Artículo Original / Original Article

Utilización de kiwicha precocida (*Amaranthus caudatus*) para el desarrollo de barras funcionales

Use of pre-cooked kiwicha (*Amaranthus caudatus*) for the development of functional bars

Verónica Elizabeth Burgos^{1*}. <https://orcid.org/0000-0001-8821-8650>
Valeria Cristina Del Castillo². <https://orcid.org/0000-0003-0573-9659>

1. Health Sciences Faculty. National University of Salta, Salta. Argentina.

2. Faculty of Engineer, Research Council, Sede Regional Metán-Rosario de la Frontera. National University of Salta, Salta. Argentina.

*Dirigir correspondencia: Verónica Elizabeth Burgos,
Health Sciences Faculty. National University of Salta,
Av. Bolivia 5150, Salta. Argentina.
E-mail. veritoburgos1@gmail.com

Este trabajo fue recibido el 23 de septiembre de 2020.
Aceptado con modificaciones: 19 de enero de 2021.
Aceptado para ser publicado: 14 de marzo de 2021.

RESUMEN

En el presente trabajo se utilizaron granos de kiwicha (*Amaranthus caudatus*) popeado y laminado como ingrediente funcional para elaborar una barrita destinadas a la población infantil/embarazo/lactancia y población en general. Por ello, el objetivo de este trabajo fue evaluar su aporte nutricional, calidad microbiológica y textura de los granos precocidos y de las barras formuladas. Se elaboraron dos productos precocidos de kiwicha: popeado y laminado. Las determinaciones fueron: Cuantificación de amilosa/amilopectina, almidón resistente (AR), fitoesteres, lisina disponible, calidad proteica y caracterización microbiológica. A partir de estos productos obtenidos se formularon barras funcionales de kiwicha (con granos popeado y laminado) y se determinó: composición proximal y porcentaje del Valor Diario (% VD), % de Ingesta Dietética de Referencia (% IDR) y se realizó la prueba de Análisis de Perfil de Textura. Las barras funcionales de kiwicha presentaron un alto aporte calórico, proteico (9,83-9.85 g/100g), de buena calidad proteica (cómputo químico >100) y alto aporte de fibra. La porción cubre el 11% de IDR de proteínas para niños. Los granos de kiwicha precocidos tuvieron: bajo contenido de amilosa y AR, alto contenido de fitoesteres. La textura de las barras fue diferente según el método de pre-cocción utilizado en el grano de kiwicha. La incorporación de granos de kiwicha precocidos permitió obtener un producto alimenticio funcional de alto valor nutricional por su aporte proteico, fibra y fitoesteres, destinado a diferentes momentos biológicos.

Palabras clave: Barras funcionales; Fitoesteres; Kiwicha; Textura; Valor nutricional.

ABSTRACT

In the present work, popped and laminated kiwicha (Amaranthus caudatus) grains were used as a functional ingredient to elaborate a bar intended for the child / pregnant / lactating, and general population. Therefore, the aim of this work was to evaluate its nutritional contribution, microbiological quality and texture of precooked grains and formulated bars. Two precooked kiwicha products were made: popped and laminated. The determinations were: quantification of amylose / amylopectin, resistant starch (RS), phytosterols, available lysine, protein quality and microbiological characterization. From these obtained products, kiwicha functional bars (with popped and laminated grains) were formulated and the following were determined: proximal composition and percentage of Daily Value (% DV), % of Reference Dietary Intake (% RDI) and the Texture Profile Analysis test was performed. The functional kiwicha bars presented a high caloric and protein intake (9.83-9.85 g/100 g), good protein quality (chemical count>100) and high fiber intake. The serving covers 11% of the protein RDI for children. Precooked kiwicha grains had: low amylose and RS content and high phytosterols content. The texture of the bars was different according to the pre-cooking method used in the kiwicha grain. The incorporation of precooked kiwicha grains allowed for the obtainment of a functional food product of high nutritional value due to its protein and phytosterols contribution, destined for different biological moments.

Keywords: Functional bars; Kiwicha; Nutritional value; Phytosterols; Texture.

INTRODUCCIÓN

El amaranto, también conocido como kiwicha, es un cultivo andino que crece en Perú y en las regiones altas de Ecuador, Bolivia y Argentina. La kiwicha presenta un alto valor nutricional ya que puede sustituir a las proteínas de origen animal, debido al contenido y calidad de sus proteínas (19 g/100 g). Posee el doble de lisina (aminoácido esencial) que el trigo. Es rico en fibra dietética (5,6 g/100 g), calcio (250 mg/100 g), hierro, almidón, vitamina C y complejo B y grasas poli-insaturadas¹. Además, el grano de kiwicha contiene una serie de nutrientes que lo hacen ser un alimento rico en compuestos bioactivos como fitoesteros, almidón resistente, escualeno, polifenoles, fibra dietética por lo que puede ser usado en la elaboración de alimentos funcionales y posee gran variedad de aplicaciones en la industria de alimentos ya sea como grano entero, expandido o harina². Puede ser usado en productos como cereales para desayuno, golosinas, repostería, productos horneados, barras, granola y alimentos dietéticos³. El grano limpio y seco, se muele para obtener harina, empleada para fortificar pan y galletas; o ser sometido al proceso de precocción como el reventado (popeado), tostado, hervido, laminado, etc⁴.

Las barras nutricionales son productos especialmente diseñados para contribuir a optimizar el rendimiento físico y proporcionar energía debido a su composición nutritiva, presentan menor peso, de tamaño reducido, son resistentes a distintas temperaturas, se deshacen en la boca y se digieren fácilmente⁵. En los últimos años, distintos grupos de investigación han trabajado en la formulación y obtención de barras de cereales, incorporando ingredientes autóctonos como el algarrobo⁶ y quinua inflada y su evaluación respecto a la calidad proteica⁷. Si bien en Argentina no se observa una deficiencia de proteínas es muy importante promover una educación alimentaria sobre proteínas biológicamente completas, es decir combinaciones de alimentos que puedan reemplazar a las proteínas completas como las de la carne, huevo y

lácteos, para evitar deficiencias y problemas de salud, sobre todo en periodos de crecimiento o mayor requerimiento (niños y adolescentes o embarazadas)⁸.

Por otro lado es muy importante destacar que existe muy poca investigación respecto a la elaboración de productos laminados, por lo general se emplean granos inflados o popeado como ingredientes en la elaboración de las barritas, con lo cual sería otra alternativa para utilizar este ingrediente precocido, el cual le puede proporcionar características texturales diferenciales.

Por ello, el objetivo de la presente investigación fue desarrollar barras funcionales con granos de kiwicha laminado y popeado, y evaluar su aporte nutricional, aporte de principios bioactivos como almidón resistente y fitoesteros, calidad microbiológica y textura de los granos precocidos y de las barras formuladas.

A partir del presente estudio, resulta importante considerar el alto potencial nutricional de la kiwicha, un ingrediente de una barra funcional, como una alternativa para complementar la alimentación de diferentes grupos de la población como niños, embarazadas, mujeres en periodo de lactancia y adultos en general.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materia prima

Se emplearon granos de amaranto, variedad *Amaranthus caudatus* (kiwicha), provenientes de los valles Calchaquíes de la provincia de Salta, Argentina.

Productos precocidos

Los granos de kiwicha fueron sometidos a dos procesos de pre-cocción (Figura 1):

- Laminado: Fue obtenido en un laminador de doble tambor o rodillo, donde cada rodillo mide 39x40 cm. Las variables de proceso fueron: humedad inicial de 18,0%, velocidad de rotación de los rodillos de 5 rpm, separación de los rodillos de 1 mm, temperatura de los rodillos de 120 °C y tiempo de residencia de 11 segundos⁹.

Figura 1: Proceso de inflado (popeado) y laminado de granos de kiwicha.

- b) Popeado: Se utilizó un equipo adaptado de popeadora de maíz para laboratorio. El cual consiste en un recipiente de aluminio para hacer pochoclos de maíz. El recipiente consta de una tapa con hélice que permite mezclar los granos, a medida que se van inflando. Las variables de proceso fueron: humedad inicial de 7,2%, tiempo de expansión de 30 segundos y temperatura de 160 ± 2 °C⁹.

Determinaciones en el grano crudo y productos precocidos de kiwicha **Amilosa/amilopectina**

Se pesó 100 mg de muestra (100 Mesh) en un matraz de 100 ml, se agregó 1 mL de etanol 95° y 9 mL de hidróxido de sodio 1N. Se tapó y se dejó en reposo a temperatura ambiente durante 24 h. Luego se completó el volumen con agua destilada. En un matraz de 100 mL se agregó 5 mL

de solución muestra, 1 mL de ácido acético 1N y 2 mL de solución de iodo-ioduro de potasio. Se llevó a volumen y se dejó en reposo durante 20 minutos en oscuridad. Luego se leyó en un espectrofotómetro a 620 nm. Se utilizó como estándar, amilosa de papa pura de Sigma Campania Química (St Louis, MO, USA). El contenido de amilopectina se obtuvo por diferencia a partir del valor de almidón total de cada muestra¹⁰.

Almidón resistente

La determinación de almidón resistente se realizó de acuerdo al método de la AOAC 2002.02¹¹ y AACC 32-40¹², utilizando el kit de ensayo K-RSTAR 09/14 (Megazyme International Ireland Ltd., Bray, Ireland). El contenido de almidón total se obtuvo como la suma del contenido del almidón resistente más el de almidón soluble. La determinación

consistió en la incubación en un baño de agua con agitación con las enzimas α -amilasa y amiloglucosidasa pancreáticas durante 16 h a 37 °C, luego requiere de la adición de un volumen igual de etanol 50% o alcoholes metilados industriales (IMS, etanol desnaturalizado), y el AR (almidón resistente) se recuperó como un precipitado, luego de centrifugar la muestra, y se disolvió con KOH 2M. Finalmente este almidón fue cuantitativamente hidrolizado a glucosa por medio de la enzima amiloglucosidasa. Tanto la D-glucosa proveniente del almidón soluble como la del almidón resistente se cuantificaron por medio de una reacción de color con el reactivo glucosa oxidasa/peroxidasa (GOPOD) que se midió espectrofotométricamente.

Fitoesteroles

Se realizó la cuantificación de fitoesteroles según la Metodología Analítica propuesta por Czaplicki et al.¹³.

Para la detección y cuantificación de fitoesteroles, se determinó a través de Cromatografía Gaseosa (CG) con detector por ionización por llama (FID). Se empleó el equipo marca Hewlett Packard Serie 6890. La columna utilizada fue Crompack CP8 de 30 m x 0,25 x 0,25. Los resultados se expresaron sobre el contenido total de fitoesteroles. Se identificaron los siguientes tipos de fitoesteroles: β -Sitosterol, Sitostanol, Estigmasterol, Campesterol y Brassicasterol.

Valor nutricional

Determinación de lisina disponible

Se determinó según el método 2-4 dinitrofluorobenceno (FDNB) El método se basa en la medida de la lisina reactiva o disponible. El FDNB reacciona con el grupo amino libre (ϵ -amino) de la lisina por medida espectrofotométrica (360 nm) del derivado formado (denitrofenil lisina, DNP-lisina) tras hidrólisis de la muestra con ácido clorhídrico¹⁴.

Se calculó la pérdida de lisina disponible (% PLD) por cada 16 gramos de nitrógeno según la siguiente ecuación:

$$\% \text{ PLD} = \frac{LD_i - LD_f \text{ (g/16 g N)}}{LD_i \text{ (g/16 g N)}} \times 100$$

Dónde: LD_i y LD_f son el contenido inicial y final de lisina disponible.

Determinación de la calidad proteica

Se evaluó la calidad de la proteína utilizando el cómputo químico (CQ) (mg de un aminoácido esencial en 1 g de proteína de referencia/mg del mismo aminoácido en 1 g del patrón de referencia), utilizando como referencia los requerimientos de aminoácidos para adultos y niños, establecidos por WHO/FAO/UNU¹⁵. El resto de aminoácidos fue calculado con la herramienta ALIM¹⁶.

Caracterización microbiológica

Se realizó el recuento de bacterias, hongos y levaduras, según protocolo para el análisis Microbiológico de Cereales.

Recuento de bacterias aerobias mesófila, de hongos y levaduras: se realizó según metodología analítica ICMSF¹⁷. Se calculó UFC/g del alimento según la siguiente ecuación:

$$\text{UFC/g} = \text{N}^\circ \text{ colonias promedio} \times \frac{1}{\text{Dilución}} \times \frac{1}{\text{Volumen}}$$

Coliformes fecales: según metodología analítica APHA¹⁸. El número más probable de microorganismos se calculó sobre una tabla estadística estándar del número más probable (NMP) utilizando el número de cultivos que indican la presencia o ausencia de coliformes.

Formulación y obtención de las barras funcionales de kiwicha

Se formularon 2 tipos de barras funcionales, una con granos de kiwicha laminado y la otra con granos de kiwicha popeado, a fin de poder evaluar la influencia de ambos procesos en la textura final del producto.

La proporción de ingredientes de la formulación de las barras funcionales fue: 11% de granos de kiwicha (laminado/popeado), 20% de azúcar, 12% de leche en polvo descremada, 56% de chocolate + cacao y 1% de goma brea. Para ello se pesaron los distintos ingredientes y se disolvió la goma brea en una pequeña cantidad de agua. Se derritió el chocolate a baño María y se fueron incorporando los demás ingredientes hasta que se integraron completamente. Una vez retirada de la fuente de calor, se moldearon las barras sobre mesada con la ayuda de papel de film. Una vez obtenidas las barras, se envolvieron en papel de aluminio y se almacenaron hasta la realización de los análisis.

Composición proximal de las barras funcionales de kiwicha

Se determinó la composición química por triplicado, según técnicas oficiales de la AOAC (Association of Official Analytical Chemists, 1996)¹⁹: humedad (método 934.01), proteínas (método 960.52), cenizas (método 942.05), lípidos (método 920.39), fibras e hidratos de carbono por diferencia.

A partir de la composición química se calculó el porcentaje del Valor Diario (% VD) del valor energético y de cada nutriente que aporta la porción del producto formulado, según los Valores Diarios de Referencia de Nutrientes (VDR)²⁰.

Porcentaje de Ingesta Dietética de Referencia (% IDR)

Los cálculos se realizaron de forma diferenciada según los requerimientos del hombre/mujer adulto/a, niño de 4 a 8 años y mujer en embarazo/lactancia según la IDR²¹ a través del siguiente cálculo:

$$\% \text{ IDR} = \frac{\text{g de macronutriente} \times 100}{\text{IDR}}$$

Perfil de textura de productos precocidos y barras funcionales de kiwicha

Se utilizó un texturómetro (Brookfield CNS Farnell, QTS, USA). Se ensayó la prueba de Análisis de Perfil de Textura. Cada muestra se comprimió a 38,1 mm, con una sonda de acrílico (40% de deformación), a una velocidad de 120 mm/min y una relajación de 10 s entre la primera y la segunda compresión (2 ciclos de compresión). Se determinaron los siguientes parámetros texturales:

- Fuerza de fractura: es la fuerza máxima requerida para romper la muestra; cantidad de fracturas que está relacionado con la crocancia de la muestra.
- Adhesividad: es el trabajo necesario para superar las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de otros materiales con los que éste entra en contacto y representa el área negativa observada luego de la primera compresión.
- Cohesividad: es la capacidad de un material para mantenerse unido. Instrumentalmente, es el cociente entre el trabajo realizado durante la segunda compresión dividido por el trabajo realizado durante la primera compresión.
- Rigidez: es la capacidad de resistencia de un cuerpo a doblarse o torcerse por la acción de fuerzas exteriores que actúan sobre su superficie.
- Dureza: es la fuerza requerida para comprimir un alimento entre los molares. Se define como la fuerza necesaria para lograr una deformación dada y está representada por la altura del pico de la primera compresión.

Análisis estadístico

Las determinaciones se realizaron por triplicado, excepto en la prueba de perfil de textura, que fue analizado por sextuplicado. Se calcularon las medias y los desvíos estándares. Los resultados se analizaron estadísticamente utilizando análisis de varianza y prueba de Tukey para determinar diferencia

significativa ($p < 0,05$). Se empleó correlación de Pearson (r^2) para determinar la relación entre variables, con el programa InfoStat v. 2016 (Grupo InfoStat, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina).

RESULTADOS

Amilosa/amilopectina

Respecto al contenido y porcentaje de amilosa, amilopectina, almidón total y almidón resistente del grano crudo y productos precocidos de kiwicha, el grano crudo presentó un aporte del 7,6% de amilosa. Para los productos precocidos osciló entre 7,6% y 7,7% de amilosa. Lo cual significa que el tipo de almidón presente en el grano y precocidos de kiwicha es de tipo waxy.

Almidón resistente (AR)

Respecto al almidón resistente, su contenido depende de las características presentes en el almidón del alimento, tipo de gránulo, relación amilosa/amilopectina, cristalinidad del almidón, como así también, el método analítico utilizado. En la presente investigación, el grano crudo de kiwicha obtuvo un valor de almidón resistente de 0,560 g/100g. Hubo una disminución del contenido de almidón resistente tras el proceso de precocción, pero no se observó diferencia estadísticamente significativa con el grano popeado y laminado ($p > 0,05$) (datos no presentados).

Fitoesteroles

En la figura 2 se presenta el contenido de fitoesteroles identificados en el grano y productos precocidos de kiwicha (popeado y laminado). El grano presentó un valor de 1.567 mg/100g de aceite. Valores similares presentaron el grano popeado y laminado: 1.596 y 1.585 mg/100g de aceite, respectivamente.

Según el análisis de las muestras, mostró la presencia de tres principales fitoesteroles, observándose que el de mayor

Figura 2: Contenido de fitoesteroles (mg/100g de aceite) del grano crudo, popeado y laminado. Contenido de aceite (g/100 g muestra): Grano crudo: 4,66; Grano popeado: 4,67; Grano laminado: 4,60. Letras diferentes entre muestras indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

porcentaje en el grano, kiwicha inflada y laminada, fue el β -sitosterol (65%), correspondiente a valores entre 1.028 mg, 1.040 mg y 1.037 mg; el sitostanol (31%) presentó un 485 mg, 508 mg y 495 mg, respectivamente. El de menor fue el estigmasterol con el 2% (30,4 mg a 33,3 mg) y el 1% de campesterol (18,1 mg a 20,0 mg). El brassicasterol no fue detectado. Se observó diferencias significativas entre las muestras respecto en el contenido de β -sitosterol, sitostanol y en el total de fitoesteres ($p < 0,05$).

Valor nutricional de granos y productos precocidos de kiwicha

Lisina disponible y calidad proteica

En la figura 3a se presentan los valores de lisina disponible para las muestras crudas y precocidas. El proceso de precocción provocó una disminución de lisina disponible, principalmente en el grano popeado (5,20 g/16 g N) debido a que se aplica una mayor temperatura de cocción. El % PLD fue de un 7,3% para la kiwicha laminada y un 11,9% para la kiwicha inflada. Esta disminución fue significativa ($p < 0,05$) respecto al grano crudo.

En la figura 3b se presenta el % de Computo Químico de la lisina (CQ%) del grano crudo y productos precocidos, según las recomendaciones de aminoácidos para adultos y niños. El grano crudo presentó mayor CQ% (131) que los productos precocidos (KI: 115 y KL: 121). Es decir que los mismos no presentaron aminoácidos limitantes, debido a que el CQ% fue mayor de 100. A partir de ello surge la importancia de que la barrita formulada puede ser recomendada para el consumo de personas en diferentes momentos biológicos principalmente en la población infantil.

En la figura 3c se muestra el % de Computo Químico de todos los aminoácidos de la barra formulada según requerimientos de niños y adultos, observándose que este

grano andino no presenta aminoácidos limitantes. Se observa que el de menor valor fue la leucina, obteniéndose valores de 109% y 106%, para adultos y niños, respectivamente.

Microbiología

Resultó importante realizar la caracterización microbiológica de granos y productos precocidos de kiwicha, donde el recuento de bacterias mesófilas en el grano de kiwicha resultó baja (20×10^3 UFC/g), lo que refleja buena calidad microbiológica como materia prima para la obtención de barras dulces de kiwicha. Al no desarrollar las bacterias coliformes en el producto laminado e inflado ($< 3/g$), detectamos que no hubo contaminación post-proceso térmico, por ello puede ser utilizada para la formulación de las barras (datos no presentados).

Composición química de las barras funcionales de kiwicha Porcentaje de Ingesta Dietética de Referencia (% IDR)

Respecto a la composición química de las barras funcionales de kiwicha, los productos precocidos de kiwicha (laminado y popeado) empleados en esta investigación, presentan un aporte calórico de 357 kcal/100g y 345 kcal/100g, respectivamente⁹. Las barras funcionales presentaron un buen aporte calórico (482/484 Kcal/100g) y pueden ser destinadas para personas en diferentes momentos biológicos (Tabla 1). Poseen un buen aporte de proteínas (9,8 y 9,8 g/100g) y el aporte de fibra total osciló entre 13,0 y 13,4 g/100 g.

No se observó diferencias significativas en el aporte nutricional de las barras formuladas con grano popeado y laminado ($p > 0,05$). El porcentaje del Valor Diario (% VD) según el valor energético, fue del 5%. Cada nutriente que aportó la porción del producto formulado (23 g), fue del 5%, 3%, 9% y 12% para los carbohidratos, proteínas, grasas y fibra respectivamente (Tabla 1).

Figura 3: a. Contenido de lisina disponible (g/16 g N) en el grano crudo, popeado y laminado; b. Computo Químico de lisina disponible (%) del grano crudo, popeado y laminado. GC: Grano crudo. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$). C. Computo Químico de Aminoácidos según población de adultos y niños.

En cuanto a la Ingesta Dietética de Referencia (IDR), se eligió una de las barras para su cálculo (barra con grano popeado), dado que ambas presentan similar composición química, la cual cubre el 11% de la IDR de las proteínas para niños entre 4-8 años, un hecho relevante teniendo en cuenta que este grupo de edad presenta una gran necesidad de este nutriente porque está en la etapa de crecimiento. En las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, cubren el 3% de la IDR proteica (Tabla 2).

Perfil de textura

En la tabla 3 se presentan los valores promedios de los parámetros de textura evaluados en el grano de kiwicha popeado, laminado y en las barras formuladas con estos ingredientes precocidos. La fuerza de fractura, dureza, número de fracturas y rigidez fue mayor en la barrita con kiwicha popeada, observándose diferencias

significativas. La barrita con grano laminado presentó mayor adhesividad respecto al resto de las muestras ($p<0,05$) y menores valores de fuerza de fractura, cantidad de fracturas, dureza y cohesividad que la barra formulada con el grano popeado. Se observó una mayor cohesividad en la muestra popeada, la cual disminuyó al adicionarse y mezclarse con otros ingredientes en la formulación de las barras ($p<0,05$). Al realizar análisis de correlación de las variables estudiadas (datos no mostrados) se encontró que el contenido de amilosa en las muestras influyó significativamente en la textura de las barras dulces de kiwicha, haciéndolas más adhesivas ($r^2: 0,83$; $p: 0,01$). Por otro lado, a medida que aumenta el número de fractura, la cohesividad de las barras disminuye ($r^2: -0,91$; $p<0,005$). La fuerza de fractura se correlacionó positivamente con la dureza, número de fracturas y adhesividad ($r^2: 0,91-0,95-0,83$; $p<0,005$).

Tabla 1. Composición química de barras de kiwicha con (g/100g).

Componentes	Barrita c/grano popeado			Barrita c/grano laminado		
	100 g	Porción (23 g)	%VD	100 g	Porción (23 g)	%VD
Calorías (Kcal)	484,00	111,32	-	482,00	110,80	-
Humedad (g)	5,49±0,01 ^a	1,26	-	5,66±0,13 ^a	1,30	-
Hidratos de Carbono (g)	55,38±0,29 ^a	14,29	5	55,10±0,10 ^a	14,28	5
Proteínas (g)	9,85±0,05 ^a	2,26	3	9,83±0,03 ^a	2,26	3
Grasas (g)	21,77±0,25 ^a	5,00	9	21,56±0,04 ^a	4,95	9
Fibra dietaria total (g)	13,00±0,10 ^a	2,99	12	13,40±0,13 ^a	3,08	12
Cenizas (g)	1,24±0,01 ^a	0,28	-	1,23±0,02 ^a	0,28	-

Promedio ± desvío estándar (n= 3). Letras diferentes entre muestras indican diferencias significativas ($p<0,05$).

Tabla 2. Porcentaje de Ingesta Dietética de Referencia (% IDR)

Momentos Biológicos	Carbohidratos		Proteínas		Grasas	
	IDR (g/día)	% IDR	IDR (g/día)	% IDR	IDR (g/día)	% IDR
Niños/as 4-8 años	130	10,9	19	11,3	30	16,9
Adulto						
Hombre	130	10,9	56	3,8	30	16,9
Mujer	130	10,9	46	4,6	30	16,9
Embarazo	175	8,1	71	3,0	30	16,9
Lactancia	210	6,8	71	3,0	30	16,9

IDR: Recomendación del Instituto de Medicina de las Academias Nacionales (IOM), 2005; % IDR: Calculado a partir de la cantidad por porción que aportan los carbohidratos (14,29 g), proteínas (2,26 g) y grasas (5,0 g).

Tabla 3. Parámetros Texturales de granos de kiwicha popeado, laminado y barras dulces de kiwicha.

	Grano popeado	Grano laminado	Barrita c/grano popeado	Barrita c/grano laminado
Fuerza de Fractura	74,7±2,36 ^a	3,50±0,32 ^a	5849±663 ^b	291±121 ^a
Adhesividad	-0,44±0,39 ^a	-1,16±1,05 ^a	-5,22±2,55 ^a	-69,3±32 ^b
Cantidad de Fracturas	13,5±3,11 ^a	7,76±0,19 ^a	39,7±17,1 ^b	2,75±1,26 ^a
Dureza	382±10,7 ^a	649±35,5 ^a	5675±489 ^c	2363±432 ^b
Rigidez	197±56,3 ^a	49,2±18,5 ^a	811±142 ^b	845±217 ^b
Cohesividad	0,77±0,03 ^c	0,31±0,06 ^b	0,02±0,01 ^a	0,04±0,01 ^a

Promedio ± desvío estándar (n= 6). Letras distintas en columnas corresponden a diferencias significativas (p<0,05).

DISCUSIÓN

La relación amilosa/amilopectina del almidón, presenta estructuras diferenciadas (lineal para la amilosa y ramificada para la amilopectina), donde las cadenas y la longitud de la amilopectina tienen una fuerte influencia en las propiedades funcionales del almidón tales como la viscosidad, gelatinización, textura, solubilidad, estabilidad del gel, hinchamiento por enfriamiento y retrogradación²². En el género *Amaranthus* se han encontrado tres tipos de almidones basado en el contenido de amilosa: normal (19,4 – 27,8% de amilosa), waxy o glutinoso (0 a 1% de amilosa) y no waxy o no-glutinoso (6,60 – 12,6% de amilosa)²². En coincidencia con otros investigadores, que establecieron valores de amilosa de amaranto entre un 5-8%, característico de muchos granos de amaranto, contienen bajos valores de amilosa y varía según la especie, entre el 0,5 y el 12,5%, por lo que pueden ser considerados almidones de tipo céreo o de bajo contenido de amilosa²³. Tapia et al.²⁴, informó un contenido de amilosa de 7,6% y 11,9% para el *A. caudatus* y *A. cruentus*, respectivamente. Es decir que existe una gran variación en el contenido de amilosa/amilopectina en las diferentes especies de *Amaranthus*. Algunos investigadores afirman que los granos de colores claros, normalmente contienen más almidón que los granos de colores oscuros²⁵. Como el contenido de amilosa está relacionado con las propiedades funcionales y de la pasta, esta es la responsable de la retrogradación del almidón, y los granos de kiwicha presentan un menor contenido de amilosa respecto a los cereales.

El almidón resistente es la porción que no se hidroliza después de 120 min y en el intestino grueso puede ser fermentado por la microflora intestinal para producir ácidos grasos de cadena corta, que ejercen beneficios positivos para la salud humana, tales como el aumento del flujo sanguíneo del colon para aliviar la inflamación del colon y una disminución del riesgo de cáncer de colon y/u otros tipos de cáncer. El almidón resistente tiene la capacidad de modular los niveles de glucosa postprandial²⁶. Contenidos entre 57,5-65,0 g/100g fueron obtenidos por Capriles et

al.²⁷. Los alimentos con almidón precocido con una cantidad adecuada de agua, pierden en parte su contenido de almidón resistente debido a la gelatinización del almidón. Por lo tanto, la gelatinización del AR es de tipo 1 y tipo 2. El AR tipo 1 es el almidón físicamente inaccesible mientras que el AR tipo 2 es el almidón granular nativo y ambos están afectados por el procesamiento térmico²⁴. En la presente investigación, no se encontraron diferencias significativas entre el contenido de AR de los granos de kiwicha con el inflado y laminado. En los procesos de calor seco, como ocurre en el inflado, no se puede gelatinizar el AR. González et al.²⁸ también observaron que el proceso de extrusión no cambia el contenido de AR en granos de amaranto. El AR presente en el amaranto tostado podría ser en parte AR tipo 1 y 2, y también amilosa-AR retrogradado tipo 3. Esto puede deberse a que el almidón de amaranto presenta un bajo contenido de amilosa y, posiblemente, después de enfriar, se produce la retrogradación de las cadenas de amilosa, lo que aumenta el contenido de AR en granos tostados²⁸. Los valores obtenidos de almidón resistente para el grano de kiwicha fueron similares a lo obtenido por González et al.²⁹ y Capriles et al.²⁷, quienes encontraron valores entre 0,5% a 0,6%, para el grano de *Amaranthus caudatus* crudo e inflado, respectivamente, mostrando que la eficiencia en la utilización del almidón de amaranto puede ser alta. Por otro lado, Repo-Carrasco et al.⁴, quienes estudiaron el contenido de almidón resistente en granos de kiwicha variedad Centenario y Oscar Blanco (0,1%), obtuvieron valores más bajos que los determinados en la presente investigación. Los valores de almidón resistente tanto para el grano de kiwicha como para la kiwicha inflada y kiwicha laminada, fueron inferiores en comparación con algunos cereales, esto puede ser atribuido al bajo contenido de amilosa. Se puede establecer que hay compuestos en el grano de kiwicha con propiedades potencialmente beneficiosas, una de ellos es su elevado aporte de fibra alimentaria, y dado que su aporte de AR es bajo, es muy importante realizar estudios para confirmar su efecto. Debido a que uno de los principios básicos de los alimentos funcionales es la funcionalidad de

sustancias bioactivas, los efectos beneficiosos del grano de kiwicha para la salud, puede deberse a la presencia conjunta de todos ellas.

Los esteroides vegetales (fitoesteroides) son componentes bioactivos de los alimentos vegetales. En las plantas, hay más de 200 diferentes tipos de fitosteroides. El más abundante es el β -sitosterol (24- α -ethylcholesterol), campesterol (24- α -methylcholesterol) y estigmasterol (Δ 22,24- α -ethylcholesterol)³⁰. Los esteroides son los principales constituyentes de la fracción insaponificable de la mayoría de los aceites comestibles. El consumo de fitoesteroides puede afectar positivamente el nivel de colesterol en sangre y por lo tanto en la protección contra enfermedades cardiovasculares³⁰. En la presente investigación, las muestras analizadas presentaron tres principales fitoesteroides, observándose que el de mayor porcentaje en el grano, kiwicha inflada y laminada, fue el β -sitosterol (65%), el sitostanol (31%) y el de menor fue el estigmasterol con el 2% (Figura 2). Investigadores obtuvieron contenidos superiores de 2.590 mg/100g a 2.730 mg/100g de aceite, al estudiar los componentes bioactivos en la fracción insaponificable del aceite del grano de amaranto³¹. Otros autores establecieron que este grano andino es una fuente rica en β -sitosterol (97% del total de fitoesteroides identificados) y el resto por el campesterol y estigmasterol³². Es interesante observar que estudios han demostrado que las dietas de los animales suplementados únicamente con aceite de amaranto (donde se encuentran los fitosteroides) poseen la capacidad de reducir de forma significativa los niveles de colesterol en sangre y los niveles de colesterol-LDL totales, mientras que aumentan significativamente los niveles de colesterol HDL³⁰. Martirosyan et al.³², determinaron que la inclusión de 18 mL de aceite del grano de amaranto en la alimentación de pacientes que sufren hipertensión y enfermedades coronarias, disminuyó significativamente los valores de colesterol total, triglicéridos, LDL y VLDL colesterol, como así también proporciona ácidos grasos poliinsaturados, particularmente ácidos grasos omega 3 y fuente de escualeno. Considerando este estudio y teniendo en cuenta que la ingesta diaria recomendada de fitoesteroides es de 2 g, para provocar el mismo efecto, se necesitaría 22 mL de aceite del grano de kiwicha estudiado, pero es necesario complementar el estudio cuantificando también el contenido de escualeno, ya que este principio bioactivo, puede atribuirse también a la reducción de colesterol en sangre³². También, se sugiere formular una barra dietética destinada a personas con colesterol alto, para que este nutriente tenga su efecto funcional.

En coincidencia con Czaplicki et al.¹³, al comparar los resultados de la presente investigación y los discutidos anteriormente sobre la identificación de fitoesteroides en el grano de amaranto, queda claro que existe una gran variabilidad de resultados, el cual puede deberse a la variedad del grano y especie, como así también a las condiciones agronómicas de cultivo.

El valor nutricional de una proteína depende de la

cantidad, digestibilidad y disponibilidad de aminoácidos indispensables. La aplicación de tratamientos térmicos a los alimentos provoca una alteración química de residuos de aminoácidos y se produce formación de nuevos enlaces covalentes intra o intermoleculares. Estos cambios pueden alterar las propiedades nutritivas y funcionales de las proteínas y dependen de las condiciones de tiempo y temperatura de los tratamientos aplicados¹⁵. La calidad nutritiva puede ser evaluada por lisina disponible, que se usa como indicador. El mismo puede determinarse analíticamente, siendo de gran utilidad, ya que determina el grado de deterioro térmico sufrido por las proteínas y por ende la disponibilidad biológica de las mismas. El contenido de lisina disminuye por efecto del calor, debido a que este aminoácido es termolábil, lo que se atribuye a una reacción que ocurre entre el grupo amino de lisina y el grupo amino de asparagina y glutamina, ocasionando un enlace cruzado que disminuye el valor nutritivo por impedimento del ataque enzimático. Por efecto del calor también se producen reacciones de entrecruzamiento entre cadenas de polipéptidos por acilación de grupos amino libres, lo que da como resultado una disminución de lisina disponible³³.

En la presente investigación, se observó una disminución de lisina disponible en los productos precocidos. Sin embargo, presentaron un alto cómputo químico de lisina, mayor al 100%, es decir que no presentaron aminoácidos limitantes (Figura 3 a y b).

Lara et al.³², obtuvieron valores de lisina disponible para el grano crudo de *Amaranthus caudatus* de 5,0 g/16g N y para el grano inflado de 4,6 g/16 g N. En otro estudio, donde se evaluó las características nutricionales y funcionales del grano de *Amaranthus caudatus* y productos extrudidos, obtuvieron valores más altos, 6,1 g/16g N y 5,8 g/16g N, respectivamente³⁴. El % de Cómputo Químico de todos los aminoácidos según requerimientos de niños y adultos, no se observaron aminoácidos limitantes. Donde el de menor valor fue la leucina (106%-109%) y los mayores valores para los aminoácidos histidina y triptófano. En un estudio donde se evaluó el contenido de aminoácidos antes y después del tratamiento térmico (inflado) en seis variedades de granos de amaranto seleccionados y cuatro especies: *Amaranthus cruentus*, *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* y *A. hybridus*, obtuvieron alto contenido de lisina (135%) para los granos tratados térmicamente y crudos (147%), así como un contenido satisfactorio de cistina y menores niveles de metionina (90%), valina (65%), isoleucina (56%) y leucina (71%). Estos últimos resultaron ser los aminoácidos limitantes³⁴. Indudablemente el grano de kiwicha tiene un gran potencial de uso en productos para la alimentación y nutrición y puede ser destinado a la población infantil, mujeres embarazadas y en periodos de lactancia y población en general.

La microflora inicial de esta semilla es saprófita y está estrechamente ligada al ambiente donde vive. Estos microorganismos proceden de distintas fuentes, del aire,

del suelo, del agua, de los insectos, de los fertilizantes y de la materia fecal de los animales. El tipo y número de microorganismos integrante de esta flora depende principalmente de las condiciones climáticas donde se haya producido, del suelo, de los métodos de recolección y del tiempo y forma de almacenamiento. Para conocer la calidad higiénico-sanitaria de los granos y precocidos de kiwicha, se utilizaron los indicadores propuestos en el Protocolo para el Análisis Microbiológico de Cereales³⁵. El tratamiento tecnológico para la obtención del grano popeado y laminado, redujo el recuento de las bacterias mesófilas debido a que no se obtuvo ninguna colonia en las diluciones ensayadas. Los valores de recuento de bacterias aerobias mesófilas, de hongos y levaduras, de coliformes para los granos resultaron dentro de los límites sugeridos para cereales. Los recuentos de los indicadores para el producto popeado fueron menores³⁵. Peralta et al.³⁶, establecieron requisitos microbiológicos de calidad que deben cumplir granos de amaranto para su comercialización y consumo, estableciendo como límites máximos: mesófilos aerobios viables UFC/g 106; *Escherichia coli* UFC/g < 10; mohos y levaduras UFC/g 104; salmonella en 25 g ausencia.

Las barras dulces de kiwicha formuladas presentaron un buen aporte calórico, densidad calórica y un buen aporte proteico. Esto resulta importante ya que pueden ser destinadas para personas en diferentes momentos biológicos considerando su distribución calórica, representadas principalmente por los carbohidratos (83%), seguida por las proteínas (10%) y finalmente por las grasas (7%). La variabilidad encontrada respecto al análisis de la composición química está dada principalmente por los ingredientes utilizados en la formulación. De hecho, en otras investigaciones donde se desarrollaron barras con amaranto popeado presentaron un mayor contenido de hidratos de carbono (72%) y menor contenido de proteínas que la barra formulada en este trabajo (7%)³⁷. Otros investigadores formularon barras con copos de kiwicha, con un contenido proteico entre un 11 a 16%, lo cual resulta muy superior al contenido de la barra formulada en la presente investigación³⁸.

Otros estudios donde se formularon barras con amaranto, presentaron menores contenidos de todos los macronutrientes que los obtenidos que las barras dulces formuladas: 5-7% de proteínas, 3-13% de grasas y 22-59% de hidratos de carbono^{39,40}. En concordancia con otras investigaciones, donde establecen que el amaranto puede ser utilizado para la formulación de diversos productos como barras de chocolate, snack, los cuales pueden ser destinados a la población infantil y celiaca⁴¹. Por todo lo discutido anteriormente resulta imprescindible destacar que las proteínas de la barras dulces de kiwicha formuladas presentaron buena calidad, debido a la presencia de ovoalbúmina y una distribución porcentual de calorías similar a las aconsejadas por la OMS para la prevención de ECNT (15% proteínas, 25% grasas y 60% carbohidratos)⁴². Respecto al porcentaje del Valor Diario (% VD), la porción del producto formulado proporciona el 5% del valor energético.

Al comparar las barras dulces de kiwicha con las barras de chocolate comerciales, las cuales presentan aportes similares de calorías (5%), carbohidratos (5%) y menores aportes proteico (2%) y lipídico (6%). En cuanto a la Ingesta Dietética de Referencia (IDR), una porción de barras dulces de kiwicha, presenta una contribución importante de grasas (16,9%) y de proteínas (11% de la IDR) para la población infantil de 4 a 8 años, considerando una etapa crucial y significativa del crecimiento. Como así también podría ser una alternativa de colación en los comedores escolares. En las mujeres embarazadas y en periodo de lactancia, cubren el 3% de la IDR proteica. Estos momentos biológicos son también considerados momentos cruciales, principalmente en el segundo trimestre de embarazo donde la demanda de proteínas es 5 veces más que el primer trimestre debido a la aceleración en la síntesis de los nuevos tejidos (feto, placenta, sangre, etc.). Respecto al adulto, es importante brindar un adecuado aporte proteico considerando un balance nitrogenado en equilibrio. En el presente estudio, las barras de kiwicha cubrirían entre un 3,8% a 4,6% de la IDR (Tabla 2). Por ello resulta importante definir con precisión la cantidad y calidad de proteína requerida para satisfacer las necesidades nutricionales humanas y describir adecuadamente la proteína suministrada por ingredientes alimenticios ya que las necesidades de proteínas es vital para apoyar la salud y el bienestar de las poblaciones humanas.

La textura es la manifestación sensorial y funcional de las propiedades estructurales, mecánicas y superficiales de los alimentos detectados a través de los sentidos de la visión, el oído, el tacto y el olfato. Con el método instrumental, el perfil de textura implica comprimir la muestra, al menos dos veces y cuantificar los parámetros mecánicos de las curvas de fuerza-deformación. Se encontraron buenas correlaciones entre los valores instrumentales y sensoriales como el Análisis de Perfil de Textura⁴³.

Los resultados de la presente investigación son similares a los reportados por Ramos et al.⁴⁴, quienes incorporaron amaranto, quinua y kañiwa (hasta 20% de sólidos) para desarrollar snack extruidos a base de maíz. Los autores determinaron parámetros texturales tales como: porosidad, dureza, chocancia, rugosidad, adhesividad, rigidez, usando distintos métodos tanto instrumentales como sensoriales. El panel sensorial clasificó a los productos extruidos que contienen amaranto y quinua como más crujientes y menos dureza. Hubo una fuerte percepción de partículas duras en extruidos que contienen amaranto y quinua.

Los resultados de nuestro estudio muestran elevados valores de dureza, los que puede deberse a que las mediciones que realizó el equipo hayan estado más concentradas en zonas de mayor proporción de granos modificados, respecto a otros componentes de la formulación, ya que las propiedades texturales se midieron en la barra completa. La dureza de las barras de cereales puede deberse a un mayor contenido de fibra y al tamaño y estructura de las partículas de los ingredientes principalmente³⁸.

En el presente estudio, el producto formulado con

kiwicha laminada presentó mayor adhesividad, lo que podría estar asociado con el mayor grado de desnaturalización de proteínas, gelatinización de almidón y/o dextrinización, como así también a la diferencia que puede ser atribuida a las modificaciones del almidón como consecuencia de los tratamientos térmicos a los que fueron sometidos. También se observó una relación entre el contenido de amilosa y adhesividad, la cual puede deberse a la función principal de amilosa que influencia en la textura debido a que sus cadenas lineales pueden orientarse paralelamente y acercarse lo suficientemente entre sí como para formar uniones intermoleculares, dándole al producto una mayor fuerza de adhesión. Respecto a la rigidez, el aumento de los contenidos de kiwicha puede reducir la rigidez del producto³⁸, podría estar asociada con una mejor gelatinización del almidón durante la pre-cocción. Las diferencias en los parámetros texturales medidos en este estudio pueden ser atribuidas a la composición de los granos a los porcentajes de cada uno de los ingredientes dentro de las formulaciones y a las modificaciones del almidón producidas por el tratamiento. El número de fracturas está relacionado con la crocancia de la muestra. A mayor número de fracturas, mayor crocancia de las muestras. Por ello, en la presente investigación presentaron mejores valores de crocancia las barras con granos de kiwicha popeado. Por su parte, Salazar Garces et al.³⁷ determinaron parámetros texturales en barras de amaranto popeado con el agregado de distintas sustancias emulsionantes (Esteaoril Lactilato de Sodio y Monoglicerido destilado al 90%) presentaron buenas características texturales en cuanto a color, olor y textura.

CONCLUSIÓN

Las barras dulces de kiwicha pueden emplearse como una colación saludable destinada a poblaciones como infantil, embarazadas, mujeres en periodo de lactancia y adultos. La incorporación de granos de kiwicha laminado y popeado permitió obtener un producto alimenticio con una distribución calórica balanceada y de alto valor nutricional por su aporte proteico y de compuestos bioactivos como almidón resistente y fitoesteroles, pero se sugiere formular una barra dietética destinada a personas con colesterol alto, para que este nutriente tenga su efecto funcional. La textura de las barras es diferente según el método de pre-cocción utilizado en el grano de kiwicha. La adición de granos andinos puede encontrar interesantes aplicaciones en el desarrollo de productos con valor nutricional añadido y características texturales diferenciadas.

Financiamiento: La presente investigación fue financiada por el Consejo de Investigación. Universidad Nacional de Salta.

REFERENCIAS

1. Galán MC, Drago SR, Armada M, José RG. Iron, zinc and calcium dialyzability from extruded product based on whole grain amaranth (*Amaranthus caudatus* and *Amaranthus*

- cruentus*) and amaranth/*Zea mays* blends. *Int J Food Sci Nut*. 2013; 64: 502-507.
2. Repo-Carrasco-Valencia R, Hellstrom JK, Pihlava JM, Mattila PH. Flavonoids and other phenolic compounds in Andean indigenous grains: Quinoa (*Chenopodium quinoa*), kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*) and kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *Food Chem*. 2010; 120: 128-133.
3. Contreras E, Jaimez J, Soto JC, Castañeda A, Añorve J. Increasing the protein content of an amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) drink. *Rev Chil Nutr*. 2011; 38: 322-330.
4. Repo-Carrasco-Valencia R, Peña J, Kallio H, Salminen S. Dietary fiber and other functional components in two varieties of crude and extruded kiwicha (*Amaranthus caudatus*). *J Cereal Sci*. 2009; 49: 219-224.
5. Aigster A, Duncan SE, Conforti FD, Barbeau WE. Physicochemical properties and sensory attributes of resistant starch-supplemented granola bars and cereals. *LWT - Food Sci Technol*. 2011; 44: 2159-2165.
6. Estévez AM, Escobar BA, Ugarte V. Use of carob cotyledons (*Prosopis chilensis*) in the production of cereal bars. *Arch Latinoam Nut*. 2000; 50: 148-151.
7. Márquez-Villacorta LF, Pretell-Vásquez C. Evaluation of quality characteristics in cereal bars with high fiber and protein content. *Biotecnol Sector Agropecuario Agroind*. 2018; 16: 67-78.
8. Dietary guidelines for the Argentine population (2016). <http://www.asal.gov.ar/>.
9. Burgos VE, Armada M. Characterization and nutritional value of precooked products of kiwicha grains (*Amaranthus caudatus*). *Food Sci Technol (Campinas)*. 2015; 35: 531-538.
10. Juliano BO. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Scie Today*. 1971; 16: 334-360.
11. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12 th ed. Washington, D.C., The Association, 2002.
12. American Association of Cereal Chemist (AACC). Approved methods of the AACC. Method 32.40-01. St. Paul, MN, The Association, 2002.
13. Czaplicki S, Ogródowska D, Zadernowski R, Derewiaka D. Characteristics of biologically-active substances of amaranth oil obtained by various techniques. *Pol J Food Nut Sci*. 2012; 62: 235-239.
14. Booth VH. Problems in the determination of FDNB-available lysine. *J Sci Food Agric*. 1971; 22: 658-666.
15. WHO/FAO/UNU. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition. WHO Technical Report Series 935. Roma; 2007. 340 p.
16. Lescano G, Del Castillo V, Armada M. ALIM: computer tool for formulation of new foods. *Aliment Latinoam*. 2010; 287: 58-62.
17. ICMFSF. Microorganisms in Food. Vol. 1. Microbiological analysis techniques. 1996. Ed. Acribia, España.
18. APHA. Standard methods for the analysis of drinking and waste water. 1992. Ed. Díaz de Santos. S.A. Madrid, España.
19. Association of Official Agricultural Chemists. Official Methods of Analysis of the AOAC. 12 th ed. Washington, D.C., The Association, 1996.
20. Morón P, Kleiman E, Moreno C. Labeling guide for packaged foods. Secretary of Agriculture, Livestock, Fisheries and Food (SAGPyA), Argentina. 2005. www.sagpya.gov.ar/alimentos
21. National Academy of Science. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for energy, carbohydrate, fiber, fat, fatty acids, protein, and amino acids (Macronutrients). Washington D.C.,

- NAP, 2005. <https://www.nap.edu/search/?term=Dietary+Reference+Intakes+for+Energy%2C>
22. Villarreal ME, Iturriaga LB. Amaranth: An Andean crop with history, its feeding reassessment in America. Kristbergsson K, Oliveira J, eds. *Traditional Foods: General and Consumer Aspects*, 2016, pp. 217-232.
 23. Villarreal ME, Iturriaga LB. Morphological analysis of whole grain, flours and starches of *Amaranthus cruentus* and relative crystallinity of starches. *Anal Semillas*. 2011; 5: 96-98.
 24. Tapia -Blácido D, Sobrak PJ, Menegalli FC. Development and characterization of biofilms based in amaranth flour (*Amaranthus caudatus*): *J of Food Eng*. 2005; 67: 215-223.
 25. Corke H, Cai YZ, Wu HX. The legumes and pseudocereals. Amaranth: Overview. Wrigley C, Corke H, Seetharaman K, Faubion J, eds. *Encyclopedia of Food Grains. The World of Food Grains*, 2016, pp. 285-300.
 26. Dupuis JH, Liu Q, Yada RY. Methodologies for increasing the resistant starch content of food starches: A review. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2014; 13: 1219-1234.
 27. Capriles VD, Coelho KD, Guerra-Matias AC, Arêas JAG. Effects of processing methods on amaranth starch digestibility and predicted glycemic index. *J Food Sci*. 2008; 73: 160-164.
 28. González R, Carrara C, Tosi E, Ré E, Añón MC, Pilosof AMR. Amaranth starch-rich fraction properties modified by extrusion and fluidized bed heating. *LWT-Food Sci Technol*. 2007; 40: 136-143.
 29. González R, Tosi E, Ré E, Añón MC, Pilosof AMR, Martínez K. Amaranth starch-rich fraction properties modified by high-temperature heating. *Food Chem*. 2007; 103: 927-934.
 30. Lagarda MJ, García-Llatas G, Farré R. Analysis of phytosterols in foods. *J Pharm Biomed Anal*. 2006; 41: 1486-1496.
 31. Czaplicki S, Ogródowska D, Derewiaka D, Tanska M, Zadernowski R. Bioactive compounds in unsaponifiable fraction of oils from unconventional sources. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2011; 113: 1456-1464.
 32. Martirosyan DM, Miroshnichenko LA, Kulakova SN, Pogojeva AV, Zolodov VI. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids Health Dis*. 2007; 6: 1-12.
 33. Lara N, Ruales J. Popping of amaranth grain (*Amaranthus caudatus*) and its effect on the functional, nutritional and sensory properties. *J Sci Food Agric*. 2002; 82: 797-805.
 34. Písaříková B, Kráčmar S, Herzig I. Amino acid contents and biological value of protein in various amaranth species. *Czech J Anim Sci*. 2005; 50: 169-174.
 35. Burgeois CM, Mescle JF, Zucca J. Microbiological aspects of food safety and food quality. *Acribia*, Zaragoza, 2002.
 36. Peralta E, Villacrés E, Mazón N, Rivera M. Concepts and quality parameters for amaranth grain (*Amaranthus* spp). *Boletín Técnico N°154*. INIAP, 2011; 32.
 37. Salazar Garces DM, Acurio Arcos LP, Pérez Aldas LV, Valencia Silva AF, Peñafiel Campaña JP. Effect of the use of emulsifiers on the texture of amaranth energy bars. *Rev Alim Hoy*. 2015; 23: 97-111.
 38. Márquez-Villacorta LF, Pretell-Vásquez CC. Evaluation of quality characteristics in cereal bars with high fiber and protein content. *Biotecnol Sector Agropecuario Agroind*. 2018; 16: 67-78.
 39. Taype Araujo JR. Effect of the proportion of kiwicha (*Amaranthus caudatus*) and flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) on the sensory, physicochemical and microbiological characteristics of a food energy bar. National University of Huancavelica; 2017.
 40. Velastegui Abad AR. Development of a nutritious and energetic bar-type food from moringa, quinoa and amaranth. *Guayaquil University*; 2016.
 41. Cornejo LD, Gaido A, López CB. Snack based on amaranth flour with the addition of spirulina, gluten free. National University of Córdoba. Argentina; 2016.
 42. WHO Technical Report Series 916. Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases. Report of a Joint WHO/FAO Expert Consultation; 2003.
 43. Szczesniak AS. Texture is a sensory property. *Food Qual Prefer*. 2003; 13: 215-225.
 44. Ramos Díaz JM, Suuronen J-P, Deegan KC, Serimaa R. Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT - Food Sci Technol*. 2015; 64: 1047-1056.