

Incremento del valor nutrimental, actividad antioxidante y potencial inhibitorio de α -glucosida en brownies a base de leguminosas cocidas

Jesús J. Rochín Medina¹, Karina Ramírez¹, Jesús G. Rangel-Peraza¹, Jesús Aguayo-Rojas².

¹División de Estudios de Posgrado e Investigación. Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán. Culiacán, Sinaloa, México. ²Instituto Politécnico Nacional (Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería, Campus Zacatecas). Zacatecas, Zacatecas, México.

RESUMEN: El objetivo de la presente investigación fue evaluar el valor nutrimental, actividad antioxidante e inhibición de la enzima α -glucosidasa de brownies libres de gluten enriquecidos principalmente con leguminosas. Los brownies fueron elaborados principalmente con leguminosas cocidas de frijol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.), alubia chica (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) o lenteja (*Lens culinaris* L.) (300 g de producto). Cada producto fue dividido en porciones de 100 g cada uno. Posteriormente, se determinó su composición nutrimental, y de los extractos etanólicos libres y ligados obtenidos, se evaluó el contenido de fenólicos totales, flavonoides, actividad antioxidante y el potencial inhibitorio de la enzima α -glucosidasa. Los brownies a base de leguminosas cocidas fueron significativamente mejores que los comerciales, y presentaron un contenido de proteínas entre 6.2 y 6.9%, 1.6-4.2% de lípidos, 1.2-5.8% de fibra dietaria soluble y 11.7-21.5% de fibra dietaria insoluble. Los productos presentaron en mayor proporción a los ácidos grasos linoléico y linoleico, además fueron ricos en minerales. El contenido de fenólicos totales, y flavonoides varió dependiendo de la leguminosa con la cual se desarrolló el producto, así como de la fracción que se evaluó. La actividad antioxidante total fue mayor en los brownies de alubia. La mayor inhibición de α -glucosidasa la presentaron los extractos de brownies elaborados a base de lenteja (fracción libre) y garbanzo (fracción ligada). Los brownies elaborados con lenteja fueron sensorialmente los más aceptados. La introducción de este tipo de productos promoverá un consumo nutritivo de alimentos por personas de diferentes edades y con efectos benéficos en la salud.

Palabras clave: Brownies, composición nutrimental, antioxidantes, antidiabético.

SUMMARY: Increase in nutritional value, antioxidant activity and inhibitory potential of α -glucosidase in brownies from cooked legumes. The aim of the present study was to evaluate the nutritional value, antioxidant activity and inhibition of α -glucosidase enzyme of gluten-free brownies enriched mainly with legumes. The brownies were elaborated mainly with cooked legumes of pinto (*Phaseolus vulgaris* L.), haricot bean (*Phaseolus vulgaris* L.), chickpea (*Cicer arietinum* L.) or lentils (*Lens culinaris* L.) (300 g of product). Each product was divided into portions of 100 g and the chemical and nutritive composition were determined. From the free and bound ethanolic extracts obtained, the content of total phenolics, flavonoids, antioxidant activity and the potential inhibitor of the α -glucosidase enzyme were evaluated. Brownies based on cooked legumes were significantly better than commercial brownies, with a protein content between 6.2 and 6.8%, 1.6-4.2% lipids, 1.2-5.8% soluble dietary fiber and 11.7-21.5% insoluble dietary fiber. The products had a higher proportion of linolenic and linoleic fatty acids, and they were rich in minerals. The content of total phenolics and flavonoids varied depending on the legume as well as the fraction that was evaluated. Total antioxidant activity was higher in haricot bean-brownies. The highest inhibition of α -glucosidase was detected in extracts obtained from lentil (free fraction) and chickpea (bound fraction) brownies. Brownies based on lentil were the most accepted in the sensory test. The introduction of this type of products promotes a nutritious consumption of foods by people of different ages with beneficial effects on health.

Key words: Brownies, nutritional composition, antioxidants, antidiabetic.

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria necesita satisfacer

la creciente demanda de alimentos más saludables y de buena aceptabilidad por parte de

los consumidores. La búsqueda de este tipo de alimentos como productos de panadería es una necesidad en nuestra población. Los alimentos sin gluten a menudo tienen menor valor nutricional y efectos benéficos a la salud que sus homólogos de gluten, así mismo, los productos libres de gluten pueden conducir a la deficiencia minerales, proteínas, fibra y otros compuestos nutrimentales (1-3). Por todo esto, la búsqueda o desarrollo de alimentos libres de gluten que cumplan con altos valores nutrimentales y nutraceuticos sensorialmente aceptables es importante para incrementar el consumo de este tipo de productos.

Además de la intolerancia al gluten, en el mundo cerca de 422 millones de personas padecen diabetes caracterizada por presentar una hiperglucemia, debido a defectos en la producción de insulina, su deficiente acción o ambos, por lo que es necesaria la regulación de los niveles de glucosa en sangre (4). Algunos fármacos utilizados para el tratamiento de la diabetes son los inhibidores de la enzima α -glucosidasa. Esta enzima intestinal hidroliza los polisacáridos a glucosa y otros monosacáridos, y la glucosa liberada es entonces absorbida por el intestino y contribuye a la hiperglucemia posprandial.

Los compuestos inhibidores de α -glucosidasa previenen o retrasan la digestión o absorción de carbohidratos y suprimen la hiperglucemia postprandial disminuyendo la acción de la α -glucosidasa intestinal, por lo que estos compuestos son útiles en el manejo de la diabetes tipo 2 (5).

Las leguminosas cocidas son la forma procesada más común para su consumo, sin embargo, este consumo ha experimentado una disminución lenta, pero constante tanto en los países desarrollados como en vías de desarrollo. Por tal motivo, se han realizado estudios para la adición de leguminosas a productos de panificación como

pan, muffins y biscuits para incrementar su valor nutrimental (6,7). Además, se ha reportado que las leguminosas poseen compuestos con actividad biológica que se encuentran en su forma libre y ligados a la fibra, estos últimos llegan hasta el colon y son metabolizados por la microbiota (8). La adición de leguminosas integrales cocidas a productos de panificación como brownies es una estrategia para incrementar el consumo de productos libres de gluten. Estos productos contienen un alto valor nutrimental, moléculas con actividad antioxidante y moléculas con capacidad de controlar la acción de enzimas relacionadas con liberación rápida de glucosa en sangre; y de esta manera poder ampliar el rango de personas que puedan consumir estos productos.

El objetivo de este estudio fue evaluar el valor nutrimental, actividad antioxidante e inhibición de la enzima α -glucosidasa de brownies libres de gluten enriquecidos con leguminosas cocidas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cocción de leguminosas

Las leguminosas utilizadas para el desarrollo de brownies fueron frijol pinto (*Phaseolus vulgaris* L.), alubia chica (*Phaseolus vulgaris* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y lenteja (*Lens culinaris* L.), las cuales fueron adquiridas de un supermercado local. Se utilizaron lotes de 500 g de cada leguminosa, los cuales fueron sometidas a remojo frío por 12 h. Posteriormente, las leguminosas se cocieron en una relación 3:5 (p/v) entre granos y agua. Se colocaron a fuego alto hasta que el agua hirvió, en este momento se retiró la espuma que se forma en el proceso de cocción y se disminuyó el calor del fuego; cuando las leguminosas estaban tiernas se apagó el fuego y se dejó enfriar hasta llegar a la temperatura ambiente.

Desarrollo de brownies

Los brownies se elaboraron utilizando 200 g de las distintas leguminosas cocidas (frijol, alubia, garbanzo y lenteja), las cuales se mezclaron con 90 mL de agua potable hasta obtener una mezcla fina y sin grumos. Posteriormente, se le añadió una mezcla de harina de arroz y linaza con una relación 70:30 (p/p) con respecto a la mezcla obtenida anteriormente. Después, se le añadieron 15 g de cacao en polvo, 45 g de azúcar mascabado, 30 mL de miel de agave, finalmente, se le añadieron 3 g de polvo para hornear y se procesó con una licuadora hasta obtener una masa fina, fluida y sin grumos.

La mezcla preparada se vertió en moldes para brownies con papel encerado y se llevó a cocción en horno eléctrico a 180°C por un tiempo de 15 a 20 min, hasta obtener una superficie firme al tacto.

Determinación de la composición química, contenido de minerales y ácidos grasos

La composición química y de minerales de los brownies se determinó por los métodos oficiales de la AOAC (9): humedad (Método 925.09), proteínas (Método 960.52), lípidos (Método 923.03); y la fibra dietaria se determinó por el método 985.29 utilizando el kit para fibra Megazyme®. El contenido de minerales se realizó utilizando el método 955.06 de la AOAC (9) a partir de muestras calcinadas y digeridas con HCl, utilizando un espectro de absorción atómica. Los resultados de minerales fueron expresados como partes por millón (ppm). Todos los resultados fueron expresados en base seca (bs). Las determinaciones se realizaron por triplicado.

La identificación de ácidos grasos se llevó a cabo de acuerdo con la metodología propuesta por Ryan y col (10), partiendo de los ésteres metílicos de ácidos grasos (FAME) los cuales fueron obtenidos mezclando 100 µL del extracto lipídico y 80 µL de KOH. La muestra fue

sonicada a una frecuencia de 60 MHz por 20 s en un ultrasonido (Hielscher Ultrasonic processor, model UP200 HS). Después, la muestra se filtró a través de filtros de nylon (0.45 µm) y se llevó a sequedad en un rotavapor (Yamato, RE301A-W) a 45°C. El residuo se resuspendió en 1 mL de hexano grado HPLC, se centrifugó por 5 min para remover el glicerol y el sobrenadante se pasó a un vial HPLC y se almacenó a -20°C. La muestra se evaluó en un cromatógrafo de gases (Agilent Technologies, modelo 6890N) acoplado directamente a un espectrómetro de masas (Agilent Technologies, modelo 5973). Se utilizó una columna capilar OMEGAWAX 30 m × 250 µm a una temperatura inicial de 150°C por 5 min, después se incrementó a 240°C en 7°C/min y finalmente se mantuvo a 240°C/10 min. Posteriormente, 0.2 µL de la muestra fueron inyectados vía un automuestreador (Agilent Technologies serie 7683) en modo splitless y utilizando helio como gas portador. Los resultados se expresaron como porciento (%) del total de lípidos.

Obtención de extractos fenólicos libres y ligados

La extracción de fenólicos libres y ligados se realizó de acuerdo con la metodología propuesta por Mora-Rochín y col (11) con algunas modificaciones. Para la extracción de fenólicos libres se tomó 1 g de muestra, resuspendidos en 10 mL de etanol-agua (80:20, v/v), seguido de una homogenización a 50 rpm por 3 h a temperatura ambiente. La muestra fue centrifugada a 3000 ×g por 10 min. El sobrenadante fue recuperado y almacenado a -20°C para el análisis de fenólicos totales, flavonoides y actividad antioxidante de la fracción libre. La fracción ligada se obtuvo a partir del pellet obtenido de la centrifugación anterior. Primeramente, el pellet fue digerido con 5 mL de NaOH 2M a 95°C por 30 min y se dejó en agitación por 1 h a 50 rpm. La muestra fue sometida a una digestión ácida con 2 mL de HCl

concentrado, y homogenizado a 50 rpm por 1 h. Se realizaron 5 lavados con 10 mL de acetato de etilo. Los extractos con acetato de etilo fueron evaporados en un rotavapor (Yamato, RE301A-W) a 45°C y reconstituidos en metanol al 50% para la determinación de fenólicos totales, flavonoides, actividad antioxidante e inhibitoria de α -glucosidasa.

Cuantificación de fenólicos totales y flavonoides

El contenido de compuestos fenólicos totales (CFT) se determinó mediante la metodología de Singleton y col (12) a partir de los extractos obtenidos anteriormente. Para la cuantificación de fenólicos totales, 200 μ L del extracto fueron oxidados con 1800 μ L del reactivo Folin-Ciocalteu. Luego de 5 min de reposo, se les adicionó 500 μ L de carbonato de sodio al 7% y fueron incubados a temperatura ambiente y protegidos de la luz. Después de 90 min de incubación, se midió la absorbancia a 750 nm en un espectrofotómetro de celdas (Nano SP3000, Científica Senna). Se preparó una curva de calibración utilizando ácido gálico como estándar (25-300 ppm) y el contenido de fenólicos totales fue expresado como mg equivalentes de ácido gálico (mg EAG)/100 g de muestra (bs).

La cuantificación de flavonoides totales (FT) se realizó tomando 200 μ L del extracto al cual se le adicionaron 800 μ L de agua destilada; posteriormente se le agregó 60 μ L de NaNO₂ al 5%, luego de 5 min de reposo, se le agregaron 120 μ L de AlCl₃ al 10% seguido de 400 μ L de NaOH 1M. Finalmente, luego de 30 min de reposo se midió la absorbancia a 510 nm utilizando un espectrofotómetro de celdas (Nano SP3000, Científica Senna). Se preparó una curva de calibración de catequina (25-300 ppm). Los resultados fueron expresados como mg equivalentes de catequina (mg EC)/100 g de muestra (bs) (13).

Determinación de actividad antioxidante

La capacidad antioxidante de los extractos fue evaluada mediante los ensayos de decoloración de los radicales 2,2-Difenyl-1-picrylhydrazilo (DPPH) a 517 nm, y ácido 2,2-azino-bis(3-etilbenzotiazolin)-6-sulfónico (ABTS) a 732 nm. Se utilizó una curva estándar de trolox (0-100 μ mol). Los resultados fueron expresados como μ mol equivalente de trolox (ET)/100 g de muestra (bs).

Inhibición de α -glucosidasa

La evaluación de la inhibición de α -glucosidasa se llevó a cabo siguiendo la metodología de Girish y col (14) con algunas modificaciones. El ensayo de inhibición enzimática se determinó a 200 μ L de p-nitrofenil- α -D-glucopiranosido (10 mg en 2 mL de buffer de fosfatos, pH=7) reaccionando con 50 μ L de extractos fenólicos de los brownies. La reacción se inició añadiendo 80 μ L de la enzima α -glucosidasa (4 mg en 2 mL de buffer de fosfatos, Sigma Aldrich, USA). La reacción fue monitoreada por el incremento de absorbancia a 405 nm, utilizando un espectrofotómetro de celdas (Nano SP3000, Científica Senna) y comparada con la reacción enzimática sin los extractos fenólicos. El porcentaje de inhibición enzimática se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación:

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los brownies se realizó con 90 panelistas no entrenados, sin ningún problema de salud, de ambos sexos entre 20 y 50 años, a los cuales se les proporcionaron los productos y una planilla de evaluación. Los evaluadores emitieron su opinión acerca la aceptabilidad global mediante el uso de una escala hedónica de 5 puntos (1= me disgusta mucho; 5=me gusta mucho y un punto central 3= ni me gusta, ni me disgusta). Este tipo de prueba permitió a los panelistas mani-

festar su grado de aceptación por el producto. Las muestras se presentaron en orden aleatorio y se evaluaron con iluminación suficiente, para que no influyera el color, a una temperatura adecuada y aislado de ruido y olores. Los evaluadores se enjuagaron la boca con agua entre cada muestra.

Análisis estadístico.

Se realizó un ANOVA de una sola vía ($P \leq 0.05$). Las diferencias significativas se analizaron mediante una comparación de medias utilizando Tukey, con un nivel de significancia del 95% utilizando el paquete estadístico Minitab 16.

RESULTADOS

Composición química, contenido de minerales y ácidos grasos

La composición química de los productos es un parámetro importante para determinar el valor nutrimental del mismo. En este estudio, los brownies elaborados a base de frijol cocido presentaron el más alto valor nutrimental, mientras que el de garbanzo resultó el más bajo después de los productos comerciales similares ($P \leq 0.05$) (Tabla 1). Así mismo, los brownies de frijol presentaron los valores significativamente más altos de fibra dietaria soluble e insoluble comparado con el resto de brownies elaboradas a base de leguminosa, así como los comerciales. Por otro lado, el brownie de garbanzo presentó los valores más altos en contenido de lípidos (4.2%) (Tabla 1) en donde el ácido linoleico fue el principal ácido graso encontrado (49.4%) (Tabla 2).

Los brownies de frijol cocido y alubia cocida, por separado, a pesar de no presentar los valores más altos en el contenido de lípidos (2.8 y 1.6%, respectivamente), el principal ácido graso en estas leguminosas es el ácido linoléico (40.7% en brownies de frijol; 35.6% en brownies de alubia). Por otro lado, los productos comerciales presentaron el mayor contenido de lípidos (12.1%) en donde los principales ácidos grasos encontrados fueron oleico con 36.2%, palmítico (29.7%) y esteárico (22.5%).

El contenido de minerales de las leguminosas se puede observar en la Tabla 3. Los principales minerales cuantificados fueron hierro (199.8 ppm) en brownies de alubia y calcio (606.6 ppm) en brownies de garbanzo ($P \leq 0.05$). De la misma manera, el brownie de lenteja presenta los valores más altos de fósforo (11265.3 ppm), y el garbanzo los valores más altos de selenio (51.7 ppm). Este último mineral, es considerado un oligoelemento esencial que el organismo necesita en pequeñas cantidades para la síntesis de enzimas antioxidantes necesarios para la prevención del padecimiento de enfermedades crónicas (15). Por otro lado, los brownies comerciales presentaron los valores más altos ($P \leq 0.05$) de magnesio (165.3 ppm).

TABLA 1. Composición química de brownies a base de leguminosas cocidas.

	Proteínas	Lípidos	Fibra dietaria	
			Soluble	Insoluble
Brownie				
Frijol	6.9±1.12 ^a	2.8±1.11 ^d	5.8±0.92 ^a	21.5±0.73 ^a
Alubia	6.6±1.02 ^b	1.6±1.31 ^e	2.0±0.89 ^c	16.7±0.63 ^c
Garbanzo	6.2±0.99 ^c	4.2±1.01 ^b	1.2±0.61 ^e	11.7±0.83 ^e
Lenteja	6.8±0.97 ^a	3.2±1.05 ^c	1.5±0.97 ^d	17.7±0.73 ^b
Comercial	4.3±0.95 ^d	12.1±1.27 ^a	5.0±0.77 ^b	14.2±0.89 ^d

Letras diferentes en la misma columna (\pm desviación estándar) indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

TABLA 2. Contenido de ácidos grasos de brownies a base de leguminosas cocidas¹

Brownie	Ácido graso				
	Palmítico	Esteárico	Oleico	Linoleico	Linolénico
Frijol	14.0±0.95 ^c	1.3±1.12 ^d	11.5±1.12 ^d	25.0±0.98 ^d	40.7±1.21 ^a
Alubia	12.8±0.79 ^d	1.6±0.99 ^c	10.8±1.06 ^e	27.0±1.02 ^c	35.6±1.12 ^b
Garbanzo	11.7±1.01 ^e	1.8±1.10 ^b	31.1±0.92 ^b	49.4±1.13 ^a	3.7±0.99 ^d
Lenteja	15.2±0.97 ^b	1.6±1.14 ^c	25.8±1.5 ^c	46.1±1.1 ^b	12.4±1.03 ^c
Comercial	29.7±0.89 ^a	22.5±1.12 ^a	36.2±1.05 ^a	18.2±0.97 ^e	0.8±1.31 ^e

¹Porcentaje por porción en base al contenido total de lípidos en base seca; Letras diferentes en la misma columna (±desviación estándar) indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

Contenido de fenólicos totales y flavonoides

Los compuestos fenólicos se han considerado desde hace varios años como compuestos nutraceuticos debido al efecto benéfico que estos poseen cuando son consumidos adecuadamente por medio de la dieta. Dentro de los compuestos fenólicos se encuentran los flavonoides que se les ha relacionado con efectos benéficos como antioxidantes naturales, modulación de problemas cardiovasculares, disminución de procesos inflamatorios crónicos así como la prevención en el desarrollo de carcinogénesis (16).

La concentración de estos componentes presentes en los brownies se encuentra en la Tabla

4. El contenido de fenólicos totales varió entre 46 y 122 mg EAG/100 g de muestra (bs) en su fracción libre, el contenido de estos compuestos en la fracción ligada varió entre 21 y 105 mg EAG/100 g de muestra (bs). El mayor contenido de fenólicos libres se encontró en brownies de lenteja, mientras que la fracción ligada se encontró en los brownies de garbanzo ($P \leq 0.05$).

El contenido de flavonoides totales varió entre 51 y 98 mg EC/100 g de muestra (bs) en la fracción libre siendo los brownies comerciales los que presentaron el contenido más alto ($P \leq 0.05$), por otro lado, la fracción ligada presentó variaciones entre 35 y 62 EC/100 g siendo el producto a base de garbanzo el que presentó el valor más alto ($P \leq 0.05$).

TABLA 3. Contenido de minerales de brownies a base de leguminosas cocidas (ppm)

Brownies	Selenio	Zinc	Manganeso	Hierro	Calcio	Magnesio	Fósforo
Frijol	48.5±0.85 ^c	4.7±1.01 ^c	0.4±0.97 ^c	130.8±0.95 ^c	337.9±0.82 ^c	9.0±1.04 ^c	32.0±1.01 ^d
Alubia	50.2±0.91 ^b	4.5±0.95 ^d	0.5±0.94 ^b	199.8±0.80 ^a	458.6±1.09 ^b	6.2±1.09 ^e	23.0±0.87 ^e
Garbanzo	51.7±0.98 ^a	4.9±0.96 ^b	0.5±0.85 ^b	96.2±0.97 ^d	606.6±0.82 ^a	11.5±1.00 ^b	280.9±1.02 ^b
Lenteja	45.8±0.86 ^d	5.2±0.87 ^a	0.5±0.88 ^b	139.9±0.98 ^b	219.0±0.82 ^d	6.9±1.06 ^d	11256.3±0.99 ^a
Comercial	10.1±0.78 ^e	2.5±1.10 ^e	0.8±0.95 ^a	46.8±1.06 ^e	98.6±0.77 ^e	165.3±1.11 ^a	252.6±0.96 ^c

Letras diferentes en la misma columna (±desviación estándar) indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$).

TABLA 4. Contenido de fenólicos, flavonoides, actividad antioxidante e inhibición de α -glucosidasa de brownies a base de leguminosas cocidas¹

Brownies	Actividad antioxidante ³																	
	Fenólicos totales ¹				Flavonoides ²				ABTS				DPPH				α -glucosidasa ⁴	
	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados	Libres	Ligados		
Frijol	46±1.12 ^c	75±1.90 ^c	64±0.95 ^b	55±1.32 ^c	3578±6.32 ^c	5986±69.43 ^d	2985±4.01 ^c	4764±43.12 ^d	32±1.12 ^b	73±0.97 ^b								
Alubia	52±1.21 ^d	66±1.12 ^d	55±1.14 ^d	50±1.21 ^d	4243±5.76 ^b	6874±71.23 ^a	3435±6.67 ^b	5789±57.65 ^a	22±1.06 ^d	55±1.05 ^d								
Garbanzo	72±0.98 ^c	105±1.24 ^a	51±1.10 ^c	62±1.07 ^a	4417±5.48 ^a	6421±78.54 ^b	3552±4.60 ^a	5112±64.23 ^c	26±0.98 ^c	76±1.13 ^a								
Lentejas	122±1.05 ^a	100±1.25 ^b	61±1.06 ^c	57±1.11 ^b	3986±6.33 ^d	6265±69.45 ^c	2667±5.72 ^d	5735±67.42 ^b	46±1.10 ^a	67±1.11 ^c								
Comercial	110±1.10 ^b	21±1.02 ^c	98±1.13 ^a	35±0.98 ^c	2132±8.31 ^c	1224±5.12 ^c	1542±5.36 ^c	1097±4.25 ^c	18±0.96 ^c	12±1.22 ^c								

Letras diferentes en la misma columna (\pm desviación estándar) indican diferencia significativa (Tukey, $P \leq 0.05$). 1mg EAG/100 g de muestra (bs); 2mg EC/ 100 g de muestra (bs); 3 μ mol ET/ 100 g de muestra (bs); 4Porcentaje de inhibición de la enzima

Actividad antioxidante y potencial inhibitorio de α -glucosidasa

Los compuestos antioxidantes presentes en los brownies tienen la capacidad de inhibir la oxidación de moléculas y por tanto actúan como protectores de moléculas biológicas contra los radicales (ABTS y DPPH) evaluados en este estudio. En la determinación de la actividad antioxidante por ambos métodos, los brownies elaborados a base de garbanzo presentaron el valor más alto ($P \leq 0.05$) de antioxidantes en su fracción libre (4417 μ mol ET/100 g en el ensayo ABTS; 3552 μ mol ET/100 g en el ensayo DPPH) (Tabla 4), mientras que los elaborados a base de alubia presentaron los valores más altos ($P \leq 0.05$) en la fracción ligada (6874 μ mol ET/100 g en el ensayo ABTS; 5789 μ mol ET/100 g en el ensayo DPPH).

Los extractos obtenidos de los brownies en sus fracciones libres y ligadas inhibieron la acción de la enzima α -glucosidasa (Tabla 4), enzima clave en la liberación de glucosa proveniente del almidón para su posterior absorción en el intestino. La fracción libre de extractos fenólicos de brownies de lenteja presentó el mayor porcentaje de inhibición (46%) ($P \leq 0.05$), mientras que la fracción ligada de extractos fenólicos de brownies de garbanzo presentó la mayor inhibición de la enzima (76%) ($P \leq 0.05$).

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los brownies se presenta en la Figura 1. El producto más aceptado fue el elaborado a base de lenteja, en donde los jueces emitieron valores de “me gusta moderadamente” (37%) y “me gusta mucho” (13%), por otro lado, el producto menos aceptado fue el elaborado a base de alubia en donde el 47% emitió un valor de “me disgusta moderadamente”.

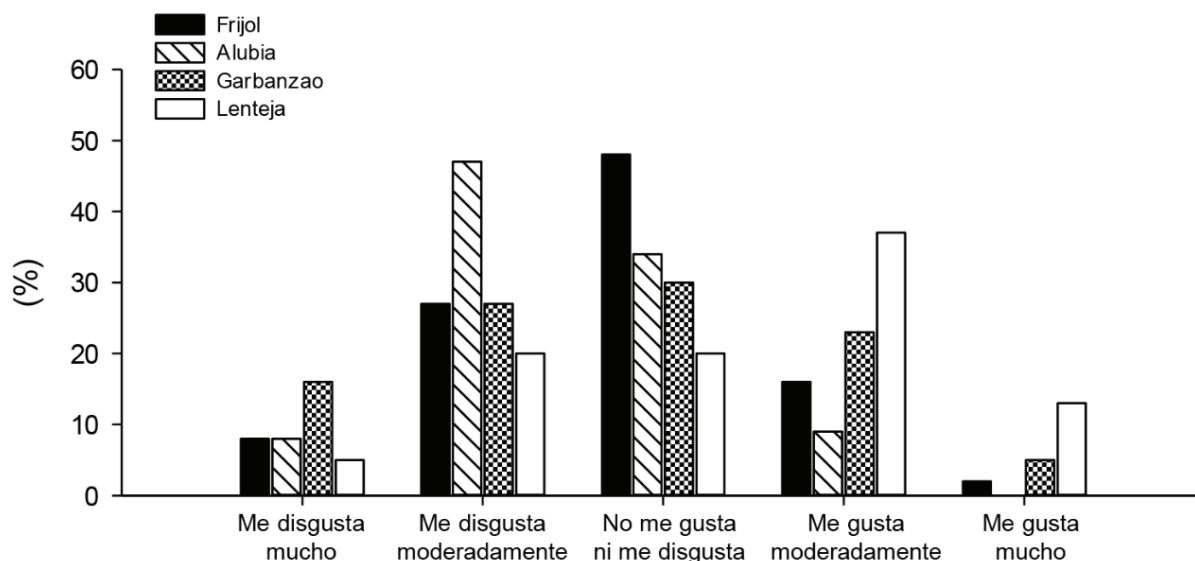


FIGURA 1. Evaluación sensorial de brownies utilizando una escala hedónica de 5 puntos para el atributo de aceptabilidad global

DISCUSIÓN

Desde el punto de vista nutricional, los brownies elaborados con leguminosas cocidas presentaron diferencia significativa comparado con los productos comerciales ($P \leq 0.05$). El contenido de proteínas, minerales y fibra dietaria en los brownies de leguminosas cocidas fueron altos en comparación con los productos comerciales similares que actualmente existen en el mercado. La fibra dietaria en los productos se ha relacionado con problemas de hiperglicemia, así como otros padecimientos como problemas cardiovasculares, diabetes, cáncer entre otros, así mismo, la fibra dietaria insoluble se relaciona tanto con la absorción de agua como con la regulación intestinal, mientras que la fibra dietaria soluble se asocia con el colesterol en la sangre y disminuye su absorción intestinal (14).

En este estudio, los brownies de frijol y alubia presentaron el mayor contenido de ácido linolénico ($P \leq 0.05$), mientras que los brownies de garbanzo y lenteja presentaron principal-

mente ácido linoleico ($P \leq 0.05$). Resultados similares fueron reportados por Ryan y col (10), donde se identificaron diferentes tipos de ácidos grasos en muestras de cereales y leguminosas. Estos autores mostraron que el frijol kidney contenía una mayor cantidad de ácido linolénico (considerado como ω -3), mientras que en garbanzo y lenteja se presentaba un mayor contenido de linoleico (considerado como ω -6). En general, estos ácidos grasos juegan un papel importante en la salud, debido a que son considerados como nutracéuticos que tienen efectos benéficos en la función cerebral, cardiovascular, y procesos inflamatorios (17, 18). Por otro lado, los ácidos grasos mayoritarios en brownies comerciales fueron monoinsaturados (oleico) y saturados (palmítico y esteárico), esto puede deberse principalmente a la materia prima utilizada para la elaboración de estos productos.

El contenido de fenólicos totales y flavonoides entre los productos en estudio fue variable debido a que se elaboraron con diferentes le-

guminosas. Los brownies de lenteja presentaron los valores más altos de fenólicos totales, pero no presentaron los valores más altos para flavonoides, ya que los brownies comerciales presentaron el mayor contenido de estos últimos ($P \leq 0.05$). Por otro lado, los brownies elaborados a base de frijol presentaron los valores más bajos de fenólicos totales y los valores más altos en flavonoides después de los comerciales. Aguilera y col (19) reportaron que el tratamiento térmico de lentejas disminuyó el contenido de catequinas, flavonoles, flavonas, flavononas e incrementó el contenido de compuestos hidroxibenzoicos principalmente, por lo que un fenómeno similar se estaría presentando en este estudio. Por otro lado, en frijol se ha reportado que la mayor concentración de fenólicos son flavonoides, tales como quercetina, rutina, myricetina, kaempferol en sus formas glucosiladas (unida a azúcares) como en su forma aglicona (20). De manera general, la presencia de estos compuestos presentes en las leguminosas utilizadas como materias primas principales en los brownies incrementa el potencial nutracéutico de dichos productos y aunado a un adecuado consumo, puede mejorar los efectos benéficos a la población en general.

Los brownies elaborados en el presente estudio presentaron actividad antioxidante, sin embargo, a pesar de que la actividad antioxidante en la fracción libre la presentaron los brownies de garbanzo, el contenido de antioxidantes total (suma de la fracción libre y ligada) fue mayor en el elaborado de alubia (11117 $\mu\text{mol ET}/100$ g muestra (bs) por el ensayo ABTS; 9224 $\mu\text{mol ET}/100$ g de muestra (bs) por el ensayo DPPH), esto debido a que el contenido de fenólicos ligados es mayor en alubia y la proporción de esta fracción en el grano es aproximadamente del 61-62%. Los brownies comerciales presentaron los valores más bajos de antioxidantes evaluados por ambos métodos, posiblemente por los ingredientes o la concentración de estos, de acuerdo a la

formulación empleada. Algunos autores reportan correlaciones entre la actividad antioxidante y el contenido de fenólicos totales o el color del grano (21, 22). Sin embargo, en este estudio, los brownies que presentaron mayor contenido de fenólicos y flavonoides no fueron los que presentaron mayor actividad antioxidante, por lo que puede sugerirse que los compuestos presentes en los brownies que presentaron mayor contenido de estos compuestos no ejercen una acción antioxidante más efectiva que los productos elaborados a base de alubia.

El potencial inhibitorio de la enzima α -glucosidasa es importante para una correcta regulación de la digestión o absorción de carbohidratos, suprimiendo en parte la hiperglucemia postprandial. En este estudio, la mayor inhibición de esta enzima se presentó en los extractos de brownies de lenteja en su fracción libre (46%) y brownies de garbanzo en su fracción ligada (76%). Girish y col (14) evaluaron el efecto inhibitorio de extractos acetónicos de frijol negro sobre la inhibición de α -glucosidasa, encontrando porcentajes de inhibición hasta del 80%, un valor más alto comparado con los valores de inhibición de los brownies en ese estudio. Esto se puede deber a que los extractos de los brownies fueron etanólicos, por lo que la capacidad de extracción puede ser menor a solventes como acetona. Sin embargo, el porcentaje de inhibición de los extractos de los brownies se encontró cerca del 50% en su fracción libre y 76% en su fracción ligada.

CONCLUSION

Los brownies obtenidos a base de leguminosas cocidas representan una alternativa saludable para incorporar productos de panificación a la dieta porque al ser desarrollados con leguminosas cocidas en mayor proporción, libres de gluten, pueden ser consumidos por personas que padecen enfermedad celiaca. Del mismo modo, estos productos poseen la capacidad de regular los niveles

de glucosa en sangre por su efecto inhibitorio de α -glucosidasa, así como su actividad antioxidante capaz de neutralizar los radicales libres generados de manera cotidiana. El brownie a base de lenteja cocida fue el más aceptable por los jueces, además el valor nutrimental y nutracéutico de éste podría ser mayor que los productos similares que se encuentran en el mercado, los cuales son ricos en azúcares simples y valor nutrimental bajo. Así mismo, es importante buscar estrategias para mejorar la aceptabilidad del producto, y de esta manera se promocioe más su consumo.

AGRADECIMIENTO

Al Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Culiacán por el apoyo brindado. A la Ingeniera Anel Zavala Verdugo por la asistencia técnica proporcionada.

REFERENCIAS

1. Matos Segura ME, Rosell CM. Chemical composition and starch digestibility of different gluten-free breads. *Plant Foods Hum Nutr.* 2011; 66, 224–230.
2. Korus A, Gumul D, Krystyan M, Juszczak L, Korus J. Evaluation of the quality, nutritional value and antioxidant activity of gluten-free biscuit made from corn-acorn flour or corn-hemp flour composites. *Eur Food Res Technol.* 2017. Doi: 10.1007/s00217-017-2853-y.
3. Capriles VD, dos Santos FG, Arêas JAG. Gluten-free breadmaking: improving nutritional and bioactive compounds. *J Cereal Sci.* 2016; 67, 83–91.
4. Zhang AJ, Rimando AM, Mizuno CS, Mathews ST. α -glucosidase inhibitory effect of resveratrol and piceatannol. *J Nutr Biochem.* 2017; 47, 86-93.
5. Bell DS. Type 2 diabetes mellitus: what is the optimal treatment regimen? *Am J Med.* 2004; 23S-29S.
6. O'Shea N, Arendt E, Gallagher E. State of the art in gluten-free research. *J Food Sci.* 2014; 79, R1067-R1076.
7. Foschia M, Horstmann SW, Arendt EK, Zannini E. Legumes as functional ingredients in gluten-free bakery and pasta products. *Annu Rev Food Sci Technol.* 2017; 8, 4.1-4.22.
8. Shahidi F, Yeo JD. Insoluble-Bounds phenolics in foods. *Molecules.* 2016; 21, 1216. Doi:10.3390/molecules21091216.
9. Association of Official Analytical Chemist International (AOAC). 1998; 16th Edition, 4th Revision. AOAC International Maryland, USA.
10. Ryan E, GalvinK, O'Connor TP, Maguire AR, O'Brien NM. Phytosterol, squalene, tocopherol content and fatty acid profile of selected seeds, grains and legumes. *Plant Foods Hum Nutr.* 2007; 62, 85-91.
11. Mora-Rochín S, Gutiérrez-Urbe JA, Serna-Saldívar SO, Sánchez-Peña P, Reyes Moreno C, Milán-Carrillo J. Phenolic content and antioxidant activity of tortillas produced from pigmented maize processed by conventional nixtamalization or extrusion cooking. *J Cereal Sci.* 2010; 52, 502-508.
12. Singleton VL, Orthofer R, Lamuele-Raventós RM. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidant by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* 1999; 299, 152-165.
13. Xu BJ, Chang SKC. A Comparative Study on Phenolic Profiles and Antioxidant Activities of Legumes as Affected by Extraction Solvents. *J Food Sci.* 2007; 72, S159- S166.
14. Girish TK, Pratapa VM, Prasada Rao UJS. Nutrient distribution, phenolic acid composition, antioxidant and alpha-glucosidase inhibitory potentials of black gram (*Vigna mungo* L.) and its milled by-products. *Food Res Int.* 2012; 46, 370-377.
15. Tinggi U. Selenium: its role as antioxidants in human health. *Environ Health Prev Med.* 2008; 13, 102-108.
16. Moldes AB, Vecino X, Cruz JM. Nutraceuticals and food additives. En *Current Developments in Biotechnology and Bioengineering*. First edition. Pandey A, Sanromán MA, Du G, Soccol CR,

- Dussap CG (eds), Elsevier. 2016; pp 143-165. ISBN: 9780444636669.
17. Abou-zeid NA. 2016. Nutraceutical ingredients "Poly-unsaturated fatty acids" (PUFAs) fortification in milk and dairy products: A review. *Int J Adv Res Sci, Eng Technol.* 2016; 3, 1420-1427.
 18. Seema T, Neha S. Nutraceuticals: A review. *Asian J Res Pharm Sci.* 2016; 6, 85-94.
 19. Aguilera Y, Dueñas M, Estrella I, Hernández T, Benitez V, Esteban RM, Martín-CABrejas MA. Evaluation of phenolic profile and antioxidant properties of pardina lentils as affected by industrial dehydration. *J Agric Food Chem.* 2010; 58, 10101-10108.
 20. Lin LZ, Harnly JM, Pastor-Corrales MS, Luthria DL. The polyphenolic profiles of common beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Chem.* 2008; 107, 399-410.
 21. Marathe SA, Rajalakshmi V, Jamdar SN, Sharma A. Comparative study on antioxidant activity of different varieties of commonly consumed legumes in India. *Food Chem Toxicol.* 2011; 49, 2005-2012.
 22. Zhao Y, Du SK, Wang H, Meng C. *In vitro* antioxidant activity of extracts from common legumes. *Food Chem.* 2014; 152, 462-466.

Recibido: 03-05-2018

Aceptado: 03-08-2018