



UNIVERSIDAD DEL VALLE
PROGRAMA DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE ALIMENTOS

**EVALUACIÓN DE LA INCLUSIÓN DE POLIALCOHOLES,
FRUCTOOLIGOSACÁRIDOS Y PÉPTIDOS ANTIHIPERTENSIVOS DE ORIGEN
LÁCTEO EN LA FORMULACIÓN DE UN MASMELO DEPOSITADO**

Autor:

Mike Douglas Sánchez Orozco
Ingeniero de Alimentos
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Director:

JUAN CARLOS GOMEZ DAZA, Ph.D.
Profesor Universidad del Valle

Codirector:

CARLOS JULIAN GIRALDO CUARTAS, Ph.D.
Profesor Universidad del Valle

Cali, Septiembre de 2017

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE TABLAS	4
LISTA DE FIGURAS	5
RESUMEN.....	7
INTRODUCCIÓN.....	9
1. MARCO TEÓRICO	11
1.1. Generalidades de la industria confitera en Colombia	11
1.2. Generalidades de la Industria confitera mundial.....	13
1.3. Productos Aireados (Masmelos).	13
1.4. Tecnología mogul	14
1.5. Confeitería libre de sacarosa	15
1.6. Alcoholes de Azúcar (Polioles).....	15
1.6.1. Eritritol	15
1.6.2. Isomaltosa	16
1.6.3. Lactitol	16
1.6.4. Maltitol	16
1.6.5. Manitol.....	17
1.6.6. Sorbitol	17
1.6.7. Xilitol.....	18
1.7. Hipertensión en población Joven	19
1.8. Fuentes de alimentos con actividad antihipertensiva	20
1.9. Vías para la obtención de péptidos antihipertensivos.....	22
1.9.1. Hidrólisis enzimática	22
1.9.2. Fermentación microbiana	23
1.10. Péptidos de la leche con actividad antihipertensiva	23
1.11. Análisis de perfil de textura (TPA).....	24
1.12. Prueba Hedónica Sensorial	25
2. ANTECEDENTES.....	27
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	29
4. JUSTIFICACIÓN.....	30

5. HIPÓTESIS	32
6. OBJETIVOS	33
6.1. Objetivo General	33
6.2. Objetivos Específicos.....	33
7. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
7.1. Materiales	34
7.2. Metodología Experimental	34
7.2.1. Desarrollo de un masmero prototipo con incorporación de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación.....	34
7.2.2. Estimación de las propiedades reológicas y texturales del masmero prototipo desarrollado	37
8. RESULTADOS Y ANÁLISIS	38
8.1. Desarrollo de un masmero depositado prototipo, incorporando polialcoholes, fructoligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación.....	38
8.2. Estimación de las propiedades reológicas y texturales del masmero prototipo desarrollado.....	41
9. CONCLUSIONES	47
BIBLIOGRAFÍA.....	48
ANEXOS.....	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Productos lácteos que contienen péptidos antihipertensivos probados y patentados (Hsieh et al. 2015).	24
Tabla 2. Derivados lácteos comerciales con efecto funcional y contenido de péptidos bioactivos (Dziuba & Dziuba, 2014).	28
Tabla 3. Diseño experimental factorial mixto 3×2^2	36
Tabla 4. DCA para las formulaciones con inclusión de polialcoholes y masmelo.....	36
Tabla 5. Diseño de mezclas con vértices extremos para masmelos con inclusión de fructooligosacáridos y polialcoholes.....	37
Tabla 6. Parámetros TPA para masmelo desarrollado y masmelo control.....	42

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Contenidos típicos de aire y volumen específico de una selección de alimentos aireados, las columnas blancas referencian el volumen específico, las columnas grises relacionan el contenido de aire (Campbell, 2003).	14
Figura 2. Impresión en almidón, depositado y desmoldado de gomas o productos aireados (Minifie 1989).	14
Figura 3. Estructura del eritritol (Ghosh & Sudha, 2012).	15
Figura 4. Estructura de la isomaltosa (Ghosh & Sudha, 2012).	16
Figura 5. Estructura del lactitol (Ghosh & Sudha, 2012).	16
Figura 6. Estructura del maltitol (Ghosh & Sudha, 2012).	17
Figura 7. Estructura del manitol (Ghosh & Sudha, 2012).	17
Figura 8. Estructura del sorbitol (Ghosh & Sudha, 2012).	18
Figura 9. Estructura del xilitol (Ghosh & Sudha, 2012).	18
Figura 10. Estructura de la Nutraflora® (Ingredion USA, 2013).	19
Figura 11. Gráfica típica para un análisis de perfil de textura (TPA) (Bourne 2002).	25
Figura 12. Productos que presentan actividad antihipertensiva (Dziuba & Dziuba, 2014).	27
Figura 13. Diagrama de bloques para la elaboración de masmelos prototipos.	35
Figura 14. Efectos principales de los factores evaluados sobre ME de los prototipos desarrollados.	38
Figura 15. Intervalos de medias de los ME de los prototipos desarrollados, proporción de polialcoholes y masmelo control.	39
Figura 16. Gráfico de contorno y distribución de vértices extremos.	39
Figura 17. Superficie de respuesta, diseño de mezclas con vértices extremos.	40
Figura 18. Optimo global para la formulación del masmelo con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos.	40
Figura 19. Gráfica de módulos de elasticidad ME para el masmelo control y masmelo desarrollado.	41
Figura 20. Gráfica característica de ensayos de compresión uniaxial para el masmelo control y masmelo desarrollado, siendo $\sigma(Pa)$ el esfuerzo verdadero en pascales y $\epsilon H(t)$ la deformación de Hencky.	41

Figura 21. Gráfica dureza-gomosidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.	43
Figura 22. Gráfica adhesividad-masticabilidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.	43
Figura 23. Gráfica cohesividad para los masmelos control y prototipo desarrollado.	44
Figura 24. Gráfica elasticidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.	45
Figura 25. Gráfica TPA para los masmelos control y prototipo desarrollado.	45
Figura 26. Gráfica de comparación entre las medias de la evaluación sensorial emitida por los jueces.	46

RESUMEN

Se desarrollaron prototipos que incluyen proporciones fijas de agua, citrato de sodio, y saborizante de vainilla, con la inclusión de edulcorantes a 3 niveles; Nutraflora® (FOS), maltitol (M) y jarabe de sorbitol (JS) en las siguientes proporciones: 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 antihipertensivos al 1,5 y 3 %w/w. Se incluyó sucralosa en los prototipos para ajustar el dulzor debido al bajo aporte de los polialcoholes. Para determinar los módulos elásticos (ME) se realizaron pruebas de compresión uniaxial. Los datos experimentales $F(N)$ Vs distancia (mm) se utilizaron para determinar el módulo de elasticidad (ME). El esfuerzo lineal (σ_L), límite de fluencia (γ_L), esfuerzo de fractura (σ_F) y deformación de fractura (γ_F) no fueron determinados debido a que los masmelos no presentaron punto de fractura. Los ensayos de análisis de perfil de textura se desarrollaron a doble compresión.

Para el análisis estadístico de los datos se desarrolló un arreglo factorial (AF) 3×2^2 , con doce (12) tratamientos, tres réplicas y diez mediciones, para evaluar los efectos de las proporciones de polialcoholes, fructooligosacáridos, gelatina y péptidos antihipertensivos, sobre el ME de los masmelos desarrollados; posterior a ello se desarrolló un DCA con cuatro (4) tratamientos, tres (3) de ellos con 12 mediciones y un (1) tratamiento control con 10 mediciones para establecer comparaciones con el masmelo control. Una vez identificado el prototipo con las propiedades mecánicas cercanas al control, se procedió a optimizar la formulación mediante un diseño de mezclas con vértices extremos; por último, se determinó el TPA del masmelo desarrollado. Los resultados fueron analizados en Minitab 17. Las proporciones de polialcoholes en el AF causaron efecto estadístico significativo sobre los ME de los prototipos desarrollados ($p < 0.05$), los niveles de gelatina y péptido no causaron efecto sobre el ME, las interacciones dobles de los factores no presentaron diferencia estadística. El factor proporción de polialcoholes en el DCA presentó efecto estadístico significativo sobre el ME ($p < 0.05$), el masmelo control presentó la mayor media. El diseño de mezclas con vértices extremos determinó que las proporciones de polialcoholes, para alcanzar el ME del masmelo control (15.7 Kpa), con una velocidad de émbolo de 20mm/min y un desplazamiento de 10mm, equivale a 8.45% de FOS; 46.55% de M y 25% de JS. El modelo de regresión obtuvo un $r^2 = 0.953$, r^2 (ajustado) = 0.917 y un r^2 (predicción) = 0,873.

Los datos experimentales F(N) Vs distancia (mm) se utilizaron para determinar elasticidad, cohesividad, adhesividad, dureza, gomosidad y masticabilidad; los parámetros del análisis de perfil de textura para el masmero desarrollado y masmero control no presentaron diferencia estadística significativa ($p>0.05$).

Por último, se realizó una prueba hedónica de cinco categorías, se evaluaron 2 marcas comerciales, el masmero control y el masmero desarrollado con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos, La prueba de Tukey indicó que no existe diferencia estadística entre el masmero control y el masmero prototipo desarrollado.

Los resultados antes mencionados permiten inferir que se pueden incluir polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos a una formulación de masmero depositado sin afectar sus propiedades mecánicas y texturales, aceptadas mediante una prueba hedónica sensorial.

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 o por el Codex Alimentarius” (ICONTEC, 2008), 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, Heredia, Escriche, Andrés, & Castelló, 2015). 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 bebidas (Malik, Akram, & Shetty, 2014). En adolescentes americanos se asoció el consumo de bebidas azucaradas a niveles de presión arterial sistólica elevada (Nguyen, Choi, Lustig, & Hsu, 2009). En niños de 11 a 17 años que asistían a la escuela en Houston, el 19% 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 (Solomon & Ingelfinger, 2014). Comparaciones realizadas en varios países mostraron niveles de presión arterial elevadas en niños y adolescentes, 17.3% en Brasil, 13.8% en Estados Unidos y 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 tendrían esa condición (Feber & 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 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 (Salud S.A, 2015). Teniendo en cuenta los contenidos de azúcares presentes en estos tipos de bebidas, se considera entonces un factor de riesgo significativo su consumo, al igual que los masmelos por su elevado contenido de azúcares (75-80%), causando

incrementos en la presión arterial de los individuos que los consumen. Una gran variedad de compuestos antihipertensivos se han caracterizado de diversas fuentes alimentarias como frutas, verduras, granos, frutos secos, semillas y legumbres, derivados lácteos, carnes, aves de corral; la mayoría de ellos causan efecto *in vitro* inhibitorio de la enzima de conversión de angiotensina (ACE), evitando la generación de angiotensina II compuesto vasoconstrictor que aumenta la tensión arterial; los principales compuestos que tienen este efecto son flavonoides, flavonoles, catequinas, antocianinas, polifenoles, taninos y ácidos fenólicos de las plantas; también algunos polisacáridos, saponinas, esteroides y pigmentos (Huang, Davidge, & Wu, 2013). De igual forma péptidos inhibidores de ACE resultado del hidrolizado de sedimentos de arroz, causaron un efecto antihipertensivo significativo en ratas.(Hong Li, Ren Qu, Zhen Wan, & Ming You, 2007); cereales como el trigo, centeno, cebada y avena poseen la secuencia de péptidos inhibidores ACE en sus proteínas, en su estructura contienen también ácido gamma-amino butírico (GABA), componente con actividad antihipertensiva demostrada en ratas y seres humanos hipertensos (Huang et al., 2013). La leche es también una fuente de componentes bioactivos, 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 & Moore, 2004).

Otra fuente de péptidos antihipertensivos es el huevo, la ovoquinina, proteína de la ovoalbúmina hidrolizada por la pepsina ha demostrado efecto vasodilatador.

Considerando los efectos de los péptidos antihipertensivos y el factor de riesgo que representan los azúcares que causan incremento de la tensión arterial, se sustituyó la sacarosa y jarabe de glucosa en la formulación de marmelos desarrollados por maltitol, jarabe de sorbitol y fructoligosacáridos (NUTRAFLORA®); para ajustar los niveles de dulzor se incluyó sucralosa; y adicional a estos ingredientes, se incluyeron péptidos antihipertensivos de origen lácteo (LOWPEPT®). Finalmente se evaluó el efecto que causa la inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos de origen lácteo en la formulación de marmelos depositados.

1. MARCO TEÓRICO

1.1. Generalidades de la industria confitera en Colombia

La industria confitera nacional durante el año 2013, demostró un crecimiento importante en volúmenes exportados, se registraron ventas por 248 millones de dólares en caramelos duros, la confitería a base de cacao registró ventas por 55 millones de dólares.

Una de las ventajas del sector confitero colombiano, es la constante diversificación de productos que ofrecen al mercado internacional, empresas como Colombina, Aldor, Super de Alimentos y Confitecol, lideran el mercado nacional, presentando un portafolio de productos variado y de calidad (Proexport Colombia et al, 2008).

Los caramelos, pastillas y bombones son los productos líderes de exportación colombiana, con una participación del 61%, seguido de las gomas de mascar con un 19% y los productos de chocolatería con un 7% (Proexport Colombia et al, 2008), las exportaciones a Estados Unidos están focalizadas en los hipermercados con una participación del 47%, tiendas de conveniencia con un 19%, tiendas independientes 16,4% y otros con un 17,6%. La línea distribución hacia Estados Unidos se realiza a través de distribuidores locales, quienes son los encargados de comercializar los productos, garantizando la logística y evitando el desabastecimiento del producto. (Proexport Colombia et al., 2008).

La compañía Colombina, ubicada en el municipio de la Paila, Valle del Cauca, lidera con su producto bandera denominado bon bon bum, también elabora masmelos, chocolates, chicles, snacks, gomas, otros caramelos duros, etc., es la fábrica más grande de confitería en nuestro país, con 22.000 m² de área dedicada a elaboración y 40.000 m² de área logística y servicios, su capacidad instalada equivale a 130.000 toneladas (Mejía, 2014). Colombina en el año 2015 mantuvo su liderazgo, seguido de la Nacional de Chocolates al igual que casa Luker, en orden descendente figuraron Mondelez Colombia, Super de Alimentos, Comestibles Aldor, Ferrero LADM, Confitecol, Gelco, Progel y por último Comestibles Ítalo. Otras empresas como Rich de Colombia, Dulces la Americana, Industrias el Trébol, Trapiche Lucerna, Gironés, Comercializadora Dulcenev, Industrias Valenpa, Colorisa, La Bugueña, y Sweetsol Colombia, se destacaron por su dinamismo en el mercado (La Nota.com, 2015).

Aldor, otra empresa vallecaucana, productores y líderes en el mercado de yogueta y pinpop, cuentan con 28.000 m² , capacidad para producir 300 toneladas, generando 1.280 empleos

directos en su planta Cali, motivados por el emprendimiento y tenacidad, han instalado una fábrica en Sudáfrica que genera más de 180 empleos directos (Peña, 2011).

La revista portafolio publicó en su edición de octubre de 2014, que la industria confitera colombiana registrará ventas por 1,07 billones de pesos y para el año 2019 facturaría 1,25 billones de pesos, estimando que en cinco años a partir de 2014, la venta de la industria de dulces en Colombia alcanzaría 623.000 millones de pesos, estimando también los volúmenes de producción en 39.200 y 41.800 toneladas para los años 2014 y 2019 respectivamente, en Colombia el consumo promedio anual de un colombiano es del orden de 11.627 pesos, equivalente a 0,8 kg (Portafolio.co, 2014).

El mercado nacional está comandado por empresas nacionales, en chocolatería el líder es Nutresa con la marca jet, en segundo lugar se encuentra la compañía Mont Blanc, en tercer lugar aparecen las marcas Ferrero y Kinder de la italiana Ferrero Group, y en el quinto lugar aparece nuevamente Nutresa con la marca Gol. La marca Bon Bon Bum de Colombina es líder indiscutible en materia de caramelos duros, seguido de la desaparecida Mondelez International planta Colombia con su marca Halls, en tercer y cuarto lugar nuevamente Colombina con masmelos marca Millows, y el último lugar lo ocupa la marca Ítalo de Ítalo comestibles, empresa bogotana (Portafolio.co, 2014).

El sector confitero vallecaucano ha crecido al igual que su potencial exportador, gracias al aumento del consumo en países como China e India; allí los confites y chocolates dejaron de ser de consumo ocasional para convertirse en productos que hacen parte de sus hábitos alimentarios por su aporte energético. Por otra parte, las nuevas tendencias saludables están dinamizando el mercado de productos sin azúcar, reducidos en azúcar o con edulcorantes naturales diferentes a la sacarosa; este fenómeno ha sido aprovechado por la industria confitera para desarrollar productos que incorporen propiedades saludables como estrategia para mitigar la disminución del crecimiento de los productos azucarados, por la vinculación de estos productos con la definición negativa alrededor del azúcar en la dieta; aprovechando esta oportunidad, Colombina desarrolló productos para neutralizar ese impacto y lanzó un portafolio de productos al mercado que denominó “línea Colombina 100%” que integra productos bajos en calorías, sin saborizantes y colorantes artificiales y con beneficios naturales (Salgado Gil & Franco Valencia, 2015).

1.2. Generalidades de la Industria confitera mundial

La industria confitera, según informes proyectados por Euromonitor, para el año 2015 logrará ventas globales por valor de US\$ 1.5 billones, manteniéndose en el mercado mundial a pesar de la tendencia de consumir alimentos saludables, los productos convencionales de confitería y chocolatería siguen conquistando nuevos mercados en los cinco continentes, logrando una participación del 8.2% en el año 2012, 9% en el año 2013 y cercana al 10% en el año 2014 (Industria Alimenticia, 2012). Para Colombia se estiman ventas por 1.25 billones de pesos para el año 2019 (Portafolio, 2014). Las compañías más importantes a nivel mundial son: Mars Inc (USA), Mondelez International (USA), Nestle (Suiza), Hershey Co. (USA) y Ferrero Group (Italia). En latinoamérica la empresa mejor posicionada es Arcor (Argentina) en el puesto 9 y Colombina SA (Colombia) en el puesto 43 (Concha, 2013).

1.3. Productos Aireados (Masmelos).

Los masmelos originalmente contenían hierba de malvadisca (*Althaea officinalis*), una planta de la cual se extrae un jugo viscoso, que era mezclado con albumina de huevo, actualmente es una espuma estable gracias a un agente gelificante, se emplea gelatina, también se utiliza pectina, agar y almidón, todos ellos forman en el masmelo textura corta y suave, estos agentes son de origen vegetal y tienen la desventaja de requerir agentes de batido como albúmina de huevo (Edwards, 2000) .

El primer masmelo fue elaborado en Francia con el nombre de “*Pate de Guimauve*” (Lees & Jackson, 1992). Durante la elaboración del masmelo existen operaciones a bajas y altas temperaturas; los jarabes, sólidos de sacarosa y agua son llevados a ebullición hasta una determinada concentración de materia seca; los agentes de espumado se adicionan durante las operaciones a baja temperatura, y por lo tanto se debe prestar atención especial a la higiene de los equipos, ambiente y área de proceso (Lees & Jackson, 1992). La gelatina en la fabricación del masmelo debe ser hidratada antes de usarla en proporción 1:4, una parte de gelatina por 4 partes de agua fría, la hidratación se debe preparar 20 minutos antes de su uso a 70°C máximo; la gelatina debe ser de alto Bloom (200 – 250), de viscosidad baja en solución y fuerza de gel alta, la cantidad utilizada normalmente es del 2 %w/w (Lees & Jackson, 1992).

En la Figura 1, se relacionan algunos productos elaborados, con sus respectivos contenidos de aire en porcentaje y sus volúmenes específicos.

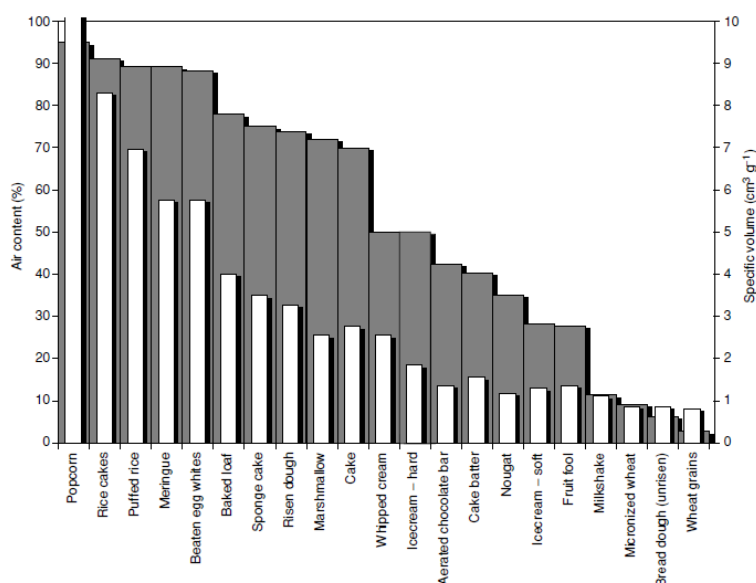


Figura 1. Contenidos típicos de aire y volumen específico de una selección de alimentos aireados, las columnas blancas referencian el volumen específico, las columnas grises relacionan el contenido de aire (Campbell, 2003).

1.4. Tecnología mogul

El primer avance hacia esta tecnología consistió en un equipo que imprimía sobre una bandeja con almidón, formando cavidades de igual geometría, para posterior depositado de masa sobre la bandeja impresa (Figura 2).

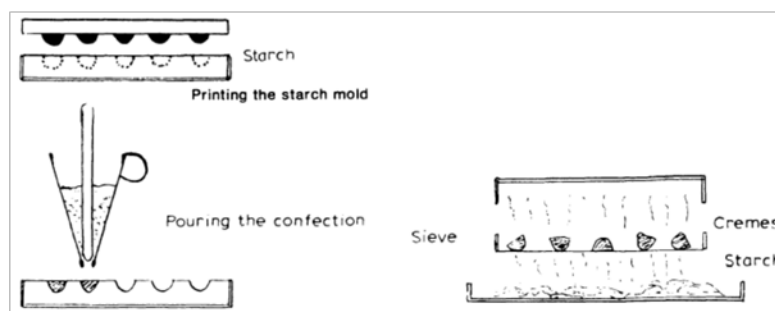


Figura 2. Impresión en almidón, depositado y desmoldado de gomas o productos aireados (Minifie 1989).

Las bandejas de almidón son cargadas manualmente a un extremo del equipo, después del llenado son apiladas para enfriarlos y desmoldarlos (Bernard & Minifie, 1989). En la actualidad las líneas son automatizadas y se denominan líneas Mogul.

1.5. Confitería libre de sacarosa

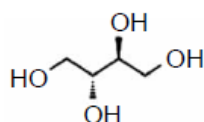
La industria confitera incluye en sus formulaciones, sacarosa (de caña o remolacha azucarera), jarabe de glucosa (jarabe de maíz), azúcar invertido, lactosa, fructosa, etc., una de las razones es la abundancia del producto y los precios del mercado; el abastecimiento en el mercado de estos productos hacen que sean fácilmente disponibles para el consumidor, desencadenando consumos excesivos e ingesta elevada de azúcar, aumentando la posibilidad de aparición de caries dental, obesidad y enfermedades metabólicas asociadas (Zumbé et al, 2001).

Por fortuna para los consumidores potenciales, existen edulcorantes denominados polioles, conocidos también como alcoholes de azúcar, estos productos son derivados de sacáridos en los cuales un grupo cetona o aldehído, es reemplazado por un grupo hidroxilo, se incluyen en este grupo el sorbitol, manitol, maltitol, lactitol, isomaltosa, xilitol y eritritol (Zumbé et al, 2001).

1.6. Alcoholes de Azúcar (Polioles)

1.6.1. Eritritol

Se produce en forma natural en las frutas como la pera, uvas y melón, en otros alimentos como las setas, salsa de soya y queso. El eritritol se ha producido industrialmente desde el año 1990, desde entonces se ha adicionado en alimentos y bebidas para proporcionar dulzor, mejorar sabor y textura (Washburn & Christensen, 2012), (Figura 3).

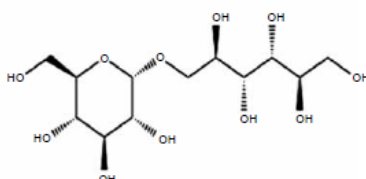


Erythritol

Figura 3. Estructura del eritritol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.2. Isomaltosa

Sustituto de azúcar, hecho a partir de la sacarosa, con la ventaja de ser el único que conserva la mayoría de las propiedades físicas de la sacarosa, absorbe poca agua, otorgando beneficios de baja higroscopicidad a los productos de confitería (Washburn & Christensen, 2012) (Figura 4).

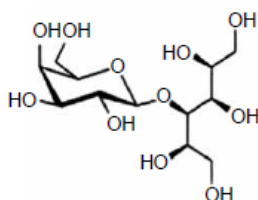


Isomalt

Figura 4. Estructura de la isomaltosa (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.3. Lactitol

Se emplea en la actualidad como edulcorante de relleno en alimentos para controlar el aporte calórico, debido a su estabilidad, solubilidad y sabor similar a la sacarosa, puede ser incluido en formulaciones alimentarias bajas en calorías, grasas, alimentos libres de sacarosa, como helados, chocolate, caramelos blandos, productos horneados, conservas, gomas de mascar y sustitutos de azúcar, solo o en combinaciones (Washburn & Christensen, 2012), (Figura 5).



Lactitol

Figura 5. Estructura del lactitol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.4. Maltitol

Es un 90% tan dulce como la sacarosa, es no cariogénico, posee la mitad de calorías que contiene la sacarosa, se incluye en formulaciones de caramelos duros, goma de mascar,

chocolates, productos de panificación y helados (Washburn & Christensen, 2012), (Figura 6). La literatura reporta que se pueden consumir 30 g de maltitol como una porción individual sin causar efecto laxante en la mayoría de adultos y un máximo de 50 g de maltitol de consumo diario, el maltitol es uno de los polioles mejor tolerados. En general, a mayor peso corporal, menor será el efecto laxante del maltitol; se ha informado de que la dosis única máxima en hombres y mujeres es de 0.3 g/kg de peso corporal (sin efecto laxante) con una ingesta diaria máxima de 0.8 g/ Kg de peso corporal (Mitchell, 2007).

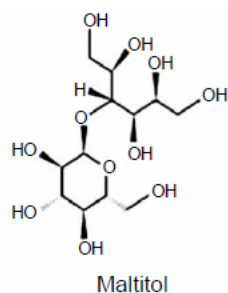


Figura 6. Estructura del maltitol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.5. Manitol

Es un 50% tan dulce como la sacarosa, incluido en productos farmacéuticos, es utilizado sobre gomas de mascar para evitar adherencia durante operaciones de grajeado y con el material de empaque (Washburn & Christensen, 2012), (Figura 7).

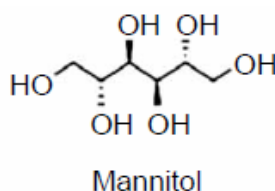


Figura 7. Estructura del manitol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.6. Sorbitol

Es un 60% tan dulce como la sacarosa, posee una tercera parte menos de calorías, en las formulaciones ofrece un gusto fresco y de textura suave en boca, se encuentra naturalmente en las frutas y bayas, ha sido utilizado en alimentos por casi medio siglo

(Washburn & Christensen, 2012), (Figura 8). La literatura reporta que se puede consumir cerca de 40 g/día (Mitchell, 2007).

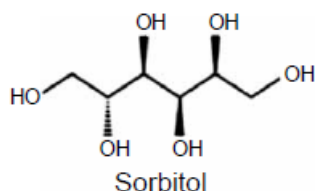


Figura 8. Estructura del sorbitol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.7. Xilitol

Actualmente está ganando gran aceptación como edulcorante alternativo, es no cariogénico, se produce de forma natural en frutas y verduras, es producido por el cuerpo humano durante el metabolismo normal, comercialmente se produce a partir del árbol de abedul, se utiliza en alimentos para regímenes especiales (Washburn & Christensen, 2012), (Figura 9).

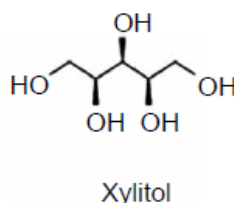


Figura 9. Estructura del xilitol (Ghosh & Sudha, 2012).

1.6.8. Nutraflora®

Nutraflora es un fructooligosacárido de cadena corta derivado de la caña de azúcar, se produce mediante fermentación sin ingredientes genéticamente modificados, es una fibra prebiótica no digerible que estimula de forma selectiva el crecimiento de bifidobacterias y cepas de lactobacilos.

La conciencia del consumidor es alta alrededor de "buenas" bacterias (Bifidobacteria y Lactobacillos) y sus beneficios para la salud. Son estas dos cepas bacterianas "buenas" que Nutraflora® actúa estimulando selectivamente su crecimiento y / o actividad favorables. Nutraflora® está conformado por cadenas lineales unidas por enlaces β 2-1 de fructosa

unidas a una glucosa terminal; la longitud de la cadena o grado de polimerización (DP), varía de tres a cinco fructoligosacáridos, estos fructoligosacáridos se encuentran en una variedad de frutas, verduras y granos (Ingredion USA, 2012). La estructura de la Nutraflora® se aprecia en la figura 10.

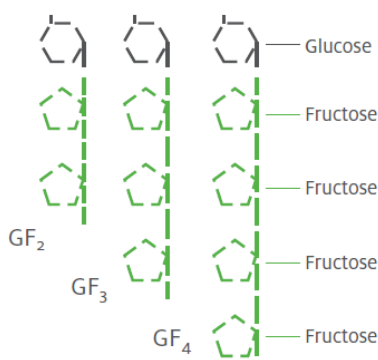


Figura 10. Estructura de la Nutraflora® (Ingredion USA, 2013).

1.7. Hipertensión en población Joven

Altos niveles de ácido úrico se han asociado con factores de riesgo cardiovascular como la hipertensión. El alto consumo de bebidas azucaradas se asocia con alta presión sistólica en adolescentes (Nguyen et al., 2009).

Datos de encuestas Brasileñas evidenciaron un aumento de disponibilidad de bebidas azucaradas en un 400% desde el año 1974 hasta el año 2003 con adolescentes los mayores consumidores, el consumo promedio de bebidas azucaradas para adolescentes es de 125ml/día, adultos 100ml/día y ancianos 40ml/día (Souza, Cunha, Pereira, & Sichieri, 2016). Las bebidas azucaradas representan un foco de atención porque están asociadas al aumento de peso y obesidad; también se ha documentado un efecto entre las bebidas azucaradas y la presión arterial elevada, hipertensión en adolescentes y adultos (Souza et al., 2016).

Diferentes estudios relacionan la prevalencia de tensión arterial alta en población joven; en Madrid España, el centro nacional de investigaciones cardiovasculares (CNIC), con sede en Barcelona, en asocio con el departamento de estadística médica de Londres y el departamento de cardiología de la escuela de medicina del monte Sinaí de Nueva York, adelantaron un estudio donde asociaron antropometría y presión arterial alta en 24 colegios

públicos de Madrid; 2011 preescolares entre edades de 3 a 5 años, se determinó prevalencia de obesidad del 2% en niños de 3 años y 8% en niños de 5 años, la prevalencia de la tensión arterial alta fue del 20%, el riesgo de aumento de la presión arterial se relacionó con el incremento en el índice de masa corporal (Santos-Beneit et al., 2015).

Una población de 1249 estudiantes adultos jóvenes, con edades entre 19 y 30 años, fueron estudiados con el propósito de examinar la asociación entre la presión arterial, actividad física e índice de masa corporal en Grecia; el 3% de la población fue catalogada con sobrepeso, solamente el índice de masa corporal fue significativamente asociado directamente con niveles altos de presión sistólica y diastólica mayor a 140/90, valores mayores encontrados en la población de hombres jóvenes (Papathanasiou et al., 2015).

La división de investigación en Oaklnad, California Estados Unidos y el Centro Médico de la Universidad de Utrecht en los Países Bajos, encontraron en una población de 3263 personas, el 7,4% con presión diastólica y sistólica elevada en jóvenes adultos de 30 a 35 años de edad (Exalto et al., 2014). La hipertensión puede llegar a conducir deterioro cognitivo y demencia senil en ancianos; por otra parte los niños con una presión arterial elevada, demostraron menos desempeño cognitivo en pruebas seleccionadas para realizar esta medición, y un mayor nivel de niños hospitalizados comparados con niños normotensos (Feber & Ahmed, 2010).

Estudios recientes indican que el azúcar se considera más importante que el consumo de sal en la predisposición a la elevación de la presión sanguínea, ya que las fuentes de sal también son fuentes de azúcar en las dietas que contienen alimentos procesados (DiNicolantonio & Lucan, 2014).

1.8. Fuentes de alimentos con actividad antihipertensiva

Los péptidos bioactivos se encuentran dentro de la estructura proteica primaria, allí permanecen inactivos hasta que se liberan por hidrólisis enzimática, una vez liberados, un determinado número de ellos son capaces de modular el sistema renina – angiotensina porque disminuyen las actividades de la renina o la enzima convertidora de angiotensina

(ACE). Estos péptidos antihipertensivos también pueden mejorar la vía sintetasas de óxido nítrico endotelial para aumentar los niveles de óxido nítrico dentro de las paredes vasculares y de esta manera promover la vasodilatación (Aluko, 2015).

Los granos, frutas, verduras, carnes y aves de corral, lácteos, productos de mar, legumbres, semillas, nueces, son fuentes de compuestos que tienen efecto antihipertensivo, la mayoría de ellos han demostrado actividades inhibitorias *in vivo* en ratas hipertensas y en humanos, el compuesto bioactivo principal lo componen péptidos, compuestos fenólicos (flavonoides, catequinas, flavonoles, polifenoles, antocianinas, ácidos fenólicos y taninos), algunos polisacáridos, saponinas, esteroides, pigmentos, minerales, fibra, vitaminas C y E en los granos, verduras y frutas (Huang et al, 2013).

Los péptidos con bioactividad, pueden ser producidos a partir de la proteína de la leche por vía enzimática, fermentativa y microorganismos proteolíticos (Korhonen & Pihlanto, 2006). Se ha investigado el efecto de péptidos bioactivos derivados de leche fermentada sobre la ACE, a tal punto que se ha demostrado reducción de la presión arterial por el consumo de yogur debido a la liberación de péptidos durante la actividad proteolítica de los lactobacilos; también se ha logrado caracterizar péptidos antihipertensivos por la fermentación de leche con diversos microorganismos o por acción de proteasas puras sobre la proteína de la leche (Shori & Baba, 2015); el *L.Bulgaricus* tiene mayor actividad proteolítica comparado con *S.Thermophilus* y, por lo tanto, los aminoácidos producidos por *L.Bulgaricus* son utilizados por *S.Thermophilus*. El contenido total de aminoácidos en el yogur es un equilibrio entre la asimilación por bacterias y la proteólisis (Shori & Baba, 2015),

Los alimentos provenientes del mar son una promesa como ingredientes funcionales, dentro de sus funcionalidad se encuentran efectos antihipertensivos, antimicrobianos, antioxidantes, antidiabéticos, anticoagulantes y anticancerígenos (Saleh, Zhang, & Shen, 2016). Muchas de las investigaciones desarrolladas actualmente buscan péptidos antihipertensivos en peces y mariscos, muchos de ellos han demostrado que tienen efecto antihipertensivo en ratas; un aislado de la salsa de ostras fermentado, demostró su efecto antihipertensivo con dosis de 10mg/kg disminuyendo la presión arterial en 27 mm Hg a las 4 horas después de la administración del aislado (Saleh et al., 2016). Por otra parte se evaluó el efecto antihipertensivo de péptidos de salmón, mostrando una reducción

significativa en la presión arterial sistólica en ratas hipertensas a una dosis de 30mg/kg de peso corporal hasta llegar a 300mg/kg de peso, esto sin reflejar diferencia significativa (Saleh et al., 2016).

Al igual que muchas industrias de procesamiento de alimentos, la industria de productos de mar genera volúmenes significativos de desechos orgánicos; en este flujo orgánico se investiga actualmente para la obtención de péptidos bioactivos, se ha demostrado que hidrolizados de proteínas tienen efecto inhibitorio en ACE y efecto antihipertensivo en ratas (Harnedy & FitzGerald, 2012).

En vegetales como ajo, algas marinas, trigo sarraceno, brócoli y hongos comestibles se han obtenido péptidos antihipertensivos, los métodos de extracción son relativamente sencillos, usando como solventes el agua o metanol; la mayoría de péptidos se han observado en los hongos comestibles como el *Pleurotus cornucopiae* (García, Puchalska, Esteve, & Marina, 2013). En frijol mungo y arroz se utilizó alcalasa para obtener péptidos que demostraron su efecto antihipertensivo en ratas; el garbanzo, caupí, cacahuete y el amaranto también se trabajaron con alcalasas y se obtuvieron péptidos inhibidores de ACE (García et al., 2013). La tilapia del Nilo, *Oreochromis niloticus*, es una de las especies más cultivada en agua dulce en el mundo, como todas las industrias alimentarias generan aproximadamente un 60% de subproductos; entre ellos la piel, cabezas, huesos y aletas; estos subproductos contienen en su composición proteína; así por ejemplo la piel es una rica fuente de colágeno y gelatina que luego de ser calentada a 45°C o más, el colágeno se convierte en gelatina, luego la hidrólisis enzimática de la gelatina genera péptidos bioactivos con efecto antihipertensivo (Choonpicharn, Jaturasitha, Rakariyatham, Suree, & Niamsup, 2014).

Los huevos son una fuente económica de proteína, además de su bien conocido valor nutricional, el huevo es también una rica fuente de péptidos bioactivos. La ovotransferrina, una glicoproteína ligante de hierro, contribuye con un 13% de la proteína total en la clara de huevo, se han identificado tres péptidos vía enzimática de la ovotransferrina con propiedades inhibitorias de la ACE (Majumder et al., 2015).

1.9. Vías para la obtención de péptidos antihipertensivos

1.9.1. Hidrólisis enzimática

Es la forma más común de producir péptidos bioactivos a través de hidrólisis enzimática, empleando enzimas gastrointestinales (pepsina y tripsina); la tripsina comúnmente produce

péptidos que inhiben la enzima convertidora de angiotensina (ACE) (Applicata, Amendola, & Ace-inhibitory, 2004). Otras enzimas digestivas en diferentes proporciones como quimotripsina, pancreatina, pepsina, termolisina y alcalasas, así como enzimas de origen bacteriano y fúngicas han sido empleadas para la producción de péptidos bioactivos a partir de diversas proteínas (Kilara & Panyam, 2003); esto implica someter las fuentes proteicas a una o varias enzimas, generalmente a la temperatura óptima y las condiciones para cada proteasa; en general no hay proteínas o enzimas específicas para generar péptidos antihipertensivos, sin embargo una proteína más fácil de digerir producirá un mayor rendimiento de péptidos, los péptidos de bajo peso molecular pueden tener mayor efecto antihipertensivo cuando se compara con péptidos de alto peso molecular (Aluko, 2015).

1.9.2. Fermentación microbiana

Un gran número de cultivos lácteos iniciadores utilizados en la industria son altamente proteolíticos, el sistema proteolítico de las bacterias ácido lácticas como por ejemplo, *Lactococcus lactis*, *Lactobacillus helveticus* y *Lb. delbrueckii ssp. bulgaricus*, ya está bien caracterizado. Este sistema consta de una proteinasa unida a la pared de la célula y un número de peptidasas intracelulares diferentes, entre ellas, endopeptidasas, aminopeptidasas, tripeptidasas y dipeptidasas (Korhonen & Pihlanto, 2006).

Los péptidos generados por vía fermentativa microbiana, poseen actividad inhibitoria de la enzima angiotensina, es decir, son antihipertensivos, antioxidantes y antimicrobianos; entre los microorganismos identificados se encuentra *Lb helveticus*, utilizado como cultivo iniciador en la fabricación de productos lácteos fermentados, esta cepa es altamente proteolítica. Los péptidos inhibidores de la enzima convertidora de angiotensina más conocidos son: Val-Pro-Pro (VPP) y Ile-Pro-Pro (IPP), y ellos se han identificado en leches fermentadas con cepas de *Lb helveticus* (Korhonen & Pihlanto, 2006).

1.10. Péptidos de la leche con actividad antihipertensiva

Estudios epidemiológicos sugieren que la ingesta diaria de leche y derivados lácteos está relacionado con un menor riesgo de hipertensión, el alto contenido de minerales (magnesio, calcio y potasio) pueden reducir la presión arterial. Los productos hidrolizados de la

proteína de la leche también tienen efecto antihipertensivo (Hsieh et al, 2015). La enzima convertidora de angiotensina (ACE) actúa como una de las principales reguladoras de la presión arterial, por tal motivo actualmente es considerada como una estrategia para controlar la tensión arterial. Los péptidos lácteos han demostrado actividad inhibidora de ACE, la experimentación se ha llevado a cabo con ratas espontáneamente hipertensas (SHR) y humanos hipertensos, la secuencia de los péptidos, las dosis, y la disminución de la presión arterial sistólica (SBP) han sido resumidos en muchos artículos (Hsieh et al, 2015).

El hidrolizado obtenido por la acción de la pepsina sobre la caseína, que contiene el péptido α_{s1} - caseína - péptidos derivados RYLGY y AYFYPEL, han sido patentados y comercializados bajo el nombre de Lowpept, sus propiedades antihipertensivas fueron demostradas en ratas y humanos hipertensos (Hsieh et al, 2015), en la Tabla 1, se relacionan los productos lácteos que contienen péptidos con actividad antihipertensiva probada.

Tabla 1. Productos lácteos que contienen péptidos antihipertensivos probados y patentados (Hsieh et al. 2015).

Commercial name	Obtention process	Protein source	Active sequence(s)	Publication number [reference]
Peptide C12	Hydrolysis with trypsin	α_{s1} -Casein	FFVAPFPEVFGK	JP62270533 [31]
Biozate	Hydrolysis with trypsin	Whey proteins	Whey peptides	US6998259 [157]
Lowpept	Hydrolysis with pepsin	α_{s1} -Casein	RYLGY, AYFYPEL	WO2005012355 [158]
Calpis	Fermentation	β -Casein	VPP, IPP	US5449661A [37, 38]
Evolus	Fermentation	β -Casein	VPP, IPP	US6972282 [159]

1.11. Análisis de perfil de textura (TPA)

El centro técnico de la corporación general de alimentos en los Estados Unidos, fue el pionero en las pruebas de TPA, estas pruebas consisten en comprimir un trozo de alimento dos veces en una secuencia que imita la acción de la mandíbula humana, partiendo de esta secuencia se grafican los datos fuerza vs tiempo; de allí surgen los parámetros texturales que hoy conocemos como: dureza, cohesividad, elasticidad, adhesividad, fracturabilidad, masticabilidad y gomosidad. La Figura 10 muestra una curva típica de **TPA** generada por un texturómetro; allí se registran dos ciclos de compresión, denominados primera mordida y segunda mordida; el primer ciclo inicia en el punto **A** y el segundo ciclo en el punto **B**; la

fuerza máxima que se alcanza en el primer ciclo se denomina **dureza** (hardness), la fracturabilidad es la fuerza de ruptura que se aprecia en el primer ciclo de compresión antes de la dureza y que observamos como una línea discontinua en la Figura 10. La relación de áreas de fuerzas positivas bajo la primera y segunda compresiones (A_2/A_1) se define como **cohesividad**, el área de fuerza negativa ubicada en el primer ciclo de compresión (A_3) se define como **adhesividad** y representa el trabajo requerido al retirar el embolo de compresión de la muestra. La distancia a la que el alimento recupera su altura durante el tiempo que transcurre entre el final del primer ciclo de compresión y el comienzo del segundo ciclo de compresión (**BC**) se define como **elasticidad** (Bourne, 2002), sobre este parámetro existen variaciones para su medición, Fiszman y Damásio propusieron determinar la elasticidad como la relación de la distancia (**b/a**) que se registra en la Figura 11 (Fiszman, Pons, & Damásio, 1998). La **gomosidad** se determinó a partir del producto de los parámetros dureza y cohesividad (**dureza x cohesividad**) y se define como la energía necesaria para desintegrar un alimento semisólido hasta una fase de preparación para deglución; la **masticabilidad** se determinó mediante el producto de la gomosidad y elasticidad (**gomosidad x elasticidad**) equivalente al producto triple de la dureza, cohesividad y elasticidad (**dureza x cohesividad x elasticidad**) y se define como la energía necesaria para masticar un alimento sólido. (Bourne, 2002).

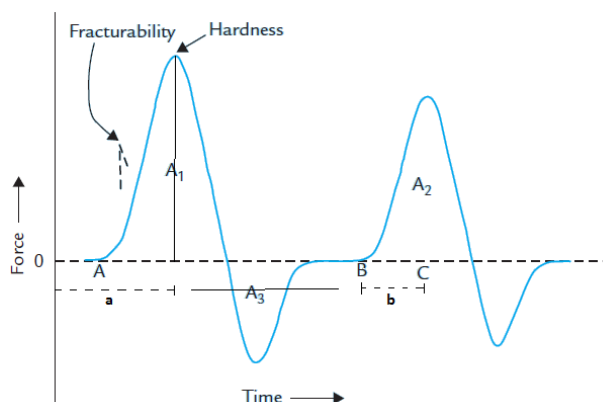


Figura 11. Gráfica típica para un análisis de perfil de textura (TPA) (Bourne 2002).

1.12. Prueba Hedónica Sensorial

La evaluación sensorial realizada por un panel sensorial entrenado describe los productos lo más objetivamente posible; pero para obtener información sobre los gustos de los

consumidores, se requieren varios tipos de estudios con consumidores (Naes, Brockhoff, & Tomic, 2010). La vinculación de estos dos tipos de análisis es de especial importancia, ya que el interés radica en entender cuáles son los principales motivos de la elección o preferencia de un producto alimenticio, como por ejemplo la aceptación de un producto por su dulzor u otra característica sensorial, o por atributos extrínsecos como una excelente información registrada en el rotulo del alimento o un empaque que genere mayor impacto visual (Naes et al., 2010). Un panel sensorial se selecciona sobre la base de la capacidad de los jueces sensoriales para detectar y medir las características sensoriales de los productos alimentarios, un estudio de consumidores se basa en los resultados de los consumidores que se extraen aleatoriamente de una población determinada; en algunos casos se pueden seleccionar consumidores que habitualmente consumen un producto alimentario en particular, o se puede decidir realizar un muestreo sistemático con el objeto de garantizar una distribución de una variable demográfica (Naes et al., 2010). El número de consumidores para este tipo de estudio debe estar al menos entre 100 y 150 personas (Naes et al., 2010).

Las pruebas hedónicas se emplean para medir el nivel de agrado de un producto, para desarrollar estas pruebas se utilizan escalas categóricas, que generalmente incluyen desde un “me gusta muchísimo”, pasando por un “me gusta”, seguido de un “me es indiferente” pasando luego por un “no me gusta” hasta llegar a un “me disgusta muchísimo”, los jueces seleccionan su nivel de agrado para cada muestra escogiendo la categoría apropiada para la muestra evaluada; para el análisis de los datos se asigna a las categorías puntajes numéricos, se tabulan y se analizan mediante un análisis de varianza para determinar si existen diferencias estadísticas significativas en las medias de los puntajes asignados a las muestras evaluadas (Watts, 1995).

2. ANTECEDENTES

Los hidratos de carbono consumidos en exceso están relacionados con trastornos de caries dental, diabetes y obesidad; reemplazar la sacarosa y jarabe de maíz por polioles en las formulaciones de confitería, le aportaría dulzor medio, niveles calóricos bajos y adicionalmente la ventaja relacionada con la desaparición del riesgo de caries dental asociado con los hidratos de carbono (Herrera et al, 2010).

Una dieta acorde a las necesidades personales puede reducir los riesgos relacionados con el padecimiento de enfermedades, en razón a lo anterior, la ciencia de los alimentos y la nutrición tiene claro el papel que representa la dieta y el efecto que causa sobre las funciones del cuerpo. Este nuevo concepto relaciona la categoría de los alimentos funcionales y sus componentes bioactivos que deben ser protegidos durante la etapas de elaboración de un producto procesado, para este propósito es necesario desarrollo de nuevas tecnologías para su aplicación (Torruco-Uco et al., 2008).

En la actualidad la compañía Valio LTD International (Finlandia), desarrolló un producto a finales del año 2000 denominado Evolus™, combinación de *Lactobacillus helveticus* y minerales, esta cepa hidroliza la proteína láctea formando péptidos bioactivos con secuencia IPP (isoleucina, prolina, prolina) y VPP (valina, prolina, prolina), tripéptidos que inhiben la enzima convertidora de angiotensina; Vita Corporación Alimentaria (España), desarrollo un producto denominado Vita Kaiku, ambos productos son leches fermentadas y presentan efectos benéficos sobre la tensión arterial. En la Figura 12 se observan diversos productos que existen en el mercado Europeo (a, b y c), en Japón (d) y en Estados Unidos de América (e), todos con efecto antihipertensivo (Torruco-Uco et al., 2008).



Figura 12. Productos que presentan actividad antihipertensiva (Dziuba & Dziuba, 2014).

Los productos desarrollados por las compañías que elaboran productos funcionales, requieren el aval de las autoridades sanitarias propias de cada país, para posterior comercialización, sin embargo, su disponibilidad en el mercado es limitada, los investigadores muestran gran interés en los péptidos bioactivos, indicando a futuro, un crecimiento en la oferta de estos productos (Dziuba & Dziuba, 2014). Existen en el mercado una serie de productos funcionales y de promoción de la salud, que contienen en su formulación péptidos bioactivos de origen lácteo, que afirman tener efectos antihipertensivos, antimicrobianos y propiedades anticancerígenas. Industrialmente, péptidos antihipertensivos se incluyen en productos lácteos (Evolus, péptido Sopa EX, calpis), goma de mascar, pasta de dientes (Trident Xtra Care, MI Paste) y suplementos alimenticios (Lacprodan, Ameal pb, Recaldent, Capolac MM0525, Péptido Ameal). Los productos Evolus y Calpis con efecto antihipertensivo han sido probados en ensayos clínicos y en roedores; estos productos están clasificados como alimentos funcionales, contienen péptidos IPP, VPP, LKPNM, reconocidos como seguros para consumo humano (Dziuba & Dziuba, 2014). En la Tabla 2, se relacionan derivados de leche comerciales con propiedades funcionales con péptidos bioactivos.

Tabla 2. Derivados lácteos comerciales con efecto funcional y contenido de péptidos bioactivos (Dziuba & Dziuba, 2014).

Product, manufacturer	Product type	Bioactive peptides	Claimed pro-health/functional effect
1	2	3	4
Calpis Calpis Co., Japan	sour milk	Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro from β -casein and κ -casein	lowering of blood pressure
Evolus Valio Oy, Finland	fermented milk product enriched with calcium	Val-Pro-Pro, Ile-Pro-Pro from β -casein and κ -casein	lowering of blood pressure
BioZate Davisco, USA	hydrolysed isolate of whey proteins	β -lactoglobulin fragments	lowering of blood pressure
BioPURE-GMP Davisco, USA	whey proteins isolate	κ -casein f(106-169) (glycomacropeptide)	prevent dental caries, influence blood coagulability, antiviral, antibacterial
PRODIET F200/Lactium Ingredia, France	flavoured milk product, confectionery, capsules	Tyr-Leu-Gly-Tyr-Leu-Glu-Gln-Leu-Leu-Arg α_{s1} -casein f(91-100)	stress release effect
Festivo MIT Agrifood Research, Finland	hard cheese with reduced fat content	α_{s1} -casein f(1-9), α_{s1} -casein f(1-7), α_{s2} -casein f(1-6)	no effect
Peptides containing cystein DMV International, Holland	component hydrolysate	peptides from milk	helps to sleep well and be full of energy
C12 DMV International, Holland	component hydrolysate	peptides from caseins	lowering blood pressure
Capolac Arla Foods Ingredients, Sweden	component	caseinophosphopeptides	helps to absorb minerals
PeptoPro DSM Food Specialties, Norway	component hydrolysate	peptides from caseins	improvement of muscle strength and physical exercise capacity
Vivinal Alpha Borculo Domo Ingredients (BDI), Norway	component hydrolysate	peptides from whey proteins	helps to relax and sleep
Casein DP Peptio Drink Kanebo, Japan	drink	decapeptide from caseins FFVAPFFPEVFGK FFVAPFFPEVFGK	lowering of blood pressure
Tekkotsu Iryou Sumitry, Japan	drink	phosphopeptides from caseins	helps to absorb minerals
Kotsu Kotsu calcium Asahi, Japan	drink	phosphopeptides from caseins	helps to absorb minerals
CE90CPP DMV International, Holland	component	phosphopeptides from caseins	helps to absorb minerals
Glutamine peptides DMV International, Holland	milk proteins hydrolysate	peptides rich in glutamine	immunomodulating properties
Recaldent Cadbury Enterprises Pte Ltd.	chewing gum	phosphopeptides from caseins	prevent dental caries

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Los marmelos son productos aireados, espumas estables, de textura esponjosa, que contienen agentes espesantes o gelificantes.

Estos productos son matrices alimentarias potenciales para incluir polioles, fructooligosacáridos y compuestos bioactivos, con el objeto de generar beneficios para la salud. La inclusión de polioles para reducir posibles riesgos asociados al incremento de la presión arterial cuando en la formulación del producto se incluyen azúcares, y la adición de péptidos que reduzcan la presión arterial, con posibilidad para denominarlos como producto funcional listo para ocupar un nicho de mercado que demanda alimentos con estas características. Para lograr este beneficio en salud, se deben surtir etapas previas para denominarlo alimento funcional, y adicional a esto, se deben evaluar los efectos que causen los polioles, fructooligosacáridos y el péptido en la estructura del marmelo, determinar sus propiedades reológicas, texturales, y sensoriales para desarrollar un producto con las características similares a los ofertados en el mercado, incluyendo de esta manera las etapas experimentales que se deben realizar durante la innovación y desarrollo de productos alimentarios. Por lo tanto, se pretende responder la siguiente pregunta:

¿Cómo se afecta el comportamiento reológico, textural y sensorial al incluir polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en marmelos depositados?

4. JUSTIFICACIÓN

Las enfermedades cardiovasculares son señaladas por la Organización Mundial de la Salud como las responsables de 17 millones de muertes al año, relacionando la hipertensión con 9,4 millones de muertes. En nuestro país Colombia se estimó la prevalencia de hipertensión en el año 2011 en 7,29% y la tasa de mortalidad se estimó en 13,97% (Organización Mundial de la Salud, 2013), el gobierno nacional para solucionar la problemática definió como política de salud pública una meta hasta el año 2021 de reducir un 25% la hipertensión arterial en mayores de 25 años, a partir de la línea de base definida en el año 2014 (Pinilla Roa & Barrera Perdomo, 2006).

La Organización Mundial de la Salud recomienda una dieta saludable para contribuir con el bienestar de las personas minimizando el riesgo de sufrir problemas cardiovasculares. Esta recomendación conduce a la búsqueda de alimentos con propiedades funcionales que aporten nutrición y efectos terapéuticos en el ser humano. La industria alimentaria en esta búsqueda debe incluir tecnologías de procesamiento que no deterioren estas propiedades para mantener la bioactividad durante las etapas de procesamiento garantizando la estabilidad de los componentes (Organización Mundial de la Salud, 2013).

Los péptidos bioactivos en el área de alimentos funcionales son una promesa, la posibilidad de prevenir enfermedades alimentándose sanamente genera demandas y oportunidades de negocio en nichos de mercados especiales; el reto es encontrar materias primas que sean fuentes para su extracción y el desarrollo de alimentos para incorporar los péptidos extraídos (Organización Mundial de la Salud, 2013).

La posibilidad de no exponer personas hipertensas a la medicación durante toda su vida con fármacos que podrían producir efectos secundarios sobre la salud, es una opción atractiva para sobrellevar esta afección, manteniendo una alimentación sana e incluyendo en la dieta alimentos procesados o no, que ofrezcan la posibilidad de reducir la afección a niveles normales. Esta condición es el punto de partida para el diseño de productos alimentarios funcionales que posibiliten reducir a niveles significativos la presión arterial. Esta promesa es el motor fundamental para proponer la inclusión de péptidos bioactivos en alimentos procesados, en este caso particular se propone la incorporación de péptidos antihipertensivos de origen lácteo en mermeladas; la razón de incluirlos en esta matriz se debe a su estabilidad en almacenamiento, composición proteica de la matriz alimentaria, elaboración del producto a relativas bajas temperaturas y la posibilidad de dispersar el

péptido durante las etapas de elaboración del producto. De allí la importancia de este trabajo de investigación para evaluar los efectos que cause la inclusión de péptidos antihipertensivos en el producto elaborado.

5. HIPÓTESIS

- La incorporación de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos de origen lácteo en masmelos depositados, no afecta significativamente sus características reológicas, texturales y sensoriales.

6. OBJETIVOS

6.1. Objetivo General

Evaluar la inclusión de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos de origen lácteo en la formulación de un masmero depositado.

6.2. Objetivos Específicos

- Desarrollar un masmero depositado prototipo, incorporando polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación.
- Estimar las propiedades reológicas y texturales del masmero prototipo desarrollado, mediante pruebas de compresión uniaxial y análisis de perfil de textura.

7. MATERIALES Y MÉTODOS

7.1. Materiales

Los masmelos prototipo desarrollados están compuestos de: fructooligosacáridos (FOS – Ingredion), Maltitol (Ingredion), Jarabe de sorbitol (Ingredion), gelatina 270 Bloom (Cimpa), citrato de sodio (Cimpa), Sabor vainilla (Silesia), péptidos antihipertensivos (LOWPEPT®, Innaves Biotech).

Los prototipos se desarrollaron en la planta piloto de confitería del centro agropecuario de Buga, SENA Regional Valle del Cauca, las propiedades mecánicas de los masmelos prototipos y masmelo desarrollado, se determinaron en los laboratorios de la Escuela de Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle.

7.2. Metodología Experimental

7.2.1. Desarrollo de un masmelo prototipo con incorporación de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos en su formulación.

El desarrollo parte 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.

Las etapas de proceso para la elaboración de masmelos, relacionó una etapa de solubilización de fructooligosacáridos, 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 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 masmelo

con la ayuda de embudos sobre moldes de almidón seco con un contenido de humedad del 6%w/w, la Figura 13 ilustra las etapas de proceso.

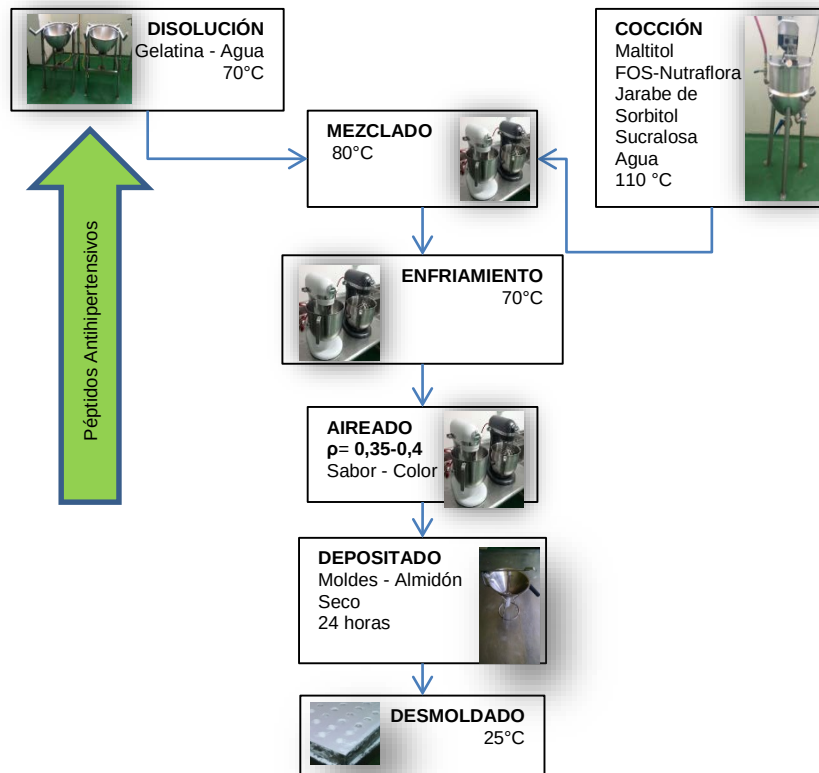


Figura 13. Diagrama de bloques para la elaboración de marmelos prototipos.

Se corrió un diseño experimental factorial mixto 3×2^2 , con tres réplicas (Tabla 3), 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 shimadzu ETZ, con un accesorio émbolo de 50mm de diametro, velocidad de desplazamiento de 20mm/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 $\epsilon_{HF}(t)$, a continuación se define cada variable:

$$\sigma(t) = \frac{F(t)}{A(t)} = \frac{F(t)}{\pi l_0^2} \times (l_0 - d(t)) \quad ; \quad \epsilon_{HF}(t) = \ln \left[\frac{l_0}{(l_0 - d(t))} \right]$$

Donde:

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

F : fuerza de compresión (N)

A : área de contacto transversal (m^2)

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)

Entonces ME, definida como la pendiente tiene las siguientes unidades:

$$ME = \Delta \sigma(t) / \Delta \epsilon_{HF} \text{ donde: } ME = \frac{\frac{N}{m^2}}{\frac{m}{m}} = \frac{N}{m^2} = Pa$$

Tabla 3. Diseño experimental factorial mixto 3×2^2 .

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)			

Una vez evaluado los efectos de los componentes sobre el módulo de elasticidad (ME), se procedió a evaluar el efecto de las formulaciones desarrolladas y el masmelo testigo (control) sobre el módulo de elasticidad (ME) mediante un diseño completamente al azar (DCA), (Tabla 4).

Tabla 4. 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

Seguidamente se indentificó el prototipo con el módulo de elasticidad (ME) cercano al masmelo testigo (comercial) y se procedió a optimizarlo mediante un diseño de mezclas con vértices extremos (Tabla 5).

Tabla 5. 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

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

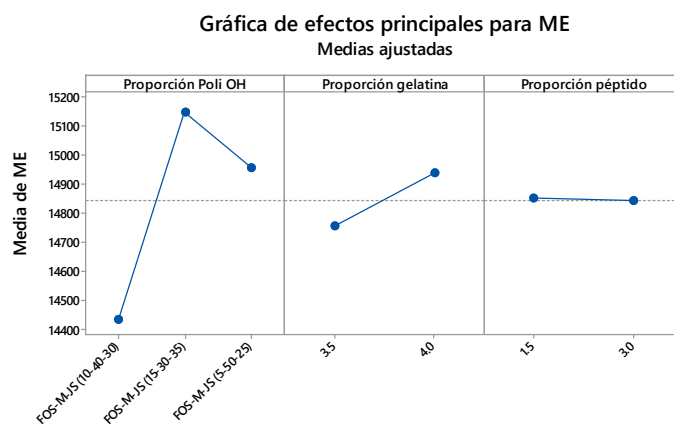
Se utilizó un texturómetro shimadzu ETZ, cuyas condiciones operativas y accesorios necesarios se seleccionaron en pruebas preliminares para determinar el módulo de elasticidad (ME) y perfil de textura (TPA). Los parámetros correspondientes al análisis de perfil de textura se corrieron con un accesorio émbolo de 50mm de diametro, a una velocidad de 50mm/min y una deformación del 50%, los masmelos tienen una altura de 20mm $\pm$ 1.05 mm y un radio de 12.5mm $\pm$ 0.5mm. Se estimó la dureza, elasticidad, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad. Se realizaron diez (10) réplicas para los ensayos de compresión uniaxial y perfil de textura.

Por último, el masmelo desarrollado, producto del diseño de mezclas, se evaluó sensorialmente mediante una prueba hedónica de cinco puntos; el masmelo testigo, dos marcas comerciales y el masmelo control fueron evaluados por 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.

8. RESULTADOS Y ANÁLISIS

8.1. Desarrollo de un masmero depositado prototipo, incorporando polialcoholes, fructoligosacáridos 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, 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 14 se observan los efectos principales de los factores evaluados sobre el ME de los prototipos desarrollados, la proporción de polialcoholes es el único factor principal que presenta diferencia estadística, el Anexo 1 registra las determinaciones experimentales y el Anexo 2 reporta el ANAVA para el arreglo factorial.



Todos los términos que se muestran están en el modelo.

Figura 14. Efectos principales de los factores evaluados sobre ME de los prototipos desarrollados.

La Figura 15 relaciona los intervalos para las medias de los ME de los prototipos desarrollados, y masmero control. El factor proporción de polialcoholes en el DCA causó efecto estadístico significativo sobre el ME ($p < 0.05$), 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 masmero control, la proporción de polialcoholes FOS-M-JS (10-40-30) si presentó diferencia estadística significativa con el masmero control; el Anexo 3 registra las determinaciones experimentales de los ME y el Anexo 4 reporta el ANAVA y test de Tukey 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.

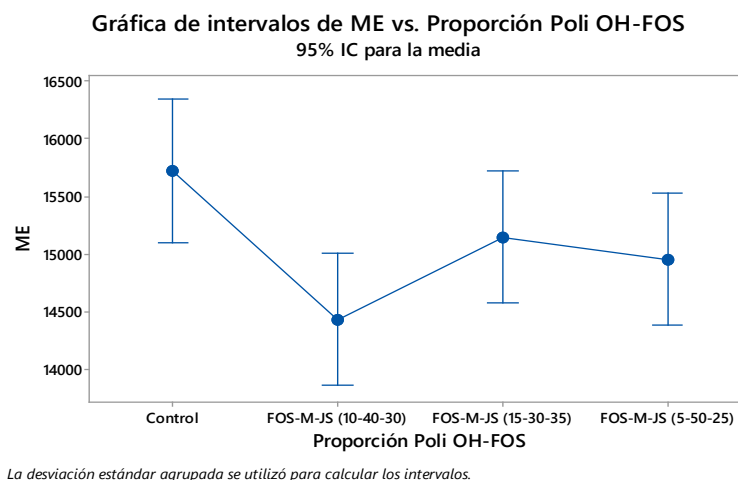


Figura 15. Intervalos de medias de los ME de los prototipos desarrollados, proporción de polialcoholes y masmelo control.

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 16 y 17 relacionan el gráfico de contorno y la superficie de respuesta respectivamente; el Anexo 5 registra las determinaciones experimentales para el diseño de mezclas y el Anexo 6 reporta el ANAVA para el diseño de mezclas de los prototipos desarrollados.

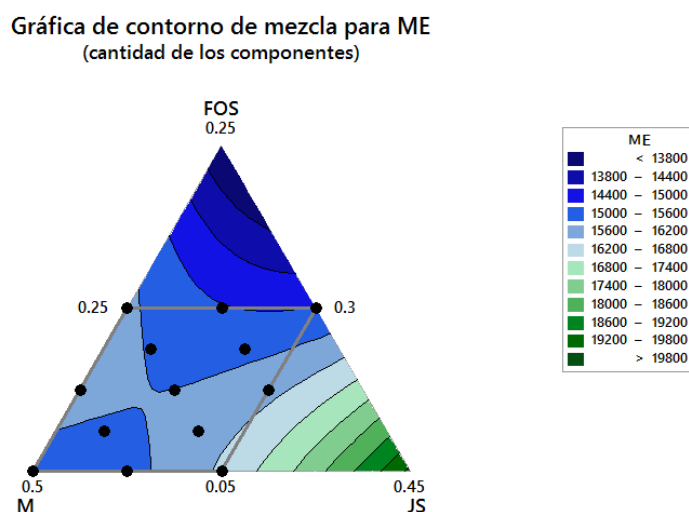


Figura 16. Gráfico de contorno y distribución de vértices extremos.

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

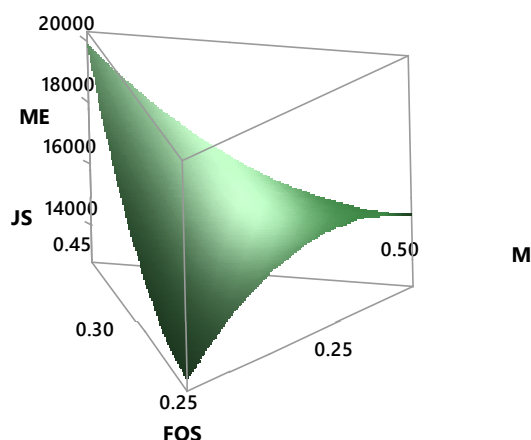


Figura 17. Superficie de respuesta, diseño de mezclas con vértices extremos.

La optimización de las proporciones de polialcoholes en la formulación del masmero desarrollado para alcanzar el ME del masmero control (15.7 Kpa) se detalla en la Figura 18.

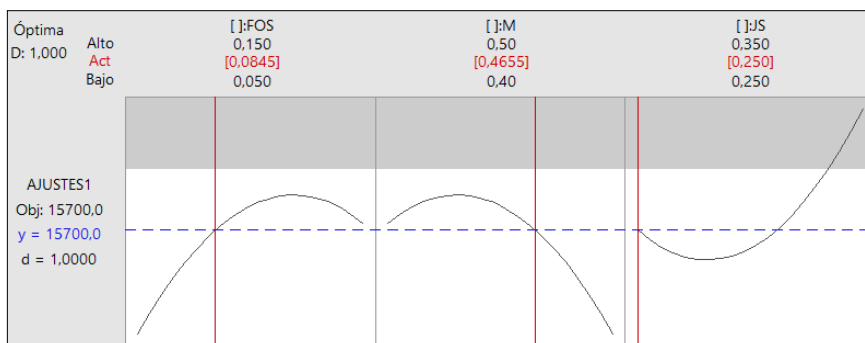


Figura 18. Optimo global para la formulación del masmero con inclusión de polialcoholes y péptidos antihipertensivos.

Una vez determinadas las proporciones de polialcoholes, se elaboró el masmero y se realizaron las mediciones del ME (15.67 ± 0.67 Kpa), se comparó con el ME del masmero 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 19 relaciona las medias de ME para el masmero control y masmero desarrollado, el Anexo 8 reporta el ANAVA y test de Tukey para los ME.

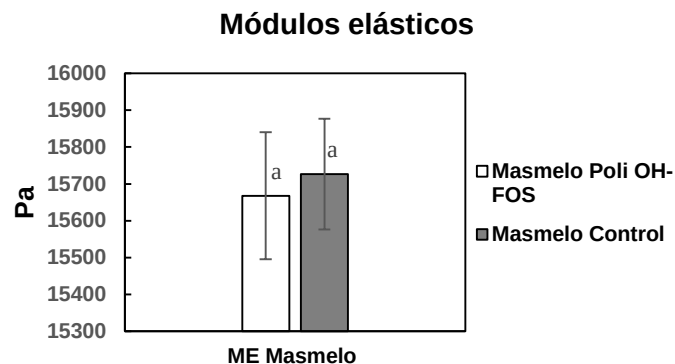


Figura 19. Gráfica de módulos de elasticidad ME para el masmelo control y masmelo desarrollado.

Ensayos característicos de compresión uniaxial para el masmelo control y el masmelo desarrollado con inclusión de polialcoholes y peptidos antihipertensivos, se encuentran representados en la Figura 20.

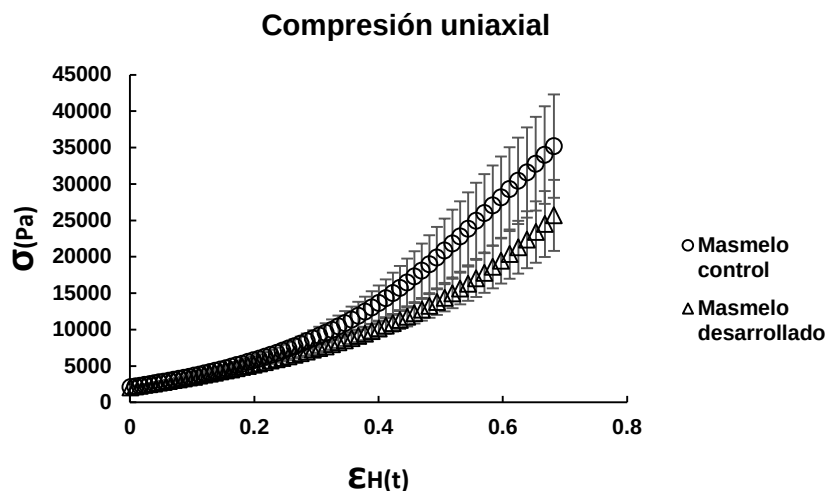


Figura 20. Gráfica característica de ensayos de compresión uniaxial para el masmelo control y masmelo desarrollado, siendo σ (Pa) el esfuerzo verdadero en pascales y $\epsilon_H(t)$ la deformación de Hencky.

8.2. 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 un análisis de varianza unidireccional entre ambos masmelos

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 6 se relacionan las medias de los parámetros estimados, los anexos 11 al 16 reportan los ANAVAS y los test de Tukey para los parámetros del perfil de textura del masmelo control y masmelo desarrollado.

Tabla 6. Parámetros TPA para masmelo desarrollado y masmelo control.

MASMELOS	Elasticidad (mm/mm)		Cohesividad (mm²/ mm²)		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

La Figura 22 muestra las medias y las comparaciones de Tukey para los parámetros dureza y gomosidad del masmelo control y el masmelo desarrollado.

Determinaciones de dureza estimadas por (Tan & Lim, 2008) mediante doble compresión en una máquina de ensayos Instron, reportó valores desde 2.05N en un tiempo cero, hasta una dureza de 35.23N en la semana veinticinco de almacenamiento. Por otra parte, (Taylor, 2007) determinó dureza de masmelos desde 2.8N en el tiempo cero, hasta 27.33N en la semana veintidos de almacenamiento.

Masmelos elaborados con inclusión de isomaltulosa, jarabe de glucosa y jarabe de fructosa en diferentes combinaciones, como sustituto de sacarosa, registraron niveles de dureza desde 4.97N hasta 27.1N para niveles con 4% de gelatina de 220 Bloom (Periche et al., 2015). La dureza del masmelo desarrollado (9.08N) se encuentra dentro de los rangos estimados por Tan (2008), Taylor (2007) y Periche (2015).

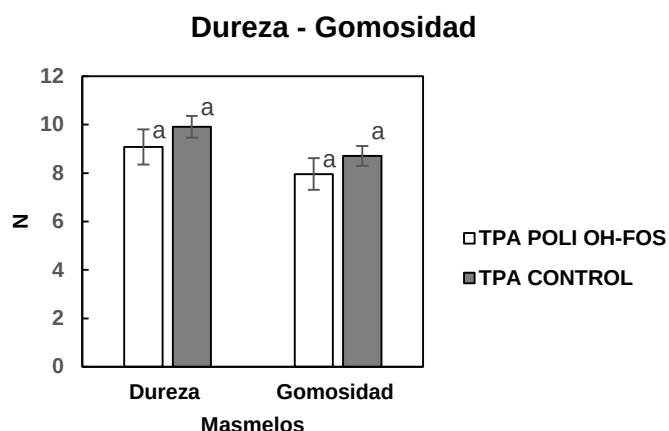


Figura 21. Gráfica dureza-gomosidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.

Los datos de dureza reportados por Taylor y Periche se tomaron de las gráficas reportadas mediante el software GetData Graph Digitizer.

La gomosidad reportada por (Periche et al., 2015) parte desde 5.8N hasta 16.09N; la gomosidad estimada para el masmelo desarrollado fue de 7.96N, encontrándose dentro de este rango. Los datos de gomosidad reportados por Periche et al (2015) se tomaron de las gráficas reportadas mediante el software GetData Graph Digitizer.

La Figura 23 muestra las medias y comparaciones de Tukey de los parámetros adhesividad y masticabilidad del masmelo control y el masmelo desarrollado. La literatura revisada no reportó datos de adhesividad y masticabilidad en masmelos.

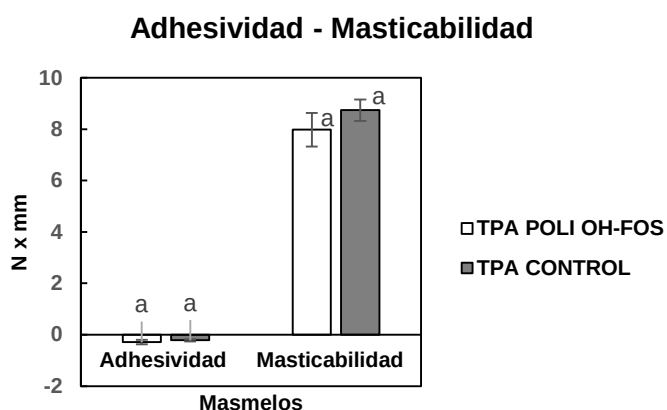


Figura 22. Gráfica adhesividad-masticabilidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.

La Figura 24 muestra las medias y comparaciones de Tukey de los parámetros cohesividad del masmelo control y el masmelo desarrollado.

Datos de cohesividad reportados por Periche et al (2015) se establecieron desde 0.25 para el masmelo control y 0.73 a 0.88 para los masmelos con inclusión de isomaltulosa, jarabe de fructosa y jarabe de glucosa. La cohesividad del masmelo desarrollado fue de 0.87, encontrándose dentro de los valores estimados por Periche et al (2015). Los datos de cohesividad reportados por Periche se tomaron de las gráficas reportadas mediante el software GetData Graph Digitizer.

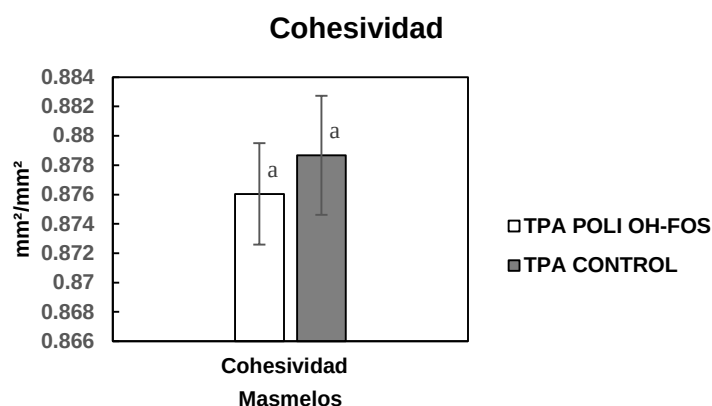


Figura 23. Gráfica cohesividad para los masmelos control y prototipo desarrollado.

La Figura 25 muestra las medias y comparaciones de Tukey para los parámetros elasticidad del masmelo control y el masmelo desarrollado. Valores de elasticidad reportados por Periche et al (2015) parten 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. El valor estimado para el masmelo desarrollado es mayor (1.0023); debido posiblemente a la inclusión de gelatina con mayor grado bloom (270) aportando mayor elasticidad y estabilidad de la espuma en la formulación. Los datos de elasticidad estimados por Periche se tomaron de las gráficas reportadas mediante el software GetData Graph Digitizer.

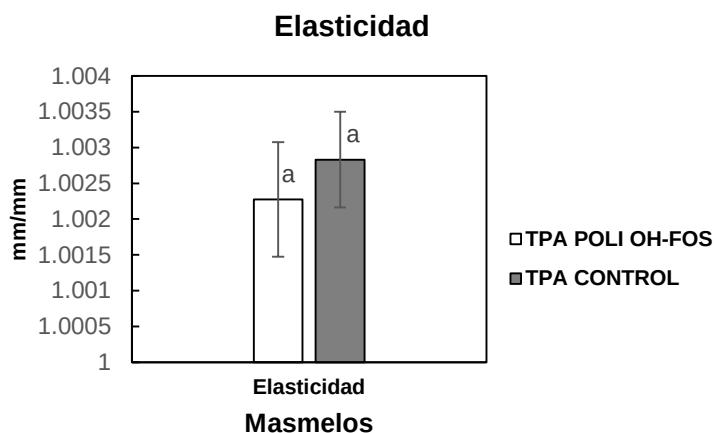


Figura 24. Gráfica elasticidad para los masmelos control y prototipo desarrollado.

La Figura 26 muestra las curvas típicas de TPA para el masmelo control y el masmelo desarrollado con inclusión de polialcoholes y peptidos antihipertensivos.

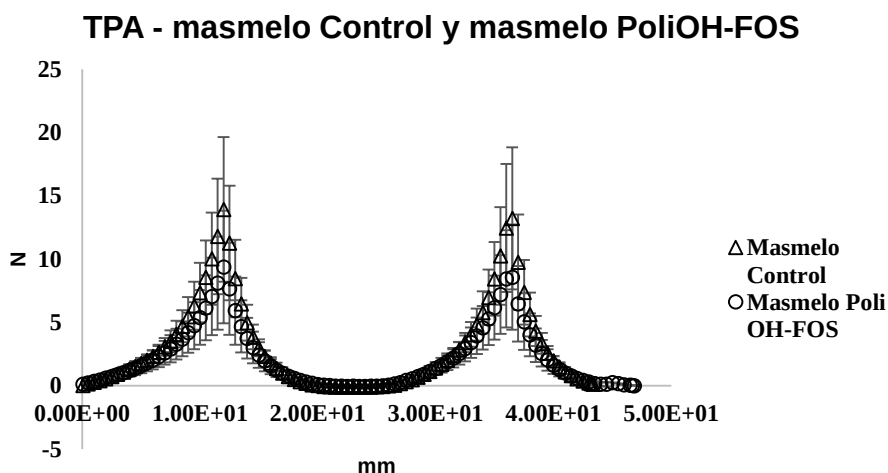


Figura 25. Gráfica TPA para los masmelos control y prototipo desarrollado.

Los resultados antes mencionados permiten inferir que el masmelo desarrollado presenta propiedades comparables y aceptables, propiedades como la dureza, cohesividad y gomosidad se encontraron dentro de los rangos característicos para un masmelo depositado. Los valores estimados para el módulo elástico, adhesividad y elasticidad fueron estimados instrumentalmente y aceptados sensorialmente mediante una prueba hedónica. Por último, El análisis de varianza de la prueba sensorial hedónica, determinó las formulaciones que causaron efecto estadístico significativo sobre la evaluación sensorial

($p < 0.05$); la Figura 21 establece las comparaciones entre las medias de la evaluación sensorial emitida por los jueces.

El masmelo control se codificó con el número 336, el masmelo con inclusión de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos se codificó con el número 652, los masmelos con códigos 146 y 729 son dos marcas comerciales, los masmelos que presentaron diferencia estadística significativa fueron: 146-729 y 652-729. El masmelo control 336 y el masmelo con inclusión de polialcoholes, fructooligosacáridos y péptidos antihipertensivos 652 no presentaron diferencia estadística significativa, el Anexo 9 registra las calificaciones emitidas por los jueces, el Anexo 10 reporta el ANAVA y test de Tukey

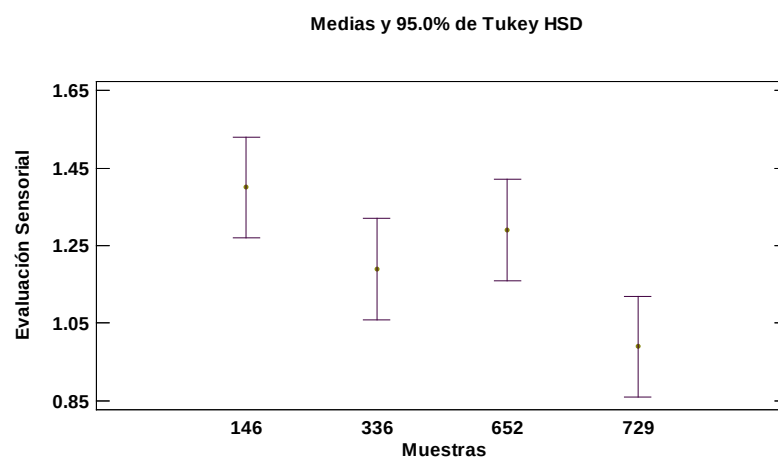


Figura 26. Gráfica de comparación entre las medias de la evaluación sensorial emitida por los jueces.

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

9. 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 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.
- Las proporciones de gelatina incluidas en las formulaciones de los masmelos prototipos desarrollados, estuvieron en los niveles de inclusión que permitieron alcanzar el módulo elástico del masmelo control.
- Las proporciones de maltitol, sorbitol y fructoligosacáridos en la formulación de los masmelos prototipos desarrollados, son los responsables de la elasticidad en el masmelo.
- Las proporciones 8.45% de fructoligosacárido, 46.55% de Maltitol y 25% de jarabe de sorbitol, fueron las cantidades estimadas para la formulación del masmelo desarrollado que lograron igualar el módulo elástico y el perfil de textura del masmelo control.
- Es posible incluir polialcoholes y péptidos antihipertensivos en los niveles de inclusión evaluados en este trabajo, manteniendo las características sensoriales propias de un masmelo comercial.
- La prueba sensorial hedónica determinó que el masmelo desarrollado y el masmelo control obtuvieron calificación en la categoría “me gusta” sin presentar diferencia estadística.

BIBLIOGRAFÍA

- Aluko, R. E. (2015). Antihypertensive Peptides from Food Proteins. *Annu. Rev. Food Sci. Technol*, 6, 235–62. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-022814-015520>
- Anderson, G. H., & 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>
- Applicata, M., Amendola, V. G., & Ace-inhibitory, K. (2004). *Angiotensin I- converting - enzyme -inhibitory and antimicrobial bioactive peptides*. (Vol. 57).
- Bourne, M. (2002). *Food Texture and Viscosity*. (S. L. Taylor, Ed.) (Second edi). Geneva, NY, USA: Food Science and Technology. International Series.
- Chen, L., Caballero, B., Mitchell, D. C., Loria, C., Lin, P., Champagne, M., ... Appel, L. J. (2013). Reducing Consumption of Sugar-Sweetened Beverages Is Associated With Reduced Blood Pressure: A Prospective Study Among United States Adults. <https://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.109.911164>
- Choonpicharn, S., Jaturasitha, S., Rakariyatham, N., Suree, N., & Niamsup, H. (2014). Antioxidant and antihypertensive activity of gelatin hydrolysate from Nile tilapia skin. *Journal of Food Science and Technology*. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1581-6>
- Concha, J. R. (2013). Colombia en el mundo de la confitería y la chocolatería. Retrieved January 18, 2017, from <http://www.americaeconomia.com/analisis-opinion/colombia-en-el-mundo-de-la-confiteria-y-la-chocolateria>
- DiNicolantonio, J. J., & Lucan, S. C. (2014). The wrong white crystals: not salt but sugar as aetiological in hypertension and cardiometabolic disease. *Open Heart*, 1, e000167. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2014-000167>
- Dziuba, B., & Dziuba, M. (2014). Milk proteins - derived bioactive peptides in dairy products: molecular, biological and methodological aspects. *Acta Scientiarum Polonorum*, 13(1), 5–25.
- Edwards, W. P. (2000). *The science of sugar confectionery* (First). Cambridge: (R.S.C), Royal Society Of Chemistry.
- Engberink, M. F., Hendriksen, M. A. H., Schouten, E. G., Van Rooij, F. J. A., Hofman, A., Witteman, J. C. M., & 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>
- Exalto, L. G., Quesenberry, C. Q., Zhou, J., Exalto, L., Lu, W., & Whitmer, R. (2014). Elevated Blood Pressure in Young Adulthood To Midlife and Risk of Alzheimer's Disease. *Alzheimer's & Dementia*, 10(4), P202–P203. <https://doi.org/10.1016/j.jalz.2014.04.252>
- Feber, J., & Ahmed, M. (2010). Hypertension in children: new trends and challenges. *Clinical Science (London, England : 1979)*, 119(4), 151–161. <https://doi.org/10.1042/CS20090544>
- Fiszman, S. M., Pons, M., & DamÁSio, M. H. (1998). New Parameters for Instrumental Texture Profile Analysis: Instantaneous and Retarded Recoverable Springiness. *Journal of Texture Studies*, 29(5), 499–508. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1998.tb00179.x>
- García, M. C., Puchalska, P., Esteve, C., & Marina, M. L. (2013). Vegetable foods: A cheap source of proteins and peptides with antihypertensive, antioxidant, and other less occurrence bioactivities. *Talanta*, 106, 328–349. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2012.12.041>
- Ghosh, S., & Sudha, M. L. (2012). A review on polyols: new frontiers for health-based bakery products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 63(3), 372–379. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.627846>
- Harnedy, P. A., & FitzGerald, R. J. (2012). Bioactive peptides from marine processing waste and shellfish: A review. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 6–24. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.09.001>
- Herrera, A. R., Ojeda, D. A. M., Alvarado, M. S., Ortíz, J. D., & Perez, P. (2010). Desarrollo de formulaciones de productos de confitería de bajo aporte calórico utilizando alcoholes polihídricos como edulcorantes. *XII Congreso Nacional de Ciencia Y Tecnología de Alimentos*, 1, 20.
- Hong Li, G., Ren Qu, M., Zhen Wan, J., & Ming You, J. (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 Suppl 1(Suppl 1), 275–280. <https://doi.org/10.6133/apjcn.2007.16.s1.52>
- Hsieh, C., Hernández-ledesma, B., Fernández-tomé, S., Weinborn, V., Barile, D., María, J., ... Bell, D. M. (2015). Milk Proteins , Peptides , and Oligosaccharides : Effects against the 21st Century Disorders. *BioMed Research International*, 2015(1), 16.

- Retrieved from <http://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/146840/>
- Huang, W.-Y., Davidge, S. T., & Wu, J. (2013). Bioactive natural constituents from food sources-potential use in hypertension prevention and treatment. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 53(6), 615–30.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2010.550071>
- ICONTEC. (2008). NTC 5592 - Productos alimenticios. Gomas, jaleas y masmelos.
- Industria Alimenticia. (2012). Confitería en América Latina. *Industria Alimenticia*, 1(1), 6.
Retrieved from <http://www.industriaalimenticia.com/articles/86252-confiteria-en-america-latina>
- Ingredion USA. (2013). *NutrAFLORA — Delivers the most effective , pure prebiotic fiber benefits*. Westchester, IL 60154.
- Ingredion USA, I. (2012). NUTRAFLORA® Tolerance Studies in Adults, 19.
- Kilara, A., & Panyam, D. (2003). Peptides From Milk Proteins and Their Properties
Peptides From Milk Proteins. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 43(6), 607–633. <https://doi.org/10.1080/10408690390251138>
- Korhonen, H., & Pihlanto, A. (2006). Bioactive peptides: Production and functionality. *International Dairy Journal*, 16(9), 945–960.
<https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2005.10.012>
- La Nota.com. (2015). Ranking 2015 sector chocolates y confitería de Colombia | CONFIDENCIAS. Retrieved January 18, 2017, from <http://lanota.com/index.php/CONFIDENCIAS/Ranking-2015-sector-chocolates-y-confiteria-de-Colombia.html>
- Majumder, K., Chakrabarti, S., Morton, J. S., Panahi, S., Kaufman, S., Davidge, S. T., & Wu, J. (2015). Egg-derived ACE-inhibitory peptides IQW and LKP reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rats. *Journal of Functional Foods*, 13, 50–60.
<https://doi.org/10.1016/j.jff.2014.12.028>
- Malik, A. H., Akram, Y., & Shetty, S. (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>
- Mejía, J. (2014). Plantas industriales de alto desempeño en Colombia - Dinero.com. Retrieved May 31, 2015, from <http://www.dinero.com/edicion-impresa/informe-especial/articulo/plantas-industriales-alto-desempeno-colombia/198889>
- Minifie, B. W. (1989). *Chocolate, Cocoa, And Confectionery: Science and Technology*. (P.

- D. Bernard W. Minifie, Ed.) (Third). Hayward, California: Reinhold, Van Nostrand.
- Mitchell, H. (2007). *Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology*. <https://doi.org/10.1002/9780470996003>
- Naes, T., Brockhoff, P. B., & Tomic, O. (2010). *Statistics for sensory consumer science*. United Kindom: John Wiley & Sons Ltd.
- Nguyen, S., Choi, H. K., Lustig, R. H., & 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>
- Organización Mundial de la Salud. (2013). Información general sobre la hipertensión en el mundo, 1–39. Retrieved from http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/87679/1/WHO_DCO_WHD_2013.2_spa.pdf
- Papathanasiou, G., Zerva, E., Zacharis, I., Papandreou, M., Papageorgiou, E., Tzima, C., ... Evangelou, A. (2015). Association of High Blood Pressure with Body Mass Index , Smoking and Physical Activity in Healthy Young Adults. *The Open Cardiovascular Medicine Journal*, 9, 5–17.
- Peña, D. L. (2011). La empresa colombiana con fábrica en Sudáfrica - Dinero.com. Retrieved May 31, 2015, from <http://www.dinero.com/negocios/articulo/la-empresa-colombiana-fabrica-sudafrica/135130>
- Periche, A., Heredia, A., Escriche, I., Andrés, A., & Castelló, M. . (2015). Potential use of isomaltulose to produce healthier marshmallows. *LWT - Food Science and Technology*, 62(1), 605–612.
- Pinilla Roa, A. E., & Barrera Perdomo, M. del P. (2006). *Guía de atención de la hipertensión arterial - Ministerio de la Protección Social. Guía de atención de la Hipertensión arterial* (Vol. 13).
- Portafolio. (2014). El mercado de chocolates y de dulces crecerá 16% | Empresas | Negocios | Portafolio. Retrieved January 18, 2017, from <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/mercado-chocolates-dulces-crecera-16-49328>
- Portafolio.co. (2014). El mercado de chocolates y de dulces crecerá 16% | Portafolio.co. Retrieved May 31, 2015, from <http://www.portafolio.co/negocios/el-mercado-chocolates-y-dulces-crecera-16>
- Proexport Colombia, Comercial, D. de información, & Exportaciones, S. de. (2008). *Oportunidades Comerciales en Estados Unidos - Confitería. Proexport Colombia*.

- Retrieved from
http://www.colombiatrade.com.co/sites/default/files/informe_confiteria_.pdf
- R. Lees, & Jackson, E. B. (1992). *Sugar Confectionery and Chocolate Manufacture*. (R. Lees & E. B. Jackson, Eds.) (First). Glasgow: Blackie Academic & Professional.
- Saleh, A. S. M., Zhang, Q., & Shen, Q. (2016). Recent Research in Antihypertensive Activity of Food Protein-derived Hydrolyzates and Peptides. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(5), 760–787.
<https://doi.org/10.1080/10408398.2012.724478>
- Salgado Gil, G., & Franco Valencia, N. M. (2015). *Grado De Internacionalización De La Industria Confitera Del Valle Del Cauca*.
- Salud S.A, C. (2015). *Guía de atención en medicina familiar, hipertensión arterial 2015 - 2020*. Tunja. Retrieved from
<http://www.colombianadesalud.org.co/MEDICINA/GUIAS/HIPERTENSION ESENCIAL GUIA MD FLIA 2015.pdf>
- Santos-Beneit, G., Sotos-Prieto, M., Pocock, S., Redondo, J., Fuster, V., & Peñalvo, J. L. (2015). Association Between Anthropometry and High Blood Pressure in a Representative Sample of Preschoolers in Madrid. *Revista Española de Cardiología (English Edition)*, 68(6), 477–484. <https://doi.org/10.1016/j.rec.2014.09.002>
- Shori, A. B., & Baba, A. S. (2015). Fermented milk derives bioactive peptides with antihypertensive effects. *Integr Food Nutr Metab*, 2(3), 178–181.
<https://doi.org/10.15761/IFNM.1000126>
- Solomon, C. G., & 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/NEJMc1001120>
- Souza, B. da S. N., Cunha, D. B., Pereira, R. A., & Sichieri, R. (2016). Soft drink consumption, mainly diet ones, is associated with increased blood pressure in adolescents. *Journal of Hypertension*, 34(2), 221–225.
<https://doi.org/10.1097/HJH.0000000000000800>
- Tan, J. M., & 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>
- Taylor, C. (2007). *Water Properties of Food, Pharmaceutical, and Biological Materials*. *Trends in Food Science & Technology*.

- Torrucó-Uco, J. G., Domínguez-Magaña, M. A., Dávila-Ortíz, G., Ayala, A. M., Chel-Guerrero, L. A., & Betancur-Ancona, D. A. (2008). Péptidos antihipertensivos, una alternativa de tratamiento de origen natural: una revisión. *Realyc.org*, 6(2), 158–168.
- Washburn, C., & Christensen, N. (2012). Sugar Substitutes: Artificial Sweeteners and Sugar Alcohols. *All Current Publications*. Utah: Utah State University, Cooperative Extension. Retrieved from http://digitalcommons.usu.edu/extension_curall/204
- Watts, B. M. (1995). *Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*. (I. D. R. Centre, Ed.), *Departamento de alimentos y nutrición, Universidad de Manitoba*. Ottawa, Canadá.: Centro internacional de investigaciones para el desarrollo, Ottawa, Canadá. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Zumbé, A., Lee, A., & Storey, D. (2001). Polyols in confectionery: the route sugar-free, reduced sugar and reduced calorie confectionery. *British Journal of Nutrition*, 85(1), 31–45. Retrieved from <http://usir.salford.ac.uk/180/1/download.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Determinaciones experimentales del módulo elástico de masmelos prototipos desarrollados para el AF.

Proporción Poli OH	Proporción gelatina	Proporción péptido	ME
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	1.5	15907
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	1.5	14872
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	1.5	14634
FOS-M-JS (15-30-35)	4	3	13436
FOS-M-JS (15-30-35)	4	3	16177
FOS-M-JS (15-30-35)	4	3	15056
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	1.5	13013
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	1.5	14859
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	1.5	13736
FOS-M-JS (10-40-30)	4	3	14654
FOS-M-JS (10-40-30)	4	3	14970
FOS-M-JS (10-40-30)	4	3	13930
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	1.5	14962
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	1.5	14922
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	1.5	15029
FOS-M-JS (5-50-25)	4	3	15333
FOS-M-JS (5-50-25)	4	3	14807
FOS-M-JS (5-50-25)	4	3	15113
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	3	15180
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	3	15018
FOS-M-JS (15-30-35)	3.5	3	15201
FOS-M-JS (15-30-35)	4	1.5	15764
FOS-M-JS (15-30-35)	4	1.5	15352
FOS-M-JS (15-30-35)	4	1.5	15176
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	3	15082
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	3	13907
FOS-M-JS (10-40-30)	3.5	3	14639
FOS-M-JS (10-40-30)	4	1.5	14781
FOS-M-JS (10-40-30)	4	1.5	14596
FOS-M-JS (10-40-30)	4	1.5	15035
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	3	15155
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	3	14828
FOS-M-JS (5-50-25)	3.5	3	14646
FOS-M-JS (5-50-25)	4	1.5	14592
FOS-M-JS (5-50-25)	4	1.5	15613
FOS-M-JS (5-50-25)	4	1.5	14457

Anexo 2. Análisis de varianza para el AF.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Proporción Poli OH-FOS	3	FOS-M-JS (10-40-30); FOS-M-JS (15-30-35); FOS-M-JS (5-50-25)
Proporción gelatina	2	3.5; 4.0
Proporción péptido	2	1.5; 3.0

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.
Modelo	11	5224405	474946
Lineal	4	3570962	892741
Proporción Poli OH-FOS	2	3276414	1638207
Proporción gelatina	1	293764	293764
Proporción péptido	1	784	784
Interacciones de 2 términos	5	1046064	209213
Proporción Poli OH-FOS*Proporción gelatina	2	340755	170378
Proporción Poli OH-FOS*Proporción péptido	2	342904	171452
Proporción gelatina*Proporción péptido	1	362404	362404
Interacciones de 3 términos	2	607378	303689
Proporción Poli OH-FOS*Proporción gelatina*Prop péptido	2	607378	303689
Error	24	9094303	378929
Total	35	14318708	

Fuente	Valor F	Valor p
Modelo	1.25	0.308
Lineal	2.36	0.082
Proporción Poli OH-FOS	4.32	0.025
Proporción gelatina	0.78	0.387
Proporción péptido	0.00	0.964
Interacciones de 2 términos	0.55	0.735
Proporción Poli OH-FOS*Proporción gelatina	0.45	0.643
Proporción Poli OH-FOS*Proporción péptido	0.45	0.641
Proporción gelatina*Proporción péptido	0.96	0.338
Interacciones de 3 términos	0.80	0.460
Proporción Poli OH-FOS*Proporción gelatina*Proporción péptido	0.80	0.460

Anexo 3. Determinaciones experimentales del módulo elástico de los masmelos prototipos y masmelo control.

Proporción Poli OH	ME
FOS-M-JS (15-30-35)	15907
FOS-M-JS (15-30-35)	14872
FOS-M-JS (15-30-35)	14634
FOS-M-JS (15-30-35)	13436
FOS-M-JS (15-30-35)	16177
FOS-M-JS (15-30-35)	15056
FOS-M-JS (10-40-30)	13013
FOS-M-JS (10-40-30)	14859
FOS-M-JS (10-40-30)	13736
FOS-M-JS (10-40-30)	14654
FOS-M-JS (10-40-30)	14970
FOS-M-JS (10-40-30)	13930

FOS-M-JS (5-50-25)	14962
FOS-M-JS (5-50-25)	14922
FOS-M-JS (5-50-25)	15029
FOS-M-JS (5-50-25)	15333
FOS-M-JS (5-50-25)	14807
FOS-M-JS (5-50-25)	15113
FOS-M-JS (15-30-35)	15180
FOS-M-JS (15-30-35)	15018
FOS-M-JS (15-30-35)	15201
FOS-M-JS (15-30-35)	15764
FOS-M-JS (15-30-35)	15352
FOS-M-JS (15-30-35)	15176
FOS-M-JS (10-40-30)	15082
FOS-M-JS (10-40-30)	13907
FOS-M-JS (10-40-30)	14639
FOS-M-JS (10-40-30)	14781
FOS-M-JS (10-40-30)	14596
FOS-M-JS (10-40-30)	15035
FOS-M-JS (5-50-25)	15155
FOS-M-JS (5-50-25)	14828
FOS-M-JS (5-50-25)	14646
FOS-M-JS (5-50-25)	14592
FOS-M-JS (5-50-25)	15613
FOS-M-JS (5-50-25)	14457
Control	14748
Control	17141
Control	17870
Control	14170
Control	13774
Control	17496
Control	15066
Control	13776
Control	14800
Control	18407

Anexo 4. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey de los ME de los masmelos prototipos y masmelo control.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Proporción Poli OH-FOS	4	Control; FOS-M-JS (10-40-30); FOS-M-JS (15-30-35); FOS-M-JS (5-50-25)

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Prop Poli OH-FOS	3	9329592	3109864	3.25	0.031
Error	42	40245401	958224		
Total	45	49574993			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Proporción PoliOH-FOS N	Media	Agrupación
Control 10	15725	A
FOS-M-JS (15-30-35) 12	15148	A B
FOS-M-JS (5-50-25) 12	14954.8	A B
FOS-M-JS (10-40-30) 12	14434	B

Anexo 5. Determinaciones experimentales del módulo elástico para el diseño de mezclas con vértices extremos del ME de los masmelos prototipos desarrollados.

OrdenEst	OrdenCorrida	TipoPt	Bloques	FOS	M	JS	ME
1	1	1	1	0.05	0.5	0.25	15135
2	2	1	1	0.15	0.4	0.25	15773
3	3	1	1	0.05	0.4	0.35	16209
4	4	1	1	0.15	0.3	0.35	15104
5	5	2	1	0.05	0.45	0.3	15512
6	6	2	1	0.1	0.45	0.25	15818
7	7	2	1	0.15	0.35	0.3	15098
8	8	2	1	0.1	0.35	0.35	16173
9	9	0	1	0.1	0.4	0.3	15610
10	10	-1	1	0.075	0.45	0.275	15679
11	11	-1	1	0.125	0.4	0.275	15521
12	12	-1	1	0.075	0.4	0.325	15913
13	13	-1	1	0.125	0.35	0.325	15397
14	14	-1	1	0.1	0.4	0.3	15371
15	15	-1	1	0.15	0.3	0.35	14954
16	16	-1	1	0.05	0.5	0.25	15147

Anexo 6. Análisis de varianza para el diseño de mezclas de los masmelos prototipos desarrollados

Regresión para mezclas: ME vs. FOS; M; JS

Coefficientes de regresión estimados para ME (proporciones del componente)

Término	Coef	EE del coef.	T	P	VIF
FOS	-8655	14912	*	*	4428
M	20110	2498	*	*	1781
JS	57429	7396	*	*	8729
FOS*M	93168	18669	4.99	0.001	1513
FOS*JS	-107789	27470	-3.92	0.003	2224
M*JS	-83600	18669	-4.48	0.001	13421

S = 119.667

PRESS = 446792

R-cuad. = 93.60%

R-cuad.(pred.) = 80.03%

R-cuad.(ajustado) = 90.40%

Análisis de varianza para ME (proporciones del componente)

Fuente	GL	SC Sec.	SC Ajust.	MC Ajust.	F	P
Regresión	5	2094265	2094265	418853	29.25	0.000
Lineal	2	323517	758766	379383	26.49	0.000
Cuadrático	3	1770747	1770747	590249	41.22	0.000
FOS*M	1	1431303	356656	356656	24.91	0.001
FOS*JS	1	52277	220491	220491	15.40	0.003
M*JS	1	287167	287167	287167	20.05	0.001
Error residual	10	143201	143201	14320		
Falta de ajuste	7	103319	103319	14760	1.11	0.513
Error puro	3	39883	39883	13294		
Total	15	2237466				

Coefficientes de regresión estimados para ME (cantidades del componente)

Término	Coef
FOS	-10818.2
M	25137.1
JS	71786.2
FOS*M	145575
FOS*JS	-168421
M*JS	-130625

Anexo 7. Determinaciones experimentales para el ME del masmelo control y masmelo desarrollado.

Masmelos	ME
ME Control	14748
ME Control	15893
ME Control	16129
ME Control	15170
ME Control	15623
ME Control	16383
ME Control	15066

ME Control	15739
ME Control	16532
ME Control	15982
ME Poli OH	16418
ME Poli OH	14467
ME Poli OH	16541
ME Poli OH	15630
ME Poli OH	15242
ME Poli OH	16250
ME Poli OH	15449
ME Poli OH	16513
ME Poli OH	15996
ME Poli OH	14840
ME Poli OH	15927

Anexo 8. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey del masmelo control y masmelo desarrollado.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor Niveles Valores
Masmelos 2 ME Poli OH-FOS; ME Testigo

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Masmelos	1	20815	20815	0.05	0.822
Error	23	9283678	403638		
Total	24	9304493			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Masmelos	N	Media	Agrupación
ME Testigo	10	15727	A
ME PoliOH-FOS	15	15668	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 9. Determinación de juicios sensoriales emitidos para el masmelo control, masmelo desarrollado y dos marcas comerciales.

Jueces	Muestras	Evaluación Sensorial
1	652	-1
1	146	1
1	336	2
1	729	1
2	652	2
2	146	-1
2	336	0
2	729	1
3	652	-1
3	146	1
3	336	2
3	729	1
4	652	1
4	146	-1
4	336	0
4	729	0
5	652	1
5	146	-1
5	336	2
5	729	0
6	652	1
6	146	0
6	336	1
6	729	-1
7	652	2
7	146	1
7	336	-1
7	729	2
8	652	1
8	146	2
8	336	-1
8	729	0
9	652	1
9	146	2
9	336	0

9	729	-1
10	652	2
10	146	0
10	336	1
10	729	-1
11	652	1
11	146	-1
11	336	2
11	729	0
12	652	1
12	146	-2
12	336	2
12	729	-1
13	652	1
13	146	2
13	336	2
13	729	-1
14	652	1
14	146	1
14	336	1
14	729	1
15	652	1
15	146	2
15	336	-1
15	729	0
16	652	1
16	146	1
16	336	2
16	729	2
17	652	1
17	146	-1
17	336	1
17	729	1
18	652	2
18	146	0
18	336	-1
18	729	1
19	652	1
19	146	0
19	336	2

19	729	1
20	652	-1
20	146	0
20	336	2
20	729	2
21	652	-1
21	146	0
21	336	2
21	729	1
22	652	0
22	146	2
22	336	-1
22	729	1
23	652	0
23	146	2
23	336	0
23	729	2
24	652	-2
24	146	0
24	336	0
24	729	-1
25	652	0
25	146	-2
25	336	2
25	729	-1
26	652	0
26	146	-1
26	336	0
26	729	-1
27	652	0
27	146	-1
27	336	1
27	729	2
28	652	-1
28	146	0
28	336	1
28	729	0
29	652	0
29	146	1
29	336	2

29	729	1
30	652	-1
30	146	0
30	336	2
30	729	1
31	652	0
31	146	2
31	336	0
31	729	1
32	652	1
32	146	0
32	336	1
32	729	-1
33	652	0
33	146	2
33	336	1
33	729	0
34	652	0
34	146	2
34	336	2
34	729	-1
35	652	1
35	146	2
35	336	-1
35	729	0
36	652	2
36	146	2
36	336	0
36	729	1
37	652	1
37	146	2
37	336	2
37	729	2
38	652	1
38	146	1
38	336	2
38	729	2
39	652	0
39	146	1
39	336	0

39	729	-1
40	652	-1
40	146	1
40	336	0
40	729	2
41	652	0
41	146	2
41	336	2
41	729	1
42	652	2
42	146	0
42	336	1
42	729	0
43	652	2
43	146	1
43	336	0
43	729	-1
44	652	1
44	146	0
44	336	1
44	729	1
45	652	1
45	146	2
45	336	1
45	729	1
46	652	1
46	146	0
46	336	1
46	729	1
47	652	1
47	146	1
47	336	-1
47	729	1
48	652	2
48	146	1
48	336	0
48	729	1
49	652	1
49	146	1
49	336	-1

49	729	1
50	652	-1
50	146	1
50	336	1
50	729	0
51	652	1
51	146	2
51	336	0
51	729	1
52	652	0
52	146	1
52	336	0
52	729	1
53	652	1
53	146	-1
53	336	1
53	729	0
54	652	2
54	146	1
54	336	1
54	729	-1
55	652	1
55	146	2
55	336	0
55	729	1
56	652	1
56	146	2
56	336	0
56	729	-1
57	652	1
57	146	1
57	336	1
57	729	-2
58	652	2
58	146	1
58	336	0
58	729	2
59	652	1
59	146	2
59	336	1

59	729	1
60	652	-1
60	146	1
60	336	0
60	729	2
61	652	0
61	146	1
61	336	1
61	729	-1
62	652	1
62	146	0
62	336	1
62	729	-1
63	652	0
63	146	2
63	336	1
63	729	0
64	652	0
64	146	2
64	336	2
64	729	-1
65	652	1
65	146	2
65	336	-1
65	729	0
66	652	2
66	146	2
66	336	0
66	729	1
67	652	1
67	146	2
67	336	2
67	729	2
68	652	1
68	146	1
68	336	2
68	729	2
69	652	0
69	146	1
69	336	0

69	729	-1
70	652	-1
70	146	1
70	336	0
70	729	2
71	652	0
71	146	2
71	336	2
71	729	1
72	652	2
72	146	0
72	336	1
72	729	0
73	652	2
73	146	1
73	336	0
73	729	-1
74	652	1
74	146	0
74	336	1
74	729	1
75	652	1
75	146	2
75	336	1
75	729	1
76	652	1
76	146	0
76	336	1
76	729	1
77	652	1
77	146	1
77	336	-1
77	729	1
78	652	2
78	146	1
78	336	0
78	729	1
79	652	1
79	146	1
79	336	-1

79	729	1
80	652	-1
80	146	1
80	336	1
80	729	0
81	652	1
81	146	2
81	336	0
81	729	1
82	652	0
82	146	1
82	336	0
82	729	1
83	652	1
83	146	-1
83	336	1
83	729	0
84	652	2
84	146	1
84	336	1
84	729	-1
85	652	1
85	146	2
85	336	0
85	729	1
86	652	1
86	146	2
86	336	0
86	729	-1
87	652	1
87	146	1
87	336	1
87	729	-2
88	652	2
88	146	1
88	336	0
88	729	2
89	652	1
89	146	2
89	336	1

89	729	1
90	652	-1
90	146	1
90	336	0
90	729	2
91	652	0
91	146	1
91	336	1
91	729	-1
92	652	1
92	146	2
92	336	2
92	729	2
93	652	1
93	146	1
93	336	2
93	729	2
94	652	0
94	146	1
94	336	0
94	729	-1
95	652	-1
95	146	1
95	336	0
95	729	2
96	652	0
96	146	2
96	336	2
96	729	1
97	652	2
97	146	0
97	336	1
97	729	0
98	652	2
98	146	1
98	336	0
98	729	-1
99	652	1
99	146	0
99	336	1

99	729	1
100	652	1
100	146	2
100	336	1
100	729	1

Anexo 10. ANAVA y test de Tukey para la prueba hedónica sensorial.

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Jueces	99	53.828	0.5437	1.07	0.333
Masmelos	3	9.107	3.0358	5.97	0.001
Error	297	151.142	0.5089		
Total	399	214.077			

Comparaciones por parejas de Tukey: Respuesta = Evaluación sensorial, Término = Masmelos

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Masmelos	N	Media	Agrupación
146	100	1.40	A
652	100	1.29	A
336	100	1.19	A B
729	100	0.99	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 11. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey para la elasticidad del masmero control y masmero desarrollado.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
 Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
 Nivel de significancia $\alpha = 0.05$
 Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Elasticidad Control; Elasticidad PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.000000	0.000000	0.07	0.795
Error	9	0.000031	0.000003		
Total	10	0.000031			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Elasticidad Control	6	1.00283	A
Elasticidad PoliOH-FOS	5	1.00253	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 12. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey para la cohesividad del masmelo control y masmelo desarrollado.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Cohesividad Control; Cohesividad PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.000000	0.000000	0.00	0.959
Error	9	0.000688	0.000076		
Total	10	0.000688			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Cohesividad Control	6	0.87867	A
Cohesividad PoliOH-FOS	5	0.87839	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 13. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey de la adhesividad del masmelo control y masmelo desarrollado.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Adhesividad Control; Adhesividad PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	0.02482	0.02482	0.89	0.370
Error	9	0.25034	0.02782		
Total	10	0.27516			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Adhesividad Control	6	-0.2169	A
Adhesividad PoliOH	5	-0.3123	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 14. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey de la dureza del masmero control y masmero desarrollado.

Método

Hipótesis nula	Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna	Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Dureza Control; Dureza PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1	1.691	1.691	0.70	0.424
Error	9	21.681	2.409		
Total	10	23.372			

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Dureza Control	6	9.912	A
Dureza PoliOH	5	9.125	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 15. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey de la gomosidad del masmelo control y masmelo desarrollado.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Gomosidad Control; Gomosidad PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Ajust.	MC	Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1		1.310		1.310	0.67	0.435
Error	9		17.664		1.963		
Total	10		18.974				

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Gomosidad Control	6	8.714	A
Gomosidad PoliOH	5	8.021	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Anexo 16. Análisis de varianza para el DCA y test de Tukey de la dureza del masmelo control y masmelo desarrollado.

Método

Hipótesis nula Todas las medias son iguales
Hipótesis alterna Por lo menos una media es diferente
Nivel de significancia $\alpha = 0.05$

Se presupuso igualdad de varianzas para el análisis.

Información del factor

Factor	Niveles	Valores
Factor	2	Masticabilidad Control; Masticabilidad PoliOH-FOS

Análisis de Varianza

Fuente	GL	SC	Ajust.	MC	Ajust.	Valor F	Valor p
Factor	1		1.327		1.327	0.67	0.433
Error	9		17.749		1.972		
Total	10		19.076				

Comparaciones en parejas de Tukey

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Factor	N	Media	Agrupación
Masticabilidad Control	6	8.738	A
Masticabilidad PoliOH	5	8.041	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.