

Propiedades nutritivas y tecno funcionales de barras de pseudocereales adicionadas con soya, mango y granada

Jorge Eduardo Angulo López¹ , Adriana Carolina Flores Gallegos¹ , Rosa María Rodríguez Jasso¹ ,
Cristóbal Noe Aguilar González¹ , Liliana Serna Cock² .

Resumen: Propiedades nutritivas y tecno funcionales de barras de pseudocereales adicionadas con soya, mango y granada. Introducción. Las barras de cereal (BC), se comercializan como un *snack* saludable, no obstante, su calidad nutricional es baja. Una alternativa para mejorar esto, es la incorporación de ingredientes como pseudocereales, germinados y subproductos de fruta. **Objetivo.** Evaluar el contenido nutricional y propiedades tecnofuncionales de una barra de cereal formulada a partir de pseudocereales, germinados de soya y subproductos del procesamiento de frutas. **Materiales y Métodos.** Se desarrollaron 6 formulaciones (F0-F5). Se determinó el contenido de proteína y fibra cruda, se seleccionó la formulación que presentó el mayor contenido de estos componentes. A la BC seleccionada se le determinó la digestibilidad in-vitro de la proteína, las propiedades tecnofuncionales potencial prebiótico y actividad inhibitoria de ECA-I. **Resultados.** La formulación seleccionada fue F1 (13,6 g/100 g p.s. proteína y 13,1 g/100 g p.s. fibra cruda). La digestibilidad de la proteína fue del 69 %, el cual es cercano a valores reportados para algunos componentes de la BC. La capacidad de hinchamiento y retención de agua fue 2,55 ml/g; 12,74 %, respectivamente. El crecimiento de *L. brevis* en medio MRS modificado con BC no presentó diferencias estadísticas con el medio control, indicando el potencial prebiótico presente en la BC. La barra de cereal tuvo un 39% de actividad inhibitoria de ECA-I, demostrando la acción de los compuestos bioactivos posiblemente liberados durante la digestión de la BC. **Conclusión.** La formulación desarrollada presenta propiedades funcionales importantes y podría generar beneficios para la salud. **Arch Latinoam Nutr 2023; 73(1): 19-31.**

Palabras clave: pseudocereal, barras, subproducto, alimento funcional, prebiótico, fibra.

Abstract: Nutritional and techno functional properties of pseudocereal bars added with soy, mango and pomegranate. Introduction. Cereal bars (CB) are marketed as a healthy snack; however, their nutritional quality is low. An alternative to improve this is the incorporation of ingredients such as soybean sprouts, which have a higher protein content than some seeds; as well as fruit by-products that contain important bioactive compounds. **Objective.** To evaluate the nutritional content and techno-functional properties of a cereal bar formulated from pseudocereals, soybean sprouts, and fruit processing by-products. **Materials and Methods.** 6 formulations (F0-F5) were developed. The content of protein and crude fiber was determined, the formulation that presented the highest content of these components was selected. The in-vitro digestibility of the protein, the technofunctional properties, potential prebiotic and inhibitory activity of ACE-I were determined for the selected BC. **Results.** The selected formulation was F1 (13.6g/100g p.s. protein and 13.1g/100 g p.s. crude fiber). Protein digestibility was 69%, which is close to reported values for some CB components. The swelling and water retention capacity was 2.55 ml/g; 12.74%, respectively. The growth of *L. brevis* in modified MRS medium with CB did not present statistical differences with the control medium, indicating the prebiotic potential present in CB. The cereal bar had 39% ACE-I inhibitory activity, demonstrating the action of bioactive compounds possibly released during CB digestion. **Conclusion.** The developed formulation has important functional properties and could generate health benefits. **Arch Latinoam Nutr 2023; 73(1): 19-31.**

Keywords: pseudo cereal, bars, by-product, functional food, prebiotic, fiber.

Introducción

Las barras de cereal son un alimento compuesto por múltiples ingredientes, principalmente cereales (trigo, maíz, avena, arroz), frutas, nueces y azúcar (sacarosa, glucosa y fructosa) (1,2). El mercado ofrece una amplia variedad de barras de cereal enfocadas en segmentos (3), algunas se comercializan como fuente de proteína, fibra

¹Grupo de Investigación en Bioprocesos y Bioproductos. Departamento de Investigación en Alimentos Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Autónoma de Coahuila; Saltillo, Coahuila, México. ²Facultad de Ingeniería y Administración; Universidad Nacional de Colombia sede Palmira; Palmira, Colombia.
Autor para la correspondencia: Cristóbal Noe Aguilar González, E-mail: cristobal.aguilar@uadec.edu.mx

o funcionales (4). Las BC formuladas con cereales como arroz, avena y maíz, tienen un bajo contenido proteico y carecen de un perfil de aminoácidos completo (5). Este contenido podría mejorarse con la incorporación de germinados de semillas o granos, así como otras fuentes con contenido de nutrientes superior (3,6).

La incorporación de ingredientes autóctonos, subproductos e ingredientes proteicos de bajo costo, ha mejorado a la calidad nutricional de las BC (3,7,8). A pesar de esto la industria se ha centrado en desarrollar productos teniendo más en cuenta las características organolépticas, técnicas y económicas, que nutricionales, y aquellas con calidad nutricional aceptable se comercializan a un precio muy elevado (9).

Los germinados considerados "súper alimentos" son el producto de la germinación de semillas o granos, estos presentan un mayor contenido de nutrientes (proteínas, lípidos, oligoelementos, vitaminas, minerales) y compuestos fenólicos; que los granos secos. Durante el proceso de germinación se multiplica el contenido de nutrientes y se favorece la digestibilidad (10); también se eliminan antinutrientes, como los inhibidores de enzimas en la semilla. De acuerdo con estudios realizados por Silva-Vega, M. et al., (2017) (11) el contenido de proteína en el germinado de las semillas es mayor (30,5 %) que el contenido en la harina de semilla (8,7 %), lo anterior establece la posibilidad de ser usado como materia prima en la alimentación humana y animal. La incorporación de germinados de soya (*Glycine max. L*) deshidratados en la BC podría contribuir con el contenido de proteína, mejorando así la calidad nutricional de la barra desarrolla. Por otra parte, la incorporación de subproductos de frutas es una alternativa para fortalecer la calidad nutricional de los alimentos, debido al contenido de compuestos bioactivos presentes en estos subproductos. El uso agrega valor a los subproductos, reduciendo así la contaminación ambiental y generando beneficios económicos (12).

La cáscara de granada (*Punica granatum*) representa el 40 % del peso de la fruta fresca, es considerada como un residuo, a pesar de que varios estudios han demostrado que es rica en polifenoles, especialmente elagitaninos, que son derivados del ácido elágico, ácidos hidroxibenzoicos y flavonoides, con notables actividades biológicas (13-16), por lo que podría usarse en el desarrollo de formulaciones alimentarias funcionales (17).

En la industrialización del mango (*Mangifera caesia* jack ex wall) se genera una importante cantidad de residuos. En el despulpado, los residuos equivalen entre el 36 - 60 % del peso del fruto fresco, tan solo la cáscara representa del 15 al 20 % del peso total de la fruta (18-20). Los principales compuestos bioactivos que se encuentran en la cáscara de mango son fibra dietética soluble (31 - 33 %), fibra dietética insoluble (32,1 - 34 %), polifenoles (93 - 96,2 mg/g de cáscara seca) y carotenoides (3092,2 µg / g de cáscara seca) (21-23).

La incorporación de pseudocereales como la quinua, amaranto y chía en BC, incrementa el contenido de proteína en comparación, con el uso de productos tradicionales como el arroz u otros cereales inflados (24,25), poseen un elevado índice de valor nutricional y biológico, superior al de los cereales con gluten (trigo, cebada, centeno, avena, y todas sus variedades e híbridos) tanto por su composición equilibrada de los aminoácidos que contienen sus proteínas (globulinas y albúminas), como por su biodisponibilidad o digestibilidad (26). Algunos estudios han revelado las propiedades funcionales de la quinua y el amaranto, incluidos sus efectos supresores sobre el aumento de la presión arterial (27-29).

Por lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo evaluar el contenido nutricional y propiedades tecnofuncionales de una barra de cereal formulada a partir de pseudocereales, germinados de soya y subproductos del procesamiento de frutas.

Materiales y métodos

Materia prima

Todos los ingredientes fueron adquiridos en el mercado municipal de la ciudad de Saltillo, México. Los germinados de soya, fueron lavados y desinfectados (solución de hipoclorito de sodio (50 ppm) durante

5 min). Se escurrieron sobre toallas de papel; posteriormente fueron secadas a 37 °C durante 12 h en un deshidratador de alimentos eléctrico (Modelo 3926TCDB, Excalibur).

Las cáscaras de granada y mango fueron lavadas y desinfectadas, posteriormente secadas y pulverizadas (30). Se desarrollaron 6 formulaciones de barra de cereal, las cuales se indican en la Tabla 1. La proporción de ingredientes fue de 60 % para ingredientes secos y 40 % para aglutinantes (31). Se determinó el contenido de proteína y fibra cruda, se seleccionó la formulación que presentó el mayor contenido de estos componentes. A la BC seleccionada se le determinó la digestibilidad *in vitro* de la proteína, capacidad de retención de agua, capacidad de hinchamiento, potencial prebiótico y actividad inhibitoria de ECA-I.

Elaboración de barras de cereales

La elaboración de las BC se realizó siguiendo la metodología descrita por Olivera *et al.*, (2012) (31) con algunas modificaciones, en la figura 1 se puede observar el diagrama de flujo del proceso de elaboración de este producto.

Análisis bromatológico

Se realizó análisis bromatológico a todas las formulaciones de acuerdo con la metodología

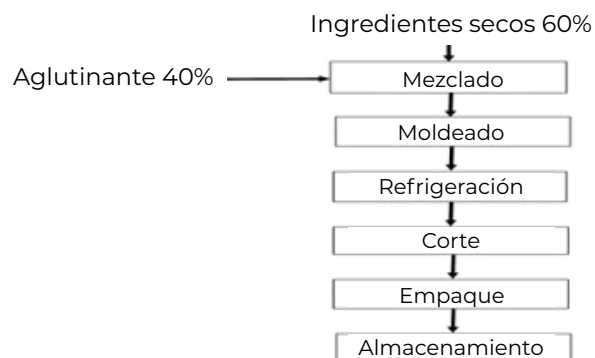


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de elaboración de BC

establecida por la AOAC (Humedad_ 925,09, cenizas 923,03, grasas 996,06, proteína 992, 23, fibra cruda 985, 29 (32–34).

Los carbohidratos se cuantificaron por diferencia, calculando la suma de gramos de agua, proteína, grasa, ceniza y energía (Kcal) con respecto a 100, esto puede observarse en la ecuación 1.

Ecuación 1.

$$\text{Energy (kcal)} = 4 * [\text{Proteínas (g)} + \text{Carbohidratos (g)}] + [9 * \text{Extracto Etéreo (g)}].$$

Tabla 1. Formulaciones de barras de cereal con diferentes adiciones de pseudocereales, germinados de soya y residuos agroindustriales

Ingredientes	F0	F1	F2	F3	F4	F5
(g)	Control		5%	10%	15%	20%
Quinoa	15	15	15	15	15	15
Amaranto	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5	37,5
Chía	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Germinados de soya	0	15	15	15	15	15
Harina de cáscara mango	0	0	1,875	3,75	5,625	7,5
Harina de Cáscara granada	0	0	1,875	3,75	5,625	7,5

F0: barra de cereal de control (sin germinados de soya, sin subproductos); F1: 15 % de germinados de soya (sin subproductos); F2: 5 % de subproductos; F3: 10 % de subproductos; F4: 15 % de subproductos; F5: 20 % de subproductos.

Evaluación de la digestión *in vitro*

La evaluación de la digestión de la proteína se realizó a la formulación que presentó el mayor contenido de proteína y fibra, siguiendo la metodología descrita por Minekus *et al.* (35).

Contenido de proteína total

El contenido de proteína total de la muestra digerida se determinó mediante el método del ácido bicinconónico (BCA), siguiendo las instrucciones del kit de proteínas (Sigma-Aldrich/BCA1 y B9643). Como estándar se utilizó albúmina de suero bovino, los resultados fueron expresados en mg/ml.

Propiedades Tecnológicas

Capacidad de hinchamiento (CH)

Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Valencia *et al.* (2006) (36), con algunas modificaciones. La capacidad e hinchamiento (CH) (ml/g) se calculó mediante la ecuación 2. Donde V1 es volumen final de las muestras) y V0 es volumen inicial.

Ecuación 2.

$$CH = \frac{(V1-V0)}{(\text{Peso de la muestra (g)})}$$

Capacidad de retención de agua (CRA)

Se determinó de acuerdo con la metodología propuesta por Valencia *et al.*, (2006) (36), con algunas modificaciones. La capacidad de retención de agua (CRA) se calculó mediante la ecuación 3. Donde P1 es peso final de la muestra y P0 es el peso inicial de la muestra.

Ecuación 3.

$$CRA = \frac{(P1-P0)}{P0}$$

Determinación de la actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina-I (ECA)

Se usó como sustrato furanacriloil-L-fenilalanilglicilglicina (FAPGG). La cinética

de la reacción se determinó en un tiempo de 30 min (37) y se usó placa de microtitulación de 96 pocillos.

Los ensayos para evaluar la inhibición de la ECA-I se realizaron a muestras de barra de cereal digerida. Se determinó usando N-[3-(2-furyl) acryloyl]-Phe-Gly-Gly (FAPGG) de acuerdo con el método descrito por Gonzalez-Gonzalez *et al.* (38) con algunas modificaciones. Como control positivo se usó una solución tampón A1 (Tris buffer 50 mM * HCl (pH 7,5) con 300 mM de NaCl). El control negativo (sin inhibidor) se usó HCl 6 M (39). El porcentaje de ECAI se calculó en relación con la pendiente generada cuando no estaba presente ningún inhibidor en la reacción (pendiente en blanco) de acuerdo con la siguiente ecuación 4.

Ecuación 4.

$$ECA I \% = \left(1 - \frac{P_{\text{inhibidor}}}{P_{\text{control}}}\right) \times 100$$

ECA-I % = Porcentaje de inhibición ECA, P inhibidor = pendiente del inhibidor, P control = pendiente del control

Determinación de potencial prebiótico

Activación del microorganismo

Para la evaluación del potencial prebiótico se seleccionó la formulación con mayor contenido de fibra y proteína. En este experimento se usó la bacteria probiótica *Lactobacillus brevis* WLP672. La cepa pertenece a la colección de cultivos del Departamento de Investigación en Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila (Saltillo, México). El microorganismo se mantuvo conservado en medio MRS-glicerol a -80 °C.

Medio de cultivo y condiciones de crecimiento de *Lactobacillus brevis*

Los experimentos se realizaron en medio *Man Rogosa Sharpe* (MRS), el cual contenía (g/L): 4 g L-1 extracto de levadura, 10 g L-1 peptona, 8 g L-1 extracto de carne, 2 g L-1 de citrato de trimonio, 0,2 g L-1 sulfato de magnesio, 0, 005 g L-1 sulfato de manganeso, 2 g L-1 sulfato de potasio, 5 g L-1 acetato sodio, 1 ml/L de Tween 80 al 10%, pH 6, 5 (40). A este medio se le adicionó como fuente de carbono 20 g L-1 de glucosa

y, 20 g L⁻¹ de muestra de barra de cereal, como ensayos independientes. La glucosa corresponde al control positivo (mcMRS) y la muestra al tratamiento (mtMRS). Ambos medios fueron esterilizados en autoclave a 121°C por 20 min (41).

La cepa fue incubada en 5 ml de medio MRS a 37 °C por 24 h. Finalmente, el cultivo activado a una concentración de 10⁴ unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/ml,) se inoculó (1 % v/v) en 5 ml de medio de cultivo mtMRS que contenía la muestra de BC (2 % p/v) descrita con anterioridad. Los cultivos se incubaron en condiciones anaeróbicas a 37 °C por un periodo de 48 h (41,42).

Evaluación del crecimiento microbiano

Se tomaron alícuotas de 100 µl a las 0, 24 y 48 h de incubación, se diluyeron con 900 µl de solución fisiológica estéril siguiendo protocolos estándar de dilución en serie. Después de que las bacterias se diluyeran, se sembraron en placa en agar MRS usando el método de microgota (43). El conteo de colonias se realizó después de la incubación durante 24 horas a 37 °C en condiciones anaerobias. Los recuentos en placa se realizaron por duplicado.

Análisis estadístico

Todas las determinaciones presentadas se realizaron por triplicado. Se utilizó el software estadístico *Info Stat* (versión para estudiantes, 2018). Se obtuvo un ANOVA de una vía con post-test de Tukey para comparaciones entre muestras a un nivel de confianza del 95%. Los resultados se presentan como la media ± desviación estándar (DE).

Resultados

Análisis nutricional de las formulaciones de barras de cereal

Los resultados mostraron que el contenido de proteína fue afectado significativamente por el contenido de cereales, germinados de soya y cáscaras de frutas ($p < 0,05$) (Tabla 2). Los valores de proteína oscilaron entre 10,2 y 13,6 g/100g, donde F4 y F1 presentaron el mínimo y máximo valor, respectivamente. Esto se puede explicar debido a que la cantidad de proteína de un alimento está directamente relacionada con la cantidad

Tabla 2. Contenido nutricional de las formulaciones de las barras de cereal

Fórmula	Humedad (g/100g)	Ceniza † (g/100g)	Proteína † (g/100g)	Extracto Etéreo † (g/100g)	Fibra † (g/100g)	Carbohidratos † (g/100g)	Energía por porción (30 g) (Kcal)
F0	14,3 A ± 0,13	1,9 A ± 0,19	10,6 A ± 0,79	11,3 C ± 0,5	12,4 A ± 0,82	49,5 AB ± 0,55	103,7 A ± 0,16
F1	15,5 A ± 0,72	2,1 AB ± 0,09	13,6 B ± 0,32	9,7 BC ± 0,62	13,1 A ± 0,75	46,0 A ± 0,64	97,6 A ± 0,51
F2	14,9 A ± 0,27	2,0 AB ± 0,15	12,7 AB ± 0,79	8,1 AB ± 0,66	12,8 A ± 0,96	49,5 AB ± 1,51	96,3 A ± 0,57
F3	13,4 A ± 0,69	1,9 A ± 0,08	11,9 AB ± 0,07	9,1 ABC ± 0,95	12,4 A ± 0,15	51,1 AB ± 0,71	100,3 A ± 0,54
F4	12,9 A ± 0,78	2,1 AB ± 0,12	10,2 A ± 0,5	7,5 AB ± 0,53	10,5 A ± 0,19	56,8 B ± 0,22	100,5 A ± 0,84
F5	14,3 A ± 0,42	2,3 B ± 0,13	10,4 A ± 0,39	7,24 A ± 0,25	11,8 A ± 0,13	54,1 AB ± 0,85	96,9 A ± 0,22

F0: barra de cereal de control (sin germinados de soya, sin subproductos); F1: 15% de germinados de soya (sin subproductos); F2: 5% de subproductos; F3: 10% de subproductos; F4: 15% de subproductos, F5: 20% de subproductos, † Valores expresados en base seca, Media ± desviación estándar (n = 3 repeticiones), Diferentes letras en la misma columna indican diferencias significativas por la prueba de Tukey ($p < 0,05$),

y calidad de proteína de los ingredientes que la componen (25). Lo anterior, puede explicar por qué las formulaciones F3, F4, y F5 presentaron el más bajo contenido de proteína. Estos resultados son similares a los reportados por Rawat y Darappa (2015) (3), en barras energéticas horneada, donde los valores más bajos de proteína y digestión se encuentran en barras con mayor cantidad de ingredientes ricos en fibra. La formulación seleccionada fue F1 que contenía pseudocereales (quinua, amaranto, chíá) y germinados de soya. Esta formulación fue la que presentó el mayor contenido de proteína y fibra (13,6g /100g p.s. proteína y 13,1 g/100 g p.s. fibra cruda). El contenido de ceniza fue de 2,1 AB ± 0,09 (g/100g). y de energía de la formulación seleccionada fue de 97,6 Kcal.

Digestión de proteína

La digestibilidad *in vitro* de la proteína fue del 69 %. Este valor fue similar a lo reportado para germinados de soya, con un rango de valores entre 80,8 y 85,03 % (44,45) y para amaranto y quinua con valores correspondientes a 79,22 y 79,40 %, respectivamente.

Propiedades Tecnológicas

Capacidad de hinchamiento (CH)

La formulación F1 presentó una capacidad de hinchamiento de 2,55 ± 0,07 ml/g, valores similares a los reportados por Valencia *et al.* (36) quienes evaluaron concentrados de fibra dietaria y determinaron valores entre 2,3 – 3,4 g de ml /g p.s. La capacidad de hinchamiento de la formulación F1 es superior a lo reportado para la fibra de maíz, avena, trigo y arroz correspondientes a 0,65, 1,48, 1,27 y 0,54 ml/g muestra, respectivamente (46). Sin embargo, inferior a lo reportado para harina de grillo (3,9 ml/g)(47). García-Salcedo *et al.*, (2018) (48), determinaron una capacidad de hinchamiento de la harina de chíá de 11,82 mL/g, siendo significativamente alta en comparación con lo obtenido en este estudio.

Capacidad de retención de agua (CRA)

La capacidad de retención de agua de la formulación F1 fue de 12,74 g/g, superior

a productos como trigo, avena y manzana, que reportaron valores de 3,8, 3,9 y 4,1 g/g, respectivamente (49).

Actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA-I)

En la Tabla 3. se muestra el porcentaje de actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina-I (ECA), encontrándose que para el control positivo -A1 (con inhibidor) el valor es de 0% indicando que la solución A1 favoreció la inhibición de la enzima, para el control negativo (sin inhibidor) el valor fue de 93 %, demostrando la acción de la enzima sobre péptidos sintéticos FAPGG y para la barra de cereal digerida el porcentaje fue de 39 % lo que demuestra que la BC digerida puede contener compuestos que promuevan la actividad inhibitoria de la ECA-I. Esta actividad principalmente se le atribuye a la quinoa y el amaranto, que en estudios realizados han demostrado actividad de inhibición de 23,3 y 8,8 %, respectivamente, valores altos comparados con lo reportado para cereales tradicionales como arroz y trigo (50).

Tabla 3. Porcentaje de actividad inhibitoria de la ECA-I

Concentración	ECA-I (%)
Control (+) A1	0
Barra de cereal (Digerida)	39
Control (-) (Sin Inhibidor)	93

Potencial prebiótico

La determinación del potencial prebiótico solo se realizó a la formulación seleccionada (F1). El crecimiento de *L. brevis* en medio MRS suplementado con glucosa (control) y medio MRS suplementado con muestra de BC (F1), no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre los medios, para los tiempos evaluados 0, 24 y 48 horas, como se observa en la figura 2. Este resultado permite determinar que la formulación podría tener un efecto prebiótico, debido a que *L. brevis* es capaz de hacer uso de los componentes o ingredientes de la formulación como fuente de carbono e incrementar su población.

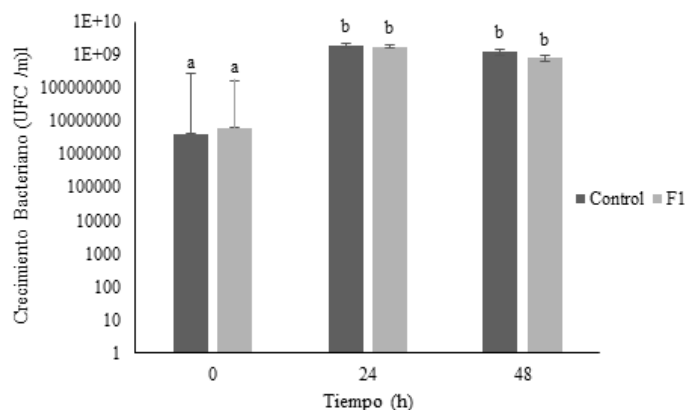


Figura 2. Crecimiento *Lactobacillus brevis* en muestra control y barra de cereal F1

Discusión

Análisis nutricional de las formulaciones de BC

El contenido de proteína de F1 de $13,6 \pm 0,32$ g/100g, es similar a lo reportado por Márquez *et al.* (25) (tabla 4), quienes obtuvieron valores de proteína entre 10,65 – 15,88 %, para una barra de cereal, que combina salvado de avena, polvo de cáscara de piña y copos de quinua. Los valores más elevados correspondieron a los tratamientos con mayor contenido de copos de

quinua. El uso de quinua inflada en barras alimenticias mejora el valor nutricional (contenido de proteínas) y funcional, en comparación, con el uso de productos tradicionales como el arroz u otros cereales inflados (2,25). La proteína de la quinua puede proporcionar a la barra de cereal una composición equilibrada de aminoácidos esenciales (globulinas y albúminas) similares a la composición aminoacídica de la caseína; éstas presentan alta biodisponibilidad y también contiene numerosos fitoquímicos como fitoesteroles, fenólicos, péptidos bioactivos (51).

Por otra parte, Muniz *et al.* (12) evaluaron el contenido nutricional de barras de cereal y encontraron que todas las formulaciones enriquecidas con subproducto fermentado de *Anacardium occidentale* incrementaron un 12% el contenido de proteína con respecto al control (solo avena).

La incorporación de soya y sus derivados en barras de cereal, ha demostrado el incremento en el contenido de proteína. Freitas *et al.* (52) reportaron barras de cereal a base de proteína de soya texturizada, con contenido de 15,31% de proteína. De Melo *et al.* (53) reportaron valores de proteína de

Tabla 4. Formulación desarrollada y otros estudios

Fórmula (g/100g)	F1 (30g)	De Melo <i>et al.</i> , (2020)	Muniz <i>et al.</i> , (2020)	Márquez y Pretell (2018)	Rawat y Darappa (2015)	Freitas y Moretti (2006)
Humedad	15,5 ± 0,72	13,27 ± 0,39	16,90 ± 0,67	-	6,55 ± 0,02* 5,85 ± 0,06**	10,71 ± 0,25
Ceniza	2,1 ± 0,09	1,12 ± 0,08	1,22 ± 0,11	-	3,94 ± 0,01* 1,51 ± 0,01**	2,20 ± 0,009
Proteína	13,6 ± 0,32	11,02 ± 0,29	12,00 ± 0,26	10,65 -15,88	6,72 ± 0,10* 12,3 ± 0,11**	15,31 ± 0,035
Extracto Etéreo	9,7 ± 0,62	6,39 ± 0,40	7,40 ± 0,36	-	-	5,64 ± 0,05
Fibra	13,1 ± 0,75	-	-	8,30 – 14,13	4,44 ± 0,02* 1,55 ± 0,01**	5,17 ± 0,004
Carbohidratos	46,0 ± 0,64	68,35 ± 0,76	50,9	-	49,74 ± 0,30* 47,94 ± 0,22**	60,97
Energía por porción (Kcal)	97,6 ± 0,51	-	-	-	483 ± 1,24* 518 ± 1,81**	-

*IRF -Ingredientes Ricos en Fibra, ** IRP- Ingredientes Ricos en Proteína

11,02 %, para BC añadidas con 15 % de harina de tempeh.

En cuanto al contenido de fibra, de acuerdo con las recomendaciones de ingestión diaria de proteínas para la población mexicana, sugeridas por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición "Salvador Zubirán", la formulación F1 representa entre 13-14 % de las necesidades de proteína y de fibra el 22 % de un niño en edad escolar entre 5-10 años. Rawat *et al.* (3) desarrollaron una barra de cereal con una mezcla de ingredientes ricos en fibra (IRF), encontrando que la adición de IRF de 50% aumentó 9 veces el contenido de fibra en comparación con el control.

Las formulaciones de barra de cereal desarrolladas tuvieron un contenido de carbohidratos entre 46 y 56,8 g/100. Valores menores a los reportado para otras barras de cereal (entre 67,37 y 72,11 g 100 g⁻¹) (4). Esta diferencia se debe principalmente a la presencia de glucosa de maíz y almidones, ingredientes usados comúnmente para la elaboración de barras de cereal. El valor energético estimado no presentó diferencias estadísticamente significativas entre las formulaciones desarrolladas (96,3 a 103,7 Kcal). El valor energético reportado en diferentes estudios es muy amplio (72,8 a 321,70 kcal.100 g⁻¹), y depende de los componentes de la formulación (4,54,55).

Algunos estudios reportan contenidos de ceniza similares a los obtenidos en el presente estudio (entre 1,35 a 2,2 g/100 g) (31,52,56), pero con contenidos de fibra y proteína menores. Se ha reportado que, para barras de cereal compuestas por proteína de soya texturizada, germen de trigo tostado, avena integral, lecitina de soya, plátano deshidratado, presentan un importante contenido de fósforo (P) y calcio (Ca), con niveles compatibles con los encontrados en alimentos ricos en fósforo, y en calcio, como la leche entera (52). Debido a los componentes de la barra F1, se podría esperar que presente un contenido similar de minerales a las barras de cereal reportadas.

Digestión de proteína

Este porcentaje de digestibilidad de la F1 es aceptable, si se tiene en cuenta la cantidad de proteína asimilable (proteína digestible), se encuentra entre el 70 y el 90 % (45). La digestibilidad de la proteína puede cambiar de acuerdo con los ingredientes y el procesamiento de la barra. Rawat *et al.* (3) indica 80,24 % de digestibilidad de proteína realizada por el método enzimático *in vitro* a barras energéticas horneadas.

Propiedades Tecnológicas

Capacidad de hinchamiento (CH)

Este parámetro indica que el alimento tiene una mayor capacidad de aumentar su volumen en un exceso de agua, por lo que podría provocar mayor saciedad y un aumento del bolo fecal. Además, valores altos de CH pueden deberse al alto contenido de fibra, que atrapan el agua formando una red. También la CH puede ser afectada positivamente por el contenido de proteínas que mejoran la retención de agua y la hinchazón posterior, traduciéndose en incremento del volumen absorbido de agua (48).

Capacidad de retención de agua (CRA)

La CRA depende de la estructura de la proteína y de la presencia de carbohidratos hidrofílicos (57). La CRA de la quinua está entre 1,41 y 1,66 g/g (58). Algunas fuentes de fibra como el salvado de trigo, endospermo de semilla de tara y polvo de hojas de agave americana presentaron valores de CRA de 4,34, 47,9 y 7,6 g/g, respectivamente. Este parámetro es importante considerar en el procesamiento de alimentos, ya que determinan características que definen la calidad como volumen y textura. Es recomendable altos valores de capacidad de retención de agua para evitar pérdida de líquido e incrementar el rendimiento y rentabilidad de los productos alimentarios (59).

Actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA-I)

Estudios en pacientes hipertensos han informado que los péptidos presentes en las proteínas alimentarias son potentes fuentes naturales reductores de la presión sanguínea, razón por la cual la actividad inhibitoria de la ECA generalmente se determina en hidrolizados de proteínas (60). La quinua y amaranto son los principales ingredientes de la formulación

seleccionada (F1) en los cuales se han identificado diferentes péptidos que presentan actividad inhibidora de la enzima convertidora de angiotensina (ECA)(29). El amaranto contiene diferentes proteínas importantes que se componen de una extensa lista de péptidos antihipertensivos, estudios *in vitro* e *in vivo* han exhibido las propiedades antihipertensivas de estos péptidos bioactivos de semillas de amaranto de globulina 7S y 11S con diferentes proteasas (61).

Por su parte Fritz *et al.* (62) determinaron el porcentaje de inhibición *in vitro* de los aislados de proteína de amaranto mantegazzianus hidrolizados y no hidrolizados. Encontraron que los aislados de proteína no hidrolizados presentaron menores porcentajes de inhibición de la actividad ECA, frente a los hidrolizados, que tuvieron mayores porcentajes de inhibición lo que puede implicar una posible liberación local de péptidos bioactivos en el tracto gastrointestinal a través de la digestión de proteínas, aumentando el potencial inhibidor encontrado. Otros compuestos presentes en la formulación de barra de cereal desarrollada, que fueron identificados mediante HPLC, como el café *oil* glucosa, han demostrado una correlación significativa en ensayos reportados de actividad anti-ECA (63).

Potencial prebiótico

La capacidad de metabolizar los diferentes sustratos depende de la cepa usada (64). Sin embargo, los resultados obtenidos en el presente trabajo son similares a los reportados por Vieira *et al.* (64), quienes evaluaron la capacidad de favorecer el crecimiento de cepas probióticas y no probióticas, utilizando los cultivos iniciadores comerciales de *Lactobacillus* spp., en ensayos de fermentación *in vitro*, en medio MRS modificado suplementado individualmente con 1% (p/v) de subproducto de mango, soya y harina de amaranto; éstos encontraron que las poblaciones de *Lactobacillus* no presentaron diferencias estadísticas ($p > 0,05$) y las cepas estudiadas mostraron un crecimiento relevante en las primeras 24 h de ensayo sin presentar diferencias estadísticas después de 48 h. No obstante, se presentaron diferencias estadísticas con el control negativo (mMRS no suplementado) en todos los tiempos evaluados.

Por su parte Koutrotsios *et al.* (42) evaluaron el crecimiento de aislados de las bacterias intestinales *Lactobacillus acidophilus* y *Lactobacillus gasseri*, utilizando como única fuente de carbono glucosa (control), polvo liofilizado de dos hongos comestibles/medicinales el *Pleurotus ostreatus* y *Ganoderma*

lucidum. No se encontraron diferencias significativas en los inóculos iniciales ($t = 0$) de cada una de las cepas bacterianas entre los sustratos analizados, para *Lactobacillus* el crecimiento bacteriano fue comparable con la glucosa en ambas cepas después de 24 horas de inhibición, luego de 48 horas se indujo un aumento significativo en los niveles bacterianos en comparación con la glucosa.

Los pseudocereales (amaranto, quinua, chía), germinados de soya y miel de agave poseen compuestos que pueden tener un potencial efecto prebiótico (65,66). Se considera que la miel de agave tiene un potencial efecto prebiótico, debido a su contenido de fructooligosacáridos (FOS), también conocidos como fructanos de tipo inulina, que son utilizados selectivamente y fermentados en el intestino humano (67).

Por otra parte, la fibra dietética promueve selectivamente el crecimiento y/o las actividades de los probióticos, así como la salud del huésped (68). Algunas fibras dietéticas, que están presentes en los pseudocereales tienen potencial para proporcionar efectos beneficiosos similares a los de los fructanos de tipo inulina (69).

Por su contenido nutricional los pseudocereales han sido considerados una fuente importante de fibra dietética con potencial para usarse en formulaciones de alimentos funcionales (66). Especialmente la quinua se considera fuente de fibra dietética (FD) (65). El contenido de fibra dietética total (FDT) del amaranto es de 19,5–49,3% de acuerdo con la variedad. El grano de amaranto está compuesto principalmente por xiloglucanos ramificados, la mayoría de las cadenas laterales de di y trisacáridos, así como polisacáridos, también contenía más del 25% de β - (1,3) -D-glucano insoluble en agua (65). El contenido de FDT de la chía está entre el al 37-40%, aunque algunos autores han reportado valores de hasta 59,8% de FDT. El mucílago de chía está constituido por azúcares neutros, lo que indica la presencia de diversos carbohidratos en su estructura (65).

Conclusiones

La barra de cereal desarrollada presenta un contenido balanceado de nutrientes, mayor contenido de proteína y fibra, que las formulaciones tradicionales. Sus características tecnológicas, permiten considerar que esta formulación puede ser un alimento funcional. Al ser consumido podría aportar un contenido importante de macronutrientes. Por su capacidad de hinchamiento y retención de agua, podría generar una sensación de saciedad, así como prevenir el estreñimiento al incrementar el peso de las heces y al reducir la duración del tránsito intestinal. La formulación desarrollada tiene una adecuada digestibilidad. Podría contribuir a mejorar la salud intestinal, favoreciendo el crecimiento de bacterias prebióticas. De acuerdo con los resultados es posible que el consumo de la barra desarrollada tenga efecto positivo frente a la actividad inhibitoria de la enzima convertidora de angiotensina I (ECA-I), sin embargo, es necesario realizar otros estudios que permitan confirmar estos beneficios.

El desarrollo de productos a partir de pseudocereales y subproductos de frutas puede ayudar a promover su consumo y permite revalorar estos granos ancestrales, al igual que los subproductos del procesamiento de frutas.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) de México y al posgrado en Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Coahuila. Este financiamiento se realizó mediante la concesión de una beca de posgrado al estudiante Jorge Eduardo Angulo López, con número de beca / CVU 945769 para la finalización de sus estudios de maestría.

Conflicto de interés

Los autores declaran que no existe conflicto de interés.

Referencias

1. Lobato LP, Iakmiu Camargo Pereira AE, Lazaretti MM et al. Snack bars with high soy protein and isoflavone content for use in diets to control dyslipidaemia. *Int J Food Sci Nutr.* 2012;63(1):49–58. <https://doi.org/10.3109/09637486.2011.596148>.
2. Rios F, Lobo M, Samman N. Acceptability of beehive products as ingredients in quinoa bars. *J Sci Food Agric.* 2018;98(1):174–182. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8452>.
3. Rawat N, Darappa I. Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of fibre and protein enriched baked energy bars. *J Food Sci Technol.* 2015;52(5):3006–3013. <https://doi.org/10.1007/s13197-014-1367-x>.
4. García MC, Lobato LP, Benassi M de T, Soares Júnior MS. Application of roasted rice bran in cereal bars. *Food Sci Technol.* 2012;32(4):718–724. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612012005000096>.
5. Slavin J. Fiber and prebiotics: Mechanisms and health benefits. *Nutrients.* 2013, 5 (4): 1417–1435. <https://doi.org/10.3390/nu5041417>.
6. Bchir B, Jean-François T, Rabetafika HN, Blecker C. Effect of pear apple and date fibres incorporation on the physico-chemical, sensory, nutritional characteristics and the acceptability of cereal bars. *Food Sci Technol Int.* 2018;24(3):198–208. <https://doi.org/10.1177/1082013217742752>.
7. Aparecida Damasceno K, Alvarenga Gonçalves CA, Dos Santos Pereira G. et al. Development of Cereal Bars Containing Pineapple Peel Flour (*Ananas comosus* L. Merrill). *J Food Qual.* 2016;39(5): 417–424. <https://doi.org/10.1111/jfq.12222>.
8. Nadeem M, Rehman SU, Mahmood Qureshi T, Nadeem Riaz M, Mehmood A, Wang C. Development, characterization, and flavor profile of nutrient dense date bars. *J Food Process Preserv.* 2018;42(10): e13622. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13622>.
9. Arruti I, Fernández MB, Martínez R. Diseño y desarrollo de una barra energética para deportistas de Triatlón. *Enfermería (Montev).* 2015; 4:27–31. <https://doi.org/10.22235/ech.v4i1.528>.
10. Sangronis E, Machado CJ. Influence of germination on the nutritional quality of *Phaseolus vulgaris* and *Cajanus cajan*. *LWT Food Sci Technol.* 2007;40(1):116–120. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.003>.
11. Silva-Vega M, Bañuelos-Valenzuela R, Muro-Reyes A, Esparza-Valenzuela E, Delgadillo-Ruiz L. Evaluación de semilla de guayaba (*Psidium guajava* L.) como alternativa en la nutrición ruminal. 2017;7(1):26–35. <http://dx.doi.org/10.21929/abavet2017.71.2>.
12. Muniz CES, Santiago AM, Sousa Gusmão TA, Oliveira HML, Conrado Sousa L, Pereida Gusmão R. Solid-state fermentation for single-cell protein enrichment of guava and cashew by-products and inclusion on cereal bars. *Biocatal Agric Biotechnol.* 2020; 25: 101576. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101576>.
13. Papaioannou EH., Mitrouli ST, Patsios SI, Kazakli M, Karabelas AJ. Valorization of pomegranate husk – Integration of extraction with nanofiltration for concentrated polyphenols recovery. *J Environ Chem Eng.* 2020; 8(4), 103951. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.103951>

14. Li Y, Guo C, Yang J, Wei J, Xu J, Cheng, S. Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food Chem.* 2006; 96(2), 254–260. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.033>
15. Venkatasamy C, Zhao L, Zhang R, Pan Z. Pomegranate. In *Integrated Processing Technologies for Food and Agricultural By-Products*. Elsevier Inc. 2019: 181-216. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814138-0.00008-3>.
16. Zhai X., Zhu C., Zhang Y., Sun J., Alim A., Yang X. Chemical characteristics, antioxidant capacities and hepatoprotection of polysaccharides from pomegranate peel. *Carbohydr Polym.* 2018; 461–469. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.09.013>
17. Srivastava P, Indrani D, Singh RP. Effect of dried pomegranate (*Punica granatum*) peel powder (DPPP) on textural, organoleptic and nutritional characteristics of biscuits. *Int J Food Sci Nutr.* 2014;65(7):827–833. <https://doi.org/10.3109/09637486.2014.937797>.
18. Ajila CM, Prasada Rao UJS. Mango peel dietary fibre: Composition and associated bound phenolics. *J Funct Foods.* 2013;5(1):444–450. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2012.11.017>
19. García-Magaña M de L., García H.S., Bello-Pérez L.A., Sáyago-Ayerdi S.G., Mata-Montes de Oca M. Functional Properties and Dietary Fiber Characterization of Mango Processing By-products (*Mangifera indica* L., cv Ataulfo and Tommy Atkins). *Plant Foods for Hum Nutr.* 2013; 68(3):254–258. <https://doi.org/10.1007/s11130-013-0364-y>
20. Torres-León C, Rojas R, Contreras-Esquivel JC, Serna-Cock L, Belmares-Cerda RE, Aguilar CN. Mango seed: Functional and nutritional properties. *Trends Food Sci Technol.* 2016; 55:109–117. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.06.009>
21. Ajila C.M., Bhat S.G., Prasada Rao U.J.S. Valuable components of raw and ripe peels from two Indian mango varieties. *Food Chem.* 2007;102(4):1006–1011. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.036>
22. Banerjee J, Singh R, Vijayaraghavan R, MacFarlane D, Patti AF, Arora A. A hydrocolloid based biorefinery approach to the valorisation of mango peel waste. *Food Hydrocolloids.* 2018; 77:142–151. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.09.029>.
23. Sáyago-Ayerdi SG, Zamora-Gasga VM, Venema K. Prebiotic effect of predigested mango peel on gut microbiota assessed in a dynamic *in vitro* model of the human colon (TIM-2). *Food Res Int.* 2019; 118:89–95. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.024>
24. Alvarez-Jubete L, Arendt EK, Gallagher E. Nutritive value of pseudocereals and their increasing use as functional gluten-free ingredients. *Trends Food Sci Technol.* 2010; 21(2):106–113. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.10.014>
25. Márquez Villacorta LF, Pretell Vásquez CC. Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Rev Bio Agro* 2018;16(2):67–78. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1167>
26. López DN, Galante M, Raimundo G, Spelzini D, Boeris V. Functional properties of amaranth, quinoa and chia proteins and the biological activities of their hydrolyzates. *Food Res Int.* 2019; 116, 419–429. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.08.056>
27. Silva-Sánchez C, Barba de la Rosa AP, León-Galván MF, de Lumen BO, de León-Rodríguez A, González de Mejía E. Bioactive Peptides in Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed. *J Agric Food Chem.* 2008; 56(4):1233–1240. <https://doi.org/10.1021/jf072911z>
28. López DN, Galante M, Robson M, Boeris V, Spelzini, D. Amaranth, quinoa and chia protein isolates: Physicochemical and structural properties. *Int J Biol Macromol.* 2018; 109: 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.12.080>
29. Carrillo Terán WI, Vilcavando R, Carpio C. Compuestos bioactivos derivados de amaranto y quinua. *Actual. Nutr* 2015; 16 (1):18–22. http://www.revistasan.org.ar/pdf_files/trabajos/vol_16/num_1/RSAN_16_1_18.pdf
30. Serna-Cock L, Torres-León C, Ayala-Aponte A. Evaluación de polvos alimentarios obtenidos de cáscaras de mango (*Mangifera indica*) como fuente de ingredientes funcionales. *Inf. tecnol.* 2015; 26(2):41–50. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-076420150002000006>.
31. Olivera M, Ferreyra DV, Giacomino MS. et al. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev Chil Nutr.* 2012;39(3):18–25. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000300003>.
32. Association of official Analytical Chemist International (AOAC). Official method 925,10. *Official Methods of Analysis.* 1999
33. Association of Official Analytical Chemists International (AOAC). Method 996.06, Fat (Total, Saturated, and Monounsaturated) in Foods. Gaithersburg, MD. 1995.
34. Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 923.3. Official Methods of analysis of the Ash of Flour, Direc Method. 1990
35. Minekus M, Alminger M, Alvito P, et al. A standardised static *in vitro* digestion method suitable for food-an international consensus. *Food Funct.* 2014; 5 (6): 1113–1124. <https://doi.org/10.1039/c3fo60702j>
36. Valencia F, Román M. Caracterización físicoquímica y funcional de tres concentrados comerciales de fibra dietaria. *VITAE.* 2006; 13 (2): 54–60. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-40042006000200007&lng=en.
37. Murray PR, Rosenthal KS, Pfauer MA. *Manual of Clinical Microbiology.* 2017; 1: 237–259.
38. Gonzalez-Gonzalez CR, Machado J, Correia S, McCartney AL, Stephen Elmore J, Jauregi P. Highly proteolytic bacteria from semi-ripened Chiapas cheese elicit angiotensin-I converting enzyme inhibition and antioxidant activity. *LWT.* 2019; 449–456. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.05.039>
39. Cushman D. W., & Cheung H. S. Spectrophotometric assay and properties of the angiotensin-converting enzyme of rabbit lung. *Biochem Pharmacol.* 1971; 20(7): 1637–1648. [https://doi.org/10.1016/0006-2952\(71\)90292-9](https://doi.org/10.1016/0006-2952(71)90292-9)

40. Shalini R, Abinaya G, Saranya P, Antony U. Growth of selected probiotic bacterial strains with fructans from Nendran banana and garlic. *LWT Food Sci Technol.* 2017; 83: 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.03.059>
41. Fu YP, Li LX, Zhang BZ. *et al.* Characterization and prebiotic activity *in vitro* of inulin-type fructan from *Codonopsis pilosula* roots. *Carbohydr Polym.* 2018; 193: 212–220. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2018.03.065>
42. Koutrotsios G, Patsou M, Mitsou EK. *et al.* Valorization of Olive By-Products as Substrates for the Cultivation of *Ganoderma lucidum* and *Pleurotus ostreatus* Mushrooms with Enhanced Functional and Prebiotic Properties. *Catalysts.* 2019; 9(6): 537. <https://doi.org/10.3390/catal9060537>
43. Strahsburger E, Retamales P, Estrada J, Seeger M. Microdot method: used with chromogenic agar is a useful procedure for sanitary monitoring in aquaculture. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 2016; 44(4): 742–749. <http://dx.doi.org/10.3856/vol44-issue4-fulltext-9>.
44. Donangelo CM, Trugo LC, Trugo NMF, Eggum BO. Effect of germination of legume seeds on chemical composition and on protein and energy utilization in rats. *Food Chem.* 1995; 53(1): 23–27. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(95\)95781-Z](https://doi.org/10.1016/0308-8146(95)95781-Z)
45. Chaparro Rojas D, Pismag Portilla R, Elizalde Correa A, Vivas Quila NJ, Erazo Caicedo CA. Efecto de la germinación sobre el contenido y digestibilidad de proteína en semillas de amaranto, quinua, soya y guandul. *Facultad de Ciencias Agropecuarias. Rev. Bio Agro* 2010; 8 (1): 35-42. <http://www.scielo.org.co/pdf/bsaa/v8n1/v8n1a05.pdf>
46. Ruiz-Garza AE, Nuñez-González MA, Amaya-Guerreo CA, Baez-González JG, Aguilera-González CJ, Montemayor-Leal J. Caracterización funcional de fibras comerciales modificadas por medios físicos. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos.* 2017; 2: 422–427.
47. Lucas-González R, Fernández-López J, Pérez-Álvarez JA, Viuda-Martos M. Effect of drying processes in the chemical, physico-chemical, techno-functional and antioxidant properties of flours obtained from house cricket (*Acheta domestica*). *Eur Food Res Technol.* 2019; 245(7):1451–1458. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03301-4>
48. García-Salcedo AJ, Torres-Vargas OL, del Real A, Contreras-Jiménez B, Rodríguez-García ME. Pasting, viscoelastic, and physicochemical properties of chia (*Salvia hispanica* L.) flour and mucilage. *Food structure.* 2018; 16: 59–66. <https://doi.org/10.1016/j.foostr.2018.03.004>
49. Ospina Meneses SM, Restrepo Molina DA, López Vargas JH. Caracterización fisicoquímica y funcionalidad tecnológica de la fibra de banana íntegro verde (Cavendish valery) (*Musa AAA* cv. *Musaceae*). *Rev Lasallista Investig.* 2016; 13(1): 23–30. <https://doi.org/10.22507/rli.v13n1a2>
50. Asao M, Watanabe K. Functional and bioactive properties of quinoa and amaranth. *Food Sci Technol Res.* 2010; 16(2): 163–168. <https://doi.org/10.3136/fstr.16.163>
51. Ingrassia R, Busti PA, Boeris V. Physicochemical and mechanical properties of a new cold-set emulsion gel system and the effect of quinoa protein fortification. *LWT Food Sci Technol.* 2022; 156: 113048. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.113048>
52. Freitas DGC, Moretti RH. Caracterização e avaliação sensorial de barra de cereais funcional de alto teor protéico e vitamínico. *Ciênc. Tecnol. Aliment.* 2006; 26(2): 318–324. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000200014>
53. Melo PF, Kalschne D, Silva-Buzanello RA *et al.* Cereal bars functionalised with tempeh: nutritional composition, isoflavone content and consumer acceptance. *Int J Food Sci Technol.* 2020; 55(1): 397–405. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14384>
54. Dutcosky SD, Grossmann MVE, Silva RSSF, Welsch AK. Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments. *Food Chem.* 2006; 98(4): 630–638. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.06.029>
55. Gutkoski LC, Bonamigo JM de A., Teixeira DM. de F, Pedó I. Desenvolvimento de barras de cereais à base de aveia com alto teor de fibra alimentar. *Cienc Technol Aliment* 2007; 27(2): 355–363. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000200025>
56. Estévez AM, Escobar B, Vásquez M, Castillo E, Araya E, Zacarías I. Cereal and nut bars, nutritional quality and storage stability. *Plant Foods Hum Nutr.* 1995; 47(4), 309–317. <https://doi.org/10.1007/bf01088268>
57. Kim HW, Setyabrata D, Lee Y, Jones OG, Kim YHB. Effect of House Cricket (*Acheta domestica*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. *J Food Sci.* 2017; 82(12): 2787–2793. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>
58. Vilcanqui F, Villanueva ME, Vílchez C. Propiedades funcionales *in-vitro* y efectos fisiológicos *in-vivo* sobre ratas Holtzman de dietas con nuevas fuentes de fibra. *Rev Chil Nutr.* 2018; 45(3): 223–231. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400223>.
59. Vioque J, Sánchez-Vioque R, Clemente A, Pedroche J, Millán F. Partially hydrolyzed rapeseed protein isolates with improved functional properties. *J Am Oil Chem Soc.* 2000; 77(4): 447–450. <https://doi.org/10.1007/s11746-000-0072-y>
60. López DN, Ingrassia R, Busti PA, Wagner JR, Boeris V, Spelzini D. Acid-induced aggregation and gelation of heat-treated chia proteins. *Int J Food Sci Technol.* 2021; 56(4):1641–1648. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.14784>
61. Orona-Tamayo D, Paredes-López O. Amaranth Part I—Sustainable Crop for the 21st Century: Food Properties and Nutraceuticals for Improving Human Health. In *Sustainable Protein Sources.* 2017: 239–256. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802778-3.00015-9>
62. Fritz M, Vecchi B, Rinaldi G, Añón MC. Amaranth seed protein hydrolysates have *in vivo* and *in vitro* antihypertensive activity. *Food Chem.* 2011; 126(3): 878–884. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.11.065>

63. Błaszczak W, Jeż M, Szwengiel A. Polyphenols and inhibitory effects of crude and purified extracts from tomato varieties on the formation of advanced glycation end products and the activity of angiotensin-converting and acetylcholinesterase enzymes. *Food Chem.* 2020; 314: 126181. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126181>
64. Vieira ADS, Bedani R, Albuquerque MAC., Biscola V, Saad SMI. The impact of fruit and soybean by-products and amaranth on the growth of probiotic and starter microorganisms. *Food Res Int.* 2017; 97: 356–363. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.026>
65. Ciudad-Mulero M, Fernández-Ruiz V, Matallana-González MC, Morales P. Dietary fiber sources and human benefits: The case study of cereal and pseudocereals. *Adv Food Nutr Res.* 2019; 90:83-134. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2019.02.002>
66. Zhu F. Dietary fiber polysaccharides of amaranth, buckwheat and quinoa grains: A review of chemical structure, biological functions and food uses. *Carbohydr Polym.* 2020; 248: 116819. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.116819>
67. González-Montemayor ÁM., Flores-Gallegos AC, Serrato-Villegas LE, López-Pérez MG, Montañez-Sáenz JC, Rodríguez-Herrera R. Honey and Syrups: Healthy and Natural Sweeteners with Functional Properties. In *Natural Beverages*. 2019: 143–177. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816689-5.00006-7>
68. Bultosa G. Functional Foods: Dietary Fibers, Prebiotics, Probiotics, and Synbiotics. In *Encyclopedia of Food Grains* (2nd ed., Vols. 2–4, pp. 11–16). Elsevier. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-394437-5.00245-X>
69. Maccaferri S, Klinder A, Cacciatore S et al. *In vitro* fermentation of potential prebiotic flours from natural sources: Impact on the human colonic microbiota and metabolome. *Mol Nutr Food Res* 2012; 56(8): 1342–1352. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200046>

Recibido: 22/06/2022
Aceptado: 13/02/2023