

Efecto de la incorporación de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en un masmelo depositado.

Effect of the incorporation of polyols, fructooligosaccharides and antihypertensive peptides in a deposited masmelo.

Mike Sánchez¹ 

Juan Gómez² 

Carlos Giraldo³ 

¹Centro Agropecuario de Buga [✉msanchezo@sena.edu.co](mailto:msanchezo@sena.edu.co)

²Universidad del Valle [✉juan.gomez.d@correounivalle.edu.co](mailto:juan.gomez.d@correounivalle.edu.co)

³Pontificia Universidad Javeriana de Cali [✉cajugicu@gmail.com](mailto:cajugicu@gmail.com)

Recibido: 10/02/2022 Aceptado: 11/02/2022

Resumen Los masmelos tradicionales se elaboran con sacarosa y jarabe de glucosa, una opción para elaborar masmelos libres de sacarosa, saludables y con componentes funcionales, es el uso de polialcoholes, fructooligosacáridos (FOS) y péptidos antihipertensivos. El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la inclusión de Nutraflora® (FOS), maltitol (M), jarabe de sorbitol (JS) y péptidos antihipertensivos en un masmelo, sobre el módulo elástico (ME) de los prototipos elaborados. Para esto, se planteó un arreglo factorial (AF) 3×2^2 sobre el ME de los prototipos, también, un diseño completamente al azar (DCA) para comparar un masmelo control y uno de mezclas de vértices extremos (DMVE) para optimizar la formulación. Finalmente, se determinó el perfil de textura (TPA) del masmelo desarrollado. Las proporciones de polialcoholes en el AF y el DCA causaron efecto sobre el ME ($p < 0.05$). El DMVE determinó las proporciones correspondientes de 8.45% de FOS; 46.55% de M y 25% de JS. El modelo de regresión obtuvo un $r^2 = 93.60$, r^2 (ajustado) = 90.40 y un r^2 (predicción) = 80.03.

Palabras clave: Polialcoholes, fructooligosacáridos, péptidos, maltitol, sorbitol, sucralosa.

Abstract Traditional marshmallows are made with sucrose and glucose syrup; an option for making healthy, sucrose-free marshmallows with functional components is the use of polyols, fructooligosaccharides (FOS) and antihypertensive peptides. The objective of this research was to evaluate the effect of the inclusion of Nutraflora® (FOS), maltitol (M), sorbitol syrup (JS) and antihypertensive peptides in a marshmallow on the elastic modulus (EM) of the prototypes produced. A 3×2^2 factorial arrangement (FA) was proposed to evaluate the effects of the proportions of polyols - FOS, gelatin and antihypertensive peptides on the EM of the prototypes, followed by a completely randomized design (CRD) to compare a control marshmallow and an extreme vertex mixture design (EVMD) to optimize the formulation. Finally, the texture profile (TPA) of the developed marshmallow was determined. The proportions of polyols in the FA and DCA caused effect on the ME ($p < 0.05$). The DMVE determined the corresponding proportions of 8.45% FOS; 46.55% M and 25% JS. The regression model obtained an $r^2 = 93.60$, r^2 (adjusted) = 90.40 and r^2 (predicted) = 80.03.

Keywords: Polyalcohols, fructooligosaccharides, peptides, maltitol, sorbitol, sucralose.

Introducción

Los masmelos se definen como espumas estables, de textura esponjosa, con adición o no de espesante o gelificante de origen vegetal o animal, con la posibilidad de ir relleno o recubierto de componentes permitidos por la legislación sanitaria vigente de cada país o por el Codex Alimentarius (ICONTEC, 2008). Un masmelo incluye niveles de sacarosa y glucosa comprendidos entre el 30% y 40% (Hartel *et al.*, 2018), su sabor dulce, texturas y diversidad de colores son atractivos para niños y adultos; comer dulce en cantidades moderadas es agradable. Sin embargo, no son productos básicos en una canasta familiar y su consumo desproporcionado se relaciona con aumento en el índice glucémico, caries y obesidad (Periche *et al.*, 2015). Colombia tiene una producción confitera a base de sacarosa de 615,3 billones de pesos para el año 2022 y se proyecta para el año 2026 una producción de 700 billones de pesos, esto indica, un consumo creciente de sacarosa en la población colombiana (Passport Euromonitor International, 2022).

Por otra parte, el consumo de bebidas azucaradas se asocia con niveles altos de presión arterial incrementando la incidencia de hipertensión, sugiriendo restricciones de consumo de este tipo de productos (Malik *et al.*, 2014). En adolescentes americanos se asoció el consumo de bebidas azucaradas a niveles de presión arterial sistólica elevada (Nguyen *et al.*, 2009), el 19% de niños de 11 a 17 años que asistían a escuelas en Houston padecían de presión arterial elevada, el 15.7% tenían pre hipertensión y el 3.2% hipertensión; la presión arterial elevada fue más común en niños con sobrepeso (Ingelfinger, 2014). Comparaciones realizadas en varios países mostraron niveles de presión arterial elevada en niños y adolescentes, 17.3% en Brasil, 13.8% en Estados Unidos y un 12,3% a 15.1% en Grecia.

La disponibilidad de datos sugiere, que si la presión arterial elevada se define como la presión por encima de 120/80 mm Hg, entonces hasta el 15% de niños y adolescentes en los Estados Unidos de América tendrían esa condición (Feber y Ahmed, 2010). En el año 2004, setenta y dos millones de adultos en Estados Unidos (35%) tenían hipertensión, definida como presión arterial sistólica 140 mm Hg y/o diastólica 90 mm Hg y otros cincuenta y nueve millones (29%) tenían pre hipertensión definida entre 120 a 140 mm Hg (presión sistólica) o 80 a 90 mm Hg (presión diastólica).

La presión arterial elevada es un factor de riesgo para los accidentes cerebrovasculares, enfermedades cardiovasculares, enfermedad renal, mortalidad por todas las causas anteriores y corta esperanza de vida (Chen *et al.*, 2013). Resultados de la encuesta Nacional en Salud del año 2007, evidencian que en Colombia el 22,8% de la población entre 18 y 69 años de edad es hipertensa, incrementándose a 58.9% en personas arriba de los 60 años (Ministerio de la Protección Social *et al.*, 2015). Por lo anterior, el consumo elevado de azúcar es un factor de riesgo asociado a la hipertensión arterial.

Se han caracterizado gran variedad de compuestos antihipertensivos de diversas fuentes alimentarias como frutas, verduras, granos, frutos secos, semillas, legumbres, derivados lácteos, carnes y aves de corral. La mayoría de éstos inhiben, *in vitro* a la enzima de conversión de angiotensina (ACE) y evitan la generación de angiotensina II, compuesto vasoconstrictor que aumenta la tensión arterial. Los principales compuestos que tienen este efecto inhibitorio, son flavonoides, flavonoles, catequinas, antocianinas, polifenoles, taninos y ácidos fenólicos de origen vegetal. Además, algunos polisacáridos, saponinas, esteroides y pigmentos (Shobako, 2021).

Péptidos inhibidores de ACE, resultado de la hidrólisis de sedimentos de arroz con contenido proteico, causaron un efecto antihipertensivo significativo en ratas (Guan-Hong *et al.*, 2007). Por otro lado, las proteínas de cereales como el trigo, centeno, cebada y avena poseen secuencias de aminoácidos homólogas a las de péptidos inhibidores ACE. Estos cereales, también contienen ácido gamma-amino butírico (GABA), no proteico, con actividad antihipertensiva demostrada en ratas y seres humanos hipertensos (Ramos-Ruiz *et al.*, 2018).

La leche es una fuente de los componentes bioactivos que previenen trastornos cardiovasculares, trastornos metabólicos, promueven salud intestinal y poseen propiedades quimiopreventivas (Hsieh *et al.*, 2015). Una serie de estudios epidemiológicos, sugieren que, la ingesta de leche y derivados lácteos se relacionan con riesgos menores de hipertensión arterial (Engberink *et al.*, 2009). Las proteínas y sus hidrolizados proteicos han presentado efecto antihipertensivo, inhibiendo la ACE reguladora de la presión arterial. En los últimos 20 años, se han evaluado los efectos antihipertensivos de algunos péptidos, las secuencias peptídicas, dosis, y reducción de la presión sistólica en ratas, así como en humanos hipertensos (Anderson y Moore, 2004). Otra fuente de péptidos antihipertensivos es el huevo, la ovoquinina, proteína de la ovoalbúmina hidrolizada por la pepsina, ha demostrado efecto vasodilatador (Martínez-Maqueda *et al.*, 2012).

Se consideraron los efectos de los péptidos antihipertensivos y el factor de riesgo que representan los azúcares sobre el incremento de la tensión arterial, se sustituyó la sacarosa y jarabe de glucosa en la formulación de masmelos, por maltitol (M),

jarabe de sorbitol (JS) y fructooligosacáridos (FOS) y para ajustar los niveles de dulzor se incluyó sucralosa, además, péptidos antihipertensivos de origen lácteo (LOWPEPT®). Finalmente, se evaluó el efecto que causa la inclusión de polialcoholes, FOS y péptidos antihipertensivos en la formulación de masmelos depositados.

Materiales y métodos

Materiales

Los masmelos prototipo desarrollados están compuestos de: fructooligosacáridos (FOS–Ingredion), maltitol (Ingredion), jarabe de sorbitol (Ingredion), gelatina 270 Bloom (Cimpa Colombia), citrato de sodio (Cimpa), sabor vainilla (Silesia), péptidos antihipertensivos de origen lácteo (LOWPEPT®, Innaves Biotech).

Los prototipos se desarrollaron en la planta piloto de confitería del Centro Agropecuario de Buga, SENA Regional Valle del Cauca – Colombia. Las propiedades mecánicas, se determinaron en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle – Colombia.

Metodología Experimental

Desarrollo de un masmelo prototipo con incorporación de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación. Se constituye de prototipos preliminares que incluyeron proporciones fijas de agua, citrato de sodio, saborizante de vainilla, 3 niveles de edulcorantes; fructooligosacáridos (FOS), maltitol (M) y jarabe de sorbitol (JS), en las siguientes proporciones porcentuales: FOS–M–JS (15–30–35) % w/w; FOS–M–JS (10–40–30) % w/w y FOS–M–JS (5–50–25) % w/w; dos niveles de gelatina tipo B de 270 Bloom al 3.5 y 4% w/w y dos niveles de péptidos al 1.5 y 3 % w/w. Se incluyó sucralosa en los prototipos para ajustar el dulzor debido al bajo aporte de los polioles.

Para la elaboración de marmelos, se relacionó una etapa de solubilización de fructoligosacáridos, maltitol, jarabe de sorbitol y sucralosa a 110°C en agua. En paralelo, se hidrató gelatina más péptidos en agua, en relación 1:2, a 70°C. Una vez que la temperatura de la solución de polioles alcanzó 80°C, se incluyó la gelatina hidratada junto con los péptidos, se enfrió el

sistema a 70°C y se procedió a la incorporación de aire hasta alcanzar una densidad de 0.35 a 0.4g/mL, para luego, depositar la masa de marmelo con la ayuda de embudos sobre moldes de almidón seco, con un contenido de humedad del 6%w/w, la Figura 1, ilustra las etapas de proceso.

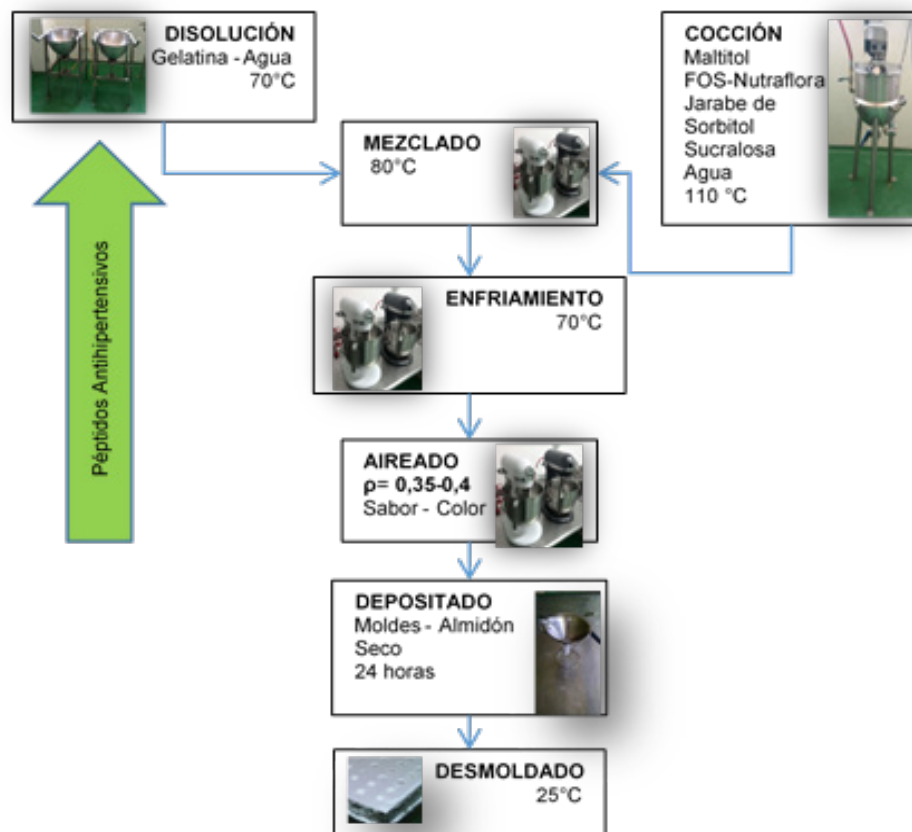


Figura 1

Diagrama de bloques para la elaboración de marmelos prototipos.

Se corrió un diseño experimental factorial mixto 3×2^2 , con tres réplicas (Tabla 1), para evaluar los efectos de las proporciones de edulcorantes, gelatina y péptidos, sobre el módulo de elasticidad (ME) de los marmelos prototipos desarrollados. Esta propiedad mecánica se determinó mediante ensayos de compresión uniaxial, en un texturómetro EZ Test Shimadzu, con un accesorio émbolo de 50 mm de diámetro, velocidad de desplazamiento

de 20 mm/min y una deformación del 50%. Los marmelos tienen una altura de $20\text{mm} \pm 1.05\text{ mm}$ y un radio de $12.5\text{mm} \pm 0.5\text{mm}$.

El ME se obtiene de la pendiente de la zona lineal antes del límite de fluencia de la curva esfuerzo verdadero $\sigma(T)$ Vs deformación de Hencky $^eHF(t)$, a continuación se define cada variable, en la Ecuación 1:

$$\sigma(T) = \frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t)}{\pi l_0^2} \times (1_0 - d(t)) \epsilon_{HF}(t) = Ln \left[\frac{l_0}{(l_0 - d(t))} \right]$$

Donde:

$\sigma(T)$: esfuerzo de fractura (esfuerzo verdadero) (Pa)

F: fuerza de compresión (N)

A: área de contacto transversal (m²)

ϵ_{HF} : deformación de Hencky

l_0 : longitud inicial (m)

$d(t)$: $l_0 - l$, distancia de la muestra en tiempo t de la compresión (m)

Tabla 1

Diseño experimental factorial mixto 3x2²

Proporción de polioles en la formulación inicial (%)	Proporción de Gelatina (%)	Péptidos (%)	Variables respuesta
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	1.5	ME
FOS-M-JS (10-40-30)	4	3	
FOS-M-JS (5-50-25)			

Nota. Elaboracion propia.

Una vez evaluado los efectos de los componentes sobre el módulo de elasticidad (ME), se evaluó el efecto de las formulaciones desarrolladas y

Tabla 2

DCA para las formulaciones con inclusión de polialcoholes y masmelo control

Formulaciones	Módulo de elasticidad
FOS-M-JS (15-30-35)	ME
FOS-M-JS (10-40-30)	ME
FOS-M-JS (5-50-25)	ME
Masmelo control	ME

Nota. Elaboracion propia.

Seguidamente, se indentificó el prototipo con el módulo de elasticidad (ME) cercano al masmelo testigo (comercial) y se optimizó con un diseño de mezclas con vértices extremos (Tabla 3).

Estimación de las propiedades reológicas y texturales del masmelo prototipo desarrollado.

Se utilizó un texturómetro Shimadzu ETZ, cuyas condiciones operativas y accesorios necesarios se seleccionaron en pruebas preliminares para

Entonces ME, definida como la pendiente, tiene las siguientes unidades expresadas en la Ecuación 2:

$$ME = \Delta \sigma(t) / \Delta \epsilon_{HF}$$

Donde:

$$ME = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{m}{m}} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

el masmelo testigo (control) sobre el mismo módulo, mediante un diseño completamente al azar (DCA), (Tabla 2).

determinar el módulo de elasticidad (ME) y perfil de textura (TPA). Los parámetros correspondientes al análisis de perfil de textura se corrieron con un accesorio émbolo de 50 mm de diámetro, a una velocidad de 50 mm/min y una deformación del 50%. Los masmelos tienen una altura de 20 mm ± 1.05 mm y un radio de 12.5mm ± 0.5mm. Se estimó la dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad y se realizaron diez

(10) réplicas para los ensayos de compresión uniaxial y perfil de textura.

Por último, se evaluó sensorialmente mediante una prueba hedónica de cinco puntos; el masmelo testigo, dos marcas comerciales y el masmelo control; en la que participaron cien jueces con entrenamiento básico en evaluación sensorial (aprendices de la tecnología en control de calidad de alimentos del Centro Agropecuario de Buga y Centro Agropecuario de Popayán), con edades entre 17 y 56 años.

Tabla 3

Diseño de mezclas con vértices extremos para masmelos con inclusión de fructooligosacáridos y polialcoholes

Componentes	3	Puntos del diseño	16
VARIABLES DE PROCESO	0	Grado del diseño	2
Total de la mezcla	0.8		

Límites de los componentes de la mezcla (en unidades de cantidad)

Componente	Inferior	Superior
FOS	0.05	0.15
M	0.30	0.50
JS	0.25	0.35

Nota. Elaboración propia.

Resultados y discusión

Desarrollo de un masmelo depositado prototipo que incorpora polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación.

Las proporciones de polialcoholes en el arreglo factorial causaron efecto estadístico significativo ($p < 0.05$) sobre los ME de los prototipos desarrollados en los que los niveles de gelatina y péptido no causaron efecto sobre el ME, las interacciones dobles de los factores no presentaron diferencia estadística.

En la Figura 2, se observan los efectos principales de los factores evaluados, la proporción de polialcoholes es el único factor principal que presenta diferencia estadística, la literatura no reporta experimentaciones similares para realizar comparaciones y discusiones que evalúen la inclusión de polioles en masmelos libres de sacarosa.

En la tabla 4 se registra el ANOVA para el arreglo factorial 3×2^2

La Figura 3, relaciona los intervalos para las medias de los ME de los prototipos desarrollados y el masmelo control. El factor proporción de polialcoholes en el DCA, causó efecto estadístico significativo sobre el ME ($p < 0.05$), por el contrario, la prueba de Tukey demostró que las proporciones de polialcoholes FOS-M-JS (15-30-35) y FOS-M-JS (5-50-25) no presentaron diferencia estadística significativa con el masmelo control y la de polialcoholes FOS-M-JS (10-40-30) presentó diferencia estadística significativa con el masmelo control ME ($p < 0.05$).

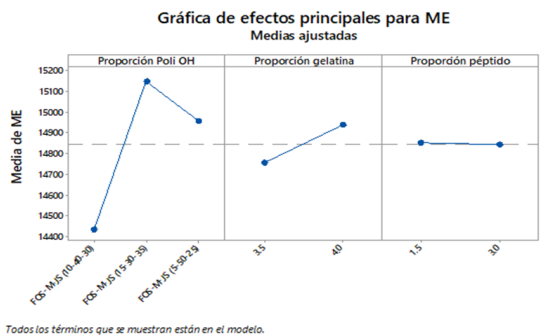


Figura 2

Efectos principales de los factores evaluados sobre ME de los prototipos desarrollados.

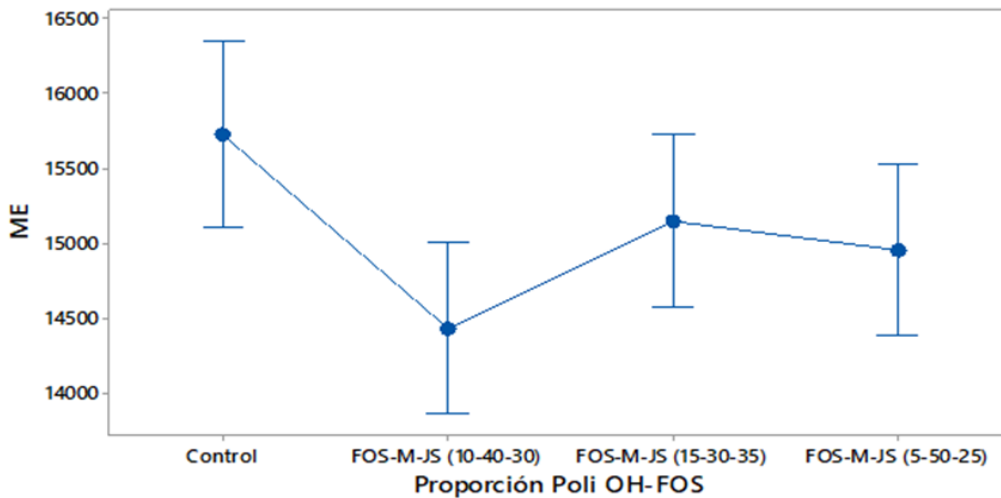
Tabla 4

ANOVA arreglo factorial 3x2²

Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Valor	P-Valor
Modelo	11	5224405	474946	1,25	0,308
Lineal	4	3570962	892741	2,36	0,082
Proporción Poli OH	2	3276414	1638207	4,32	0,025
Proporción gelatina	1	293764	293764	0,78	0,387
Proporción péptido	1	784	784	0,00	0,964
2-Vías Interacciones	5	1046064	209213	0,55	0,735
Proporción Poli OH*Proporción gelatina	2	340755	170378	0,45	0,643
Proporción Poli OH*Proporción péptido	2	342904	171452	0,45	0,641
Proporción gelatina*Proporción péptido	1	362404	362404	0,96	0,338
3-Vías Interacciones	2	607378	303689	0,80	0,460
Proporción Poli OH*Proporción gelatina*Proporción péptido	2	607378	303689	0,80	0,460
Error	24	9094303	378929		
Total	35	14318708			

Nota. Elaboración propia.

Gráfica de intervalos de ME vs. Proporción Poli OH-FOS
95% IC para la media



La desviación estándar agrupada se utilizó para calcular los intervalos.

Figura 3

Intervalos de medias de los ME de los prototipos de los prototipos desarrollados, proporción de polialcoholes y masmelo control.

La Tabla 5 y 6 registran el ANOVA y el test de Tukey respectivamente para el DCA.

Identificados los tratamientos con los ME cercanos al masmelo control, se optimizó la formulación mediante un diseño de mezclas con vértices extremos.

El diseño de mezclas determinó las proporciones de polialcoholes, para alcanzar el ME del masmelo control (15.7 Kpa),

equivalente a 8.45% de FOS; 46.55% de M y 25% de JS; el modelo de regresión obtuvo un $r^2 = 93.60$, r^2 (ajustado) = 90.4. Las Figuras 4 y 5 relacionan el gráfico de contorno y la superficie de respuesta respectivamente y en la Tabla 7, se registra el ANOVA para el diseño de mezclas de los prototipos desarrollados.

La optimización de las proporciones de polialcoholes en la formulación del masmelo desarrollado para alcanzar el ME del masmelo control (15.7 Kpa), se detalla en la Figura 6.

Tabla 5

ANOVA para DCA

Analysis of Variance					
Fuente	DF	Adj SS	Adj MS	F-Valor	P-Valor
Proporción Poli OH	3	9329592	3109864	3,25	0,031
Error	42	40245401	958224		
Total	45	49574993			

Nota. Elaboración propia.

Tabla 6

Test de Tukey para el DCA

Grouping Information Using the Tukey Method and 95% Confidence			
Proporción Poli OH	N	Mean	Grouping
Control	10	15724,8	A
FOS-M-JS (15-30-35)	12	15147,7	A B
FOS-M-JS (5-50-25)	12	14954,8	A B
FOS-M-JS (10-40-30)	12	14433,5	B

Means that do not share a letter are significantly different.

Nota. Elaboración propia.

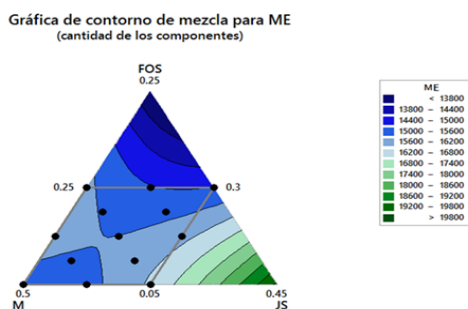


Figura 4

Gráfico de contorno y distribución de vértices extremos

Gráfica de superficie de mezcla de ME (cantidad de los componentes)

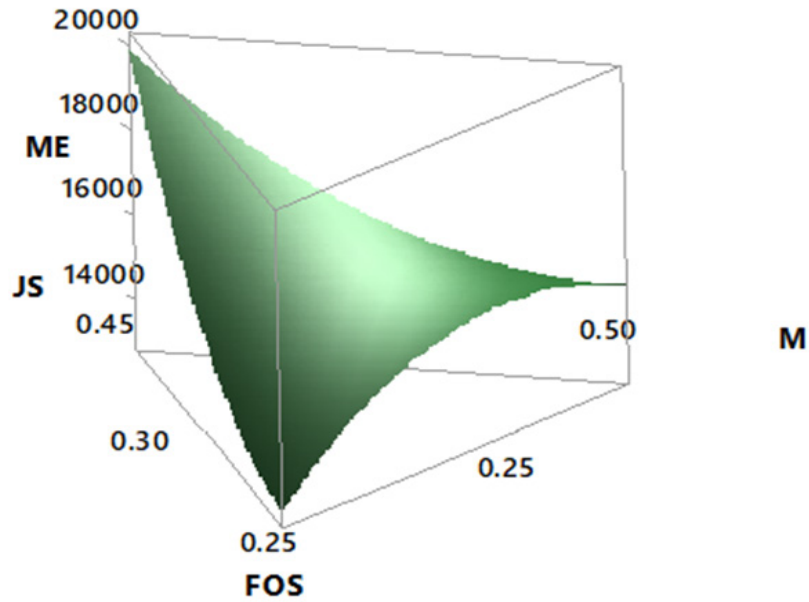


Figura 5

Superficie de respuesta, diseño de mezclas con vértices extremos

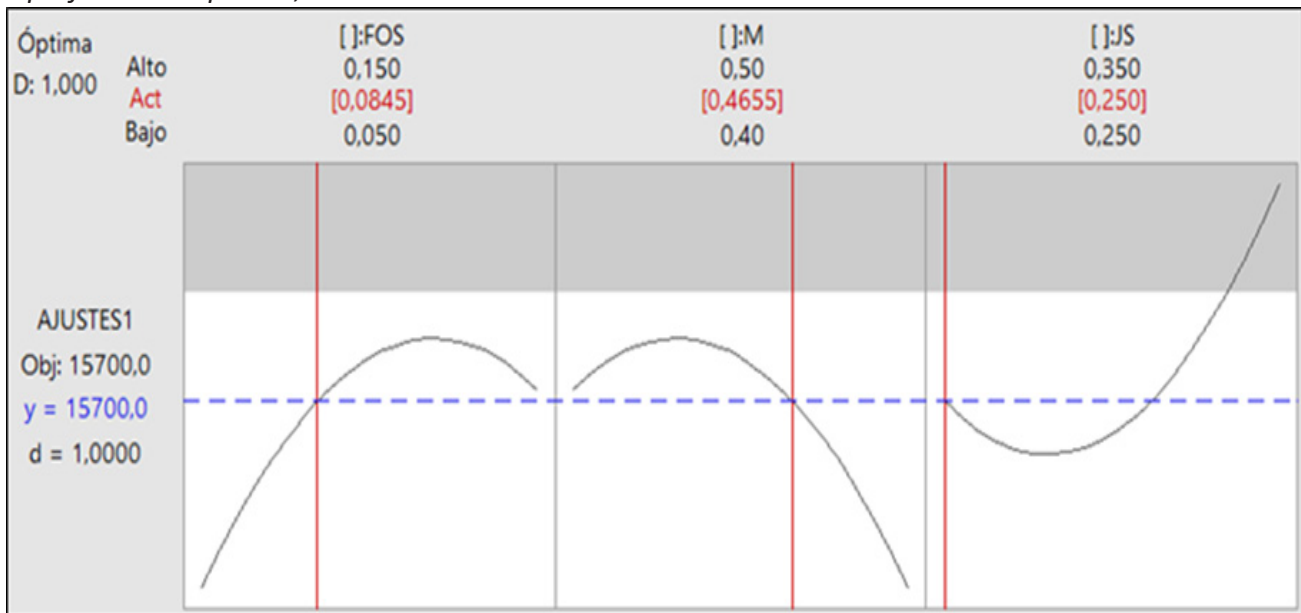


Figura 6

Óptimo global para la formulación del masmelo con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos

Una vez determinadas las proporciones de polialcoholes, se elaboró el masmelo y se realizaron las mediciones del ME (15.67 ± 0.67 Kpa), se comparó con el ME del masmelo control (15.73 ± 0.58 Kpa) y se determinó que, el factor formulación no causó efecto estadístico significativo sobre el ME ($p > 0.05$).

La Figura 7, relaciona las medias del ME para el masmelo control y masmelo desarrollado y en la Figura 8 se representan ensayos característicos de compresión uniaxial para estos mismos, desarrollados con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos.

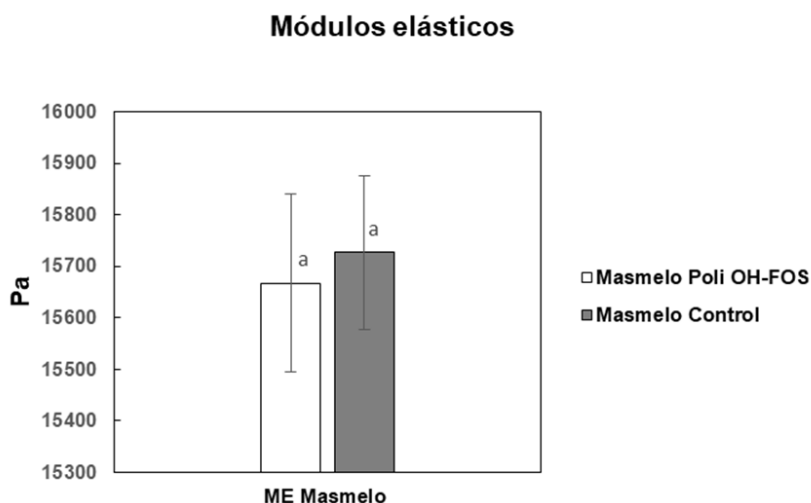


Figura 7

Gráfica de módulos de elasticidad ME para el masmelo control y masmelo desarrollado.

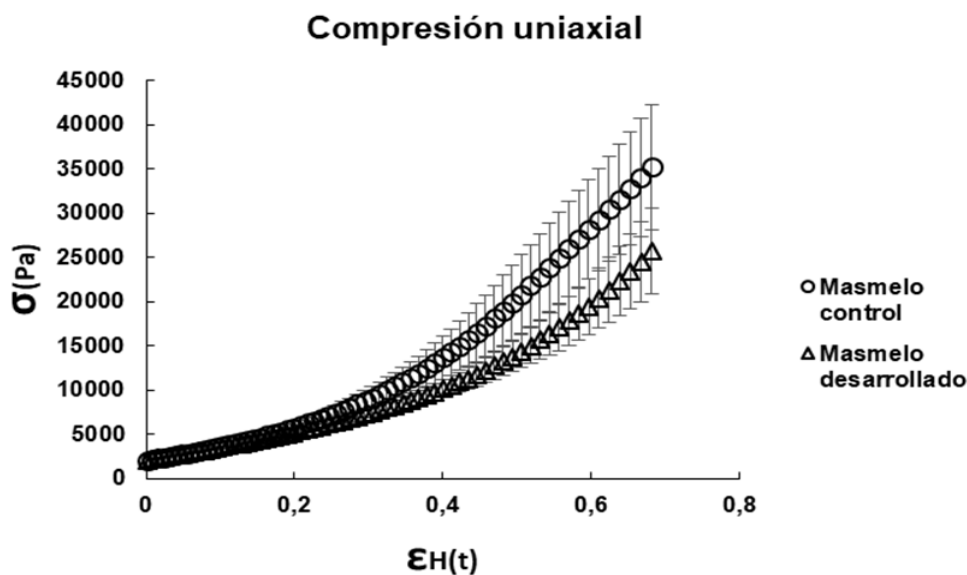


Figura 8

Compresión uniaxial para el masmelo control y masmelo desarrollado, siendo σ (Pa) el esfuerzo verdadero en pascales y $\epsilon H(t)$ la deformación de Hencky.

Estimación de las propiedades reológicas y texturales del masmelo prototipo desarrollado

Los parámetros del análisis de perfil de textura se estimaron para el masmelo desarrollado y masmelo control, se realizó

Tabla 7

Parámetros TPA para masmelo desarrollado y masmelo control

Masmelos	Elasticidad (mm/mm)		Cohesividad (mm ² / mm ²)		Adhesividad (Nxmm)	
TPA POLI OH	1.0023	± 0.0020	0.8760	± 0.008	-0.284	± 0.208
TPA CONTROL	1.0028	± 0.0016	0.8787	± 0.009	-0.216	± 0.107
	Dureza (N)		Gomosidad (N)		Masticabilidad (Nxmm)	
TPA POLI OH	9.0833	± 1.7730	7.9622	± 1.592	7.9804	± 1.595
TPA CONTROL	9.9125	± 1.0968	8.7136	± 1.008	8.7384	± 1.013

Nota. Elaboración propia.

Determinaciones de dureza estimadas por (Tan y Lim, 2008) mediante doble compresión en una máquina de ensayos Instron, reportaron valores desde 2.05 N en un tiempo cero, hasta 35.23 N en la semana veinticinco de almacenamiento.

En el mismo sentido, Peleg (2007) determinó valores, desde 2.8 N en el tiempo cero, hasta 27.33 N en la semana veintidos de almacenamiento y masmelos elaborados con inclusión de isomaltulosa, jarabe de glucosa y jarabe de fructosa en diferentes combinaciones, como sustituto de sacarosa, para la misma propiedad, registraron desde 4.97 N hasta 27.1 N, para niveles con 4% de gelatina de 220 Bloom (Periche *et al.*, 2015). El masmelo desarrollado presenta 9.08N de dureza, por lo que se encuentra dentro de los rangos estimados por Tan y Lim (2008), Peleg (2007) y Periche (2015).

La literatura revisada no reportó datos de adhesividad y masticabilidad en masmelos y los registros de dureza reportados por Peleg y Periche se tomaron de las gráficas reportadas mediante el software GetData Graph Digitizer.

un análisis de varianza unidireccional entre los dos y se estimó que las formulaciones no causaron efecto estadístico significativo sobre los parámetros de elasticidad, cohesividad, adhesividad, dureza, gomosidad y masticabilidad ($p > 0.05$). En la Tabla 7 se relacionan las medias de los parámetros estimados.

La gomosidad estimada por Periche *et al.* (2015), presenta un rango desde 5.8 N hasta 16.09 N. Este autor, también reporta las cifras de cohesividad, establecidas desde 0.25 para el masmelo control y 0.73 a 0.88 para los que tienen inclusión de isomaltulosa, jarabe de fructosa y jarabe de glucosa. Por tanto, el masmelo desarrollado se encuentra dentro de los rangos estimados, porque presenta una gomosidad de 7.96 N y una cohesividad de 0.87.

La elasticidad, parte desde 0.82 para el masmelo control y 0.8 hasta 0.88 para los masmelos que incluyeron isomaltulosa, jarabe de fructosa y jarabe de glucosa reportada (Periche *et al.*, 2015). El valor estimado para el producto desarrollado es mayor (1.0023); debido, posiblemente, a la inclusión de gelatina con mayor grado Bloom (270), lo que aporta mayor elasticidad y estabilidad de la espuma en la formulación.

La Figura 9, muestra las curva TPA para el masmelo control y el masmelo desarrollado con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos.

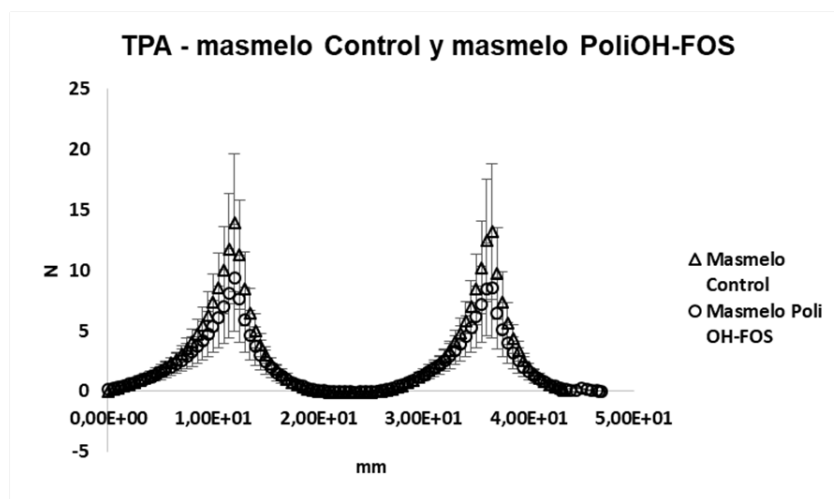


Figura 9

Gráfica TPA para los masmelos control y prototipo desarrollado.

Los resultados demuestran que el masmelo desarrollado presenta propiedades comparables y aceptables, tales como, la dureza, cohesividad y gomosidad; encontradas dentro de los rangos característicos para un masmelo depositado. Los valores para el módulo elástico, adhesividad y elasticidad, fueron estimados instrumentalmente.

Por último, el análisis de varianza de la prueba sensorial hedónica de cinco puntos, determinó las formulaciones que causaron efecto estadístico significativo sobre la evaluación sensorial ($p < 0.05$). En la Figura 10, se establecen las comparaciones entre las medias de la evaluación sensorial emitida por los jueces.

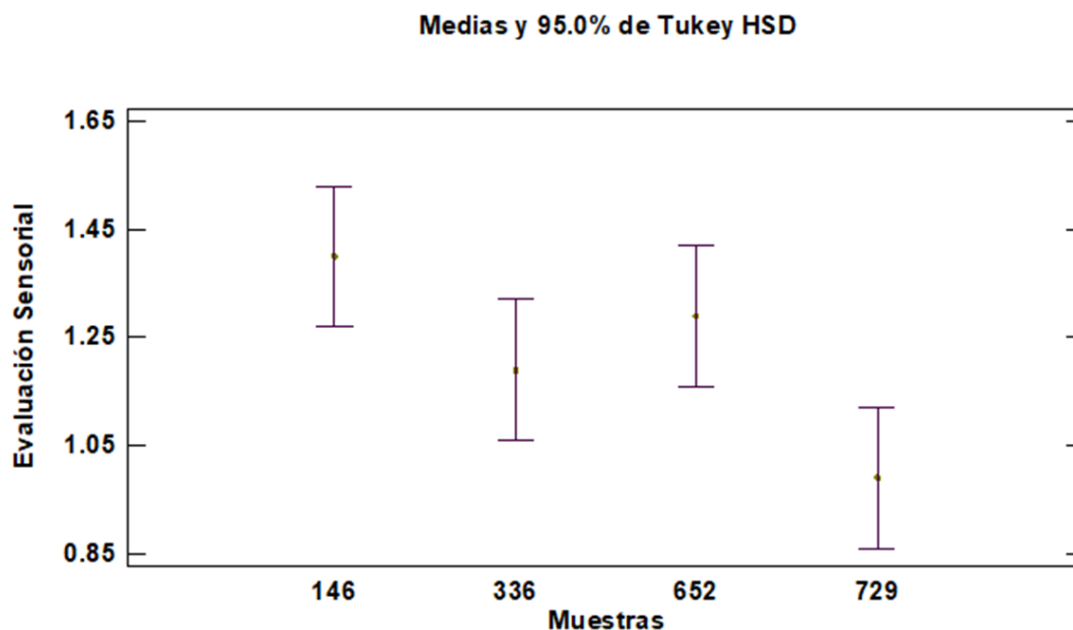


Figura 10

Gráfica de comparación entre las medias de la evaluación sensorial emitida por los jueces

El masmelo control se codificó con el número 336, el que tiene inclusión de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos se catalogó con el número 652, aquellos con códigos 146 y 729 son dos marcas comerciales. Entre estos, los que presentaron diferencia estadística significativa fueron: 146-729 y 652-729 y los que no la presentaron ($p > 0.05$) fueron el 336 y el 652, no presentaron diferencia estadística significativa.

Masmelos elaborados por Periche *et al.* (2015) con inclusión de isomaltulosa, jarabe de glucosa y jarabe de fructosa, fueron evaluados por 20 panelistas entrenados con una prueba de aceptación que contiene una escala hedónica de 9 puntos; de un total de 18 masmelos desarrollados, se seleccionaron 5 (incluido uno comercial) mediante la técnica de componentes principales. El análisis de varianza no reportó diferencias significativas entre los 5 masmelos evaluados ($p > 0.05$) y las características sensoriales valoradas fueron: apariencia, color, aroma, textura, elasticidad, dureza, gomosidad, cohesividad, dulzura y preferencia global (Periche *et al.*, 2015).

Conclusiones

El masmelo desarrollado cumple con los estándares de un masmelo depositado comercial, el módulo elástico y los parámetros del perfil de textura están dentro de las especificaciones de la literatura.

La inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos de origen lácteo, es posible en una formulación de masmelos depositados, sin causar efecto sobre las propiedades texturales del producto y su módulo elástico. Por tanto, es posible incorporarlos en los niveles evaluados en este trabajo, pues, mantienen las características sensoriales propias de un masmelo comercial.

En las formulaciones de los masmelos prototipos desarrollados, se alcanza el módulo elástico y el perfil de textura del masmelo control. En estas, las proporciones de maltitol (46,55 %), jarabe de sorbitol (25%) y fructooligosacáridos (8,45%) son las responsables de la elasticidad y las cantidades de gelatina estuvieron en los niveles de inclusión.

La prueba sensorial hedónica determinó que el masmelo desarrollado y el masmelo control obtuvieron calificación en la categoría “me gusta” sin presentar diferencia estadística.

Referencias

- Anderson, H. G. y Moore, S. E. (2004). The Emerging Role of Dairy Proteins and Bioactive Peptides in Nutrition and Health Dietary Proteins in the Regulation of Food Intake and Body Weight in Humans. *Journal of Nutrition*, 134(4), 974-979. <https://doi.org/10.1128/JB.188.5.1691>
- Chen, L., Caballero, B., Mitchell, D. C., Loria, C., Lin, P., Champagne, M., Elmer, P. J., Ard, J. D., Batch, B. C., Anderson, C. A. M. y Appel, L. J. (2013). Reducing Consumption of Sugar-Sweetened Beverages Is Associated With Reduced Blood Pressure: A Prospective Study Among United States Adults. *Circulation*, 121 (22), 2398-2406. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.911164>
- Engberink, M. F., Hendriksen, M. A. H., Schouten, E. G., Van Rooij, F. J. A., Hofman, A., Witteman, J. C. M. y Geleijnse, J. M. (2009). Inverse association between dairy intake and hypertension: The Rotterdam Study. *American Journal of Clinical Nutrition*, 89(6), 1877-1883. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.27064>
- Feber, J. y Ahmed, M. (2010). Hypertension in children: new trends and challenges. *Clinical Science*, 119 (4), 151-161. <https://doi.org/10.1042/CS20090544>
- Guan-Hong, L., Ming-Ren, Q., Ju-Zhen, W. y Jin-Ming Y. (2007). Antihypertensive effect of rice protein hydrolysate with in vitro angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity in spontaneously hypertensive rats. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 16 (1), 275-280. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2007.16.s1.52>

Hartel, R. W., Von Elbe, J. H. y Hofberger, R. (2018). *Confectionery science and technology*. Springer International Publishing AG 2018. ISBN: 978-3-319-61742-8

Hsieh, C. C., Hernández-Ledesma, B., Fernández-Tomé, S., Weinborn, V., Barile, D. y Leite, J. (2015). Milk Proteins, Peptides, and Oligosaccharides: Effects against the 21st Century Disorders. *BioMed Research International*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/146840>

Ingelfinger, J. R. (2014). The Child or Adolescent with Elevated Blood Pressure. *New England Journal of Medicine*, 370(24), 2316–2325. <https://doi.org/10.1056/NEJMcp1001120>

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC]. (2008). NTC 5592 - Productos alimenticios. Gomas, jaleas y marmelos. Febrero 27 de 2008.

Malik, A. H., Akram, Y., Shetty, S., Malik, S. y Yanchou, V. (2014). Impact of Sugar-Sweetened Beverages on Blood Pressure. *The American Journal of Cardiology*, 113(9), 1574–1580. <https://doi.org/10.1016/j.amjcard.2014.01.437>

Martínez-Maqueda, D., Miralles, B., Recio, I. y Hernández-Ledesma, B. (2012). Antihypertensive peptides from food proteins: a review. *Food & Function*, 3 (4), 350–361. <https://doi.org/10.1039/c2fo10192k>

Ministerio de la Protección Social, Colciencias, Censo de Proyectos para el Desarrollo, Sistemas Especializados de Información S.A. y Pontificia Universidad Javeriana (2015). Encuesta Nacional de Salud 2007.

Nguyen, S., Choi, H. K., Lustig, R. H. y Hsu, C. (2009). Sugar-Sweetened Beverages, Serum Uric Acid, and Blood Pressure in Adolescents. *The Journal of Pediatrics*, 154 (6), 807–813. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2009.01.015>

Passport Euromonitor International. (2022). Sugar confectionery in colombia - datagraphics. <https://www.euromonitor.com/sugar-confectionery-in-colombia/report>

Peleg, M. (2007). Water Properties of Food, Pharmaceutical, and Biological Materials. *In Trends in Food Science & Technology*, 18 (6), 339. CR

Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., y Castelló, M. (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT - Food Science and Technology*, 62 (1), 605–612. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.12.024>

Ramos-Ruiz, R., Poirot, E. y Flores-Mosquera, M. (2018). GABA, a non-protein amino acid ubiquitous in food matrices. *Cogent Food and Agriculture*, 4(1), 1–89. <https://doi.org/10.1080/23311932.2018.1534323>

Shobako, N. (2021). Hypotensive peptides derived from plant proteins. *Peptides*, 142, 170573. <https://doi.org/10.1016/j.peptides.2021.170573>

Tan, J. M. y Lim, M. H. (2008). Effects of gelatine type and concentration on the shelf-life stability and quality of marshmallows. *International Journal of Food Science & Technology*, 43 (9), 1699–1704. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2008.01756.x>