

Bocaditos saludables con bajo contenido de azúcar

Healthy low-sugar snacks

Lanches saudáveis com baixo açúcar

ORCID **NORA ALEJANDRA COMELLI** (1)(2)

ORCID **MARÍA MAGDALENA COSTAZO** (1)(2)

ORCID **JUAN MANUEL QUIROGA** (2)

ORCID **DARÍO MORA** (1)

(1) Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA), Universidad Nacional de San Luis. Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

(2) Instituto de Investigaciones en Tecnología Química (INTEQUI)-CONICET. Villa Mercedes, San Luis, Argentina.

RECIBIDO: 18/10/2021 → APROBADO: 16/5/2022 ✉ noracomelli65@gmail.com

RESUMEN

Recientemente en Argentina han incrementado de manera considerable los casos de diabetes mellitus (tipo 2) en adultos debido al sobrepeso, la obesidad y el sedentarismo. Esto ha generado un mayor interés por los alimentos funcionales que brindan beneficios a la salud debido a su aporte de pre y probióticos, antioxidantes, fibras y grasas saludables, entre otros. En este trabajo se elaboró un bocadito saludable con tubérculos, cereales y semillas que aportan fibras solubles y no solubles, inulina que actúa como antigluceante, fenoles que son antioxidantes y una mezcla de fructosa, glucosa y colágeno como ligante de todos los ingredientes. La composición óptima del aglutinante se determinó mediante un diseño experimental de mezcla con restricciones (Design Expert), manteniendo el resto de los componentes constantes. Se restringió el contenido máximo y mínimo de glucosa y fructosa a efectos de obtener la mayor proporción de colágeno manteniendo una masticabilidad aceptable. Se prepararon los bocaditos y se optimizó su formulación mediante análisis de textura. En base a las respuestas obtenidas surgieron tres posibles formulaciones, se elaboraron los bocaditos y se realizó un análisis sensorial. Se detectó uno de mayor aceptabilidad y se procedió a su análisis químico.

Palabras clave: topinambur, Índice Glicémico, Carga Glicémica, diabetes.

ABSTRACT

Recently in Argentina the cases of diabetes mellitus (type 2) in adults have increased considerably due to overweight, obesity and a sedentary lifestyle. This has generated a greater interest in functional foods, which provide health benefits due to their contribution of pre

and probiotics, antioxidants, fibers, healthy fats, among others. In this work a healthy snack was prepared containing tubers, cereals, seeds that could provide soluble and non-soluble fibers, inulin that acts as an antiglycemic agent, phenols that are antioxidants and a mixture of fructose, glucose and collagen as a binder agent. The optimal composition of the binder was determined by an experimental design of mixture with restrictions (Design Expert), to determine the amount of glucose, fructose and collagen keeping the rest of the components constant. The maximum and minimum glucose and fructose content was restricted in order to obtain the highest proportion of collagen, while maintaining acceptable chewiness. The snacks were prepared and the formulation was optimized through texture profile analysis. Based on the obtained responses, 3 possible formulations emerged, the snacks were prepared and a sensory analysis was carried out. Chemical analysis was carried out for the formulation that emerged as the most accepted one.

Keywords: topinambur, Glycemic Index, Glycemic Load, diabetes.

RESUMO

Recentemente na Argentina os casos de diabetes mellitus (tipo 2) em adultos aumentaram consideravelmente devido ao excesso de peso, obesidade e sedentarismo. Isto tem gerado um maior interesse pelos alimentos funcionais, que proporcionam benefícios à saúde devido à sua contribuição de pré e probióticos, antioxidantes, fibras, gorduras saudáveis, entre outros. Neste trabalho elaborou-se um sanduíche saudável com tubérculos, cereais, sementes que pudessem fornecer fibras solúveis e não solúveis, inulina que age como antiglicemiante, fenóis que são antioxidantes e uma mistura de frutose, glicose e colagénio como ligante de todos os ingredientes. A composição ideal do aglutinante foi determinada por um projeto experimental de mistura com restrições (Design Expert), mantendo o resto dos componentes constante. O teor máximo e mínimo de glicose e frutose foi limitado para obter a maior proporção de colagénio, mantendo uma mastigabilidade aceitável. Os petiscos foram preparados e a sua formulação otimizada por análise de textura. Com base nas respostas obtidas, surgiram 3 possíveis formulações, foram elaborados os aperitivos e realizou-se uma análise sensorial. Detectou-se um de maior aceitabilidade e procedeu-se à sua análise química.

Palavras-chave: topinambur, Índice Glicêmico, Carga Glicêmica, diabetes.

INTRODUCCIÓN

En Argentina se estima que para el año próximo la diabetes puede afectar a 4 millones de personas. Además, se observa un progresivo incremento de la obesidad, fundamentalmente en los niños, lo cual es atribuible al sedentarismo y a una alimentación poco saludable con elevados consumos de azúcares y grasas inadecuadas. Una de las formas de evaluar la aptitud de un alimento para ser consumido por personas con diabetes es determinando el Índice Glucémico (IG) y la Carga Glucémica (CG). El IG se usa para clasificar los alimentos según su efecto glucémico (aumento de la glucosa en sangre después del consumo de un alimento) y la CG tiene en cuenta el IG del alimento y la cantidad de hidratos de carbono de una porción. Es posible clasificar los alimentos en alto, medio o bajo, de acuerdo a los

valores de IG y CG. Si el IG es <55, 56-69, ≥ 70 se consideran bajo, medio o alto respectivamente, y si CG es <10, 11-19, ≥ 20 se consideran bajo, medio o alto respectivamente (Murillo, 2012).

Las dietas de alto IG están asociadas con aumento de peso, deficiencia de insulina, aumento de glucosa en sangre y aumento de los niveles de obesidad (Köseoğlu, 2019). Si bien el consumo de carbohidratos no es aconsejable ya que por lo general se asocia con alimentos de alto valor calórico, hay diversos carbohidratos que resultan beneficiosos para la salud. Los carbohidratos de los alimentos se pueden dividir en potencialmente digeribles por enzimas presentes en la saliva, el estómago y el intestino, y en no digeribles. Dentro de los digeribles se encuentran la sacarosa, los oligosacáridos de la leche humana y los almidones de algunas verduras o cereales como papa, maíz y arvejas, entre otros. Dentro de los no digeribles están las fibras contenidas en varios cereales, verduras y frutas, y los fructooligosacáridos —como la inulina— presentes en ciertas verduras y tubérculos como topinambur, achicoria y diente de león. Los carbohidratos que no son digeridos y llegan al colon sufren fermentación bacteriana y se transforman en gases y ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como ocurre con el butirato, que son absorbidos de manera eficiente en el colon y son capaces de alterar la composición de la microflora colónica (efectos prebióticos).

Los estudios epidemiológicos muestran que los alimentos con alto IG y bajos en fibra están asociados con una mayor incidencia de diabetes tipo 2. Por lo tanto, el consumo de carbohidratos de baja digestibilidad como la inulina podría considerarse beneficioso ya que presenta un efecto hipoglucémico (Liu, et al., 2019). El IG y la CG se correlacionan con la calidad de los carbohidratos ingeridos, fibra dietética total, fibra de cereales y con los riesgos de diabetes tipo 2, enfermedad coronaria, accidente cerebrovascular y mortalidad (Kaczmarczyk, et al., 2012; Hardy, et al., 2020). La inulina es un carbohidrato de polisacárido tipo fructano, obtenido principalmente de la raíz de la achicoria y que también lo contiene en alto porcentaje -entre el 50% y 70%-, expresado en base seca, el topinambur (*Helianthus tuberosus*). Es una fibra dietética soluble en agua y ha sido aprobada recientemente por la Administración de Medicamentos y Alimentos de los Estados Unidos (FDA) para mejorar los valores nutricionales de los productos alimenticios; no se digiere ni se fermenta en la porción inicial del sistema digestivo humano y llega directamente al colon, donde es degradada. Tiene la capacidad selectiva de estimular el crecimiento de un grupo de bacterias benéficas en el colon (bifidobacterias y lactobacilos), con la consecuente disminución de otras especies que pueden ser perjudiciales (por ejemplo: *E. coli* y bacterias de la especie *Clostridium* spp.), de modo que es un prebiótico (Gupta, et al., 2019; Guess, et al., 2015).

Si bien un importante número de personas padece diabetes, obesidad e hipercolesterolemia, se observa una escasa oferta de productos que se adecuen a sus necesidades. A nivel mundial hay un creciente interés por los “alimentos funcionales”, aquellos con agregado de antioxidantes, probióticos, fibras/prebióticos o fitoesteroles. Es por eso que para la elaboración de los bocaditos saludables seleccionamos cereales, frutos o raíces que contengan este tipo de compuestos, topinambur, maní y papa del aire.

El topinambur (*Helianthus tuberosus*), también conocido como alcachofa de Jerusalén, desarrolla un tubérculo que acumula su energía como inulina, al contrario de otros tubérculos que la almacenan bajo la forma de almidón. Se lo considera un alimento funcional debido a su alto contenido de inulina (Srinameb, et al., 2015; Temkov, et al., 2015; Rubel, 2015). La propiedad de la inulina como prebiótico fue estudiada por Kays y Nottingham (2008), Tiengtam y otros (2015), Samal y otros (2015), y Rubel y otros (2014), encontrándose muy

buenos resultados en todos los estudios. Judprasong y otros (2017) determinaron los nutrientes y contaminantes químicos en el tubérculo, y los resultados permitieron determinar *a priori* que este tubérculo puede consumirse como alimento con seguridad. Radovanovic y otros (2015) estudiaron un extrusado obtenido a partir de sarraceno y topinambur, y midieron el IG y la CG de sus productos. Analizaron las propiedades nutricionales y realizaron un estudio clínico en diez voluntarios para determinar el IG y la CG, y encontraron que el topinambur aumentó los niveles de fibra dietaria total e inulina mientras que disminuyó los carbohidratos, los lípidos y las proteínas. Díaz y otros (2019) obtuvieron harina de alcafofa de Jerusalén (JA) que según los análisis realizados resultó ser una fuente de inulina y compuestos fenólicos, y con ella prepararon galletitas —también con harina de trigo y amaranto—, las cuales presentaron una buena aceptación.

El maní (*Arachis hypogaea*) es una legumbre de la familia de las Fabáceas cuyos frutos de vaina se asocian por su morfología a los frutos secos y contienen semillas apreciadas en la gastronomía. En Argentina se producen principalmente variedades de maní alto oleico, que contiene entre 75 y 80 g de ácido oleico en su aceite, mientras que la variedad *Runner* contiene entre 40 y 50 g por cada 100 g. Dada esta diferencia en su composición, se espera una mayor estabilidad y resistencia a procesos de deterioro oxidativo en un maní alto oleico. A pesar de su alto contenido de lípidos, posee una composición nutricional muy adecuada. Los ácidos grasos que contiene son insaturados del tipo omega 9; en particular el maní alto oleico tiene un 75-80% de ácido oleico y el resto mayoritariamente es ácido linoleico. Se trata de una fuente importante de proteína (26%) y de fibras, vitaminas y ácido fólico, encontrándose este último en concentraciones de hasta 240 microgramos/100 g. Esto ayuda a disminuir la arterosclerosis y aporta minerales, principalmente magnesio, potasio, calcio, selenio, cobre y zinc, todos ellos necesarios para el mantenimiento del esqueleto, el sistema nervioso y el sistema cardiovascular. Estudios epidemiológicos muestran que la ingesta de maní conlleva a una menor incidencia en el riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares (Kraus, et al., 2000; Albert, et al., 2010). El ácido oleico es antioxidante ya que reduce el estrés oxidativo. Juega un papel importante como inhibidor de la proliferación de células tumorales y es efectivo para revertir el efecto inhibitor en la producción de insulina, resultando beneficioso en la obesidad y la diabetes mellitus tipo 2 (Vassiliou, et al., 2009). Al maní se lo considera apto para diabéticos debido al bajo contenido de carbohidratos, al aporte de proteínas y fibra dietética, con un IG 23 y una CG de 2 —ambos bajos— y a que la mayor parte de sus calorías proviene de grasas saludables mono y poliinsaturadas (Noriega, 2004).

La papa del aire (*Sechium edule*) —o chayote— es un fruto que comenzó a cultivarse hace unos años en Argentina y tiene un alto contenido de antioxidantes. Las frutas, las hojas jóvenes, los brotes, los tallos y las raíces tuberosas de la planta son comestibles. Los beneficios de la papa del aire para la salud están relacionados con su composición fenólica (Díaz-de-Cerio, et al., 2019). Los autores trabajaron sobre la identificación de los diferentes fenoles en los extractos hidroalcohólicos del fruto. El chayote es rico en flavonas, que representan un 60,6% del total de compuestos cuantificados, y el compuesto principal es la diosmetina 7-O-rutinósido (23,8%). Las raíces tuberosas constituyen una valiosa fuente adicional de almidón y fibra de calidad (Shiga, et al., 2015). Vieira y otros (2019) presentaron una revisión donde examinaron y describieron los hallazgos actuales sobre las propiedades nutricionales de la papa del aire como ingrediente funcional en la industria alimenticia.

Si bien existen muchas personas —incluyendo niños y adolescentes— con enfermedades crónicas no transmisibles como la diabetes, el sobrepeso, la obesidad y la hipercolesterolemia, no se encuentra una oferta adecuada de productos que sirvan como colaciones, bocaditos dulces o salados, que se tornen útiles para mantener el nivel de azúcar en sangre sin que se produzcan picos de hipo o hiperglucemia.

Con el fin de obtener un bocadito saludable en este trabajo se usó avena, quinua inflada, zanahorias y remolachas desecadas, chips de topinambur, papa del aire y maní (por sus aportes de inulina, omega 9 y antioxidantes, respectivamente), frutas desecadas ricas en minerales y vitaminas, y semillas de chía como fuente de α -linolénico, una grasa omega-3 (antioxidante) que representa aproximadamente el 65% del contenido de aceite. Con el fin de reducir el contenido de azúcares simples se disminuyó el nivel de glucosa y fructosa, y se usó colágeno.

El objetivo del presente trabajo fue formular bocaditos saludables con medio o bajo índice glicémico y/o carga glicémica usando un aglutinante con el menor contenido de carbohidratos de digestión rápida.

MATERIALES Y MÉTODOS

Ingredientes

Para la obtención de los chips se usaron tubérculos de topinambur de piel blanca cultivados en una parcela sembrada en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Agropecuarias (FICA) de la Universidad Nacional de San Luis (UNSL), ubicada en Villa Mercedes. La siembra se realizó a mediados de septiembre de 2020 y una parte del material se cosechó a mediados de abril de 2021. Los tubérculos se lavaron en una lavadora con cepillos que giran a alta velocidad, luego se rallaron en una multiprocesadora semi industrial, se distribuyeron en bandejas de aluminio perforado y se secaron en un horno con recirculación de aire. El horno se reguló de tal modo que el material se mantuviera a 70 °C durante todo el proceso hasta lograr un peso constante. El material se enfrió y se guardó en bolsas selladas hasta su uso. Del mismo modo se operó con los tubérculos de zanahoria y remolacha que se adquirieron en el mercado mayorista. Un procedimiento muy similar se usó para la obtención de los chips de papa del aire. Las frutas usadas —ciruelas y duraznos— se compraron a un proveedor de Villa Mercedes, luego se pelaron, se le sacaron las semillas, se secaron y se rallaron. El maní fue provisto por la Empresa Niza S.A. y se trituro en una multiprocesadora. El resto de los ingredientes se adquirieron en negocios de la ciudad.

Formulación de los bocaditos saludables

Los bocaditos se prepararon usando una premezcla seca (PS) que contiene copos de avena, quinua inflada, papa del aire, zanahoria, remolacha, ciruela y durazno desecados, y un aglutinante (AG) compuesto por sorbitol, agua, aceite de girasol alto oleico, glucosa, fructosa y colágeno. La composición óptima del aglutinante se obtuvo mediante un diseño experimental de mezcla con restricciones para determinar las cantidades de glucosa, fructosa y colágeno manteniendo constante el resto de los componentes. Se colocaron restricciones del contenido máximo y mínimo de glucosa y fructosa a los efectos de obtener la mayor

proporción de colágeno manteniendo una masticabilidad aceptable. De este modo se pretendió lograr un aglutinante con bajo contenido de carbohidratos disponibles.

Los resultados del diseño experimental se expresarán mediante la sigla $G_gF_bC_c$, correspondiendo cada letra a glucosa, fructosa y colágeno, respectivamente, y los subíndices a los valores encontrados desde la respuesta del diseño experimental.

Diseño experimental

El diseño se preparó modificando la cantidad de glucosa, fructosa y colágeno —y manteniendo constante el resto de los ingredientes— mediante el software Design Expert 7.0.0 (State-Ease Inc., 1988). El sistema operó con las siguientes restricciones: glucosa 0,05-0,03; fructosa 0,05-0,033 y colágeno 0,37-0,9. Se obtuvieron como respuesta 14 formulaciones (cinco fueron repeticiones) con diferentes cantidades de cada componente, las que se indican a continuación:

TABLA 1. Formulación de los bocaditos para el diseño experimental.

Formulación	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Glucosa	30	8	9	30	5	19	28	18	7	30	30	9	8	5
Fructosa	5	5	33	33	18	19	23	8	25	5	33	33	5	18
Colágeno	65	87	58	37	77	62	49	74	67	65	37	58	87	77

Se prepararon 14 bocaditos, los cuales fueron sometidos a un análisis de textura TPA (Texture Profile Analysis) mediante un texturómetro BROOKFIELD TEXTURE PRO CT, utilizando una sonda cilíndrica de 5,08 cm de diámetro y 2 cm de espesor (TA25/1000), y una base TA-RT-KIT. La velocidad del test fue de 0,5 mm/s, con dos ciclos de compresión al 20% de deformación. Se determinó el parámetro textural de masticabilidad de las muestras, producto de la dureza, cohesividad y elasticidad. La dureza es la fuerza máxima del primer pico de compresión, la cohesividad es el cociente entre el área de pico de la segunda compresión y el área de la primera compresión, mientras que la elasticidad es el cociente entre la distancia recorrida hasta alcanzar el máximo en la segunda compresión y la misma distancia para la primera compresión (Sciammaro, 2015). Los resultados informados corresponden a un promedio de al menos tres determinaciones.

Mediante los resultados obtenidos se construyeron las superficies de respuesta del diseño experimental con el software Design Expert 7.0.0 (State-Ease Inc., 1988) y se realizó una optimización de los parámetros, donde se seleccionaron 3 formulaciones según sus propiedades texturales. Las mismas fueron sometidas a un análisis sensorial para encontrar la que resultara más aceptada y sobre ella se realizaron los análisis químicos de caracterización.

Caracterización del bocadito saludable

El contenido de humedad y cenizas se determinó utilizando los métodos de referencia (AOAC International, 1990a y 1990b). Para la determinación del contenido de lípidos la muestra

previamente secada a 105 °C se colocó en el balón y se realizaron ciclos de extracción sucesiva (al menos 8) utilizando n-hexano como solvente en un equipo Soxhlet. Se pesaron los balones al inicio y al final de la operación, determinando gravimétricamente el contenido de materia grasa total. El contenido de proteína total se evaluó por el método Kjeldahl, cuantificando el contenido de nitrógeno total proveniente de las proteínas y otras fuentes de nitrógeno no proteico. Se partió de una muestra previamente secada a 105 °C. Mediante el factor de conversión 6,25 se estimó la cantidad de proteínas totales (proteína bruta) presentes en la muestra. Los resultados finales de humedad, cenizas, contenido graso y proteínas se expresaron como porcentaje (%) en relación al peso inicial de la muestra seca (Díaz, et al., 2019). La fibra dietaria total se determinó usando el Método Enzimático-Gravimétrico con amilasas, proteasas y amiloglucosidasa KIT MEGAZYME, método 991.43 (AOAC International, 1990c) (Rubel, 2015). La actividad acuosa se midió a 25 °C con un medidor de actividad de agua Aqualab serie 3. Una solución de K₂SO₄ saturado se usó como patrón de calibración. Se informó el promedio de tres determinaciones. Los polifenoles se determinaron por duplicado por el método de Folin-Ciocalteu y se expresaron como equivalentes de ácido gálico (Meera, et al., 2019). La inulina se determinó usando la metodología indicada en Díaz y otros (2019).

Determinación de los parámetros texturales y análisis sensorial

Los parámetros de textura de los bocaditos se midieron en un texturómetro BROOKFIELD TEXTURE PRO CT, y las mediciones se realizaron por triplicado. Para el análisis sensorial se usó un panel de 37 individuos no entrenados, de ambos sexos y diferentes edades.

Análisis estadístico

Los valores informados para la composición química de las barras de cereal se realizaron al menos por duplicado. Los datos fueron sometidos al análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de significación del 5% ($p < 0,05$). Para el análisis se utilizó el software estadístico R, versión R-3.6.1 (R Development Core Team, 1993).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Superficies de respuesta

A partir de las formulaciones obtenidas en el diseño experimental, en conjunto con los análisis texturales y las determinaciones de actividad acuosa, se obtuvieron las siguientes superficies de respuesta:

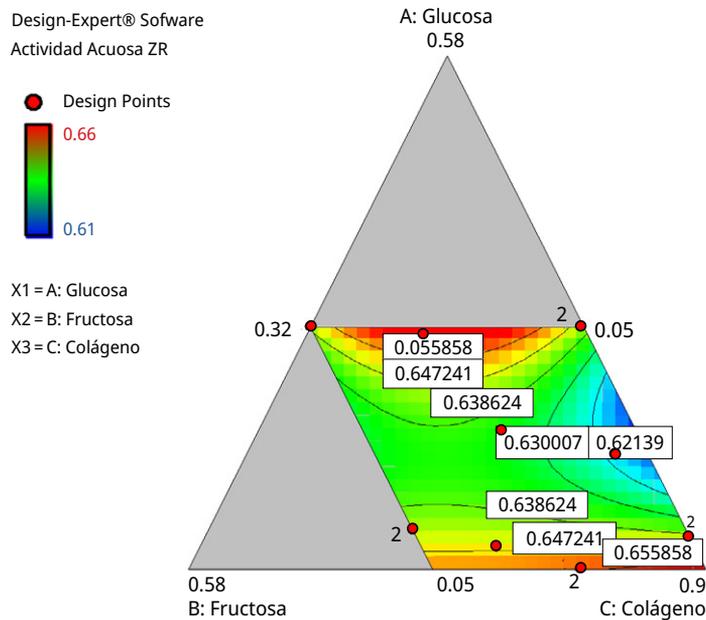


FIGURA 1. Actividad Acuosa.

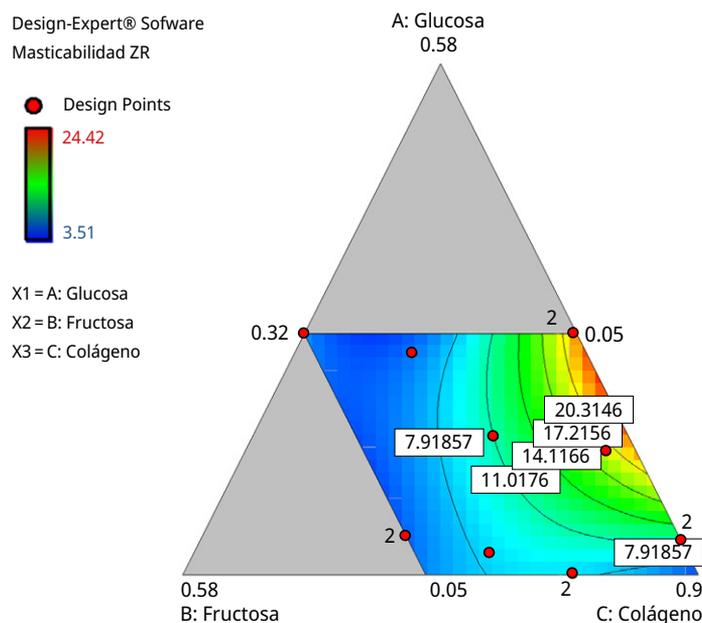


FIGURA 2. Masticabilidad (m).

En la Figura 1 se observa la variación de la actividad acuosa para las diferentes formulaciones, donde se representa con rojo el valor más elevado obtenido, de 0,66; y el menor de 0,61 en azul, indicando los valores intermedios en color amarillo y verde. Se detectan los mayores valores de actividad acuosa (0,66) para aquellas formulaciones con elevado porcentaje de colágeno (77,2%) y bajo porcentaje de glucosa (5%); no existe una clara correlación con respecto al porcentaje de fructosa.

En la Figura 2 se representa la variación del parámetro textural de masticabilidad con respecto a la composición del aglutinante. En rojo se muestra el valor más elevado para esta variable, de 24,42 mJ; en amarillo y verde se sitúan las formulaciones intermedias y en azul se encuentra el valor más bajo de masticabilidad, de 3,51 mJ. Las formulaciones de masticabilidad más alta corresponden a aquellas con elevado porcentaje de colágeno y glucosa, y bajo porcentaje de fructosa; mientras que el parámetro de masticabilidad tiende a alcanzar sus valores más bajos para los bocaditos con menor porcentaje de colágeno y mayor porcentaje de fructosa.

Optimización del modelo

Se realizó la optimización del modelo mediante el ajuste del parámetro textural de masticabilidad, buscando un valor intermedio (10,82 mJ) entre el máximo y el mínimo obtenidos en los ensayos de textura. Esto se debe a que esta variable aumenta con la dureza de la muestra (masticabilidad = dureza x cohesividad x elasticidad), por lo que no se busca su maximización sino que se mantenga dentro de valores intermedios.

Los resultados de la formulación se expresan como porcentaje de fructosa, glucosa y colágeno dentro del aglutinante, ya que el resto de los ingredientes permanecen constantes y se indican como $G_xF_yC_z$, donde G, F y C refieren a glucosa, fructosa y colágeno, respectivamente, y los subíndices a los porcentajes obtenidos a partir de la optimización del diseño. Surgieron 3 bocaditos: $G_8F_5C_{87}$, $G_6F_{27}C_{67}$ y $G_5F_{18}C_{77}$ (Tabla 2).

TABLA 2. Respuestas de optimización del diseño experimental expresadas en porcentaje y en g de cada ingrediente por 75 g de mezcla aglutinante total.

Respuesta	%			g/75 g		
	$G_8F_5C_{87}$	$G_6F_{27}C_{67}$	$G_5F_{18}C_{77}$	$G_8F_5C_{87}$	$G_5F_{18}C_{77}$	$G_5F_{18}C_{77}$
Glucosa	8,2	6	5	6,3	4,7	3,4
Fructosa	5,1	27	17,8	3,8	20,3	12,7
Colágeno	86,7	67	77,2	65	50	59

En la Tabla 3 se muestran los valores estimados por el software Design Expert 7.0.0 (Stat-Ease Inc., 1988) para masticabilidad y actividad acuosa de las muestras seleccionadas a partir de la optimización del diseño experimental.

Estas formulaciones fueron sometidas a análisis sensorial y la que resultó tener la mayor aceptabilidad general fue $G_6F_{27}C_{67}$. Sobre este bocadito se realizaron los análisis químicos que se muestran en Tabla 4.

TABLA 3. Valores de masticabilidad y actividad acuosa de las soluciones obtenidas en la optimización del diseño experimental.

Respuesta	%		
	G ₈ F ₅ C ₈₇	G ₆ F ₂₇ C ₆₇	G ₅ F ₁₈ C ₇₇
Masticabilidad (mj)	11,07 ± 1,72	18,9 ± 1,86	8,12 ± 1,57
Actividad acuosa	0,64 ± 8,43 x 10 ⁻³	0,65 ± 7 x 10 ⁻³	0,66 ± 7,71 x 10 ⁻³

TABLA 4. Análisis químico proximal del bocadito saludable, valor porcentual sobre base seca.

Composición química	Bocadito saludable
Proteína	8,67 ± 0,01 (g/100 g)
Ceniza	2,85 ± 0,02 (g/100 g)
Grasa	3,33 ± 0,04 (g/100 g)
Fibra	3,2 ± 0,2 (g/100 g)
Humedad	16,60 ± 1,2 (g/100 g)
Carbohidrato	65,3 (g/100 g)
Inulina	2,85 ± 0,16 (g/100 g)
Fenoles	187,7 ± 0,10 (mg/100 g)
Actividad (aw)	0,57 ± 0,02

El tubérculo de topinambur tiene una humedad de 73,1 ± 1,5/100 g (Díaz, et al., 2019). Cuando la materia prima es superior a 60 g/100 g, se asocia con un alto costo de transporte y cortos periodos de vida útil. Dado que es muy beneficioso por su alto contenido de inulina, resulta adecuado transformarlo en chip para luego ser usado en la elaboración de harina u otros alimentos. Uno de los factores importantes desde el punto de vista nutricional es su contenido proteico: el valor hallado en el análisis porcentual del bocadito fue semejante y en algunos casos superior al de otros productos similares. El contenido graso fue bajo a pesar de que se usó maní, el cual posee un alto contenido de grasa. En el bocadito, los chips de topinambur corresponden a un 7,4% del total de los ingredientes. En estudios anteriores hemos encontrado valores promedios de inulina en topinambur seco del orden del 50%, por lo que deberíamos haber obtenido teóricamente 3,7 g% y hemos obtenido 2,85 g%, de tal modo que se encontró un 77% del valor esperado. El contenido total de fenoles fue de 187,7 ± 0,1 mg, equivalentes de ácido gálico/100 g muestra en base seca, correspondiéndole 47 mg por cada bocadito. Para productos alimenticios una aw > 0,6 podría favorecer el crecimiento microbiano y afectar su estabilidad y conservación. La actividad de agua de las barras fue inferior a ese valor, lo cual es beneficioso ya que permite una conservación adecuada.

TABLA 5. Comparación de composición entre barras comerciales y el bocadito saludable elaborado en el laboratorio.

	Cal	Peso	Grasa /100 g	Carbohidrato /100 g	Proteína /100 g	Fibra /100 g
Comercial 1	118	22	17,30	86,40	7,72	----
Comercial 2	110	26	13,46	69,23	5,76	----
Bocadito saludable	84	25	3,20	64,00	8,80	12,80

En la Tabla 5 se presenta la comparación de dos barras comerciales y el bocadito saludable que surge del análisis sensorial en el laboratorio. El bocadito tiene menor contenido de grasa, más proteínas y fibras, mientras que el contenido calórico es sustancialmente inferior al de las barras comerciales.

El cálculo de los carbohidratos (CH) surge de la siguiente ecuación:

$$CH = 100 - (Humedad + Cenizas + Grasas + Proteína + Fibra)$$

De modo que para disminuir aún más el contenido de carbohidratos se debería incrementar el contenido de proteínas y fibra, dado que no es conveniente aumentar demasiado el contenido de las grasas. Con los ingredientes que se usan en la elaboración de este bocadito se podría lograr un menor contenido de carbohidratos incrementando los porcentajes de los siguientes ingredientes: de maní, 26% de proteína; avena, 16,9% de proteína y 10,6% de fibra; topinambur, 50% de fibra; y chía, 17% de proteína y 38% de fibra.

Análisis sensorial

Los bocaditos con distintos porcentajes de glucosa, fructosa y colágeno fueron evaluados por un panel de personas no entrenadas (n = 37) para determinar su aceptabilidad, utilizando una escala hedónica de 9 puntos (1 = “no me gusta extremadamente”; 9 = “me gusta extremadamente”). Mientras tanto, para la evaluación de color, aroma, textura y sabor se aplicó la escala de punto ideal de JAR, que va desde “demasiado suave” pasando por “ideal” hasta finalizar en “demasiado intenso”. Los bocaditos se prepararon el día antes de la prueba sensorial. Los panelistas recibieron muestras de aproximadamente 6 g de los 3 bocaditos: cada muestra estaba codificada con números de 3 dígitos y el orden de presentación de la muestra fue aleatorio. Se utilizaron gráficos y el software R para interpretar las respuestas de aceptabilidad y evaluar la respuesta de los distintos atributos evaluados por los panelistas.

Comparando los valores ideales que están representados por el color naranja en la Figura 3, observamos que el bocadito G₆F₂₇C₆₇ presentó valores mayores a los de las otras formulaciones en color, aroma y textura. Mientras que en sabor presentó valores semejantes a los de G₈F₅C₈₇ y mayores que G₅F₁₇C₇₈. A partir de estos resultados es posible inferir que el bocadito G₆F₂₇C₆₇ fue el que presentó la mejor performance, fundamentalmente por la puntuación que ha recibido en cuanto a textura.

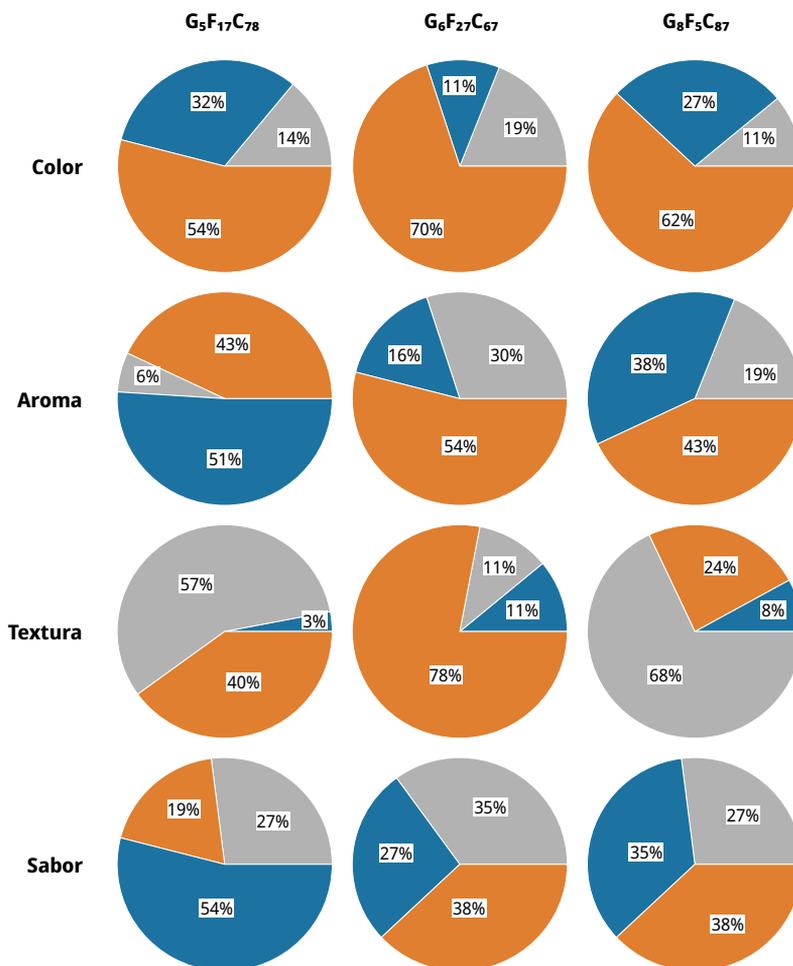


FIGURA 3. Puntuaciones obtenidas en el análisis sensorial expresadas en porcentajes. En celeste: “demasiado suave”, en naranja: “ideal” y en gris: “demasiado intenso”.

En Figura 4 se muestra el histograma de aceptabilidad usando una escala hedónica de 1 a 9, donde 1 significa “no me gusta extremadamente” y 9 “me gusta extremadamente”. Para graficar, los números se suman de modo de obtener tres tercios representados en este caso por los números 1, 2 y 3 en el eje de las x. De modo que el número 1 corresponde a la sumatoria de las puntuaciones obtenidas entre 1 y 3, el número 2 a la sumatoria entre 4 y 6, y el número 3 a la sumatoria entre 7 y 9. De los resultados obtenidos podemos concluir que el bocadito G₆F₂₇C₆₇ fue el que logró la mayor aceptabilidad.

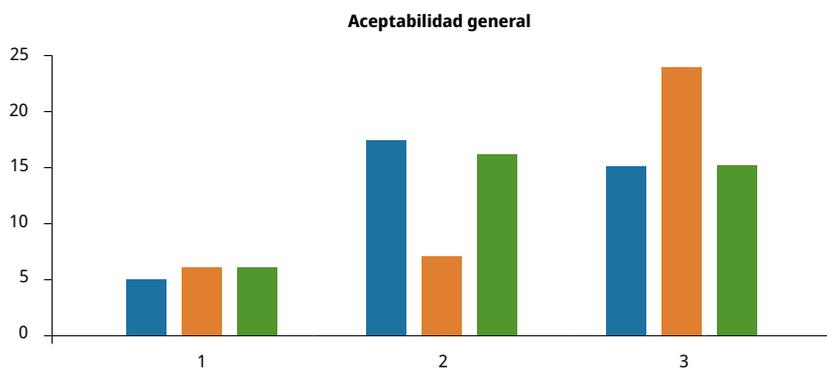


FIGURA 4. Histograma de aceptación general de los bocaditos G₅F₁₇C₇₈ (celeste), G₆F₂₇C₆₇ (naranja) y G₈F₅C₈₇ (verde).

Imágenes de trozos de los bocaditos saludables se presentan en la Figura 5. Se puede observar que los bocaditos G₅F₁₇C₇₈ y G₈F₅C₈₇ resultaron más claros que el G₆F₂₇C₆₇, lo que puede responder a que contienen mayor cantidad de colágeno, el cual una vez humedecido con agua forma una pasta de color crema claro, y además a que la superficie parece laqueada.



FIGURA 5. Imágenes de bocaditos saludables de 3 formulaciones.

CONCLUSIONES

Se preparó un bocadito saludable que resultó con una aceptabilidad general del 66%, un 78% en textura, un 70% en color, un 54% en aroma y un 38% en sabor. Ingredientes como la avena, el topinambur, la quinua, la remolacha y la zanahoria aportaron fibra y fibra soluble. El maní y las semillas de chía aportaron proteínas y ácidos grasos que resultan beneficiosos para la salud. Los antioxidantes, minerales y vitaminas fueron aportados principalmente por la papa del aire y la remolacha y en menor medida por los otros tubérculos usados. En los bocaditos producidos se logró una disminución de azúcares por el uso de colágeno. El análisis nutricional mostró valores interesantes en proteínas, fenoles, inulina y fibra.

La optimización de este tipo de productos puede resultar de interés para las personas que padecen diabetes o presentan la predisposición a padecerla en un futuro. Si bien existen otros sustitutos del azúcar y el objetivo de este estudio fue obtener un producto apto para ser consumido por individuos que padecen diabetes, se optó por trabajar con las mínimas cantidades de azúcar y no con un sustituto a fin de lograr un bocadito medianamente aceptable, ya que el ingrediente topinambur presenta un gusto, un aroma y un color particular y totalmente nuevo para los consumidores.

REFERENCIAS

- Albert, C., Gaziano, J., Willett, W. y Manson, J., 2002. Nut consumption and decreased risk of sudden cardiac death in the physicians health study. En: *Archives of Internal Medicine*, 162, 12, pp.382-387. DOI: [10.1001/archinte.162.12.1382](https://doi.org/10.1001/archinte.162.12.1382)
- AOAC International, 1990a. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15a ed. Gaithersburg: AOAC. Official Method 945.15
- AOAC International, 1990b. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15a ed. Gaithersburg: AOAC. Official Method 942.05.
- AOAC International, 1990c. *Official Methods of Analysis of AOAC International*. 15a ed. Gaithersburg: AOAC. Official Method 991.43.
- Díaz, A., Bomben, R., Dini, C., Viña, S., García, M.A., Ponzi, M. y Comelli, N., 2019. Jerusalem artichoke tuber flour as a wheat flour substitute for biscuit elaboration. En: *LWT Food Science and Technology*, 108, pp.361-369. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2019.03.082>
- Díaz-de-Cerio, E., Verardo, V., Fernández-Gutiérrez, A. y Gómez-Caravaca, A., 2019. New insight into phenolic composition of chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Sw.). En: *Food Chemistry*, 295, pp.514-519. DOI: [10.1016/j.foodchem.2019.05.146](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.05.146)
- Guess, N., Dornhorst, A., Oliver, N., Bell, J., Thomas, L. y Frost, G., 2015. A randomized controlled trial: the effect of inulin on weight management and ectopic fat in subjects with prediabetes. En: *Nutrition & Metabolism*, 12, 36. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12986-015-0033-2>
- Gupta, N., Kumar, Jangid A., Pooja, D. y Kulhari, H., 2019. Inulin: a novel and stretchy polysaccharide tool for biomedical and nutritional applications. En: *International Journal of Biological Macromolecules*, 132, pp.852-863. DOI: [10.1016/j.ijbiomac.2019.03.188](https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.188)
- Hardy, D., Garvin, J., Xu, H., 2020. Carbohydrate quality, glycemic index, glycemic load and cardiometabolic risks in the US, Europe and Asia: a dose-response meta-analysis. En: *Systematic Reviews and Meta-Analyses*, 30(6), pp.853-871. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.numecd.2019.12.050>
- Judprasong, K., Archeepsudcharit, N., Chantapiriyapoon, K., Tanaviyutpakdee, P. y Temviriyankul, P., 2018. Nutrients and natural toxic substances in commonly consumed Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tuber. En: *Food Chemistry*, 238, pp.173-179. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.116>
- Kaczmarczyk, M., Miller, M. y Freund, G., 2012. The health benefits of dietary fiber: beyond the usual suspects of type 2 diabetes, cardiovascular disease and colon cancer. En: *Metabolism*, 61(8), pp.1058-1066. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.metabol.2012.01.017>
- Kays, S.J. y Nottingham, S.F., 2008. *Biology and chemistry of Jerusalem Artichoke: Helianthus tuberosus*. Boca Ratón: CRC Press.
- Kraus, R., Eckel, R., Howard, B., 2000. AHA Dietary guidelines a statement for Health care professionals from the nutrition committee of the American Heart association. En: *Circulation*, 102(18), pp.2296-2311. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.cir.102.18.2284>
- Köseoğlu, S., 2019. A comparison of blood glucose and insulin responses in subjects with non-insulin dependent diabetes mellitus consuming potato alone, and potato with sunflower oil. En: *European J. Sci. Tech.*, 15, pp.440-449. DOI: [10.31590/ejosat.497012](https://doi.org/10.31590/ejosat.497012)

- Liu, Y., Li, Y., Zhanga, W., Suna, M. y Zhanga, Z., 2019. Hypoglycemic effect of inulin combined with ganoderma lucidum polysaccharides in T2DM rats. En: *Journal of Functional Foods*, 55, pp.381–390. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.02.036>
- Meera, K., Smita, M., Sundaramoorthy, Haripriya y Soumya, Sen, 2019. Varietal influence on antioxidant properties and glycemic index of pigmented and non-pigmented rice. En: *Journal of Cereal Science*, 87, pp.202-208. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2019.03.005>
- Murillo, S., 2012. *¿Qué es el índice glucémico?* [En línea]. Madrid: Fundación para la Diabetes Novo Nordisk. [Consulta: 8 de marzo de 2022]. Disponible en: <https://www.fundaciondiabetes.org/general/articulo/47/el-indice-glucemico-de-los-alimentos>
- Noriega, E., 2004. El índice glucémico (I). En: *Cuadernos de Nutrición*, 27(3), pp.117-124.
- R Development Core Team, 1993. *R: A language and environment for statistical computing* [En línea]. Versión R-3.6.1. Viena: R FoundationforStatistical Computing. [Consulta: 8 de marzo de 2022]. Disponible en: <http://www.r-project.org/index.html>
- Radovanovic, A., Stojceska, V., Plunkett, A., Jankovic, S., Milovanovic, D. y Cupara, S., 2015. The use of dry Jerusalem artichoke as a functional nutrient in developing extruded food with low glycemic index. En: *Food Chem.*, 177, 81-88. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.12.096>
- Rubel, I.A., 2015. *Estudio de las propiedades físico-químicas, organolépticas y nutricionales de productos panificados desarrollados utilizando ingredientes no tradicionales con propiedades funcionales*. Bahía Blanca: UNS. (Tesis Doctoral).
- Rubel, I.A., Pérez, E.E., Genovese, D.B. y Manrique, G.D., 2014. In vitro prebiotic activity of inulin-rich carbohydrates extracted from Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) tubers at different storage times by *Lactobacillus paracasei*. En: *Food Res. Interna*, 62, pp.59-65. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.02.024>
- Samal, L., Chaturvedi, V.B., Saikumar, G., Somvanshi, R. yPattanaik, A.K., 2015. Prebiotic potential of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) in Wistar rats: effects of levels of supplementation on hindgut fermentation, intestinal morphology, blood metabolites and immune response. En: *J Sci Food Agric.*, 95(8), pp.1689-1696. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.6873>
- Sciammaro, L., Ferrero, C. yPuppo, M.C., 2015. Adding value to algarrobo fruit. Study of chemical and nutritional composition for its application in sweets snacks. En: *Revista de la Facultad de Agronomía-La Plata*, 114(1), pp.115–123.
- Shiga, T.M., Peroni-Okita, F.H.G., Carpita, N.C., Lajolo, F.M. y Cordenunsi, B.R., 2015. Polysaccharide composition of raw and cooked chayote (*Sechium edule* Sw.) fruits and tuberous roots. En: *Carbohydrate Polymers*, 130, pp.155–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.04.055>
- Srinameb, B., Nuchadomrong, S., Jogloy, S., Patanothai, A. y Srijaranai, S., 2015. Preparation of inulin powder from Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus* L.) Tuber. En: *Plant Foods Hum. Nutr.*, 70(2), pp.221-226. DOI: [10.1007/s11130-015-0480-y](https://doi.org/10.1007/s11130-015-0480-y)
- Stat-Ease Inc., 1988. *Design expert* [En línea]. Versión 7.0.0. Minnesota: Stat-Ease Inc. [11 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.statease.com/software/se360/>
- Temkov, M., Petkova, N., Denev, P. y Krastanov, A., 2015. Characterization of inulin from *Helianthus tuberosus* L. obtained by different extraction methods – Comparative study. En: University of Food Technology. *Conference Food Science, Engeneering and*

Technology 2015. V.62. Plovdiv: University of Food Technologies. DOI: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4093.7040>

Tiengtam, N., Khempaka, S. y Paengkoum, P., 2015. Effects of inulin and Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus*) as prebiotic ingredients in the diet of juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). En: *Animal Feed Science and Technology*, 207, 120-129. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2015.05.008>

Vassiliou, E.K., González, A., García, C., Tadros, J.H., Chakraborty, G. y Toney, J.H., 2009. Oleic acid and peanut oil high in oleic acid reverse the inhibitory effect of insulin production of the inflammatory cytokine TNF-alpha both in vitro and in vivo systems. En: *Lipids Health Dis.*, 8, 25. DOI: <https://doi.org/10.1186/1476-511X-8-25>

Vieira, E., Pinho, O., Ferreira, L., Cristina y Delerue-Matos, C., 2019. Chayote (*Sechium edule*): a review of nutritional composition, bioactivities and potential applications. En: *Food Chemistry*, 275, pp.557-568. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.09.146>