

Energy bars based on quinoa, kiwicha and chia: Textural, acoustic and sensory characteristics

Mario Sergio Espinoza Aguilar, B.Sc.¹, Alberto Claudio Miano, Ph.D.², Jesús Obregón, M.Sc.³,
Gabriela Barraza-Jáuregui, M.Sc.¹, Raúl Siche, Ph.D.¹

¹ Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, gbarraza@unitru.edu.pe

² Dirección de investigación y Desarrollo, Universidad Privada del Norte, Perú, alberto.miano@upn.edu.pe

³Data Engineering, gerencia@dataengineeringperu.com

*Abstract– The aim of this study was to evaluate the physical, textural and general acceptability characteristics of energy bars made with quinoa grains (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and chia seeds (*Salvia hispanica* L.). To obtain the combinations of the treatments, a simplex with expanded centroid mixture design was used, considering as components: quinoa (Q: 70 - 80%), kiwicha (K: 10 - 20%) and chia (C: 10 - 20%). The statistical analysis reported that the proportion of Q:K:C significantly affected the hardness, fracturability, chewiness, cohesivity values, the value of the sound peaks generated at the time of the cut, as well as the sensorial texture and general acceptability of the bars. The treatment Q: 70%, K: 10%, C: 20%, obtained the highest values of hardness, fracturability and chewiness while the treatment Q: 80%, K: 10%, C: 10% presented lowest values. The treatment Q: 72%, K: 12%, C: 17% had higher sensory texture value and general acceptability, with average values between 6 and 7 on the hedonic scale from 1 to 9, which indicate "I liked it slightly" and "liked moderately", respectively.*

Keywords-- bars, texture profile, sound peaks, mix design, quinoa.

Digital Object Identifier (DOI):
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.377>
ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

Barras energéticas a base de quinua, kiwicha y chía: Características texturales, acústicas y sensoriales

Energy bars based on quinoa, kiwicha and chia: Textural, acoustic and sensory characteristics

Mario Sergio Espinoza Aguilar, B.Sc.¹, Alberto Claudio Miano, Ph.D.², Jesús Obregón, M.Sc.³,
Gabriela Barraza-Jáuregui, M.Sc.¹, Raúl Siche, Ph.D.¹

¹ Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, gbarraza@unitru.edu.pe

² Dirección de investigación y Desarrollo, Universidad Privada del Norte, Perú, alberto.miano@upn.edu.pe

³ Data Engineering, gerencia@dataengineeringperu.com

Resumen– El presente estudio tuvo por finalidad evaluar las características físicas, texturales y aceptabilidad general de barras energéticas elaboradas con granos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y semillas de chía (*Salvia hispanica* L.). Para obtener las combinaciones de los tratamientos se utilizó un diseño de mezclas, con restricciones, simplex con centroide ampliado, con los componentes: quinua (Q: 70 - 80%), kiwicha (K: 10 - 20%) y chía (C: 10 - 20%). El análisis estadístico reportó que, la proporción de Q:K:C, afectaron significativamente los valores de dureza, fracturabilidad, masticabilidad y cohesividad, el valor de los picos sonoros generados al momento del corte, así como la textura sensorial y aceptabilidad general de las barras energéticas. El tratamiento T3 (Q: 70%, K: 10%, C: 20%) obtuvo mayores de dureza, fracturabilidad y masticabilidad mientras que el tratamiento T1 (Q: 80%, K: 10%, C: 10%) presentó los menores valores. El tratamiento T10 (Q:72%, K:12%, C:17%) presentó mayor valor de textura sensorial y aceptabilidad general, con valores promedio entre 6 y 7 en la escala hedónica de 1 a 9, que indican “me gustó ligeramente” y “me gustó moderadamente” respectivamente.

Palabras clave– barras, perfil de textura, picos sonoros, diseño de mezclas, quinua.

Abstract– The aim of this study was to evaluate the physical, textural and general acceptability characteristics of energy bars made with quinoa grains (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) and chia seeds (*Salvia hispanica* L.). To obtain the combinations of the treatments, a simplex with expanded centroid mixture design was used, considering as components: quinoa (Q: 70 - 80%), kiwicha (K: 10 - 20%) and chia (C: 10 - 20%). The statistical analysis reported that the proportion of Q:K:C significantly affected the hardness, fracturability, chewiness, cohesivity values, the value of the sound peaks generated at the time of the cut, as well as the sensorial texture and general acceptability of the bars. The treatment Q: 70%, K: 10%, C: 20%, obtained the highest values of hardness, fracturability and chewiness while the treatment Q: 80%, K: 10%, C: 10% presented lowest values. The treatment Q: 72%, K: 12%, C: 17% had higher sensory texture value and general acceptability, with average values between 6 and 7 on the hedonic scale from 1 to 9, which indicate “I liked it slightly” and “liked moderately”, respectively.

Keywords– bars, texture profile, sound peaks, mix design, quinoa.

I. INTRODUCCIÓN

Las barras de cereal han ganado aceptación entre los consumidores debido a que son una fuente alternativa de obtención de energía y constituyen un perfil nutricional equilibrado [1] y se definen como productos procesados, obtenidos a partir de la mezcla y aglutinación de un conjunto de cereales básicos, cultivos autóctonos como la quinua y la kiwicha, frutos secos y las semillas como la chía [2].

La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd) es un pseudocereal oriundo de los Andes, donde se ha cultivado desde hace miles de años y ahora juega un papel cada vez más importante en la dieta humana [3]. Argentina, Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador y Perú figuran entre los países que cultivan esta planta [4, 5]. Contiene proteína de alto valor biológico, proporciona todos aminoácidos esenciales y es fácilmente asimilada por el cuerpo humano [6]. Es considerada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como un alimento ideal por su composición nutricional superior a la mayoría de los cereales que se utilizan en los alimentos. Contiene una cantidad considerable de fibra y minerales, tales como calcio y hierro. También es rica en antioxidantes como los polifenoles [7-9].

La kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.), también llamada amaranto, es un pseudocereal y un grano antiguo perteneciente a la clase de las dicotiledóneas de la familia *Amaranthaceae* y que crece en las regiones de mayor altitud del norte de Bolivia, Perú y Ecuador. El amaranto ha ganado popularidad debido a su excelencia nutricional [9] y ha sido probado y reconocido por muchas autoridades como un alimento libre de gluten apto para incorporarse en la dieta para los pacientes con enfermedad celíaca [8, 10]. Los granos de amaranto exhiben actividad antioxidante que se ha atribuido a su contenido de polifenoles, antocianinas, flavonoides, y tocoferoles [11].

La chía (*Salvia hispanica* L.) es una planta herbácea que pertenece a la familia Lamiaceae nativa del sur de México y el norte de Guatemala [12]. Está disponible para el consumo humano como semillas enteras, harina y aceite en los mercados de América, Australia, Europa y el sudeste asiático [13]. La chía puede ser considerada como un “alimento funcional”, porque además de contribuir a la nutrición humana, ayuda a aumentar

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2020.1.1.377>

ISBN: 978-958-52071-4-1 ISSN: 2414-6390

el índice de saciedad, previene enfermedades cardiovasculares, trastornos inflamatorios y del sistema nervioso, diabetes, entre otros [14]. Ha sido catalogada como un nuevo ingrediente que, aplicado a productos alimenticios podría mejorar sus propiedades texturales y nutricionales [15].

La textura es uno de los atributos de calidad más importantes de un producto alimenticio experimentado por los consumidores. A menudo se describe por las características sensoriales que describen la preferencia (crocantez, crujencia, jugosidad) que siempre están asociados con la frescura, buena calidad, así como características que describen el desagrado, disgusto o no preferencia (dureza, turbidez, viscosidad) que se asocian con mala calidad y es una propiedad sensorial compleja, percibida a través de una combinación de sensaciones visuales, cinestésicas, táctiles y auditivas [16].

Métodos instrumentales, como el análisis de perfil de textura (TPA) se han desarrollado para medir las propiedades texturales de muchos productos alimenticios, incluyendo queso [17], mariscos [18], galletas [19], pan [20] y barras de cereal [21]; y se han tratado de relacionar dichos resultados con datos sensoriales. La prueba de comprensión doble TPA, se ha utilizado como un “estándar” para la evaluación de las características texturales de alimentos sólidos. Esta prueba intenta imitar la masticación y los parámetros derivados (por ejemplo, dureza, cohesividad, elasticidad) parecen ser relevantes para la comparación con los atributos de textura evaluados durante la masticación [21].

Por otro lado, las propiedades acústicas, son un fenómeno de generación de ondas acústicas dentro de un material como resultado de la desintegración interna causada por la carga mecánica. El material deformado puede ser una fuente de señales de emisión acústica que se propagan a través del material al sensor. Esta señal contiene información sobre la microestructura y las propiedades de textura del producto. Tradicionalmente, la medición acústica de los alimentos se puede hacer durante la trituración de productos y la grabación de sonido con la aplicación de un micrófono [22].

La emisión acústica generada durante la deformación de los productos a base de cereales constituye un factor significativo de características descritas como crujiente y crocante; y se ha demostrado que los sonidos producidos durante la desintegración del alimento desempeñan un papel importante en la percepción de la textura de los materiales alimenticios [23]. A veces estos sonidos describen la calidad general de un producto alimenticio mejor que cualquier otra característica sensorial [24]. En los últimos años, se han aplicado métodos de contacto de medición de emisiones acústicas para la evaluación de la textura de pan extruido [25, 26] y cereales de desayuno [27]. La aplicación de pruebas mecánicas, así como la medición acústica, pueden proporcionar mejores características de los atributos de textura que el uso de estos métodos por separado [28].

Existen estudios y desarrollos de barras energéticas [29-32], pero no está reportado uno basado en quinua, kiwicha y chíá. Además, no se ha investigado en uso de técnicas no

destructivas en el control de calidad de barras energéticas. Así, el objetivo de esta investigación fue evaluar las características físicas, texturales y aceptabilidad general de barras energéticas elaboradas con granos de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y semillas de chíá (*Salvia hispanica* L.)

II. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Materia prima

Se utilizaron granos de quinua blanca comercial (*Chenopodium quinoa* Willd) perlada (libre de saponina), kiwicha (*Amaranthus caudatus* L.) y semillas de chíá (*Salvia hispanica* L.) adquiridas a la empresa Procesadora Andina del Perú (PROANPE SAC.), provenientes de Ayacucho y Arequipa. Así también miel de caña comercial, obtenida de un mercado de la localidad de Trujillo.

B. Elaboración de las barras energéticas

Granos de quinua y kiwicha, popeados (reventados), a través de un calentamiento a 90 °C en una olla de acero inoxidable, durante 15 segundos [33, 34], semillas de chíá y miel de caña a 78% de sólidos solubles, fueron pesados de acuerdo a las cantidades pre-establecidas en el diseño experimental (Tabla 1), manteniendo las proporciones de mezcla seca (granos de quinua, kiwicha y semillas de chíá) y miel de caña en 60:40 respectivamente [35].

La miel de caña calentada a 99 °C [36] fue mezclada con los granos de quinua y kiwicha popeados y semillas de chíá en recipientes de acero inoxidable hasta formar una masa homogénea. La mezcla final fue acondicionada en bandejas rectangulares de 1 cm de espesor, 1 m de largo y 1.5 m de ancho, de acero inoxidable y distribuido uniformemente. Luego del moldeado y con ayuda de un rodillo, la masa fue prensada uniformemente dentro de los moldes para posteriormente ser enfriada hasta 25 °C.

Después del enfriamiento, las barras fueron cortadas en dimensiones de 9 cm de largo, 3 cm de ancho y 1 cm de espesor, obteniéndose alrededor de 50 barras para cada formulación. Las barras obtenidas fueron empacadas con bolsas de polietileno de 50 µm de espesor, codificadas con 3 dígitos aleatorios y selladas con la ayuda de una selladora industrial. Posteriormente, las barras energéticas fueron almacenadas a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C) y bajo sombra por un día hasta ser destinadas a los análisis consecutivos de características texturales, acústicas y sensoriales.

C. Análisis de perfil de textura

El análisis del perfil de textura (TPA) de las barras energéticas se realizó haciendo uso de un analizador de textura (TA HD plus, Stable Micro Systems, Surrey, UK) y el software Exponent (Stable Micro Systems, Surrey, UK).

Las muestras (5 repeticiones por cada tratamiento) fueron cortadas en cuadrados de 20 x 20 mm retirando las costras y residuos laterales y finales, colocadas sobre la placa base y comprimidas dos veces hasta el 50% de su espesor original

(50% de deformación) mediante una placa de compresión de aluminio de 75 mm de diámetro y una celda con carga máxima de 50 kg, bajo las siguientes condiciones: velocidad antes de la prueba, 2.0 mm/s; velocidad de ensayo, 0.5 mm/s; velocidad posterior a la prueba, 0.5 mm/s; inicio de la compresión automática y fuerza de disparo de 18.0 g [21].

D. Análisis de propiedades acústicas

Los picos sonoros (dB) fueron analizadas midiendo la señal acústica generada durante el ensayo de corte en el analizador de textura, utilizando la sonda Warner Bratzler de 12x7 cm (HDP/BS), con carga máxima de 50 kg hasta la ruptura de la muestra, actuando como una guillotina. Los parámetros utilizados en este ensayo fueron: velocidad antes de la prueba, 1.0 mm/s; velocidad de ensayo, 0.5 mm/s; velocidad posterior a la prueba, 1.0 mm/s; con distancia de penetración de 10 mm/s y fuerza de disparo de 15,0 g [37-39].

El sonido emitido por las muestras evaluadas se registró mediante un micrófono digital (sensor de sonido) (SLM-BTA, Vernier, USA) con un rango de medida de 35-130 dB (± 0.1 dB) y 31.5-8000 Hz. La captación de los picos sonoros se realizó posicionando el micrófono a 3 cm de distancia a la muestra; acoplado a una interface Labpro® para la adquisición de datos y el software Logger Pro® para PC. El ángulo entre la sonda del analizador de textura y el micrófono se ajustó a 45°.

E. Análisis sensorial

La prueba sensorial se realizó en el Laboratorio de Análisis Sensorial del Departamento de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Nacional de Trujillo; donde un grupo de 50 panelistas no entrenados voluntarios y habituales consumidores de cereales en barra participaron en la evaluación sensorial. Fueron evaluados atributos sensoriales tales como el olor, color, sabor, textura y aceptabilidad general de las barras energéticas utilizando una escala hedónica de 9 puntos (1 = “no me gusta extremadamente”; 9 = “me gusta extremadamente”). Cada muestra fue presentada en platos blancos de plástico, codificados con tres dígitos de forma aleatoria, balanceada y monádica. La prueba se llevó a cabo bajo condiciones controladas, en cabinas individuales bajo luz blanca, disponiendo de agua mineral para todos los panelistas para enjuagar el paladar entre una muestra y otra [40, 41].

F. Análisis Estadístico

Para obtener las combinaciones de los tratamientos se utilizó un diseño de mezclas, con restricciones, simplex con centroide ampliado, con los componentes: quinua (70 - 80%), kiwicha (10 - 20%) y chíá (10 - 20%) (Tabla 1). Para el procesamiento estadístico de los tratamientos se utilizó un análisis de varianza (ANVA) y a continuación, la prueba de comparaciones múltiples de Tukey, para comparar los resultados mediante la formación de subgrupos. Se utilizó un nivel de confianza del 95%. Los datos fueron procesados con el software R 3.6.1. con el package "agricolae".

TABLA 1
PROPORCIÓN DE INGREDIENTES EN MUESTRAS DE BARRAS ENERGÉTICAS

Tratamientos	Valores codificados			Valores No codificados (Proporción de ingredientes)		
	X ₁	X ₂	X ₃	Quinua (%)	Kiwicha (%)	Chía (%)
1	1.000	0.000	0.000	80.0	10.0	10.0
2	0.000	1.000	0.000	70.0	20.0	10.0
3	0.000	0.000	1.000	70.0	10.0	20.0
4	0.500	0.500	0.000	75.0	15.0	10.0
5	0.500	0.000	0.500	75.0	10.0	15.0
6	0.000	0.500	0.500	70.0	15.0	15.0
7	0.333	0.333	0.333	73.3	13.4	13.3
8	0.667	0.167	0.167	76.7	11.6	11.7
9	0.167	0.667	0.167	71.7	16.6	11.7
10	0.167	0.167	0.667	71.7	11.6	16.7

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Perfil de textura

En el análisis del perfil de textura (TPA) (dureza, fracturabilidad, masticabilidad y cohesividad) de barras energéticas formuladas con diez proporciones de granos de quinua, kiwicha y semillas de chíá se observa diferencia significativa entre los tratamientos (Figuras 1, 2, 3 y 4, respectivamente). Esta diferencia pudo deberse a la diversidad de estructuras presente en los tratamientos y las combinaciones entre las mismas [39].

El TPA se presenta como curvas que monitorean y registran los eventos característicos espaciales o temporales de las muestras durante las mediciones de textura de los alimentos y establece un "puente" de medida objetiva a la sensación subjetiva y hace que las características de textura de alimentos sean más predecibles. Obteniendo estas curvas podemos obtener una simulación del esfuerzo de la mandíbula al morder, dando a conocer el comportamiento del alimento con respecto a la fuerza aplicada [42].

La dureza de las barras energéticas (Figura 1) varió entre 64605.21 ± 1432.73 g y 136949.88 ± 1591.56 g, la fracturabilidad (Figura 2) entre 56014.94 ± 1442.11 g y 95892.21 ± 1902.38 g y la masticabilidad (Figura 3) entre 12967.13 ± 180.68 g.mm y 2930.84 ± 60.04 g.mm.

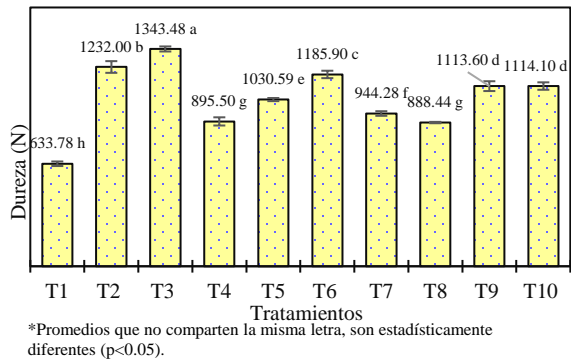


Fig 1. Valores de dureza para muestras de barras energéticas.

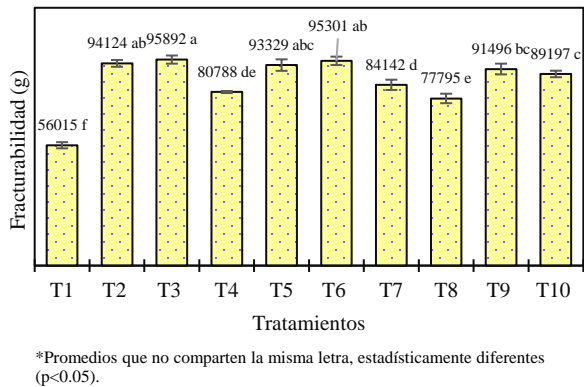


Fig 2. Valores de fracturabilidad para muestras de barras energéticas.

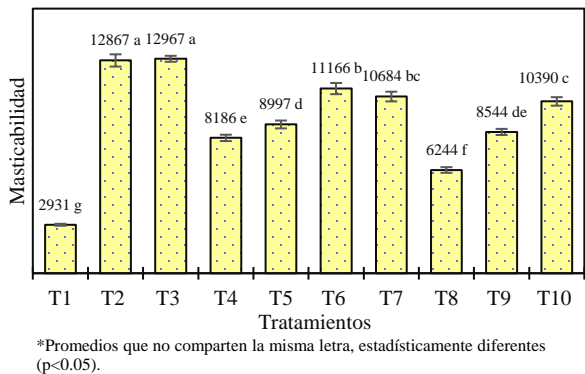


Fig 3. Valores de masticabilidad para muestras de barras energéticas.

Se observó que, el tratamiento T3 (Q: 70%, K: 10%, C: 20%) obtuvo los mayores de dureza, fracturabilidad y masticabilidad mientras que el tratamiento T1 (Q: 80%, K: 10%, C: 10%) presentó los menores valores. Se encontró que, a menor proporción de granos de quinua en la mezcla, mayores valores de dureza, fracturabilidad y masticabilidad en la barra energética, posiblemente debido a que, los granos de kiwicha y semillas de chíá evidenciaron mayor absorción de miel de caña (aglutinante) que los granos de quinua, dejando la barra energética más compacta y seca, proporcionando mayor unión

de todos los ingredientes [39], requiriéndose mayor fuerza para romper, fracturar [43] o desmoronar [44] la barra.

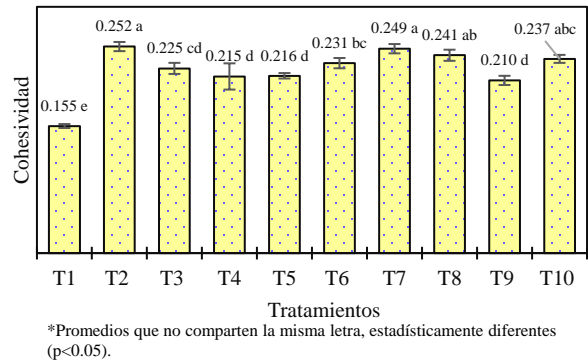


Fig 4. Valores de cohesividad para muestras de barras energéticas.

Los valores de dureza fueron menores los reportados para barras de fruta comerciales, (6927.58- 7035.29 N) [45], para barras de cereal con 10% de fibra de maíz (2187.18 N) [46] y para barras a base de harina de frutos de marolo y jerivá (1458.40 N) [47]; pero mayores a los reportados para barras elaboradas con soya y trigo (75.95 y 314.96 N) [48], para barras de cereal de quinua en granos (5.94 N) y barras de cereal con harina de quinua con la adición de hojuelas de arroz, castaña y ciruelas (9.64 N) [39].

Los valores de masticabilidad, que representa el trabajo necesario para desintegrar el alimento hasta que esté listo para ser deglutido [44], fueron mayores a los reportados para barras de cereal a base de fibra de maíz (1274.64 - 5017.00 g) [46] y para barras funcionales a base de cereales y frutas (134.44 - 6735.82) [45].

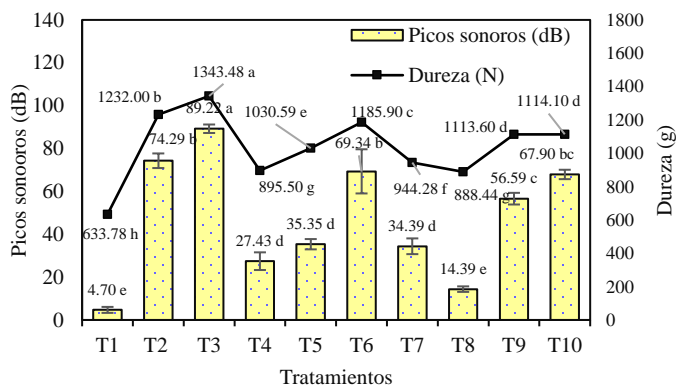
La cohesividad, que representa la fuerza con la que están unidas las partículas, es decir, el límite hasta el cual se puede deformar antes de romperse [44], o la fuerza de los enlaces internos que mantiene la estructura de una muestra [43], varió entre 0.15 ± 0.00 y 0.25 ± 0.01 para los tratamientos T1 (Q: 80%, K: 10%, C: 10%) y T2 (Q: 70%, K: 20%, C: 10%), respectivamente. Estos valores fueron similares a los reportados para barras con adición de fibra de maíz (0.1 - 0.3) [46], pero inferiores a los encontrados para barras funcionales a base de cereales y fruta (0.105 a 0.956) [45].

B. Análisis de propiedades acústicas

La señal acústica (dB) registrada durante la prueba de corte utilizando el analizador de textura y el micrófono acoplado para cada una de las barras energéticas se muestran en la Figura 5, observándose diferencia significativa entre los tratamientos.

Se muestra que el pico sonoro más bajo fue registrado para el tratamiento T1 (Q: 80%, K: 10%, C: 10%), mientras que el más alto lo registró el tratamiento T3 (Q: 70%, K: 10%, C: 20%), con 4.70 ± 1.40 y 89.22 ± 2.04 dB respectivamente; de igual modo se observa que estos dos tratamientos son los que obtuvieron la dureza más baja (T1) y más alta (T3) con 633.78 ± 32.21 y 1343.48 ± 299.86 N respectivamente.

Valores similares fueron reportados para cereales co-extruidos con diferentes rellenos (caramelo, leche, coco y chocolate, etc.) en un rango entre 66.5 y 82.4 dB en picos sonoros [37]. De igual modo, se han utilizado los picos sonoros medios, así como el número de picos sonoros para describir las propiedades acústicas de extruidos a base de centeno. Los autores también observaron que, a mayor valor del pico sonoro, el producto era el más crujiente, encontrando un rango menor al hallado en el presente estudio, entre 49.22 y 53.23 dB[49].



*Promedios que no comparten la misma letra, estadísticamente diferentes (p<0.05).

Fig 5. Señal acústica (dB) registrada durante la prueba de corte utilizando el analizador de textura y el micrófono acoplado vs dureza para barras energéticas.

Cuando una fuerza se aplica a un objeto crujiente, su estructura se tensa hasta que alcanza un punto crítico: la acción de una fuerza externa provoca la ruptura de las paredes frágiles de la estructura celular que comienzan a vibrar. La vibración se transmite por el aire como ondas acústicas, lo que genera el sonido [15].

Los picos sonoros promovidos por la aplicación de la fuerza sobre las barras energéticas, se midieron en paralelo a la prueba de corte. Es debido a esta fuerza, que se liberan las paredes celulares del producto y se libera energía. Es esta energía que se mueve a través del aire la que se puede detectar y grabar [50].

Los resultados de las pruebas mecánicas y acústicas pueden indicar que mientras más duras fueron las muestras de barras energéticas, mayor fue el pico sonoro emitido en la compresión.

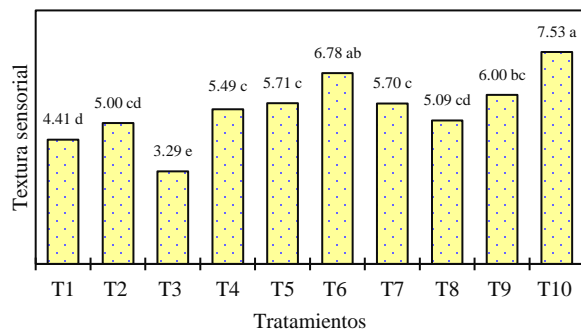
C. Análisis sensorial

En las Figuras 6 y 7 se muestran los valores medios de textura sensorial y aceptabilidad general para muestras de barras energéticas, evaluadas por 50 jueces, observándose diferencia significativa entre los tratamientos.

Tal como se observa, el tratamiento T10 (Q:72%, K:12%, C:17%) presentó mayor valor de textura sensorial y aceptabilidad general, con valores promedio entre 6 y 7 en la escala hedónica de 1 a 9, que indican “me gustó ligeramente” y “me gustó moderadamente” respectivamente. Las pruebas de aceptación, también denominadas subjetivas o afectivas, miden

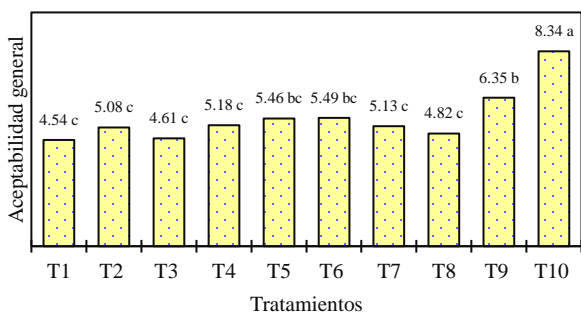
lo mucho que una población disfrutó de un producto, evaluando preferencia o aceptabilidad. Entre estas pruebas, la escala hedónica de nueve puntos es la más ampliamente utilizada para estudios de aceptación con adultos [51].

Para los atributos olor, color y sabor no se observó diferencia significativa entre los tratamientos, recibiendo puntuaciones entre 6.02 y 6.78, correspondiente a “me gustó ligeramente” y “me gustó moderadamente”.



*Promedios que no comparten la misma letra, estadísticamente diferentes (p<0.05).

Fig 6. Valores medios de textura sensorial para muestras de barras energéticas.



*Promedios que no comparten la misma letra, estadísticamente diferentes (p<0.05).

Fig 7. Valores de medios de aceptabilidad general para muestras de barras energéticas.

Las pruebas sensoriales son importantes para el desarrollo de nuevos productos, así como para realizar un control de calidad de los alimentos procesados. Resultados similares han sido reportados para barras de cereal de quinua en granos y barras de cereal con harina de quinua con la adición de hojuelas de arroz, castaña y ciruelas, presentando buena aceptación de parte de los consumidores, con puntuación de 9 en la escala hedónica [39].

IV. CONCLUSIÓN

Las barras energéticas presentaron diferencias significativas en los valores de dureza, fracturabilidad, masticabilidad y cohesividad, valor de los picos sonoros generados al momento del corte, así como la textura sensorial y aceptabilidad general. Mayor proporción de quinua en la mezcla disminuyó los valores de dureza, fracturabilidad y masticabilidad de las barras, así como el valor de los picos

sonoros generados al momento del corte, los cuales variaron en función a la dureza de las barras. Por tal motivo, la emisión acústica generada durante el corte, puede como considerarse como una prueba adicional de control de calidad en la percepción de la textura de materiales alimenticios.

Una barra energética desarrollada con 72% de quinua, 12% de kiwicha y 17% de chía presentó mejores características sensoriales con valor de dureza de 1114.10 N y 67.90 dB de pico sonoro.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Universidad Nacional de Trujillo (Perú) por el financiamiento recibido de parte del “Canon Minero” (PIC02-2013-II y PIC05-2014-III).

REFERENCES

Uncategorized References

- [1] D. Ryland, M. Vaisey-Genser, S. D. Arntfield, and L. J. Malcolmson, "Development of a nutritious acceptable snack bar using micronized flaked lentils," *Food Research International*, vol. 43, pp. 642-649, 2010.
- [2] V. Ferreyra, A. Flores, M. Fournier, V. Aguilar, N. Apro, S. Giacomino, *et al.*, "Estudio de la aceptabilidad en escolares de barras de cereales formuladas con ovoalbúmina, aceite de soja y miel," *Diaeta (B. Aires)*, vol. 27, pp. 18-25, 2009.
- [3] V. Nowak, J. Du, and U. R. Charrondiére, "Assessment of the nutritional composition of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)," *Food chemistry*, vol. 193, pp. 47-54, 2016.
- [4] A. Vega-Gálvez, M. Miranda, J. Vergara, E. Uribe, L. Puente, and E. A. Martínez, "Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.), an ancient Andean grain: a review," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 90, pp. 2541-2547, 2010.
- [5] A. Bhargava and S. Srivastava, *Quinoa: Botany, production and uses*: CABI, 2013.
- [6] L. E. A. James, "Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): composition, chemistry, nutritional, and functional properties," *Advances in food and nutrition research*, vol. 58, pp. 1-31, 2009.
- [7] Y. Hirose, T. Fujita, T. Ishii, and N. Ueno, "Antioxidative properties and flavonoid composition of *Chenopodium quinoa* seeds cultivated in Japan," *Food Chemistry*, vol. 119, pp. 1300-1306, 2010.
- [8] S. G. Mlakar, M. Turinek, M. Jakop, M. Bavec, and F. Bavec, "Nutrition value and use of grain amaranth: potential future application in bread making," *Agricultura*, vol. 6, p. 1, 2009.
- [9] A. Chauhan, D. Saxena, and S. Singh, "Total dietary fibre and antioxidant activity of gluten free cookies made from raw and germinated amaranth (*Amaranthus* spp.) flour," *LWT-Food Science and Technology*, vol. 63, pp. 939-945, 2015.
- [10] J. M. Ramos Diaz, S. Kirjoranta, S. Tenitz, P. A. Penttilä, R. Serimaa, A.-M. Lampi, *et al.*, "Use of amaranth, quinoa and kañiwa in extruded corn-based snacks," *Journal of Cereal Science*, vol. 58, pp. 59-67, 2013.
- [11] N. L. Escudero, G. J. Albarracin, R. V. Lucero Lopez, and M. S. GIMÉNEZ, "Antioxidant activity and phenolic content of flour and protein concentrate of *Amaranthus cruentus* seeds," *Journal of Food Biochemistry*, vol. 35, pp. 1327-1341, 2011.
- [12] P. Porras-Loaiza, M. T. Jiménez-Munguía, M. E. Sosa-Morales, E. Palou, and A. López-Malo, "Physical properties, chemical characterization and fatty acid composition of Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds," *International Journal of Food Science & Technology*, vol. 49, pp. 571-577, 2014.
- [13] N. Mohd Ali, S. K. Yeap, W. Y. Ho, B. K. Beh, S. W. Tan, and S. G. Tan, "The promising future of chia, *Salvia hispanica* L.," *BioMed Research International*, vol. 2012, 2012.
- [14] M. Á. Valdivia-López and A. Tecante, "Chia (*Salvia hispanica*): a review of native Mexican seed and its nutritional and functional properties," in *Advances in food and nutrition research*. vol. 75, ed: Elsevier, 2015, pp. 53-75.
- [15] M. Cueto, J. Porras-Saavedra, A. Farroni, L. Alamilla-Beltrán, R. Schöenlechner, G. Schleining, *et al.*, "Physical and mechanical properties of maize extrudates as affected by the addition of chia and quinoa seeds and antioxidants," *Journal of food engineering*, vol. 167, pp. 139-146, 2015.
- [16] A. S. Szczesniak, "Texture is a sensory property," *Food quality and preference*, vol. 13, pp. 215-225, 2002.
- [17] C. Everard, D. O'callaghan, T. Howard, C. O'donnell, E. Sheehan, and C. Delahunty, "Relationships between sensory and rheological measurements of texture in maturing commercial cheddar cheese over a range of moisture and pH at the point of manufacture," *Journal of Texture Studies*, vol. 37, pp. 361-382, 2006.
- [18] M. Pérez-Won, M. Barraza, F. Cortes, D. Madrid, P. Cortes, T. Roco, *et al.*, "Textural characteristics of frozen blue squat lobster (*Cervimunida johni*) tails as measured by instrumental and sensory methods," *Journal of food process engineering*, vol. 29, pp. 519-531, 2006.
- [19] J. Perry, R. Swanson, B. Lyon, and E. Savage, "Instrumental and sensory assessment of oatmeal and chocolate chip cookies modified with sugar and fat replacers," *Cereal chemistry*, vol. 80, pp. 45-51, 2003.

- [20] A. Gãmbaro, P. Varela, A. Gimenez, A. Aldrovandi, S. Fiszman, and G. Hough, "Textural quality of white pan bread by sensory and instrumental measurements," *Journal of texture studies*, vol. 33, pp. 401-413, 2002.
- [21] E. J. Kim, V. Corrigan, D. Hedderley, L. Motoi, A. Wilson, and M. Morgenstern, "Predicting the sensory texture of cereal snack bars using instrumental measurements," *Journal of texture studies*, vol. 40, pp. 457-481, 2009.
- [22] P. P. Lewicki, A. Marzec, and Z. Ranachowski, "Acoustic properties of foods," *Food Properties Handbook (Ed. MS Rahman)*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA, 2009.
- [23] H. Luyten, J. J. PLIJTER, and T. Van Vliet, "Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods: a literature review with discussion," *Journal of texture studies*, vol. 35, pp. 445-492, 2004.
- [24] E. Gondek and A. Marzec, "Correlations among some selected characteristics of crispbread texture, determined instrumentally and sensorily," *Zywnosc Nauka Technologia Jakosc (Poland)*, 2008.
- [25] E. Gondek, E. Jakubczyk, E. Herremans, B. Verlinden, M. Hertog, T. Vandendriessche, *et al.*, "Acoustic, mechanical and microstructural properties of extruded crisp bread," *Journal of Cereal Science*, vol. 58, pp. 132-139, 2013.
- [26] A. Marzec, P. P. Lewicki, and Z. Ranachowski, "Influence of water activity on acoustic emission of flat extruded bread," *Journal of Food Engineering*, vol. 79, pp. 410-422, 2007.
- [27] E. Gondek, P. P. Lewicki, and Z. Ranachowski, "Influence of water activity on the acoustic properties of breakfast cereals," *Journal of Texture Studies*, vol. 37, pp. 497-515, 2006.
- [28] M. Saeleaw and G. Schleining, "A review: Crispness in dry foods and quality measurements based on acoustic-mechanical destructive techniques," *Journal of Food Engineering*, vol. 105, pp. 387-399, 2011.
- [29] M. Adámek, A. Adámková, J. Mlček, M. Borkovcová, and M. Bednářová, "Acceptability and sensory evaluation of energy bars and protein bars enriched with edible insect," *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2018.
- [30] N. Rawat and I. Darappa, "Effect of ingredients on rheological, nutritional and quality characteristics of fibre and protein enriched baked energy bars," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 52, pp. 3006-3013, 2015/05/01 2015.
- [31] D. Mridula, K. K. Singh, and P. Barnwal, "Development of omega-3 rich energy bar with flaxseed," *Journal of Food Science and Technology*, vol. 50, pp. 950-957, 2013/10/01 2013.
- [32] K. Norajit, B.-J. Gu, and G.-H. Ryu, "Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice," *Food chemistry*, vol. 129, pp. 1919-1925, 2011.
- [33] V. Capriles, K. Coelho, A. Guerra-Matias, and J. Arêas, "Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index," *Journal of Food Science*, vol. 73, pp. H160-H164, 2008.
- [34] Y. S. d. Queiroz, R. A. M. Soares, V. D. Capriles, E. A. F. d. S. Torres, and J. A. G. Áreas, "Efeito do processamento na atividade antioxidante do grão de amaranto (*Amaranthus cruentus* L. BRS-Alegria)," *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 2009.
- [35] V. D. Capriles and J. A. G. Arêas, "Barras de amaranto enriquecidas com frutanos: aceitabilidade e valor nutricional," *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, vol. 60, p. 291, 2010.
- [36] S. D. Dutcosky, M. V. E. Grossmann, R. S. S. Silva, and A. K. Welsch, "Combined sensory optimization of a prebiotic cereal product using multicomponent mixture experiments," *Food chemistry*, vol. 98, pp. 630-638, 2006.
- [37] E. Jakubczyk, E. Gondek, and E. Tryzno, "Application of novel acoustic measurement techniques for texture analysis of co-extruded snacks," *LWT*, vol. 75, pp. 582-589, 2017.
- [38] B. L. Reyes Zavaleta, "Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en la crujencia, instrumental y sensorial, de manzana delicia (*pyrus malus* l.)," 2016.
- [39] F. D. da Silva, S. Prudêncio, C. Pante, and A. B. Ribeiro, "Elaboração de uma barra de cereal de quinoa e suas propriedades sensoriais e nutricionais. Establishment of a cereal bar with quinoa and its sensorial and nutritional properties," *Alimentos e Nutrição Araraquara*, vol. 22, pp. 63-69, 2011.
- [40] M. C. Meilgaard, B. T. Carr, and G. V. Civille, *Sensory evaluation techniques*: CRC press, 1999.
- [41] A. H. P. Souza, A. K. Gohara, L. M. Pagamunici, J. V. Visentainer, N. E. Souza, and M. Matsushita, "Development, characterization and chemometric analysis of gluten-free granolas containing whole flour of pseudo-cereals new cultivars," *Acta Scientiarum. Technology*, vol. 36, pp. 157-163, 2014.
- [42] L. Chen and U. L. Opara, "Texture measurement approaches in fresh and processed foods—A review," *Food Research International*, vol. 51, pp. 823-835, 2013.
- [43] J. D. Torres, K. González-Morelo, and D. Acevedo, "Análisis del perfil de textura en frutas, productos cárnicos y quesos," *Revista RECITEIA: Revisiones de la Ciencia, Tecnología e Ingeniería de los Alimentos*, vol. 14, pp. 63-75, 2015.
- [44] V. A. Velasco, "Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*oreochromis* sp.),"

Biotecnología en el Sector agropecuario y agroindustrial, vol. 8, pp. 46-56, 2010.

- [45] N. Salgado Aristizabal, "Desarrollo de productos alimenticios (barras de fruta funcionales) apoyado en herramientas de gestión de la innovación," Universidad Nacional de Colombia-Sede Manizales, 2015.
- [46] C. Mattos, "Caracterização de fibras de milho e sua incorporação em barras de cereais," 2011.
- [47] E. P. d. Silva, H. H. Siqueira, C. Damiani, V. Boas, and E. V. de Barros, "Effect of adding flours from marolo fruit (*Annona crassiflora* Mart) and jerivá fruit (*Syagrus romanzoffiana* Cham Glassm) on the physicals and sensory characteristics of food bars," *Food Science and Technology*, vol. 36, pp. 140-144, 2016.
- [48] F. M. Aramouni and M. H. Abu-Ghoush, "Physicochemical and sensory characteristics of no-bake wheat – soy snack bars," *Journal of the Science of Food and Agriculture*, vol. 91, pp. 44-51, 2011.
- [49] M. Saeleaw, K. Dürschmid, and G. Schleining, "The effect of extrusion conditions on mechanical-sound and sensory evaluation of rye expanded snack," *Journal of Food Engineering*, vol. 110, pp. 532-540, 2012.
- [50] L. Duizer, "Sound input techniques for measuring texture," *Texture in food*, pp. 146-166, 2004.
- [51] C. R. P. Sampaio, S. M. R. Ferreira, and S. G. Canniatti-Brazaca, "Perfil sensorial e aceitabilidade de barras de cereais fortificadas com ferro," *Alimentos e Nutrição Araraquara*, vol. 20, pp. 95-106, 2009.