusmarilin, H.; Yusraini, E. 2015. Functional and rheological properties of composite flour from sweet potato, maize, soybean and xanthan gum. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. doi: 10.1016/j.jssas.2015.05.005
- Laínez, E. 2006. *Estudio de la estabilidad del pan parcialmente horneado conservado en refrigeración*. Tesis de Licenciatura. Universidad de las Américas, Puebla. México.
- Mahmoodi, M.; Mashayekh, M.; Entezari, M. 2014. Fortification of wheat bread with 37% defatted soy flour improves formulation, organoleptic characteristics, and rat growth rate. *International Journal of Preventive Medicine* 5: 37-45.
- Marfil, R. 1991. *Una herramienta para el mejoramiento de la calidad*. Tecnología de Alimentos. 25:5. México.
- Mashayekh, M.; Mahmoodi, M.; Entezari, M. 2008. Effect of fortification of defatted soy flour on sensory and rheological properties of wheat bread. *Journal of Food Science and Technology* 43: 1693-1698.
- Mathewson, P.; Pomeranz, Y. 1978. On the relationship between alpha-amylase and falling number in wheat. *Journal of Food Science* 43: 652-653.
- Meiselman, H.; Schutz, H. 2003. History of food acceptance research in the US. *Appetite* 40: 199–216.
- Mizrahi, Y.; Nerd, A. 1996. New Crops as a Possible Solution for the Troubled Israeli Export Market. In: J. Janick (ed.), *Progress in New Crops*. P.37-45.
- Moore, M.; Heinbockel, M.; Dockery, P.; Ulmer, H.; Arendt, E. 2006. Network formation in gluten-free bread with application of transglutaminase. *Cereal Chemistry Journal* 83: 28–36.
- Muñoz, L. 2010. *Panadería Artesanal: panes, galletitas facturas, budines*. 1º ed. Buenos Aires. Editorial Albatros SACI. p. 74-75.
- Nilufer-Erdil, D.; Serventi, L.; Boyacioglu, D.; Vodovotz, Y. 2012. Effect of soy milk powder addition on staling of soy bread. *Food Chemistry* 131: 1132–1139.
- Novotni, D.; Curic, D.; Gabric, D.; Cukelj, N.; Curko, N. 2009. Production of high protein bread using extruded corn and soybean flour blend. *Italian Journal of Food Science* 21(2): 123-134.
- Padron-Pereira, C.; Moreno-Alvarez, M.; Medina-Martinez, C.; Garcia-Pantaleon, D. 2009. Obtention of enzymatically hydrolyzed product from cactus (*Opuntia boldinghii Britton and Rose*) cladodes whole flour. *Pakistan Journal of Nutrition* 8(4): 459-468.
- Robinson, S. 1991. *Bioquímica y Valor Nutricio de los Alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza España, 128-136.
- Ribotta, P.; Ausar, S.; Morcillo, M.; Pérez, G.; Beltramo, D.; León, A. 2004. Production of gluten-free bread using soybean flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84: 1969–1974.
- Sánchez, H.; Osella, C.; Torre, M. 2004. Use of response surface methodology to optimize gluten-free bread fortified with soy flour and dry milk. *Food Science and Technology International* 10: 5–9.

- Shfali, D.; Sudesh, J. 2002. Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. *Food Chemistry* 77: 479–488.
- Shin, D.; Kim, W.; Kim, Yc. 2013. Physicochemical and sensory properties of soy bread made with germinated, steamed, and roasted soy flour. *Food Chemistry* 141: 517–523.
- Shogren, R.; Mohamed, A.; Carriere, C. 2003. Sensory analysis of whole wheat/soy flour breads. *Journal of Food Science* 68(6): 2141-2145.
- Shrestha, A.; Nookhorm, A. 2002. Comparison of physicochemical properties of biscuits supplemented with soy and kinema flours. *International Journal of Food Science & Technology* 37: 361–368.
- Siddhuraju, P.; Becker, K. 2007. The antioxidant and free radical scavenging activities of processed cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) seed extracts. *Food Chemistry* 101: 10–19.
- Solís, K. 2013. Efecto del uso de lactosuero dulce en el rendimiento y en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de pan blanco. Tesis de grado. Escuela de Agroindustria alimentaria, Universidad Zamorano, Honduras.
- Syahrizal, M.; Kim, M.; Lee, D. 2015. Tailoring physicochemical and sensorial properties of defatted soybean flour using jet-milling technology. *Food Chemistry* 187: 106–111.
- Visentín, A; Drago, S; Osella, C; De la Torre, M; Sánchez, H; González, R. 2009. Efecto de la adición de harina de soja y concentrado proteico de suero de queso sobre la calidad del pan y la dializabilidad de minerales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 59(3) 325-331.
- Yáñez, E.; Ballester, D.; Aguayo, M.; Wulf., H. 1982. Enriquecimiento de pan con harina de soya. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 32(2): 417-428.