

## Galleta elaborada a base de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) con alto contenido de fibra y reducida en azúcares añadidos

## Cookie made from sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) with high fiber content and reduced added sugars

Cardoza Hernández, F.J.<sup>1</sup>, Mar Aldana, S.<sup>1\*</sup>, Rodríguez López, M.H.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Medicina y Nutrición, Durango, México

<sup>2</sup> Universidad Juárez del Estado de Durango, Facultad de Ciencias Químicas, Durango, México

\* [susuky@ujed.mx](mailto:susuky@ujed.mx)

### Resumen

La alta prevalencia de sobrepeso y obesidad en México, sumada al elevado consumo de alimentos ultraprocesados, subraya la necesidad de desarrollar alternativas alimenticias más saludables y accesibles. En este contexto, el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) surge como una opción viable para mejorar el perfil nutricional de productos como las galletas, gracias a su alto contenido de fibra insoluble y su bajo índice glucémico, características beneficiosas para personas con sobrepeso, obesidad o riesgo de diabetes. El objetivo de esta investigación fue elaborar una galleta a base de sorgo con alto contenido de fibra y bajo nivel de azúcares añadidos. El producto final presentó un contenido de fibra de 4.7%, superior al de las galletas dulces convencionales disponibles en el mercado mexicano. Además, su bajo costo de producción, estimado desde 0.35 dólares estadounidenses, la convierte en una alternativa accesible para distintos sectores de la población. La evaluación de aceptación mostró resultados positivos, lo que indica una buena disposición del consumidor hacia este tipo de productos. En conclusión, la galleta elaborada con sorgo representa una opción nutritiva, económica y viable frente a las opciones tradicionales del mercado, contribuyendo potencialmente a una dieta más saludable para la población mexicana.

**Palabras clave:** cereal; fibra; galleta; sorgo; análisis sensorial.

### Abstract

The high prevalence of overweight and obesity in Mexico, combined with the widespread consumption of ultra-processed foods, highlights the need to develop healthier and more accessible food alternatives. In this context, sorghum (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) emerges as a viable option to improve the nutritional profile of products such as cookies, due to its high insoluble fiber content and low glycemic index, beneficial traits for individuals with overweight, obesity, or at risk of diabetes. The objective of this study was to develop a sorghum-based cookie with high fiber content and reduced added sugars. The final product contained 4.7% fiber, higher than that of conventional sweet cookies available in the Mexican market. Additionally, its low production cost, starting at approximately 0.35 USD, makes it an affordable option for a broad segment of the population. Consumer acceptance testing yielded positive results, indicating a favorable response toward this type of product. In conclusion, the sorghum-based cookie represents a nutritious, cost-effective, and viable alternative to traditional sweet cookies, potentially contributing to a healthier diet for the Mexican population.

**Keywords:** cereal; fiber; cookie; sorghum; sensory analysis.

## 1. INTRODUCCIÓN

A nivel global, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha señalado que el sobrepeso y la obesidad han alcanzado proporciones epidémicas, con más de 1900 millones de adultos con sobrepeso y más de 650 millones con obesidad en 2022 (Okunogbe *et al.*, 2022). Esta tendencia, asociada a cambios en los patrones de consumo y al desequilibrio alimentario mundial, ha generado un aumento sostenido de comorbilidades como la diabetes y las enfermedades cardiovasculares.

En México, la prevalencia de sobrepeso y obesidad, así como sus comorbilidades asociadas se han mantenido en aumento en las últimas décadas. De hecho, la prevalencia de sobrepeso más obesidad (Índice de Masa Corporal (IMC)  $\geq 25$  kg/m<sup>2</sup>) alcanza el 76.3% en mujeres y el 76.2% en hombres (Shamah-Levy *et al.*, 2024). Paralelamente, según la Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua de México 2020-2022, el 40.8% de los adultos mexicanos consumen cereales dulces como galletas, donas y pastelillos, lo que refuerza la necesidad de reformular este tipo de productos con ingredientes de mayor valor nutricional (Campos-Nonato *et al.*, 2023). Ante esta situación, el sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) se presenta como una alternativa viable para mejorar el perfil nutricional de productos como las galletas. Este cereal es una fuente rica en fibra insoluble y tiene un bajo índice glucémico, lo que lo hace especialmente útil en dietas dirigidas a personas con sobrepeso, obesidad o riesgo de diabetes (Stefoska-Needham, 2024). Además, aporta vitaminas y minerales esenciales como niacina, riboflavina, tiamina, hierro, fósforo, zinc y calcio. También es naturalmente libre de gluten, lo que lo hace apto para personas con enfermedad celíaca (León-López *et al.*, 2022).

Aunado a sus características nutricionales destacables, el sorgo posee características agronómicas sobresalientes, destacando por su capacidad de resistir condiciones climáticas adversas como sequías prolongadas, reactivándose rápidamente cuando las condiciones mejoran. Esto debido a que puede desarrollar raíces que pueden alcanzar profundidades significativas, lo cual le permite acceder a reservas de agua en capas profundas del suelo cuando existe un periodo de escasez hídrica (Prasad *et al.*, 2021). No obstante, a pesar de estas características que lo vuelven un cultivo destacable, el sorgo es un cereal poco conocido y su consumo en la dieta habitual es prácticamente nulo en la población mexicana.

En este contexto, se plantea como objetivo principal de esta investigación elaborar una galleta utilizando como ingrediente principal el sorgo, y obteniendo como resultado un producto reducido en azúcares y alto en fibra. Por último, este estudio busca fomentar el consumo de cultivos más sustentables que son producidos en el estado de Durango, México, dando a conocer los beneficios que podría aportar este producto a la salud del individuo, además de demostrar que puede llegar a ser un alimento agronómicamente viable.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se diseñaron dos formulaciones experimentales, diferenciadas por el tipo de edulcorante empleado: miel de agave, que es un endulzante natural obtenido a partir del tallo del agave, o sucralosa que es un edulcorante no calórico que es obtenido a partir de la sacarosa. Posteriormente, se aplicó un cuestionario de evaluación sensorial de elaboración propia, con el propósito de medir el grado de aceptación de ambas variantes. Asimismo, se realizó un análisis proximal de cada formulación, con el fin de sustentar lo que propone el objetivo de esta investigación. Finalmente, se efectuó una comparativa de precios con productos similares disponibles en el mercado mexicano, como parte del análisis de viabilidad comercial.

### 2.1. Elaboración de la galleta

Para la elaboración de la galleta se utilizó como materia prima sorgo, huevo, aceite de oliva, canela, miel de agave y sucralosa. Todos los ingredientes utilizados fueron obtenidos de supermercados y tiendas de la ciudad de Durango, México.

#### 2.1.1. Obtención de la harina de sorgo

Para la obtención de la harina de sorgo, los granos fueron sometidos inicialmente a un proceso de limpieza manual, con el fin de eliminar impurezas físicas como piedras pequeñas y residuos del cultivo. Posteriormente, se realizó un tratamiento térmico por hervido (30 min), empleando una proporción 1:5 (sorgo:agua). Finalizado este proceso, el agua de cocción fue descartada y los granos hervidos fueron almacenados en un recipiente plástico

y conservados en refrigeración hasta su posterior procesamiento. Luego, los granos fueron lavados con agua potable y sometidos a secado en horno de convección (60 °C, 90 min, marca Teka modelo HCB 6535, Alemania). Finalmente, el sorgo seco fue molido en un molino de disco (Molino Victoria modelo M-115, Colombia) hasta obtener una harina homogénea (Boniface y Gladys, 2011).

#### 2.1.2. Preparación de las galletas

En cuanto a la preparación, en ambas formulaciones se emplearon los mismos ingredientes a excepción del edulcorante utilizado. En un recipiente se mezclaron hasta obtener una masa homogénea los siguientes ingredientes: 100 g de harina de sorgo elaborada según el Punto 2.1.1, 3 g canela en polvo, 1 huevo, 5 ml de aceite de oliva y el edulcorante (2 cucharadas de miel de agave, o 2.5 g de sucralosa). Una vez obtenida la masa, se colocó dentro de una bolsa hermética y se llevó a refrigeración por 30 minutos. Pasado el tiempo en refrigeración se precalentó el horno a 180°C. Mientras tanto se procedió a estirar la masa y cortarla utilizando moldes para galletas. Posteriormente las figuras obtenidas se colocaron sobre una bandeja para hornear y se procedió a hornearlas (180 °C, 10 min). Finalmente, se retiraron las galletas del horno y se dejaron enfriar.

#### 2.2. Evaluación de aceptación del producto y comparativa con otros productos

Para evaluar la aceptación de ambas formulaciones, se diseñó un instrumento para esta investigación (elaboración propia), compuesto por 24 preguntas orientadas a conocer la percepción del público en general sobre estas galletas dulces. Es importante señalar que el cuestionario no fue aplicado a una población previamente entrenada, sino que se administró a una muestra heterogénea de 114 personas pertenecientes a distintos grupos etarios. En dicho cuestionario, la población evaluó color, olor/aroma, sabor, textura y aceptación.

Los productos seleccionados para el comparativo fueron aquellos que eran ofertados en los supermercados mexicanos y que además compartieran algunas de las características nutricionales de las galletas, por ejemplo; que fuesen altas en fibra, que procedieran de cereales integrales, que tuvieran un bajo contenido de azúcares añadidos.

#### 2.3. Análisis proximal

Los siguientes análisis proximales fueron realizados sobre las muestras de ambas galletas: determinación de humedad, método NMX-F-083-1986 (Sociedad Mexicana de Normalización y Certificación (NORMEX), 2020<sup>1</sup>); determinación de ceniza, método NMX-F-607 (NORMEX, 2022<sup>1</sup>); determinación de proteínas, método NMX-F-608 (NORMEX, 2004<sup>1</sup>); determinación de grasa, método NOM-086-SSA1-1994 (Secretaría de Salud, 2012<sup>1</sup>); determinación de fibra cruda, método NMX-F-613 (NORMEX, 2018<sup>1</sup>); carbohidratos totales y contenido energético, método NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (Norma Oficial Mexicana, 2020<sup>1</sup>).

#### 2.4. Comparativo de costos

Para esta sección, se realizó una investigación acerca de los productos que se ofrecían en supermercados mexicanos que compartieran características nutricionales con las galletas elaboradas a base de sorgo y se realizó una recopilación de sus precios.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presente sección integra un análisis multidimensional del producto elaborado a base de sorgo, en el cual se combinan evaluaciones sensoriales, análisis proximales, y comparativas de costos y de perfil nutricional. Inicialmente, se exponen los hallazgos de la evaluación organoléptica de las galletas, destacando diferencias en los atributos de dulzor, sabor, aroma y textura entre las formulaciones endulzadas con miel de agave y con sucralosa. Complementariamente, se presenta el análisis proximal que determina la composición de macro y micronutrientes del producto, permitiendo una comparación directa con productos similares ofertados en el mercado mexicano. Finalmente, la comparación de costos y la evaluación nutricional integradora ofrecen una perspectiva práctica y competitiva, subrayando no solo la calidad sensorial y nutricional, sino también la viabilidad comercial de esta innovación alimentaria.

<sup>1</sup> Recuperado de <https://dof.gob.mx/>

3.1. Evaluación de aceptación del producto

La Tabla 1 presenta los resultados del análisis sensorial realizado sobre el producto

Tabla 1. Resultados de evaluación de aceptación

Parámetro	Galleta con Miel de Agave	Galleta con sucralosa
Dulzor (percepción dulce)	85.1	73.7
Sabor (agradable)	89.5	77.2
Aroma (agradable)	78.1	69.3
Textura (adecuada)	56.1	45.6
	35.1 la describen como rígida	42.1 la describen como rígida
Aceptabilidad general	91.2	75.4
	48.2 agrada + 43.0 gusta mucho	42.1 agrada + 33.3 gusta mucho

Nota: Los valores se muestran en porcentaje de individuos (%)

En la formulación con miel de agave, 97 personas (85.1%) percibió la galleta como dulce, 102 personas (89.5%) describió su sabor como agradable y 89 personas (78.1%) consideró que el aroma también lo era. En cuanto a la textura, 64 personas (56.1%) la calificó como adecuada, aunque 40 personas (35.1%) la describió como rígida, lo que sugiere un área de mejora. La aceptabilidad global fue alta: 104 personas (91.2%) reportó agrado hacia el producto, y 106 personas (93%) indicaron que lo volvería a consumir. Además, 98 personas (86%) estaría dispuesto a incorporarlo como un snack habitual en su dieta.

Por otro lado, la galleta con sucralosa fue percibida como dulce por 84 personas (73.7%), mientras que 88 personas (77.2%) calificó su sabor como agradable y 79 personas (69.3%) valoraron positivamente su aroma. La textura fue considerada adecuada por 52 personas (45.6%), aunque 48 personas (42.1%) la describió como rígida. En términos de aceptación, 86 personas (75.4%) manifestó agrado por el producto y 92 personas (80.7%) expresaron su disposición a consumirlo nuevamente; 84 personas (73.7%) indicaron que lo incluiría como parte regular de su dieta.

En relación con el parámetro de color, si bien fue evaluado en la encuesta, los resultados no mostraron diferencias entre ambas formulaciones, por lo que no se incluyeron en la Tabla 1. Sin embargo, se observó que la galleta endulzada con miel de agave presentó una tonalidad más oscura, atribuible a las reacciones de Maillard, mientras que la de sucralosa mantuvo un color más claro.

Se puede decir que ambas formulaciones recibieron un buen grado de aceptación, si bien las evaluaciones sensoriales se realizaron con un número elevado de participantes, lo cual les otorga representatividad, se reconoce que el presente estudio utilizó una población no entrenada. Por lo tanto, los autores consideran pertinente, a fines comparativos y no por un requerimiento legal, planificar en futuros trabajos un ensayo con personal entrenado en un laboratorio certificado, con el objetivo de complementar y fortalecer los resultados obtenidos.

La evaluación sensorial realizada con 114 jueces no entrenados permitió comparar dos formulaciones de galletas elaboradas con harina de sorgo: una endulzada con miel de agave y otra con sucralosa. Los atributos evaluados fueron color, aroma, sabor, textura y aceptación global.

En términos de aceptación global, ambas formulaciones obtuvieron calificaciones positivas, lo que confirma la viabilidad del sorgo como ingrediente alternativo en productos de panificación. Este hallazgo coincide con lo reportado por (Awika y Rooney, 2024), quienes señalaron que el sorgo, además de ser libre de gluten, mantiene una aceptabilidad sensorial adecuada en productos de repostería.

Respecto al color, la galleta endulzada con miel de agave presentó una tonalidad más oscura, atribuible a las reacciones de Maillard favorecidas por el alto contenido de fructosa. Este resultado coincide con lo descrito por Ramírez-Jiménez *et al.* (2000), quienes observaron oscurecimiento en productos horneados con jarabes reductores. En contraste, la formulación con sucralosa mostró un color más claro y uniforme, lo cual concuerda con lo señalado por Gómez *et al.* (2003), quienes documentaron que los edulcorantes no calóricos no participan en reacciones de pardeamiento.

En cuanto a la textura, la formulación con sucralosa se percibió como más firme y compacta. Esto puede explicarse por la ausencia de efecto estructural de la sacarosa y la falta de agentes de volumen, lo que ha sido descrito en estudios sobre productos bajos en calorías (Adão y Glória, 2005).

El análisis de sabor mostró que la formulación con sucralosa presentó un perfil de dulzor comparable al de la sacarosa, sin sabores residuales notorios, lo que concuerda con lo descrito por Chattopadhyay *et al.* (2014). En cambio, la miel de agave aportó un dulzor más intenso y notas caramelizadas, percibidas positivamente por una parte de los consumidores, aunque otros las consideraron diferentes al perfil tradicional de una galleta.

En cuanto al aroma, la formulación con miel de agave destacó por presentar notas más tostadas y caramelizadas, asociadas a las reacciones térmicas de los azúcares, mientras que la formulación con sucralosa se caracterizó por un aroma más neutro. Esto es consistente con lo observado por Do *et al.* (2011), quienes señalaron que los azúcares reductores favorecen el desarrollo de compuestos aromáticos durante el horneado.

3.2. Análisis proximal

En la Tabla 2 se presentan los promedios de las variables evaluadas mediante análisis proximal para ambas formulaciones de galletas a base de sorgo.

Como se podía anticipar, la formulación endulzada con miel de agave presentó un mayor contenido energético (401.65 kcal) en comparación con la formulación con sucralosa (381.56 kcal). Esta diferencia puede atribuirse a la naturaleza calórica de la miel de agave frente a la sucralosa, que es un edulcorante no calórico.

En cuanto al contenido de proteína (Pts), la formulación con sucralosa mostró un valor ligeramente superior (8.66 g) en comparación con la de miel de agave (7.56 g). Los valores de carbohidratos totales (CHOt) fueron similares en ambas formulaciones, con 68.91 g en la de miel de agave y 69.17 g en la de sucralosa. Sin embargo, al considerar los carbohidratos disponibles (CHOdisp), la galleta con sucralosa (64.50 g) presentó una ligera ventaja sobre la de miel de agave (64.21 g), aunque las diferencias son mínimas. Respecto al contenido de lípidos, se observó un mayor valor en la formulación con miel de agave (12.73 g) frente a la de sucralosa (9.88 g).

En cuanto a la fibra, ambas formulaciones presentaron un contenido elevado, con valores de 4.70 g para la galleta con miel de agave y 4.67 g para la de sucralosa, lo cual es característico de los productos elaborados a partir de sorgo.

En lo que respecta a la humedad, la galleta endulzada con sucralosa presentó un valor superior (11.10%) en comparación con la formulación con miel de agave (9.51%), lo que puede influir en la percepción de la textura, tal como fue señalado en la evaluación de aceptación.

Finalmente, el contenido de cenizas, indicador de minerales totales, fue ligeramente mayor en la formulación con miel de agave (1.29 g) respecto a la de sucralosa (1.19 g), lo que sugiere una ligera diferencia en la composición mineral.

Tabla 2. Resultados del análisis proximal, cada 100 g de producto.

Formulación	Energía (kcal)	Pts (g)	CHOt (g)	CHOdisp (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)	Humedad (g)	Ceniza (g)
con miel de agave	401.65	7.56	68.91	64.21	12.73	4.70	9.51	1.29
con sucralosa	381.56	8.66	69.17	64.50	9.88	4.67	11.10	1.19

Pts. Proteínas; CHOt. Carbohidratos totales; CHOdisp. Carbohidratos disponibles; kcal. Kilocalorías



El análisis proximal reveló que ambas galletas de sorgo presentaron un mayor contenido de fibra en comparación con galletas comerciales elaboradas con harina refinada de trigo, en las que el contenido promedio es de 2-3%. Las formulaciones experimentales alcanzaron valores superiores. El contenido de proteína fue moderado, superior al de galletas comerciales simples, pero inferior al de aquellas fortificadas con leguminosas.

En cuanto al contenido energético, la galleta con sucralosa mostró una menor densidad calórica respecto a la endulzada con miel de agave, lo que la posiciona como una opción viable para consumidores con requerimientos específicos, como pacientes con diabetes mellitus tipo 2 o personas que buscan reducir su ingesta calórica.

### 3.3. Comparativa con otras galletas ofertadas en el mercado mexicano

Como se muestra en la Tabla 3, las galletas comerciales presentan valores que oscilan entre 383 y 427 kcal. La galleta con mayor aporte energético fue la conocida como “María” sin azúcar (427 kcal), seguida de una galleta integral de avena con nuez (413.9 kcal). En comparación, la formulación de sorgo con miel de agave mostró un valor ligeramente menor (401.65 kcal), y la de sucralosa fue la que presentó el valor más bajo dentro del grupo (381.56 kcal), lo cual representa una ventaja para consumidores que requieren productos con menor densidad calórica, como personas con diabetes o en planes de control de peso.

Respecto al contenido de proteínas, las galletas comerciales superaron a ambas formulaciones experimentales, especialmente las galletas comerciales denominadas “light” (10 g), las galletas integrales (10.10 g) y las galletas integrales de avena con nuez (9.30 g). Por el contrario, las galletas de sorgo con sucralosa (8.66 g) y con miel de agave (7.56 g) presentaron niveles proteicos ligeramente inferiores. Este comportamiento podría atribuirse al uso de ingredientes como avena, nuez o soya en las marcas comerciales, que incrementan naturalmente el contenido de proteínas.

En el caso de los carbohidratos (CHO), las galletas de sorgo mostraron una proporción intermedia: 64.21 g (miel de agave) y 64.5 g (sucralosa). Estos valores fueron menores en comparación con la galleta tipo “María” sin azúcar (75 g) y las galletas “light” (70 g), pero similares a las integrales (69.20 g). Es destacable que la galleta integral de avena con nuez analizada presentó el valor más bajo de este grupo (59.30 g), lo cual puede atribuirse a un mayor contenido de grasas y fibra en su formulación. Por lo tanto, las galletas de sorgo presentan un contenido de carbohidratos que se encuentra dentro del rango que ofrecen otros productos similares en el mercado.

En cuanto al contenido de lípidos, la formulación con miel de agave presentó el valor más alto entre los productos experimentales (12.73 g), superando incluso a la mayoría de las galletas comerciales, excepto la galleta integral de avena con nuez comercial (15.50 g). La formulación con sucralosa fue más moderada en lípidos (9.88 g), ubicándose por debajo de la galleta tipo “María” (11 g) y galleta comercial. Esta diferencia en lípidos puede impactar la percepción sensorial del producto, además de su densidad energética.

Finalmente, el contenido de fibra dietética fue uno de los puntos más fuertes en todas las formulaciones evaluadas. Las galletas integrales de avena con nuez comerciales (7.80 g), las galletas integrales (7.60 g) y las galletas “light” (7 g) mostraron los valores más altos, posiblemente debido a su alto contenido de avena o ingredientes integrales. Sin embargo, las galletas de sorgo también destacan positivamente en este aspecto: 4.70 g (miel de agave) y 4.67 g (sucralosa), superando incluso a la galleta tipo “María” sin azúcar (4.50 g), lo que refuerza el potencial del sorgo como fuente de fibra en productos horneados.

Respecto a los costos de elaboración de estos productos, como se puede observar en la Tabla 4, las galletas a base de sorgo tienen un costo de producción bastante bajo, lo que les otorga un buen margen para ingresar al mercado. Este aspecto les otorga una ventaja competitiva en términos económicos. Incluso la galleta de sorgo endulzada con miel de agave, pese a ser ligeramente más costosa, se mantiene por debajo del costo de la mayoría de las galletas comerciales evaluadas. Cabe mencionar que los costos de producción de la galleta a base de sorgo aún no contemplan apartados como el consumo de gas, mantenimiento de los equipos, el costo de la mano de obra, entre otros aspectos. Únicamente incluye los costos de la materia prima.

**Tabla 3.** Comparativo de contenido nutrimental, cada 100 g de producto.

Galleta	Energía (kcal)	Proteínas (g)	HCO (g)	Lípidos (g)	Fibra (g)
Sorgo (miel de agave)	401.65	7.56	64.21	12.73	4.70
Sorgo (sucralosa)	381.56	8.66	64.50	9.88	4.67
Galleta tipo “María” sin azúcar	427	7	75	11	4.50
Galleta “light” de avena	383	10	70	7	7
Galletas integrales	392	10.10	69.20	8.30	7.60
Galletas integrales de avena con nuez	413.90	9.30	59.30	15.50	7.80

**Tabla 4.** Comparación de costos galletas de sorgo vs galletas similares

Producto	Precio total (USD)	Peso neto (g)	Costo por 100 g (USD)
Galleta de sorgo con sucralosa	0.50	138	0.36
Galleta de sorgo con miel de agave	0.77	140	0.55
Galleta tipo “María” sin azúcar	4.46	400	1.12
Galletas “light” de avena	2.98	330	0.90
Galletas integrales	3.77	468	0.81
Galletas integrales de avena con nuez	1.38	90	1.53

Al compararlas con galletas comerciales disponibles en el mercado mexicano, las formulaciones experimentales de sorgo presentan ventajas específicas: mayor aporte de fibra dietética, menor índice glucémico estimado y, en el caso de la sucralosa, un menor aporte calórico. Estos resultados refuerzan el potencial del sorgo y de los endulzantes alternativos como herramientas para el desarrollo de alimentos funcionales adaptados al contexto de la alta prevalencia de sobrepeso, obesidad y diabetes en México.

#### 4. CONCLUSIONES

La evaluación de aceptación arrojó resultados favorables, destacando particularmente la formulación endulzada con miel de agave. No obstante, se considera necesario complementar esta prueba con un análisis sensorial estructurado, que permita una caracterización más precisa de las preferencias del consumidor.

En lo que respecta al perfil nutrimental, la galleta elaborada con sucralosa mostró una reducción significativa en el contenido energético, atribuible a la ausencia de edulcorantes calóricos en su formulación. Este aspecto la posiciona como una alternativa potencialmente adecuada para personas que requieren un control en su ingesta calórica.

Al comparar los datos nutrimentales obtenidos con los de productos comerciales disponibles en el mercado mexicano, se observó que las galletas de sorgo presentan un perfil nutricional equiparable al promedio de las marcas analizadas, e incluso superior en ciertos parámetros. Asimismo, el análisis comparativo de costos indica que las galletas formuladas a base de sorgo podrían ser competitivas en términos de precio frente a productos similares, lo que favorece su viabilidad comercial.

#### Agradecimientos

Agradecemos a la Facultad de Medicina y Nutrición y a la Facultad de Ciencias Químicas de la Universidad Juárez del Estado de Durango por facilitarnos sus instalaciones para el desarrollo de esta investigación. Esta investigación fue financiada por los autores. Los autores declaran no tener conflicto de interés.

## Referencias

- Adão, R. y Glória, M. B. A. (2005). Bioactive amines and carbohydrate changes during ripening of 'Prata' Banana (*Musa acuminata* × *M. balbisiana*). *Food Chemistry*, 90(4), 705-711. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.05.020>
- Awika, J. M. y Rooney, L. W. (2004). Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65(9), 1199-1221. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.04.001>
- Boniface, O. y Gladys, M. E. (2011). Effect of alkaline soaking and cooking on the proximate, functional and some anti-nutritional properties of sorghum flour. *AU Journal of Technology*, 14(3), 210-216.
- Campos-Nonato, I., Galván-Valencia, Ó., Hernández-Barrera, L., Oviedo-Solís, C. y Barquera, S. (2023). Prevalencia de obesidad y factores de riesgo asociados en adultos mexicanos: resultados de la Ensanut 2022. *Salud Pública de México*, 65, 238-247. <https://doi.org/10.21149/14809>
- Chattopadhyay, S., Raychaudhuri, U. y Chakraborty, R. (2014). Artificial sweeteners – A review. *Journal of Food Science and Technology*, 51(4), 611-621. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0571-1>
- Do, T.-A. L., Vieira, J., Hargreaves, J. M., Mitchell, J. R. y Wolf, B. (2011). Structural characteristics of cocoa particles and their effect on the viscosity of reduced fat chocolate. *LWT - Food Science and Technology*, 44(4), 1207-1211. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.10.006>
- Gómez, M., Ronda, F., Blanco, C. A., Caballero, P. A. y Apesteguía, A. (2003). Effect of dietary fibre on dough rheology and bread quality. *European Food Research and Technology*, 216, 51-56. <https://doi.org/10.1007/s00217-002-0632-9>
- León-López, A., Mendoza-Wilson, A. M. y Balandrán-Quintana, R. R. (2022). Propiedades nutricionales, funcionales y bioactivas de alimentos a base de sorgo: avances y oportunidades para su aprovechamiento integral. *Tecnociencia Chihuahua*, 16(2), e912. <https://doi.org/10.54167/tecnociencia.v16i2.912>
- Okunogbe, A., Nugent, R., Spencer, G., Powis, J., Ralston, J. y Wilding, J. (2022). Economic impacts of overweight and obesity: current and future estimates for 161 Countries. *BMJ Global Health*, 7(9), e009773. <https://doi.org/10.1136/bmjgh-2022-009773>
- Prasad, V. B. R., Govindaraj, M., Djanaguiraman, M., Djalovic, I., Shailani, A., Rawat, N., Singla-Pareek, S. L., Pareek, A. y Prasad, P. V. V. (2021). Drought and high temperature stress in sorghum: physiological, genetic, and molecular insights and breeding approaches. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(18), 9826. <https://doi.org/10.3390/ijms22189826>
- Ramírez-Jiménez, A., Guerra-Hernández, E. y García-Villanova, B. (2000). Browning indicators in bread. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(9), 4176-4181. <https://doi.org/10.1021/jf9907687>
- Shamah-Levy, T., Lazcano-Ponce, E. C., Cuevas-Nasu, L., Romero-Martínez, M., Gaona-Pineda, E. B., Gómez-Acosta, L. M., Mendoza-Alvarado, L. R. y Méndez-Gómez-Humarán, I. (2024). *Encuesta Nacional de Salud y Nutrición Continua 2023. Resultados Nacionales*. Instituto Nacional de Salud Pública, México.
- Stefoska-Needham, A. (2024). Sorghum and health: An overview of potential protective health effects. *Journal of Food Science*, 89, A30-A41. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16978>