

Análisis nutricional y sensorial e Índice Glucémico de *snacks* elaborados con fuentes de proteína vegetal

Nutritional and sensory analysis and Glycemic Index of snacks made with plant-based protein sources

Elia Herminia Valdés-Miramontes^{1,*} , Luis Ángel De la Peña Manriquez¹, Zyanya Reyes-Castillo¹ , Daniela Montserrat Guzmán-Escalera¹ , José Carlos Tapia-Rivera² 

¹Instituto de Investigaciones en Comportamiento Alimentario y Nutrición (IICAN), Universidad de Guadalajara, Jalisco, México

²Departamento de Ciencias Básicas para la Salud, Centro Universitario del Sur, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México

*Autor de correspondencia: Av. Enrique Arreola Silva 883, Col. Centro, 49000 Cd. Guzmán, Jalisco, México, eliaav@cusur.udg.mx

Artículo de investigación

Recibido: 20-03-2025

Aceptado: 22-06-2025

Volumen 5, núm. 9

Julio - Diciembre de 2025

<https://doi.org/10.32870/jbf.v4i9.92>

v4i9.92

Resumen

El consumo de *snacks* se ha incrementado debido principalmente a sus bajos costos. Estos productos generalmente están elaborados con harinas refinadas, sal, azúcares y grasas, presentando una elevada densidad energética y bajo contenido proteico, lo que predispone al desarrollo de obesidad, desnutrición, dislipidemias. La incorporación de leguminosas en *snacks* permite incrementar su contenido de fibra dietética, proteína, micronutrientes y compuestos biofuncionales con potenciales beneficios para la salud. Además, las proteínas de origen vegetal pueden sustituir parcialmente las de origen animal, promoviendo así la sustentabilidad. El objetivo del presente trabajo fue formular, determinar la composición nutricional, realizar análisis sensoriales y determinar el Índice Glucémico (IG) de *snacks* elaborados con maíz, frijol y garbanzo. Durante la primera etapa se realizó la formulación y análisis nutricional de tres *snacks* tipo *chip*, con dos versiones cada uno, elaborados a base de pasta de garbanzo, pasta de frijol y harina de maíz. En la segunda etapa se llevó a cabo el análisis sensorial mediante pruebas de aceptación (pruebas de grado de satisfacción y preferencia). Al *snack* que presentó la mayor puntuación en la prueba sensorial de grado de satisfacción, se le determinó el IG. En general, el contenido de proteína osciló entre 12.59% y 15.07%, observándose diferencias estadísticas significativas en las comparaciones múltiples ($p = 0.0001$). En cuanto a la prueba de grado de satisfacción, cuatro de los seis *snacks* obtuvieron puntuaciones promedio correspondientes a la categoría "me gusta", sin diferencias significativas por sexo ni en el promedio total. La prueba de preferencia mostró que el *snack* frijol-maíz-chile (FMCH) fue el más elegido en su categoría (67.74%). Este mismo *snack* presentó un IG de 40.93, clasificado como bajo. Estos resultados respaldan el uso de leguminosas como ingrediente funcional en el desarrollo de *snacks* aceptables para los consumidores y con bajo IG, lo que los convierte en una alternativa saludable y sostenible frente a los productos ultraprocesados convencionales.

Palabras clave: *snack*, leguminosas, análisis sensorial, Índice Glucémico



Copyright: © 2025 by the authors.

This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Abstract

Snack consumption has increased primarily due to their low cost. These products are typically made with refined flours, salt, sugars, and fats, resulting in high energy density and low protein content, which can contribute to the development of obesity, malnutrition, and dyslipidemia. The incorporation of legumes into snacks enhances their content of dietary fiber, protein, micronutrients, and biofunctional compounds with potential health benefits. Moreover, plant-based proteins can partially replace animal proteins, thereby promoting sustainability. The aim of this study was to formulate, determine the nutritional composition, perform sensory analyses, and determine the Glycemic Index (GI) of snacks made with corn, beans, and chickpeas. In the first stage, three types of chip-like snacks were formulated and analyzed nutritionally, each with two

versions, made with chickpea paste, bean paste, and corn flour. In the second stage, sensory evaluation was carried out using consumer acceptance tests (hedonic and preference tests). The snack with the highest score in the hedonic satisfaction test was selected for GI determination. Overall, protein content ranged from 12.59% to 15.07%, with statistically significant differences in multiple comparisons ($p = 0.0001$). In the satisfaction test, four out of six snacks received average scores corresponding to the "I like it" category, with no significant differences by sex or overall average. In the preference test, the bean-corn-chili (FMCH) snack was the most preferred in its category (67.74%). This same snack showed a GI of 40.93, classified as low. These results support the use of legumes as functional ingredients in the development of consumer-acceptable snacks with low GI, offering a healthy and sustainable alternative to conventional ultra-processed products.

Keywords: snack, legumes, sensory analysis, Glycemic Index

Introducción

En los últimos años, la producción de alimentos ultraprocesados y listos para el consumo ha presentado un crecimiento constante. Si bien la mayoría de estos productos son baratos y accesibles en términos de costos, presentan una alta densidad energética y pobre valor nutricional (Viviant, 2007). Generalmente están elaborados a base de harinas refinadas, sal, azúcares, aceites o grasas (Aguilar et al., 2019), predisponiendo al desarrollo de enfermedades como obesidad, desnutrición, dislipidemias y patologías cardiovasculares, entre otras (Aburto et al., 2016). Dentro de esta categoría se encuentran los alimentos tipo *snack*, que se definen como productos energéticamente densos, que se consumen fuera del desayuno, el almuerzo o la cena, tienen como características la facilidad de transporte y consumo, y presentan una gran aceptación por la mayor parte de la población, debido a sus propiedades organolépticas, disponibilidad y accesibilidad en el mercado (Cumo, 2015; Mendoza-Jiménez et al., 2018). Para incrementar el valor nutricional de estos alimentos se ha propuesto la incorporación de proteína vegetal. La combinación de proteínas de leguminosas con cereales aporta cantidades suficientes de aminoácidos esenciales, así como compuestos fenólicos y péptidos bioactivos que presentan beneficios a la salud (Fonseca-Bustos et al., 2018; Golovinskaia y Wang, 2023; Pihlanto et al., 2017).

En la actualidad, la industria alimentaria busca satisfacer diversas demandas del consumidor, tales como valor nutricional, sabor, costo, acceso y preferencias individuales (Rochín-Medina et al., 2018). Leguminosas como el garbanzo y frijol, así como algunos cereales como la avena y el maíz, cuyo valor nutricional o funcional ha sido demostrado, han empezado a incursionar en las tecnologías para la elaboración de alimentos procesados listos para el consumo y que pueden tener una vida media en anaquel más prolongada (Jiménez, 2018). Además, el consumo de proteínas de leguminosas promueve respuestas glicémicas bajas (Zambrano et al., 2013). El Índice Glucémico (IG) es una herramienta propuesta por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura para evaluar la capacidad de los alimentos con carbohidratos de elevar la glucemia. Se considera un IG alto cuando es ≥ 70 , medio entre 55 y 69, y bajo cuando es ≤ 55 (Padilla y Secchi, 2019).

Por otra parte, la evaluación sensorial es fundamental para conocer la aceptación o rechazo y el nivel de agrado de los productos por parte del consumidor, permitiendo clasificar materias primas y productos terminados en función de sus características organolépticas. Esta evaluación, a través de pruebas sensoriales, constituye una etapa esencial en el desarrollo y formulación de nuevos alimentos (Espinosa-Manfugás, 2007).

Asimismo, la incorporación de dietas basadas en proteínas vegetales resulta fundamental para garantizar la seguridad alimentaria global, preservar el medio ambiente, reducir el hambre y promover una buena salud. Por ello, es necesario desarrollar estrategias que favorezcan una mayor inclusión de proteínas de origen vegetal en la alimentación (Burgos et al., 2019; Gulisano et al., 2019).

Considerando todo lo anterior, el objetivo del presente estudio fue determinar la composición nutricional, aceptación sensorial e Índice Glucémico de *snacks* elaborados a partir de diferentes mezclas de maíz, frijol y garbanzo.

Métodos

Elaboración de los snacks

Se elaboraron tres tipos de *snacks* tipo *chip*, cada uno con dos versiones: pasta de frijol, maíz y cúrcuma (FMC); pasta de frijol, maíz y chile (FMCH); garbanzo, maíz y cúrcuma (GMC); garbanzo, maíz y chile (GMCH); pasta de frijol, pasta de garbanzo, harina de maíz y cúrcuma (FGMC); pasta de frijol, pasta de garbanzo, harina de maíz y chile (FGMCH) (Tabla 1). Las pastas de frijol y garbanzo fueron elaboradas mediante la cocción en agua a presión atmosférica. En la elaboración de los *snacks* se utilizó además aceite de canola, sal, cúrcuma y agua. La cocción se realizó en un horno de convección de aire forzado (Cuisinart, EE.UU.) a 163°C durante 9 minutos. El peso en base húmeda de cada *snack* fue de 10 g. Una vez elaborados, los *snacks* se envasaron en bolsas de celofán.

Tabla 1. Ingredientes de cada una de las formulaciones estandarizadas de los *snacks* (g/100 g de mezcla)

Ingredientes	FMC	FMCH	GMC	GMCH	FGMC	FGMCH
Pasta de frijol	66	66	-	-	33	33
Pasta de garbanzo	-	-	66	66	33	33
Harina de maíz	34	34	34	34	34	34
Sal	2	2	2	2	2	2
Cúrcuma	0.5	-	0.5	-	0.5	-
Chile	-	0.5	-	0.5	-	0.5
Aceite de canola	7	7	7	7	7	7
Agua	150	150	150	150	150	150

Nota. FMC= frijol, maíz y cúrcuma, FMCH= frijol, maíz y chile, GMC= garbanzo, maíz y cúrcuma, GMCH= garbanzo, maíz y chile, FGMC= frijol, garbanzo, maíz y cúrcuma, FMCH= frijol, garbanzo, maíz y chile.

Análisis nutricional de los snacks

La composición nutricional (humedad, proteína, grasa total, fibra dietética, cenizas totales, fósforo y sodio) se analizó por triplicado en cada producto con una repetición, mediante métodos establecidos en el manual de la AOAC (Métodos Oficiales de Análisis Internacional, 16va. Edición, EE. UU.) y en la Norma Mexicana NMX-AA-051-SCFI-2016. Los métodos

utilizados fueron: humedad (método 934.01), proteína (método 950.48), fibra dietética (método 985.29), grasa total (método 930.09), cenizas totales (método 940.26), fósforo (método 965.17). La determinación de sodio se realizó conforme al método descrito en la NMX-AA-051-SCFI-2016.

Análisis sensorial de los snacks

Prueba de grado de satisfacción. En la prueba de grado de satisfacción participaron 31 jueces no entrenados (Anzaldúa-Morales, 1994), universitarios de ambos sexos, con edades entre 20 y 22 años, quienes cumplían con los criterios de inclusión de ser consumidores habituales o potenciales y no reportar alguna patología relevante. Los jueces evaluaron el grado de aceptación del *snack* mediante una escala hedónica de 7 puntos, donde: 3 = "Me gusta mucho, 2 = "Me gusta", 1 = "Me gusta poco", 0 = "Ni me gusta ni me disgusta", -1 = "Me disgusta poco", -2 = "Me disgusta" y -3 = "Me disgusta mucho". Para llevar a cabo esta prueba, los participantes se instalaron en cabinas individuales ubicadas en el Laboratorio de Nutrición del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. Se solicitó a los participantes no consumir alimentos una hora antes de la ejecución de la prueba. En grupos de diez, los participantes pasaron al área de prueba, donde se les otorgó una hoja de papel con una escala hedónica de 7 puntos para evaluar cada producto. Cada participante recibió los seis *chips*, identificados con números aleatorios. Se les indicó que probaran la primera muestra ubicada al lado izquierdo y emitieran su calificación marcando con una "x" en la escala hedónica, indicando el número de la muestra probada. Una vez finalizada la evaluación de la primera muestra, se les pidió que enjuagaran su boca con agua y pasaran a la siguiente muestra realizando el mismo procedimiento (Anzaldúa-Morales, 1994).

Prueba de preferencia. Los mismos participantes realizaron una prueba pareada de comparación entre las dos versiones de cada *snack*. Previo a la prueba, se les entregó una hoja de respuesta, en la cual los *snacks* estaban identificados con números aleatorios de tres dígitos. Los participantes registraron en la hoja de respuestas la versión de *snack* de su preferencia por cada tipo. Se pidió a los participantes que enjuagaran su boca con agua entre cada uno de los pares de muestras (Anzaldúa-Morales, 1994).

Determinación del Índice Glucémico del snack FMCH

El IG se determinó únicamente para el *snack* FMCH, ya que fue el más preferido por los participantes en la prueba de preferencia. Se indicó a los participantes que la noche anterior a cada prueba debían consumir los mismos alimentos, así como evitar la actividad física vigorosa e inusual. La determinación de IG se realizó en la Clínica Escuela del Centro Universitario del Sur de la Universidad de Guadalajara. Los participantes pasaron en grupos de dos al azar al área de pruebas. Se tomaron muestras capilares en ayuno, seguidas de curvas de tolerancia de glicemia posprandial con una solución de referencia (50 g de glucosa diluida en 250 ml de agua), ingerida en un periodo entre 10 a 15 minutos. Los tiempos de muestreo de sangre capilar fueron desde 0 minutos (línea base de la muestra) seguido de 15, 30, 45, 60, 90 y 120 min (Brouns et al., 2005).

El mismo día de la semana siguiente, se repitió el protocolo utilizando el *snack* FMCH en la cantidad necesaria para aportar 50 g de carbohidratos disponibles. El *snack* fue acompañado con un máximo de 250 ml de agua, consumido en un periodo

de tiempo de 10 a 15 minutos. Los tiempos de muestreo de sangre capilar fueron desde 0 minutos (línea base de la muestra) seguido de 15, 30, 45, 60, 90 y 120 minutos. La prueba se realizó dos veces, con una semana de intervalo (Brouns et al., 2005). Una vez obtenidos los valores de glucemia, el IG se calculó mediante el método del área bajo la curva con regla trapezoidal, comparando la respuesta glucémica del *snack* frente a la solución estándar de glucosa (Padilla y Secchi, 2019).

Análisis estadísticos

Los resultados se presentan como frecuencias (porcentajes) y medias con desviaciones estándar ($\bar{X} \pm DE$). Para determinar diferencias estadísticas entre el contenido de cada nutriente por cada *snack* en sus dos versiones, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con pruebas *post hoc* de Tukey para muestras no pareadas, previo análisis de normalidad con la prueba de Shapiro-Wilk. Para la prueba de grado de satisfacción, se realizó una prueba de normalidad D'Agostino & Pearson; para variables con distribución normal, se aplicaron pruebas t de Student pareadas entre tipos de *snack* por sexo y pruebas de U Mann Whitney para variables que no presentaron normalidad. Para comparar las curvas de tolerancia de glucemia posprandial entre la solución de glucosa y el *snack* FMCH, se utilizó la prueba de t de Student, previas pruebas de normalidad D'Agostino & Pearson. Las comparaciones de IG entre sexos se realizaron con pruebas t de Student para muestras independientes, ya que la normalidad había sido comprobada con pruebas de Shapiro-Wilk. Para todas las pruebas se utilizó el paquete estadístico GraphPad (Versión 8.0.1). El nivel de significancia a considerar fue $p < 0.05$.

Resultados

Análisis de la composición nutricional

La Tabla 2 muestra la composición nutrimental de los seis *snacks*. El contenido de proteína osciló entre $15.07\% \pm 0.02$ y $12.59\% \pm 0.10$, con diferencias estadísticas significativas entre todas las comparaciones múltiples ($p = 0.0001$), excepto entre FMC y FMCH. Respecto al contenido de grasa total, el valor más alto lo presentó el *snack* GMC ($13.74\% \pm 0.05$) y el más bajo el *snack* FMCH ($8.91\% \pm 0.02$). Hubo diferencias estadísticas significativas en todas las comparaciones múltiples por grupo, a excepción de FMC vs FGMC. En relación a la grasa saturada, el mayor valor lo presentó el *snack* GMC ($2.84\% \pm 0.01$) mientras que FMCH mostró el menor ($1.65\% \pm 0.12$). Las comparaciones múltiples indicaron diferencias significativas para este parámetro en todos los casos ($p = 0.0001$). Respecto al contenido de carbohidratos asimilables totales, el valor más alto lo obtuvo FMCH ($70.07\% \pm 0.30$) y el más bajo GMC ($64.26\% \pm 0.05$). Se observaron diferencias significativas ($p = 0.0001$), aunque no en todas las comparaciones múltiples: no hubo diferencias entre FMC vs FGMC, FMC vs FGMCH, FMCH vs FGMC, GMC vs GMCH. En cuanto a la fibra dietética, el valor más alto fue para el *snack* FMC ($3.49\% \pm 0.50$) y el valor menor lo presentó el *snack* GMC ($3.09\% \pm 0.03$); sin embargo no se encontraron diferencias significativas en este parámetro entre los seis tipos de *snack* ($p = 0.24$). Respecto al contenido de sodio, los valores fueron muy similares entre los seis *snacks*, debido a que la fuente principal fue el cloruro de sodio añadido durante la formulación. Finalmente, la concentración de fósforo mostró diferencias significativas en el análisis global ($p = 0.004$); sin embargo, 11 de las 12 comparaciones múltiples no resultaron estadísticamente significativas.

Tabla 2. Composición nutricional de los seis *snacks* tipo *chip* elaborados (g/100 g)

Compuesto	FMC	FMCH	GMC	GMCH	FGMC	FGMCH	p
Humedad	2.63 ± 0.05	1.73 ± 0.02	0.75 ± 0.02	0.56 ± 0.03	0.76 ± 0.02	0.78 ± 0.02	0.0001
Proteína	12.67 ± 0.02	12.59 ± 0.10	15.07 ± 0.02	14.65 ± 0.03	14.50 ± 0.07	14.26 ± 0.01	0.0001
Grasa total	9.65 ± 0.20	8.91 ± 0.02	13.74 ± 0.05	13.01 ± 0.26	9.99 ± 0.01	11.65 ± 0.18	0.0001
Grasa saturada	1.79 ± 0.03	1.65 ± 0.12	2.84 ± 0.01	2.69 ± 0.05	2.31 ± 0.01	2.17 ± 0.03	0.0001
CAT	67.87 ± 0.95	70.07 ± 0.30	64.26 ± 0.05	65.38 ± 0.17	68.96 ± 0.24	66.98 ± 0.12	0.0001
Fibra dietética	3.49 ± 0.50	3.48 ± 0.36	3.09 ± 0.03	3.13 ± 0.14	3.29 ± 0.14	3.30 ± 0.25	0.2439
Cenizas totales	3.02 ± 0.02	3.14 ± 0.05	3.09 ± 0.02	3.23 ± 0.01	2.57 ± 0.02	3.05 ± 0.00	0.0001
Sodio	778 ± 7.21	780 ± 6.24	776 ± 6.24	790.3 ± 2.52	781 ± 8.00	785 ± 12.77	0.3135
Fósforo	0.4673 ± 0.03	0.4073 ± 0.00	0.4573 ± 0.00	0.4700 ± 0.00	0.4023 ± 0.02	0.4470 ± 0.00	0.0044

Nota. Los resultados están expresados como media de tres repeticiones por muestra y desviación estándar. CAT = Carbohidratos asimilables totales, FMC = frijol, maíz y cúrcuma, FMCH = frijol, maíz y chile, GMC = garbanzo, maíz y cúrcuma, GMCH = garbanzo, maíz y chile, FGMC = frijol, garbanzo, maíz y cúrcuma y FGMCH = frijol, garbanzo, maíz y chile.

Evaluación sensorial

En la Tabla 3 se muestran las medias y desviaciones estándar de las puntuaciones otorgadas por los participantes en la prueba de grado de satisfacción, desglosadas por sexo y en el total de la muestra. El *snack* que obtuvo la puntuación más alta, tanto en mujeres como en el total de los participantes, fue el GMC (1.47 ± 1.25 y 1.35 ± 1.17, respectivamente). No se observaron diferencias significativas entre las medias, ni en el análisis global ni por sexo. En la Tabla 4 se muestra la frecuencia de las puntuaciones asignadas a cada uno de los *snacks* por el total de participantes. El 48.38% de los

participantes evaluó al *snack* GFMCH con una puntuación entre 2 y 3, correspondiente a las categorías “me gusta” y “me gusta mucho”, seguido por el *snack* GMC, que obtuvo dichas puntuaciones en el 45.16% de los casos. Respecto a los resultados de la prueba de preferencia, se compararon las dos versiones de cada tipo de *snack*. La versión más preferida del *snack* uno fue el FMCH, con una preferencia del 67.74% de los participantes; la versión más preferida del *snack* dos fue GMCH con un 54.83%; y para el *snack* tres, la versión FGMCH fue la más preferida, con un 61.29%.

Tabla 3. Puntaje promedio (media ± DE) en la prueba de grado de satisfacción por tipo y versión de *snack*, de acuerdo al sexo de los participantes

Sexo	FMC	FMCH	p	GMC	GMCH	p	FGMC	FGMCH	p	p [†]
Femenino (n=21)	0.38 ± 1.56	1.09 ± 1.04	0.08	1.47 ± 1.25	1.42 ± 1.46	0.26	1.38 ± 1.49	1.38 ± 1.20	0.75	
Masculino (n=10)	0.80 ± 1.31	1.30 ± 1.33	0.41	1.00 ± 1.05	0.40 ± 1.26	0.26	0.70 ± 1.41	0.90 ± 1.37	0.75	
TOTAL (n=31)	0.51 ± 1.48	1.16 ± 1.12	0.10	1.35 ± 1.17	1.09 ± 1.46	0.44	1.12 ± 1.56	1.29 ± 1.18	0.92	0.18

Nota. Los valores de p corresponden a las pruebas pareadas realizadas entre las dos versiones del mismo *snack*. Las variables con distribución normal fueron analizadas mediante la prueba t de Student pareada, mientras que aquellas que no presentaron normalidad fueron evaluadas con la prueba de U de Mann-Whitney. † Comparación entre los seis productos. FMC = frijol, maíz y cúrcuma, FMCH = frijol, maíz y chile, GMC = garbanzo, maíz y cúrcuma, GMCH = garbanzo, maíz y chile, FGMC = frijol, garbanzo, maíz y cúrcuma y FGMCH = frijol, garbanzo, maíz y chile.

Tabla 4. Frecuencia relativa por cada tipo de *snack* expresada en porcentaje

	GMCH	GMC	FMCH	FMC	GFMCH	FGMC
Me gusta mucho (3)	3.23	9.68	19.35	16.13	19.35	16.13
Me gusta (2)	32.26	35.48	25.81	32.26	29.03	29.03
Me gusta poco (1)	19.35	22.81	32.26	19.35	22.58	32.06
Ni me gusta ni me disgusta (0)	12.90	25.81	16.13	16.13	12.90	12.90
Me disgusta poco (-1)	22.58	6.45	6.45	9.68	9.68	9.68
Me disgusta (-2)	9.68	0	0	6.45	3.23	0
Me disgusta mucho (-3)	3.23	0	0	0	3.23	0

Nota. FMC = frijol, maíz y cúrcuma, FMCH = frijol, maíz y chile, GMC = garbanzo, maíz y cúrcuma, GMCH = garbanzo, maíz y chile, FGMC = frijol, garbanzo, maíz y cúrcuma y FMCH = frijol, garbanzo, maíz y chile.

Índice Glucémico

Se determinó el IG del *snack* FMCH, seleccionado por ser el más preferido por los participantes. El promedio general fue de 40.93, lo que representa un IG bajo (Padilla y Secchi, 2019). Al comparar los valores por sexo, se obtuvo una media de 46.75 ± 25.34 en hombres y de 39.65 ± 9.75 en mujeres, aunque

estas diferencias no fueron estadísticamente significativas ($p = 0.57$). Sin embargo, al analizar los valores promedio de glucemia obtenidos tras el consumo del *snack* FMCH frente a la solución de glucosa en cada punto de medición, se observaron diferencias significativa en los valores de glucemia en los minutos 15, 45 y 120 (Tabla 5).

Tabla 5. Valores de glucemia (mg/dl) tras el consumo de la solución control (glucosa al 20%) y el *snack* FMCH a diferentes tiempos

Alimento	T 0	T 15	T 30	T 45	T 60	T 90	T 120
Glucosa 20%	82.50±8.3	114.40±3.6	135.90±4.0	133.80±6.5	115.00±8.0	90.86±1.3	86.05±1.4
<i>Snack</i> FMCH	87.86±1.7	102.40±3.3	126.30±3.4	110.80±3.5	99.60±2.9	89.89±2.9	89.09±1.4
<i>p</i>	0.3720	0.0198	0.0772	0.0036	0.0811	0.7208	0.0241

Nota. FMCH = frijol, maíz y chile.

Discusión

Análisis de la composición nutricional

En un estudio realizado por Fonseca-Bustos et al. (2018), en el cual se elaboraron galletas y grissinis a base de una mezcla de harina de trigo, frijol y lupino, se reportó un contenido de proteína entre $10.65\% \pm 0.06$ y $12.09\% \pm 0.30$. Por su parte, Cutullé et al. (2012) desarrollaron galletas con harinas de trigo, arroz y lenteja (50%, 20% y 30%, respectivamente), encontrando un contenido proteico de 6.69%, valor inferior a los obtenidos en los *snacks* del presente estudio. Zambrano et al. (2013) elaboraron barras a base de avena en hojuelas, harina de maíz y frijol y reportaron un contenido de proteína de $13.55\% \pm 0.11$, porcentaje similar al encontrado en el presente estudio.

Respecto al contenido de grasa total, Fonseca-Bustos et al. (2018) reportaron valores entre $18.82\% \pm 0.9$ y $21.43\% \pm 0.02$. Cutullé et al. (2012) reportaron un contenido de lípidos de 11.33% en las galletas elaboradas con harina de trigo, arroz y lentejas y Zambrano et al. (2013) registraron $21.85\% \pm 0.6$ en sus

barritas de cereal-leguminosa. Estos valores son mayores a los obtenidos en el presente trabajo ($8.91\% \pm 0.02$ - $13.74\% \pm 0.05$).

Soler et al. (2017) reportaron un rango de $2.88\% \pm 0.01$ a $3.50\% \pm 0.03$ de fibra dietética en galletas elaboradas con harinas de trigo, sorgo y frijol, valores similares a los obtenidos en el presente trabajo. Ndife et al. (2014), al elaborar galletas a base de harina de trigo-soya en una proporción 50:50 (similares a los *snacks* de este trabajo), reportaron un contenido de proteína de $21.08\% \pm 2.18$, valor superior al de este estudio. Esta diferencia es posiblemente debida a que la concentración de proteína de la soya es mayor a la del frijol y del garbanzo. Sin embargo, tanto la proteína como la fibra dietética en dichos productos fueron superiores a los contenidos de estos nutrientes en harina de maíz nixtamalizado (7.10% y 1.80%, respectivamente) (Muñoz de Chávez, 2014). Esto pone de manifiesto que el incorporar harina de leguminosas a alimentos elaborados con harina de cereales incrementa su porcentaje de proteína y fibra dietética, dos nutrientes con funciones fisiológicas fundamentales. Además de los

nutrientes presentes en las leguminosas, en los últimos años ha tenido gran relevancia el evaluar el efecto de compuestos biofuncionales de estos granos, como lo son las lectinas, los fenoles totales y los péptidos con actividad antiinflamatoria, antioxidante, e inmunomoduladora. Si bien se requieren más estudios para comprender el mecanismo de acción de los fitoquímicos presentes en las leguminosas, el valor nutricional y funcional de estas ha puesto de manifiesto su importancia en la prevención y tratamientos de algunas comorbilidades asociadas a la obesidad como son las enfermedades cardiovasculares e hiperglucemias (Contreras et al., 2020; Zhu et al., 2018).

Evaluación sensorial

Desde el punto de vista tecnológico y sensorial, la incorporación de leguminosas en productos listos para el consumo tiene gran relevancia, ya que presentan beneficios como su sabor suave, aroma agradable y propiedades funcionales como la absorción de agua y grasa, que inciden positivamente en la textura y sabor residual del producto. Estos atributos se reflejan en las pruebas afectivas como son la preferencia y grado de satisfacción (Boye et al., 2010).

Fonseca-Bustos et al. (2019) evaluaron el grado de satisfacción de dos productos de panadería elaborados con una combinación de harina de lupino y harina de trigo y otra de harina de frijol y harina de trigo, mediante una escala de siete puntos en población adulta residente de la Ciudad de Concepción, Chile. Los resultados mostraron que el 45% de los participantes manifestó “me gusta” para la galleta de harina de lupino y harina de trigo. En el presente estudio, considerando el total de los participantes, los *snacks* FMCH, GMC, FGMC y FGMCH obtuvieron puntuaciones mayor a 1, que corresponde a “me gusta”. Sin embargo, se debe considerar que las desviaciones estándar fueron mayores al promedio, lo que indica una alta variabilidad en las respuestas. Esto puede atribuirse al hecho de que se trató de una prueba de aceptación subjetiva aplicada a jueces no entrenados (Anzaldúa-Morales, 1994). En otro estudio, Islas-Rubio et al. (2014) elaboraron *chips* a base de harina de garbanzo, maíz y trigo, cuya aceptabilidad fue evaluada con una escala hedónica de 0 a 15 puntos, donde 15 representaba “me gusta mucho”. El 82% de los 65 panelistas no entrenados que evaluaron el producto lo consideraron aceptable, aunque no se especificó el punto de corte para definir la aceptabilidad (Islas-Rubio et al., 2014).

Índice Glucémico

En un estudio realizado por Zambrano et al. (2013) se evaluó el IG, en individuos sanos, de un producto de panadería elaborado a base de cereal-leguminosa (maíz, avena y frijol al 30%), con un valor de 49, en comparación con una barra de cereales (maíz y avena), que presentó un valor de 66. Ambos valores son superiores al del *snack* FMCH del presente trabajo (40.93), el cual se clasifica como alimento de IG bajo (Jenkins et al., 2012). El adicionar harina de leguminosa no solo mejora la composición nutricional, sino que también disminuye el IG de los alimentos que la contienen (Jenkins et al., 2012).

Por otro lado, Granito et al. (2014) formularon tres tipos de pasta de sémola adicionadas con harinas de distintas leguminosas. La pasta tipo 1 contenía el 12% de frijol común (*Phaseolus vulgaris*), la tipo 2 estaba constituida por el 10% de frijol chino (*Vigna sinensis*) y la tipo 3 contenía el 12% de guandú (*Cajanus cajan*). Los valores de IG obtenidos fueron de

63 (frijol común), 65.31 (frijol chino) y 62 (guandú), clasificados como IG medio (Jenkins et al., 2012). Estas diferencias pueden explicarse por la proporción cereal-leguminosa utilizada, distinta a la del *snack* FMCH del presente estudio.

El IG se puede ver modificado por la interacción de los carbohidratos con otros nutrientes, el tipo de carbohidrato y sus propiedades, la textura, el proceso de elaboración del alimento y el contenido de almidón resistente. Las leguminosas son alimentos reconocidos por tener un IG bajo y han sido utilizadas como herramienta para el control glucémico de personas con diabetes mellitus tipo 2. Además, por su alto contenido tanto de fibra dietética como de proteína, ayudan a reducir los niveles de colesterol sérico (Jenkins et al., 2012).

El principal carbohidrato de las leguminosas es el almidón (30-40%), incluyendo una fracción importante de almidón resistente que, al llegar al intestino grueso, es fermentado y favorece la producción de ácidos grasos de cadena corta que reducen el IG y la inflamación, mejoran la función de la barrera intestinal, disminuyen la absorción de colesterol y previenen el cáncer de colon (Flores-Navarrete, 2018; Khoza et al., 2021; Preedy et al., 2011; Rochín-Medina et al., 2018). Por su parte, la fibra dietética contribuye a la regulación de diversas funciones fisiológicas, como la función intestinal y la prevención del cáncer de colon. Por lo tanto, es relevante desde un punto de vista nutricional, aumentar el consumo de leguminosas y facilitar su inclusión en la dieta diaria (Zambrano et al., 2013). De acuerdo con Torres-González y colaboradores (2014), la incorporación de harina de leguminosas en nuevos productos industrializados, como el pan tostado, debe considerarse por su buena aceptación en términos de peso, volumen, textura y estructura de la miga (Torres-González et al., 2014).

Conclusiones

Los *snacks* adicionados con harina de maíz, pasta de frijol o garbanzo mostraron un contenido elevado de proteína. El *snack* en el cual se evaluó el IG presentó un valor bajo. Las pruebas afectivas de grado de satisfacción indicaron una buena aceptación en la mayoría de los productos, obteniendo la mayor frecuencia de puntuaciones para “me gusta” en cuatro de los seis *snacks*, y “me gusta poco” en dos de los *snacks*. La variabilidad en las respuestas se relaciona con la subjetividad de las pruebas y la condición de jueces no entrenados.

Limitaciones del estudio

El análisis sensorial fue realizado por jueces no entrenados, quienes emitieron una calificación global basada en una escala hedónica, sin desglosar atributos específicos como color, textura, sabor u olor. Solo se evaluó el IG de un tipo de *snack* y en un número limitado de participantes. Asimismo, no se realizó análisis del perfil de aminoácidos ni de los compuestos biofuncionales presentes en los productos.

Referencias

- Aburto, T. C., Pedraza, L. S., Sánchez-Pimienta, T. G., Batis, C., y Rivera, J. A. (2016). Discretionary foods have a high contribution and fruit, vegetables, and legumes have a low contribution to the total energy intake of the Mexican population. *The Journal of Nutrition*, 146(9), 1881-1887. <https://doi.org/10.3945/jn.115.219121>
- Aguilar, L. J., Monroy, L. M., y Aguilar, L. E. (2019). Aceptación del sabor de un snack saludable adicionado con harina de soya utilizando la prueba de umbral de detección. *FACE*,

- 19(1), 16–26. <https://doi.org/10.24054/face.v19i1.484>
- Anzaldúa-Morales, A. (1994). *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica*. Acribia.
- AOAC International. (1995). *Official methods of analysis of AOAC International* (16a ed.). AOAC International.
- Boye, J., Zare, F., y Pletch, A. (2010). Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*, 43(2), 414–431. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.09.003>
- Brouns, F., Bjorck, I., Frayn, K. N., Gibbs, A. L., Lang, V., Slama, G., y Wolever, T. M. S. (2005). Glycaemic index methodology. *Nutrition Research Reviews*, 18(1), 145–171. <https://doi.org/10.1079/NRR2005100>
- Burgos, D. C., Opazo-Navarrete, M., Wandersleben, T., Soto, A. M., Barahona, T., y Bustamante, M. (2019). Chemical and nutritional evaluation of protein-rich ingredients obtained through a technological process from yellow lupin seeds (*Lupinus luteus*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(4), 508–517. <https://doi.org/10.1007/s11130-019-00768-0>
- Contreras, J., Herrera-González, A., Arrizon, J., Lugo-Cervantes, E., y Mojica, L. (2020). Mexican endemic black bean phenolic extract antioxidant and anti-inflammatory potential. *Current Developments in Nutrition*, 4, nzaa045_015. https://doi.org/10.1093/cdn/nzaa045_015
- Cumo, C. (2015). *Foods that changed history: How foods shaped civilization from the ancient world to the present* (1a ed.). ABC-CLIO.
- Cutullé, B., Berruti, V., Campagna, F., Colombaroni, M., Robidarte, M. S., Wiedemann, A., y Vázquez, M. (2012). Desarrollo y evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas). *Diaeta*, 30(138), 25–31. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-73372012000100004
- Espinosa-Manfugás, J. (2007). *Evaluación sensorial de los alimentos*. Editorial Universitaria.
- Flores-Navarrete, D. S. (2018). Obtención de harina de plátano verde tipo HARTÓN (*Musa AAB*) precocida y fortificada [Tesis de maestría, Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/16340>
- Fonseca, B. V., Magaña, C. R., Ruíz, M. A., Pineda, J. E., Virgen, C. A., y Váldez, E. H. (2018). Formulación, análisis nutrimental y sensorial de productos de panadería a base de una mezcla cereal-leguminosa (*Phaseolus vulgaris* y *Lupinus albus*) en México. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(3), 247–257. <https://doi.org/10.37527/2018.68.3.007>
- Fonseca-Bustos, V., Márquez, C., Ulloa, N., López, M. A., y Valdés Miramontes, E. H. (2019). Preferencia y grado de satisfacción de productos panaderos con una mezcla cereal-leguminosa en adultos de Chile. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 69(2), 107–112. <https://doi.org/10.37527/2019.69.2.005>
- Golovinskaia, O., y Wang, C. (2023). The hypoglycemic potential of phenolics from functional foods and their mechanisms. *Food Science and Human Wellness*, 12, 986–1007. <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2022.10.020>
- Granito, M., Pérez, S., y Valero, Y. (2014). Calidad de cocción, aceptabilidad e índice glicémico de pasta larga enriquecida con leguminosas. *Revista Chilena de Nutrición*, 41(4), 425–432. <http://doi.org/10.4067/S0717-75182014000400012>
- Gulisano, A., Alves, S., Martins, J. N., y Trindade, L. M. (2019). Genetics and breeding of *Lupinus mutabilis*: An emerging protein crop. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01385>
- Islas-Rubio, A. R., Calderon, A. M., Molina-Jacott, L. E., Granados-Nevarez, M., y Vazquez-Lara, F. (2014). Development and evaluation of a nutritionally enhanced multigrain tortilla snack. *Plant Foods for Human Nutrition*, 69(2), 128–133. <https://doi.org/10.1007/s11130-014-0408-y>
- Jenkins, D. J. A., Kendall, C. W. C., Augustin, L. S. A., Mitchell, S., Sahye-Pudaruth, S., Blanco Mejia, S., Chiavaroli, L., Mirrahimi, A., Ireland, C., Bashyam, B., Vidgen, E., de Souza, R. J., Sievenpiper, J. L., Coveney, J., Leiter, L. A., y Josse, R. G. (2012). Effect of legumes as part of a low glycemic index diet on glycemic control and cardiovascular risk factors in type 2 diabetes mellitus. *Archives of Internal Medicine*, 172(21), 1653. <https://doi.org/10.1001/2013.jamainternmed.70>
- Jiménez, A. (2018). Elaboración y evaluación del valor nutrimental, nutraceutico y sensorial de una barra horneada de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y avena (*Avena sativa*) [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro].
- Khoza, M., Kayitesi, E., y Dlamini, B. C. (2021). Physiochemical characteristics, microstructure and health promoting properties of green banana flour. *Foods*, 10(2894). <https://doi.org/10.3390/foods10122894>
- Mendoza-Jiménez, Y., Eusebio-Moreno, J., Álvarez-García, R., Abreu-Corona, A., Vergas-Hernández, G., Téllez-Jurado, A., y Tovar-Jiménez, X. (2018). Actividad antioxidante de los hidrolizados proteicos del frijol común (*Phaseolus vulgaris*) cv negro primavera-28 y flor de durazno. *Biotechnia*, 20(2), 25–30. <https://doi.org/10.18633/biotechnia.v20i2.594>
- Muñoz de Chávez, M. (2014). *Tablas de uso práctico de los alimentos de mayor consumo* (3.ª ed.). McGraw Hill Interamericana.
- Ndife, J., Kida, F., y Fagbemi, S. (2014). Production and quality assessment of enriched cookies from whole wheat and full fat soya. *European Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 19–28.
- Padilla, P. J., y Secchi, C. (2019). Índice glucémico de tostadas de maíz nixtamalizadas ecológicamente. *Actualidades en Nutrición*, 20(3), 88–93. https://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_20/num_3/RSAN_20_3_88.pdf
- Pihlanto, A., Mattila, P., Mäkinen, S. y Pajari, A.M. (2017). Bioactivities of alternative protein sources and their potential health benefits. *Food & Function*, 8(10), 3443–3458. <https://doi.org/10.1039/C7FO00302A>
- Preedy, V., Watson, R., y Patel, V. (2011). *Flour and breads and their fortification in health and disease prevention*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/C2009-0-30556-5>
- Rochín-Medina, J.J., Ramírez, K., Rangel-Peraza, J.G. y Aguayo-Rojas, J. (2018). Incremento del valor nutrimental, actividad antioxidante y potencial inhibitorio de α -glucosida en brownies a base de leguminosas cocidas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 68(2). <https://doi.org/10.37527/2018.68.2.007>
- Soler, N., Castillo, O., Rodriguez, G., Perales, A., y Gonzalez, A. (2017). Análisis proximal, de textura y aceptación de las galletas de trigo, sorgo y frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 67(3), 1–11. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2017/3/art-8/>
- Torres-González, M.P., Jiménez-Munguía, M.T. y Bárcenas-Pozos, M.E. (2014). Harinas de frutas y/o leguminosas y su combinación con harina de trigo. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, 8(1), 94–102.
- Viviant, V. (2007). Snacks saludables, una novedosa tendencia.

La Alimentación Latinoamericana, 1, 1-4.

Zambrano, R., Granito, M., y Valero, Y. (2013). Respuesta glicémica al consumo de una barra de cereales-leguminosa (*Phaseolus vulgaris*) en individuos sanos. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 63(2), 134-141. <https://www.alanrevista.org/ediciones/2013/2/art-4/>

Zhu, F., Du, B., y Xu, B. (2018). Anti-inflammatory effects of phytochemicals from fruits, vegetables, and food legumes: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 58(8), 1260–1270. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1251390>