



Revista Española de Nutrición Humana y Dietética

Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics

INVESTIGACIÓN – *versión post-print*

Esta es la versión revisada por pares aceptada para publicación. El artículo puede recibir modificaciones de estilo y de formato.

Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal
Analysis of the physical-chemical and sensorial properties of nutritional bars based on seeds and nuts without components of animal origin

Lydia Toscano-Palomar^{a*}, Gilberto García-Gómez^b, Francisco J. Gómez-Puentes^a, Guillermo Beltrán-González^c, Iracema G. Valenzuela-Espinoza^a, Jesus M. Armenta-Gálvez^a.

^a Departamento de Ingeniería Química, Instituto Tecnológico de Mexicali, Tecnológico Nacional de México. Mexicali, México.

^b División de Estudios de Posgrado, Instituto Tecnológico de Mexicali, Tecnológico Nacional de México. Mexicali, México.

^c Instituto de Innovación para la Salud Integral, A. C. Mexicali, México.

* toscano.lydia@tmexicali.edu.mx

Recibido: 19/11/2019; Aceptado: 10/03/2020; Publicado: 14/04/2020

CITA: Toscano-Palomar L, García-Gómez G, Gómez-Puentes FJ, Beltrán-González G, Valenzuela-Espinoza IG, Armenta-Gálvez JM. Análisis de las propiedades físico-químicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2020; 24(2). doi: 10.14306/renhyd.24.2.963 [ahead of print]

La Revista Española de Nutrición Humana y Dietética se esfuerza por mantener a un sistema de publicación continua, de modo que los artículos se publiquen antes de su formato final (antes de que el número al que pertenecen se haya cerrado y/o publicado). De este modo, intentamos poner los artículos a disposición de los lectores/usuarios lo antes posible.

The Spanish Journal of Human Nutrition and Dietetics strives to maintain a continuous publication system, so that the articles are published before its final format (before the number to which they belong is closed and/or published). In this way, we try to put the articles available to readers/users as soon as possible.

RESUMEN

Introducción: La necesidad de alimentos nutritivos se ha incrementado por la demanda de un público exigente. Los consumidores, en la actualidad, desean aperitivos que además de satisfacer su apetito, aporten también nutrientes esenciales. Este trabajo tuvo como objetivo la caracterización físico-química de una barra alimenticia elaborada a base de semillas (girasol, ajonjolí, chía y linaza) y nueces (almendra, nuez de la India, corazón de nuez de pecana, pistache y nuez de Castilla entera) libre de componentes de origen animal, como leche de vaca en polvo, ovoalbúmina y/o grasas animales utilizados en barras alimenticias comerciales.

Material y métodos: Los métodos de análisis próximo, valor energético, vida útil de la barra alimenticia y análisis sensorial y las pruebas de aceptación, se realizaron de acuerdo a métodos estándares de análisis de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC por sus siglas en inglés). Todos los análisis se realizaron por triplicado a menos que se indicara de otra manera. Los resultados obtenidos fueron estadísticamente analizados con un 5 % de nivel de significancia para cada prueba.

Resultados: Se analizó su composición próxima (27% proteína, 7,5% fibra cruda y 4,4% de azúcares). Estos valores posicionan a este producto dentro de las barras de alto contenido proteico con contenido en azúcar muy bajo si se compara con barras comerciales (20 – 40%). Presentó el 45% de lípidos con el 19% de aceites saturados y 81 % de insaturados, todos estos derivados de las nueces y semillas. Se cuantificaron minerales esenciales como: calcio, magnesio, potasio, sodio, cobre, hierro, manganeso y zinc. La velocidad de rancidez fue relativamente baja hasta alcanzar el valor máximo permisible de 10 meq/kg en peróxidos como valor de rancidez a los 9 días de almacenamiento a 40 °C.

Conclusiones: Las barras alimenticias a base de semillas y nueces tuvieron una alta aceptación en pruebas sensoriales de preferencia por público adulto. De acuerdo con estos resultados se presenta un alimento de alto contenido proteico, nutricionalmente completo y estable al almacenamiento.

Palabras clave: Alimentos; Nueces; Semillas; Análisis de los Alimentos; Valor Nutritivo; Calidad de los Alimentos; Comportamiento del Consumidor; Emociones; Almacenamiento de Alimentos; vida útil.

ABSTRACT

Introduction: The need for nutritious food has increased due to the requirement of a demanding public. Consumers today want appetizers that, in addition to satisfying their appetite, also provide essential nutrients. The objective of this work was the physical-chemical characterization of a food bar based on seeds from sunflower, sesame, chia and linseed, and nuts such as almond, cashew, pecan nut kernel, pistachio and whole cashew nut, and free of components of animal origin usually used in commercial food bars (cow's milk powder, ovalbumin and / or animal fats).

Material and methods: The methods for the proximate composition, the energy value, the shelf life and sensory evaluation and acceptance tests were performed according to the Association Official of Agricultural Chemists (AOAC) standard methods of analysis. All analyzes were performed by triplicate unless otherwise indicated. The results obtained were statistically analyzed with a 5% level of significance for each test.

Results: Its proximal composition was analyzed (27% protein, 7,5% crude fiber and 4,4% sugars). These values position this product among nutritious bars of high protein content with very low sugar content when compared with commercial bars (20 – 40%). He presented 45% of lipids with 19% of saturated oils and 81% of unsaturated oils, all derived from nuts and seeds. Essential minerals were quantified as: calcium, magnesium, potassium, sodium, copper, iron, manganese and zinc. The rancidity rate was relatively low until reaching the maximum value allowed (10 meq/kg as total peroxides) at 9 days of storage at 40 °C.

Conclusions: The food bars based on seeds and nuts had a high acceptance by sensory tests of preference for adult public. According to these results, a high-protein, nutritionally complete and storage-stable food is presented.

Keywords: Food; Nuts; Seeds; Food Analysis; Nutritive Value; Food Quality; Consumer Behavior; Emotions; Food Storage; shelf-life.

INTRODUCCIÓN

Las barras alimenticias surgen en el mercado hacia 1960, tras la popularización de barras diseñadas para los astronautas en sus viajes por el espacio exterior, estos productos para astronautas fueron la versión preliminar de las barras energéticas, diseñadas para cubrir los requerimientos energéticos¹. Las barras energéticas pueden ser altamente nutritivas debido a que son una buena fuente de energía, ricas en fibra, proteína, vitaminas, antioxidantes, etc., y se preparan usando múltiples ingredientes como cereales, frutas, nueces, pasas, azúcar, etc.¹ Son generalmente fortificadas usando una amplia variedad de proteínas como la soya o el trigo; fibras que incluyen salvado, avena, cebada; vitaminas, minerales, especias y otros nutrientes o ingredientes energéticos². Comercialmente existen diferentes tipos de barras: barras suplemento alimenticio, barras nutricionales para diabéticos, mujeres y niños, con alto contenido en proteína, alto contenido en fibra, ricas en vitaminas y minerales, barras con aditivos funcionales como probióticos³. Estos productos se han vuelto muy populares debido a los beneficios asociados con la salud. En encuestas hechas a los consumidores, se observa una tendencia a asociar a las barras como comida sana y de buen sabor, constituyéndose esto en una buena razón para su compra⁴. Interacciones físicas y químicas entre los ingredientes de la barra pueden ocurrir con el tiempo y afectar el sabor y la textura del producto. Mediciones de la actividad acuosa (*aw*) ayudan a predecir propiedades mecánicas, estabilidad y vida de anaquel⁵. Su textura está más relacionada con sus propiedades físicas y especialmente con las propiedades mecánicas. La mayoría de los alimentos procesados con características crujientes presentan una estructura porosa compuesta de agregados sólidos rodeados de aire⁶. Las propiedades mecánicas de estos agregados sólidos dependen de la composición y homogeneidad de los materiales y también de la cantidad y estructura de los poros. La no-uniformidad en la estructura interna de las barras crujientes resulta en un mecanismo muy complejo de fractura que involucra una deformación repetitiva de las subsecuentes capas que conforman la estructura. Esto genera un comportamiento mecánico irregular y una relación irreproducible de las fuerzas de deformación. Para mejorar las propiedades organolépticas y físicas de las barras suplementos, tales como sabor, aroma, apariencia y calidad nutricional existe la tendencia en la industria productora a incorporar mezclas de granos, semillas y/o combinación de concentrados de proteína de soya, suero de leche con salvado de cereales, avena y cebada⁷. Las nueces y semillas son fuentes ricas en lípidos y proteínas. Son ampliamente utilizadas por su contenido de aceites en mantequillas, barras alimenticias y también como alimento directo debido a sus características

organolépticas⁸. Del contenido de ácidos grasos comúnmente encontrados en semillas y nueces, el 70 – 80 % son ácidos grasos poliinsaturados, los cuales son componentes de la membrana plasmática y de una lipoproteína encontrada en las células cerebrales conocida como lecitina. Por lo tanto, las semillas y nueces son excelentes nutrientes para el crecimiento de niños y bocadillos saludables para adultos⁸. Debido a su alto contenido en vitaminas B y E, las nueces y semillas también presentan efectos de antienvjecimiento⁹. Cambios recientes en patrones de dietas y medidas para elevar la calidad de vida han sido asociados con incidencia en la obesidad, enfermedades cardiovasculares, diabetes, cáncer y otros tipos de enfermedades¹⁰. Estas enfermedades están relacionadas con los incrementos de los niveles de lípidos en plasma, trombosis, oxidación de lipoproteínas de baja densidad y con la formación de radicales libres. Estudios realizados en semillas y nueces han revelado que estos contienen polifenoles los cuales tienen efectos antioxidantes que previenen la aterosclerosis, hipertensión y enfermedades cardiovasculares. También han mostrado tener efectos anticarcinógenos, antiinflamatorios, anti mutagénicos, antivirales y antialérgicos¹¹. Estudios recientes presentados por la Asociación Americana del Corazón (AHA, por sus siglas en inglés) a partir de datos colectados a lo largo de 22 años afirman que dietas basadas en grasas monoinsaturadas a partir de plantas como las encontradas en aceites vegetales, aguacates, nueces y semillas están asociadas con riesgos bajos de mortalidad por enfermedades cardíacas y otras causas, esto si se compara con la ingesta de grasas monoinsaturadas provenientes de animales como las obtenidas de la carne, leche y huevos que están asociadas a riesgos más elevados de acuerdo a las investigaciones¹². El objetivo de este trabajo se basó en la caracterización físico-química de una barra alimenticia elaborada a base de semillas y nueces libre de componentes de origen animal, su aceptación como un producto de colación por una población seleccionada al azar de público atendiendo a un gimnasio de acondicionamiento físico y con alta actividad diaria y pruebas sensoriales efectuadas tanto instrumentalmente como por evaluadores semi entrenados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Análisis Nutricional

El material en estudio es una barra alimenticia, tipo agregado de semillas y nueces, de nueva creación que será lanzado al mercado como un producto alimenticio y orgánico sin componentes de origen animal. Los ingredientes de composición fueron: Mezcla de nueces (almendra entera 48 g, nuez de la india 30 g, corazón de nuez pecana 15 g, nuez pistache 12 g y nuez de castilla 4 g); Mezcla de semillas (semilla de calabaza 8 g, semilla de ajonjolí 8 g, chia 4 g y linaza 4 g), canela en polvo y coco tostado y molido 4 g. El espectro de semillas y nueces fue seleccionado por ser los tipos de nueces y semillas más consumidas y abundantes en el mundo. También se incorporan los ingredientes de linaza en polvo, mantequilla de almendra, goma xantana hidratada, extracto de vainilla, cocoa, edulcorante (97 % Eritritol, 3 % glucósido de esteviol). Un lote de 30 muestras de la formulación establecida como producto final por el fabricante se recibió en presentación individual con forma rectangular (11cm x 5cm x 1,5cm) con un peso promedio de 46 g por porción para los análisis físico-químicos, textura, color y de vida útil. La cantidad de muestra necesaria para los análisis próximo y físico-químico se obtuvo de la molienda y homogenización de las muestras individuales del producto. Para las pruebas de textura, color y vida útil se utilizó una barra individual del mismo lote por réplica en cada prueba.

Análisis Próximo

El análisis próximo incluyó contenido de humedad, contenido de fibra cruda, contenido de grasa y contenido de cenizas por métodos estandarizados de AOAC¹³. El contenido de proteína (% N x 6,25) fue determinado por el Método Hach¹⁴. El contenido de carbohidratos totales se estimó como la diferencia de la suma total de otros análisis¹⁵. El análisis próximo se realizó en triplicado y se compararon los resultados.

Valor Energético

El análisis de azúcares totales (monosacáridos libres y disacáridos) fue realizado por el método fenol – ácido sulfúrico¹⁶ y para los azúcares reductores (aldosas) se utilizó el método del ácido dinitrosalicílico (DNS)¹⁷. El valor energético se calculó en base a la composición proximal: porcentaje de proteínas, grasas y carbohidratos, utilizando los factores de Atwater (Proteínas: 4 kcal/g – Grasas: 9 kcal/g – Carbohidratos: 4 kcal/g)¹⁵.

Calidad de Lípidos

La materia grasa extraída de la cuantificación del contenido de lípidos se derivatizó a metil-ésteres (FAMES) por metilación con ácido clorhídrico metanólico 3M para la determinación del perfil de ácidos grasos¹⁸. Este análisis se realizó mediante cromatografía de gases en un Cromatógrafo Thermo Fisher Scientific Focus equipado con un detector de ionización de flama (FID) y con una columna capilar D-B23 para FAMES. El régimen de temperatura de la columna fue como sigue: Temperatura inicial de horno 80 °C (sostenida por 2 min) hasta alcanzar 240 °C a velocidad de 10°C/min (sostenida por 5 min). Las temperaturas del inyector y del detector fueron de 225 y 250 °C, respectivamente. Los FAMES se identificaron comparando sus tiempos de retención con los de la mezcla de estándares usada como estándar de calibración (FAME Mix GLC – 10, SUPELCO). Para el cálculo, los ácidos grasos se normalizaron hasta el 100%, considerando la composición (% en peso) de los datos de composición de ácidos grasos (% de área).

Determinación de Minerales

La determinación de minerales esenciales como sodio (Na), potasio (K), magnesio (Mg), calcio (Ca), hierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) y cobre (Cu) se realizó por el método Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA)¹⁹. Muestras de barra molida de 3 g fueron secadas en horno a temperatura de 105 °C por 12 h. Posteriormente las muestras se sometieron a mineralización combinada en mufla usando peróxido de hidrógeno como oxidante: las muestras fueron mineralizadas en seco a 450 °C por 12 h. A las cenizas resultantes se les agregaron 2 mL de peróxido de hidrógeno, se vaporizaron a sequedad bajo campana de extracción de vapores y re-calcinadas por 12 h a 450 °C, este procedimiento se repitió cuatro veces. Las cenizas blancas resultantes fueron disueltas en HNO₃ 1M para su análisis por EAA en un Equipo GBC, Avanta, usando lámparas multi-elementos de cátodo hueco de los metales a analizarse. Se construyeron curvas de calibración con soluciones estándares de cada elemento. Para evaluar las características analíticas del método para cada elemento, los límites de detección fueron calculados de acuerdo con las reglas IUPAC²⁰. La exactitud del método se confirmó agregando cantidades conocidas del analito a tres diferentes muestras y procesando las mezclas como se ha descrito.

Vida Útil de la Barra Alimenticia

Índice o Valor de peróxido

Para determinar el nivel de durabilidad del producto, se determinó el índice de peróxido por el método de la Norma Mexicana²¹ NMX-F-154. Las muestras fueron sometidas a las condiciones menos favorables de almacenamiento (Temperatura de 40 °C durante 15 días). El análisis consistió en disolver los lípidos de una muestra de 5 g en una solución de ácido acético glacial-isooctano (3:2 v/v). Posteriormente se adicionó un exceso de solución de ioduro de potasio, el cual reacciona con los peróxidos, que transforman los iones ioduro en iodo molecular. La mezcla es valorada con solución de tiosulfato de sodio estandarizada, usando como indicador solución de almidón. El índice de Peróxido se calculó como lo indica la ec. 1.

$$\text{índice de Peróxido} = \frac{(S-B)}{W} \times 1000 \quad \text{ec (1)}$$

Índice de peróxido = mEq de peróxido por kg de muestra

S = volumen de valorante gastado (mL) por muestra

B = volumen de valorante gastado (mL) por blanco

N = normalidad de solución valorante de $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (mEq/mL)

1000 = conversión de unidades (g/Kg)

W = peso de muestra (g)

Actividad del agua

La mínima actividad acuosa a la cual los microorganismos pueden crecer es 0,60 (actividad del agua por debajo de la cual las actividades fisiológicas necesarias para la división celular no se cumplen)²². La actividad acuosa se determinó usando un equipo AQUA LAB 4 TEV (Decagon Devices, USA). Las muestras fueron molidas para su medición en las copas del equipo y se consideró que alcanzaron el equilibrio cuando la actividad acuosa se mantuvo por 1 min.

Pruebas de Textura y Color de Barra Alimenticia

Medición de la Textura

El análisis de la textura es un excelente procedimiento instrumental, que ayuda a medir y a cuantificar parámetros tales como: dureza, gomosidad, elasticidad, cohesividad entre otros, que se relacionan a su vez con variables como la tasa de deformación aplicada y la composición del producto. El método instrumental usado en este trabajo fue la prueba de flexión de tres puntos, que es un método destructivo, que puede imitar el proceso de masticación, pero en el cual no hay relación con las sensaciones involucradas en la boca²³. El equipo usado para las pruebas de textura fue un Texturómetro AMETEK Brookfield CT3 – 1500 (Middleboro, MA, USA) con Probeta de Flexión de tres puntos y operado por Software TexturePro CT V1.2; provisto de una plataforma de aluminio, sobre la cual se colocaron las muestras. La velocidad del proceso fue determinada mediante ensayos previos y se fijó en 2 mm/s. Se determinó el cambio en la dureza del producto en un período de 30 días con mediciones al inicio y posteriormente cada 10 días cuando las barras permanecieron a temperatura ambiente (22 – 25 °C).

Medición del Color

Existen una variedad de sistemas que se han desarrollado para describir los colores, entre estos el más común en la búsqueda del control de calidad de los alimentos es el CIE Lab²⁴. En este sistema, el espacio del parámetro L^* es la brillantez y varía de negro ($L^* = 0$) a blanco ($L^* = 100$) y los parámetros de los colores complementarios a^* y b^* , con a^* representando al color verde cuando su valor es negativo y al color rojo cuando positivo y con b^* representando al color azul cuando su valor es negativo y amarillo cuando positivo. Ambos parámetros varían en el rango de $-60 \leq a^*, b^* \leq +60$. Para la medición del color se utilizó un espectrofotómetro HunterLab MiniScan EZ 4500 L (Hunter Associates Laboratory Inc., Reston, VA, USA). Las determinaciones se hicieron en ambas superficies de las barras (lados superior, inferior y laterales), un total de 3 réplicas por muestra.

Análisis Sensorial

El método de análisis sensorial utilizado en este trabajo fue la prueba de aceptación con escala hedónica. Esta es una prueba que mide la aceptación subjetiva y preferencia del producto por parte del consumidor. Este tipo de prueba consiste en dar muestras del producto a los catadores y cuestionarlos a través de encuesta acerca de sus observaciones de acuerdo con una escala

establecida. En la escala hedónica, el catador expresa su aceptación por el producto siguiendo una escala previamente establecida, la cual varía gradualmente con la intensidad de sus atributos²⁵. La población de catadores estuvo compuesta de un total de 75 participantes, todos ellos asistentes asiduos a gimnasios de condición física, con edades entre los 18 y 61 años, distribuidos como sigue: 48% menores de 25 años, 34% entre 25 y 35 años, 15% entre 36 y 45 años y el 3% fueron mayores de 45 años. Considerando el género, 47 % fueron hombres y 53% fueron mujeres. Los encuestados realizaron la evaluación respondiendo un cuestionario de acuerdo con los atributos a evaluar: aspecto, color, olor y sabor en una escala hedónica de nueve puntos en el nivel de aceptabilidad, donde 1 denota el valor mínimo (extremadamente desagradable) y 9 (extremadamente agradable). Los datos de las encuestas se trataron en software MINITAB 17 y Excel.

Análisis Estadístico

Las pruebas físico-químicas se realizaron por triplicado a menos que se indicara de otra manera. Los resultados obtenidos fueron estadísticamente analizados para el análisis de varianza (ANOVA) y la prueba de medias (Tukey) con un 5% de nivel de significancia para cada prueba.

RESULTADOS

Análisis próximo

La composición química proximal del producto se presenta en la Tabla 1. Como era de esperarse, la barra alimenticia presentó un bajo contenido de humedad (3,49 %); disminuyendo así la probabilidad de crecimiento microbiano, fermentaciones imprevistas, germinación prematura en semillas y muchos otros cambios bioquímicos indeseables normalmente asociados con la presencia de humedad.

Tabla 1. Análisis proximal de barra alimenticia a base de semillas y nueces.

Determinación	Método	% p/p	Norma
Humedad	Balanza de Humedad por IR	3,49 ± 0,06	NMX-F-428-1982
Cenizas	Calcinación	3,59 ± 0,74	NMX-F-066-S-1978
Grasas y Aceites	Extracción Soxhlet	46,96 ± 3,71	NMX-F-615-2004
Proteína	HACH	25,68 ± 0,40	Método HACH
Azúcares Totales	Fenol – H ₂ SO ₄	4,39 ± 0,07	Nielsen – 1998
Azúcares Reductores	Método DNS	2,11 ± 0,02	NMX-F-312-1978
Fibra Cruda	Método Weende	7,91 ± 0,60	NMX-F-090-S-1978
Carbohidratos	Empírico	12,37 ± 0,94	FAO

El contenido de cenizas 3,59%, es consistente con lo reportado por Venkatachalam y este valor tan elevado es indicativo del alto contenido mineral en semillas y nueces²⁶. Tanto el alto contenido proteico (25,68%) como el alto contenido de lípidos (46,96%) de la barra alimenticia se deben al contenido de mezclas de semillas (calabaza, girasol, ajonjolí, linaza, chía) y de nueces (almendra, nuez de la India, pistache, nuez de Castilla y nuez de Pecana) en la formulación de la barra²⁶. El contenido de azúcares totales y azúcares reductores (4,39% y 2,11%, respectivamente) es consistente con los valores reportados por la literatura de contenidos de azúcares en semillas y nueces los cuales se encuentran muy por debajo de los azúcares aportados por las barras elaboradas a base de cereales, 23,8%²⁷. El contenido de fibra cruda de la barra alimenticia de 7,91% (3,7 g por porción) se encuentra por debajo de la ingesta diaria recomendada por la FDA de 25 g basada en una dieta de 2000 calorías diarias²⁸, y donde una sola barra aportaría el 15% aproximadamente, de la fibra diaria requerida.

Valor energético y composición de ácidos grasos

La barra alimenticia presentó un buen aporte calórico, con un valor energético de 574,84 calorías por cada 100 g de muestra calculado por el método Atwater¹⁵. Los resultados obtenidos del perfil de ácidos grasos que componen los aceites extraídos de la barra alimenticia mostraron que los ácidos grasos más abundantes presentes fueron: Acido palmítico (C16:0), ácido esteárico (C18:0), ácido oleico (C18:1), ácido linoleico (C18:2) y ácido linolénico (C18:3) con valores de 14,6; 4,5; 58,0; 13,6 y 9,3% p/p respectivamente. Se observa una proporción de 19% de ácidos grasos saturados y 81 % de ácidos grasos insaturados. El contenido del ácido palmítico (C16:0) en el aceite extraído del alimento, debe su aportación a los ingredientes de semilla de calabaza y coco molido en la formulación. El contenido de ácido esteárico (C18:0) proviene principalmente de pistachos, semillas de girasol y de las almendras mientras que los ácidos grasos, oleico (C18:1), linoleico (C18:2) y linolénico (C18:3) son mayormente aportación de la nuez de nogal. Independientemente del tipo de semilla o nuez, el ácido oleico (C18:1) y el ácido linoleico (C18:2) son los contribuyentes predominantes al contenido de lípidos en semillas y nueces²⁶. Se hizo una estimación empírica del contenido de los ácidos grasos omega-6 y omega-3 en el producto. El método utilizado fue el Método de aportaciones basado en la aportación de los ácidos grasos de cada componente en la formulación y en base a las concentraciones de los omega-6 y omega-3 reportados en la literatura de las nueces y semillas utilizadas en la preparación de la barra²⁹. El resultado obtenido mostró un contenido de 5,8 g de omega-6 y 0,61 g de omega-3 por porción de barra alimenticia (aproximadamente 46 gramos/porción). La dosis diaria recomendada de

omega-3 es de 1,6 g y 1,1 g para hombres y mujeres respectivamente, y de omega-6 es de 17 g para hombres y 12 g para mujeres^{30,31}.

Elementos esenciales

Los minerales esenciales en la barra alimenticia se determinaron por Espectrofotometría de Absorción Atómica (EAA) de acuerdo con las condiciones de operación establecidas en el apartado de Materiales y Métodos. Los minerales actúan en el cuerpo humano como cofactores de las reacciones biológicas enzimáticas y mantienen en balance el pH corporal. También, los minerales facilitan la transferencia de nutrientes a través de la membrana celular, entre otras importantes funciones. Existen dos categorías de minerales esenciales para el cuerpo humano, macrominerales y microminerales³². La Tabla 2 muestra los resultados obtenidos del contenido de minerales esenciales determinados en la barra alimenticia caracterizada en este trabajo y los requerimientos diarios. De estos resultados se observa que una porción de la barra alimenticia aporta casi en su totalidad los microminerales de cobre, hierro, manganeso y zinc diarios recomendados. En cuanto a los macrominerales, solo en potasio y sodio se ve una deficiencia marcada.

Tabla 2. Valores de minerales esenciales determinados en barra alimenticia a base de semillas y nueces.

Macrominerales			Microminerales		
Nutriente	Barra nutritiva (mg/porción)	Valor diario* (mg/d)	Nutriente	Barra nutritiva (mg/porción)	Valor diario* (mg/d)
Calcio	304,00 ± 7,30	1000,00	Cobre	0,28 ± 0,01	0,90
Magnesio	110,00 ± 2,20	350,00	Hierro	10,80 ± 0,19	8,00
Potasio	46,00 ± 0,96	3,50	Manganeso	1,41 ± 0,03	2,00
Sodio	42,00 ± 0,90	2,40	Zinc	6,00 ± 0,12	8,00

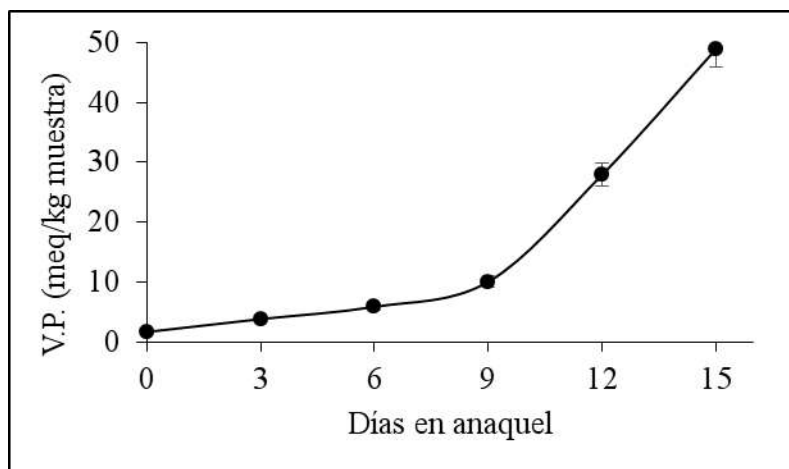
*Valores recomendados ≥ 19 años³³. Resultados promedio del análisis de 3 réplicas.

Vida Útil de la barra alimenticia a base de semillas y nueces

Velocidad de rancidez

La oxidación de las grasas y aceites contenidos en los alimentos es un importante indicador de la vida en anaquel de los alimentos. Los radicales libres de peróxido reaccionan con ácidos grasos insaturados para formar hidroperóxidos y radicales libres de alquilo (propagación). Estos productos no tienen olor ni sabor. La reacción continúa hasta que dos radicales inestables reaccionan entre sí (terminación)³⁴. El parámetro que se utilizó en este trabajo para medir el deterioro de la barra alimenticia a base de semillas y nueces fue el Valor de Peróxido (V.P.) el cual determina las concentraciones de los hidroperóxidos formados en la fase inicial del proceso de oxidación de las grasas y lípidos. La Figura 1 muestra los resultados obtenidos de la medición de V.P. en una simulación del proceso de oxidación bajo las condiciones menos favorables de almacenamiento del producto para determinar la vida de anaquel (15 días a 40°C, en oscuridad).

Figura 1. Perfil del valor de peróxido (V.P.) de barra almacenada a 40 °C, 15 días, n = 3.



Los cambios registrados en la medición del valor de peróxidos durante el almacenamiento de la barra muestran valores bajos de oxidación (10 meq/Kg de muestra) hasta los 9 días en anaquel bajo las condiciones establecidas. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, FAO (por sus siglas en inglés), establece un límite máximo permitido de 10 meq/Kg para el valor de peróxidos en alimentos³⁵. Este comportamiento retardado de oxidación en los primeros 9 días es muy probable se deba a la presencia de antioxidantes naturales presentes en las semillas y nueces como polifenoles, los cuales actúan como donadores de átomos de hidrógeno a los radicales libres formados durante la fase de iniciación del proceso de oxidación³⁶.

Actividad del agua (*a_w*)

La actividad acuosa se determinó en las mismas muestras de las barras alimenticias que fueron sometidas a período de 15 días de almacenamiento a 40 °C en la oscuridad y empacadas para la prueba de rancidez. Los resultados mostraron que durante el periodo de almacenamiento la actividad acuosa permaneció entre 0,37 y 0,50. En este rango de actividades acuosas, se considera que no es de esperar crecimiento microbiano. Una actividad acuosa de 0,6 es el punto crítico al cual pudiera haber crecimiento microbiológico si el contenido de humedad incrementara significativamente. Un incremento en la actividad acuosa por arriba de 0,8 incrementaría las posibilidades de crecimiento microbiano³⁷.

Pruebas de textura y color

Dureza de la barra

La determinación de dureza se realizó en un Texturómetro CT3 – 1500 V 3.0, Marca Brookfield, operando con el software TexturePro. Modo de operación: medición de fuerza por compresión, probeta de flexión de tres puntos TA – TPB con sonda TA7 y carga de celda de 1.500 g bajo las siguientes condiciones: velocidades de pre-prueba y prueba: 2 mm/s y 0,1 mm/s, respectivamente, distancia de 50%, 3 réplicas³⁸. Las dimensiones promedio de las barras de prueba fueron: longitud 110 mm, ancho 50 mm y espesor 10 mm. La Tabla 3 muestra los resultados obtenidos en la determinación de dureza de la barra alimenticia con respecto al tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente (22 °C – 25 °C) en anaquel. Se determinó que un rango de tiempo de 30 días de almacenamiento afectó la dureza de las barras.

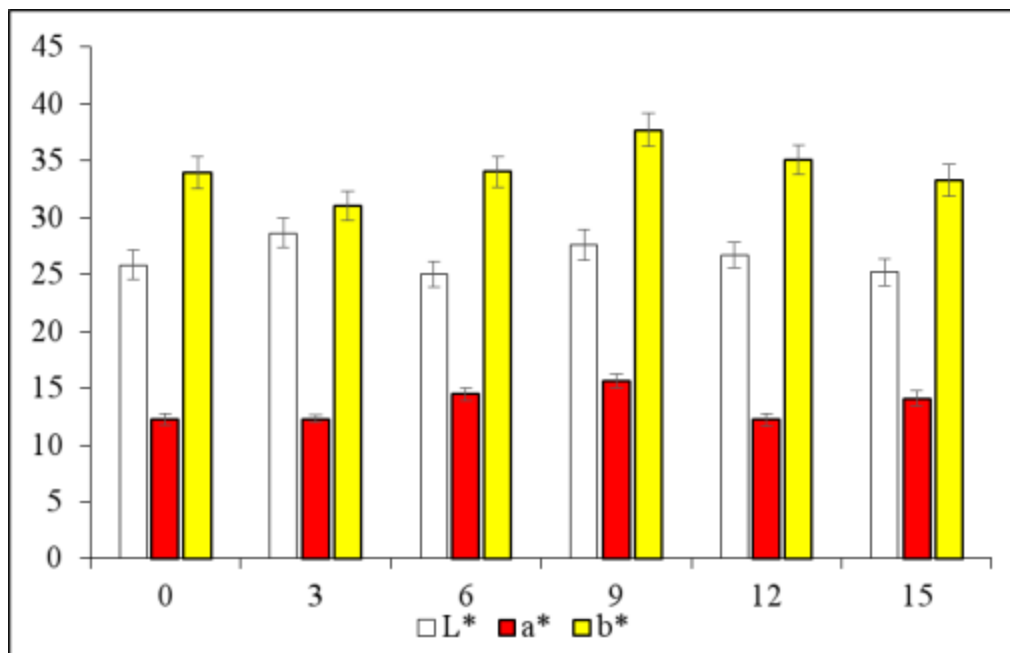
Tabla 3. Perfil de textura de la barra alimenticia en relación con el tiempo de almacenamiento a temperatura ambiente.

Parámetros	Días			
	0	10	20	30
Fracturabilidad (g)	229,20 ± 1,70	446,30 ± 2,10	859,60 ± 3,70	1530,20 ± 6,80
Deformación por dureza (mm)	3,05 ± 0,05	3,12 ± 0,07	3,28 ± 0,08	3,46 ± 0,10
Deformación por dureza (%)	2,80 ± 0,02	2,8 ± 0,02	3,0 ± 0,02	3,1 ± 0,02
Trabajo terminado (mJ)	11,34 ± 0,32	21,53 ± 0,91	40,01 ± 1,76	60,09 ± 2,09

Color

El color es un parámetro importante en barras nutritivas comerciales. Los resultados de las mediciones de color de la barra alimenticia en este trabajo para diferente tiempo de almacenamiento (hasta 15 días), en términos de los valores Hunter de L^* , a^* y b^* se presentan en la Figura 2. Del análisis de los resultados en las pruebas de color se observa que el producto presenta aspecto algo brillante y con una mayor tendencia hacia los tonos rojizos – amarillos. Para las muestras de barras almacenadas por 15 días a temperatura ambiente, el análisis de varianza (ANOVA) muestra valores $p > 0,05$ para las coordenadas de color L^* , a^* & b^* , por lo que se establece que no hay diferencia estadística marcada entre los valores de color medidos en las muestras, por lo tanto, el almacenamiento no presenta un efecto marcado en el color del producto.

Figura 2. Perfil de color en barras nutritivas en 15 días de almacenamiento.

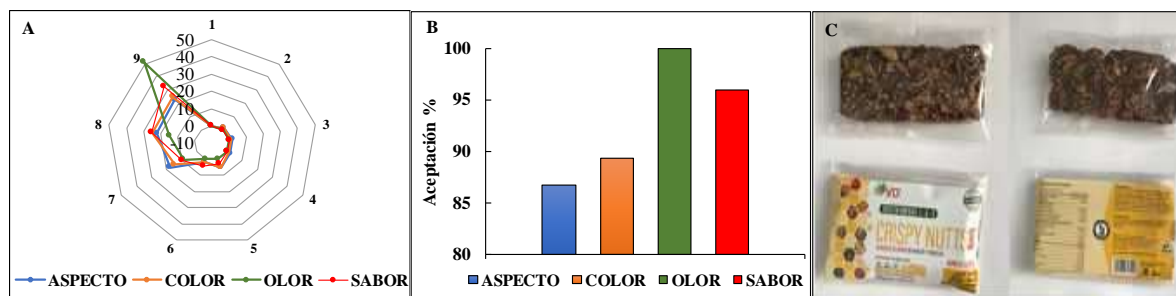


L* designa la brillantez de la muestra, 100 = blanco, 0 = negro; a* indica tonos rojizos cuando los valores son positivos y tonos verdes cuando los valores son negativos; b* indica tonos amarillos cuando los valores son positivos y azules cuando los valores son negativos. Los datos son expresados por las medias $n = 3 \pm$ la desviación estándar.

Pruebas sensoriales de aceptación

El análisis sensorial se realizó principalmente para relacionar la barra alimenticia a base de semillas y nueces con una alta aceptabilidad y contribuir con la información nutricional en el conocimiento del producto selecto. En este estudio se encontró que la presencia de nueces y semillas se percibió significativamente en el producto. El ANOVA se realizó para la prueba de aceptación del producto por una población asistente a gimnasios teniendo como efectos principales para producto y consumidor²⁵. Los análisis de datos se realizaron usando el software Minitab versión 16. La evaluación sensorial de aceptación del producto indicó que la barra alimenticia fue bien aceptada por los consumidores para todos los atributos evaluados (aspecto, color, olor y sabor). La Figura 3 A muestra el análisis de los resultados de la prueba sensorial realizada y se observa que los valores asignados por los consumidores (75) se inclinó hacia el rango de 6 a 9. En la escala hedónica el valor 6 corresponde a “me gusta ligeramente” y el valor hedónico 9 corresponde a “me gusta en extremo”.

Figura 3. Análisis de los resultados de la prueba sensorial.



(A) Evaluación de: Aspecto, Color, Olor y Sabor de la barra nutritiva por una población de 75 consumidores. Escala hedónica de 1 - 9, siendo 1 = Extremo desagradable y 9 = Extremo agradable. (B) Porcentajes de población de consumidores evaluando barra en rango de valores de escala hedónica 7 – 9 para los atributos de Aspecto, Color, Olor y Sabor que corresponde a “me gusta ligeramente - me gusta en extremo” contra su propio control; de acuerdo con el ANOVA ($p > 0,05$). (C) Presentación del producto sin etiquetado para su evaluación sensorial de aceptación y su presentación final de etiquetado para su lanzamiento al mercado.

Las variantes de los valores en los atributos del producto no cayeron en la categoría de extremo desagradable. Los porcentajes de aceptación de cada atributo por la población en el rango de valores de 7 a 9 de la escala hedónica para la barra alimenticia están representados en la Figura 3B. Este estudio mostró que el sabor y el olor se impusieron sobre el color y aspecto del producto.

DISCUSIÓN

El análisis químico proximal, destaca el alto contenido de proteína (26%), lo cual puede ser una alternativa como fuente de proteína en la elaboración de alimentos tipo colación a base de nueces y semillas. También el contenido en lípidos (47%) se encuentra entre los valores más altos del análisis químico, que por la formulación de la barra alimenticia tiene su origen en semillas y nueces con una alta aportación en ácidos grasos omega-3 y omega-6 (US. Department of Health & Human Services). Los ácidos grasos esenciales son los ácidos grasos comúnmente encontrados en nueces y semillas (70-80%), los cuales son componentes de la membrana plasmática y contienen una lipoproteína encontrada en células del cerebro conocida como lecitina³⁹. Los resultados de humedad 4%, carbohidratos 13%, fibra cruda 8% y cenizas 4% están dentro de lo reportado en otras fuentes bibliográficas con valores similares. La fibra cruda tiene varias propiedades funcionales como facilitar funciones alimenticias, procesos de reabsorción de compuestos no deseables como el colesterol, reducir tiempo de tránsito intestinal, aumenta la estabilidad de alimentos modificando su estructura, densidad y textura³. La barra energética mostró ser una buena fuente de calcio, magnesio, hierro, manganeso y zinc y sus valores fueron mayores o cercanos al valor diario recomendado³³. La actividad acuosa (aw) en este estudio fue adecuada (0,3-0,5) ya que se relaciona con la conservación de cualquier producto deshidratado o seco. La aw ayuda a predecir la estabilidad y vida útil de los alimentos, también a establecer cualidades nutricionales y organolépticas, así como otros puntos relacionados con la inocuidad y calidad de los alimentos³⁶. Ijabadeniyi y col.⁴⁰ mencionan que patógenos Gram negativo sobrevivieron en nueces y chocolates con aw tan bajas como 0,648. El valor de peróxido (VP) es una medida de la concentración de los productos primarios de la oxidación lipídica utilizado en la determinación de la velocidad de deterioro de alimentos con alto contenido en grasas y aceites. Los resultados aquí reportados del VP con respecto al tiempo de almacenamiento coinciden con otros estudios realizados a nueces y semillas⁴¹.

En las evaluaciones sensoriales, los atributos mejor calificados fueron el olor y el sabor y las menores preferencias se dieron para el color y apariencia. Los valores obtenidos de las evaluaciones sensoriales de aceptabilidad en barras fueron más altos que aquellos obtenidos por otros reportes de barras alimenticias⁴².

CONCLUSIONES

Los resultados del análisis próximo revelaron un producto alimenticio con alto contenido proteico (25%) y lipídico (46%) sin afectar negativamente el contenido de fibra cruda, minerales esenciales o sus atributos sensoriales. Las pruebas sensoriales demostraron su genuina aceptación entre una población demandante de alimentos nutricionales de rápida disponibilidad, fácil manejo y térmicamente estables. Este estudio indica que el producto analizado tiene las posibilidades de ser un alimento comercializable por su aporte nutrimental y sus atributos sensoriales.

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México por el recurso otorgado para la realización de este trabajo.

CONFLICTO DE INTERES

Los autores expresan que no existen conflictos de interés al redactar el manuscrito.

REFERENCIAS

- (1) Warren RM, Best Energy Bars: Crunchy, Chewy, Tasty... and Healthy, Too? [Internet]. CR Consumer Reports Organization. 2018 [cited 15 February 2019]. Available from: <https://www.consumerreports.org/snack-bars/best-energy-bars-review-crunchy-chewy-tasty-healthy/>
- (2) Narang P, The Truth about Energy Bars: Are they Really Good for You? [Internet]. NDTV FOOD. 2017 [cited 16 February 2019]. Available from: <https://food.ndtv.com/food-drinks/the-truth-about-energy-bars-are-they-really-good-for-you-1208551>
- (3) Kavitha B, Vijayalakshmi R, Poorna CR, Yalagala IM, & Sugasini D. Nutritional Evaluation and Cell Viability of Formulated Probiotic Millet Fruit Bar. *J Food Nutr Disor*, 2018; 7(2). DOI: 10.4172/2324-9323.100024H6
- (4) Weber J, Callaghan M. Optimizing ready-to-use therapeutic foods for protein quality, cost, and acceptability. *Food and nutrition bulletin*, 2016; 37(1_suppl): S37-S46.
- (5) Jakubczyk E, Marzec A, Lewicki PP. Relationship between water activity of crisp bread and its mechanical properties and structure. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 2008;58(1):45-51.
- (6) Luyten H, Plijter JJ, Van Vliet T. Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods: a literature review with discussion. *J. Texture Stud.* 2005; 35(5): 445-492.
- (7) Indrani D, Soumya C, Rajiv J, Rao G V. Multigrain bread—its dough rheology, microstructure, quality and nutritional characteristics. *J. Texture Stud.* 2010; 41(3): 302-319.
- (8) Venkatachalam M, Sathe SK. Chemical composition of selected edible nut seeds. *J. Agric Food chem.* 2006;54(13):4705-14.
- (9) McClees H, Raw Nuts and Seeds That Support Collagen Production in the Body [Internet]. One Green Planet-HEALTH. 2019 [cited 16 October 2019]. Available from: <https://www.onegreenplanet.org/natural-health/raw-nuts-and-seeds-that-support-collagen-production-in-the-body/>
- (10) Moon HK, Lee HJ, Park Y. Comparison of health status and dietary habits by percent body fat (PBF) change for adult women in the weight control program by the community health center. *Korean J Community Nutr.* 2007;12(4):477-488.
- (11) Pincemail J. Free radicals and antioxidants in human diseases. In *Analysis of free radicals in biological systems*. Switzerland, Birkhäuser Basel; 1995, p.83-98.

- (12) Ducharme J. Plant Fats are Healthier Than Animal Fats, Study Says [Internet]. Health-Diet/Nutrition-TIME. 2019 [cited 16 October 2019]. Available from: <https://time.com/5208817/plant-animal-fats/>
- (13) Association of Official Agricultural Chemists. AOAC. Vol 2. 18 th ed. Gaithersburg, MD., AOAC International. Vol 2. 18th ed. AOAC International print, 2005.
- (14) Rossi AM, Villarreal M, Juárez MD, Sammán NC. Nitrogen contents in food: A comparison between the Kjeldahl and Hach methods. *An. Asoc. Quím. Argent.* 2004; 92(4-6):99-108.
- (15) Maclean W, Harnly J, Chen J, Chevassus-Agnes S, Gilani G, Livesey G, Warwick P. Food energy—Methods of analysis and conversion factors. In Food and Agriculture Organization of the United Nations Technical Workshop Report, Rome, 2003 Vol. 77.
- (16) Nielsen SS. Food analysis. 4th ed. New York (USA): Springer Science; c2010. Chapter 10, Carbohydrate Analysis; p. 147-154.
- (17) Miller G L, Blum R, Glennon W E, Burton A L. Measurement of carboxymethylcellulase activity. *Anal. Biochem.* 1960;1(2):127-132.
- (18) Aldai N, Murray BE, Nájera AI, Troy DJ, Osoro K. Derivatization of fatty acids and its application for conjugated linoleic acid studies in ruminant meat lipids. *Journal of the Science of Food and Agriculture.* 2005;85(7): 1073-1083.
- (19) Winiarska-Mieczan A, Kwiecien M, Kwiatkowska K, Krusinski R. Breakfast cereal as a source of sodium, potassium, calcium and magnesium for school-age children. *J. Elem.* 2016;21(2):571-584.
- (20) Long GL, Winefordner JD. Limit of detection. A closer look at the IUPAC definition. *Anal. Chem.* 1983;55(7):712A-724A.
- (21) NMX-F-154-SCFI-2010. Alimentos - Aceites y Grasas Vegetales o Animales. Determinación del Valor de Peróxido – Método de Prueba. Foods – Vegetable or Animal Fats and Oils. Peroxide Value Determination. In: Normas Mexicanas. Dirección General de Normas, editor. México, DF.: Secretaría de Economía; 2011.
- (22) Beuchat LR, Komitopoulou E, Beckers H, Betts RP, Bourdichon F, Fanning S, et al. Low-water activity foods: increased concern as vehicles of foodborne pathogens. *JFP.* 2013; 76(1): 150-172.
- (23) Bland JM, Bett-Garber KL, Li CH, Brashear SS, Lea JM, Bechtel PJ. Comparison of sensory and instrumental methods for the analysis of texture of cooked individually quick frozen and fresh-frozen catfish fillets. *Food Sci. Nutr.* 2018; 6(6):1692-1705.

- (24) Pattee HE, Giesbrecht FG, Young CT. Comparison of peanut butter color determination by CIELAB L*, a*, b* and Hunter color-difference methods and the relationship of roasted peanut color to roasted peanut flavor response. *J. Agric. Food Chem.* 1991; 39(3):519-523.
- (25) Cordero-Bueso GA. *Análisis Sensorial de los Alimentos*. 1st ed. Madrid (España): AMV Ediciones. c2017. Chapter 4, Tipos de pruebas de análisis sensorial; p. 155-182.
- (26) Venkatachalam M, Sathe, SK. Chemical composition of selected edible nut seeds. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2006; 54(13): 4705-4714.
- (27) Zupanič N, Miklavec K, Kušar A, Žmitek K, Fidler Mis, N, Pravst I. Total and Free Sugar Content of Pre-Packaged Foods and Non-Alcoholic Beverages in Slovenia. *Nutrients*. 2018;10(2), E151.
- (28) United States. Food & Drug Administration. Department of Health and Human Services. Dietary Fiber [Document on the Internet]; 2018 [cited 12 October 2018]. Available from: https://www.accessdata.fda.gov/scripts/interactivenutritionfactslabel/factsheets/Dietary_Fiber.pdf
- (29) Drenjančević I, Kralik G, Kralik Z, Mihalj M, Stupin A, Novak S, Grčević M. The Effect of Dietary Intake of Omega-3 Polyunsaturated Fatty Acids on Cardiovascular Health: Revealing Potentials of Functional Food. In: Naofumi S, Viduranga W, eds. *Superfood and Functional Food*. InTech; 2017. p. 207-32.
- (30) United States. Department of Health & Human Services. National Institutes of Health. Omega-3 and Omega-6 Fatty Acids [Fact Sheet for Health Professionals]; 2018 [cited 12 October 2018]. Available from: <https://ods.od.nih.gov/factsheets/Omega3FattyAcids-HealthProfessional/>
- (31) Sheppard KW, Cheatham CL. Omega-6/omega-3 fatty acid intake of children and older adults in the US: Dietary intake in comparison to current dietary recommendations and the Healthy Eating Index. *Lipids in health and disease*. 2018 Dec;17(1):43.
- (32) Martínez-Ballesta MC, Dominguez-Perles R, Moreno DA, Muries B, Alcaraz-López C, Bastías E. Minerals in plant food: effect of agricultural practices and role in human health. A review. *AGRON SUSTAIN DEV*. 2010;30(2):295-309.
- (33) United States. Department of Health & Human Services. National Institutes of Health. Nutrient Recommendations: Dietary Reference Intake [Health Information]; 2018 [cited 12 October 2018]. Available from: https://ods.od.nih.gov/Health_Information/Dietary_Reference_Intakes.aspx

- (34) Vercellotti J R, St Angelo A J, Spanier A M. Lipid oxidation in foods: An overview. In: St Angelo AJ, ed. Lipid Oxidation in Food. Washington, D.C.: ACS Symposium Series-American Chemical Society; 1992. p. 1-11
- (35) Food and Agriculture Organization of the United Nations. World Health Organization. Codex Alimentarius: Codex Standard for Named Vegetable Oils CX-STAN 210-1999; 2017 [cited 12 October 2018]. Available from: https://mvo.nl/media/voedselveiligheid/codex_standard_named_vegetable_oils.pdf
- (36) Van der Merwe GH. Quality parameters for the prediction of mono- and polyunsaturated oil shelf-life. PhD. [Dissertation]. Pretoria: Faculty of Natural and Agricultural Sciences, Department of Food Science, University of Pretoria; 2003.
- (37) Troller JA, Christian JHB. Water activity and Food. 1st ed. New York; Academic Press, 1978. Chapter 5: Microbial Growth; p 86-102.
- (38) Limbardo RP, Santoso H, Witono JR. The effect of coconut oil and palm oil as substituted oils to cocoa butter on chocolate bar texture and melting point. In American Institute of Physics Conference Series 2017: AIP Publishing; 1840. p. 060001-1 – 060001-12. Available from: <https://doi.org/10.1063/1.4982281>
- (39) Molina-Peralta A, Mach N. Alimentos ricos en ácidos grasos ω -3 libres de contaminantes y aptos para vegetarianos, y su importancia en el desarrollo neurológico normal. Rev Esp Nutr Hum Diet. 2014;18(2): 89-99.
- (40) Ijabadeniyi OA, Pillay Y. Microbial Safety of Low Water Activity Foods: Study of Simulated and Durban Household Samples, J. Food Qual. 2017 [cited 2018 Dec 20]; 2017: Article ID 4931521, 7 pages. Available from: <https://www.hindawi.com/journals/jfq/2017/4931521/cta/>
- (41) Mozingo RW, O'keefe SF, Sanders TH, Hendrix KW. Improving shelf life of roasted and salted inshell peanuts using high oleic fatty acid chemistry, Peanut Sci. 2004;31(1):40-45.
- (42) da Silva EP, Siqueira HH, Damiani C, Vilas Boas EV. Physicochemical and sensory characteristics of snack bars added of jerivá flour (*Syagrus romanzoffiana*), Food Sci. Technol. 2016;36(3):421-425.