

Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota

Development of nutritional bars using cereals, Andean grains, and squid protein concentrate

David Roldán Acero¹, Juan Rodolfo Omote- Sibina^{2*}, Andrés Molleda Ordoñez³ y Fabiola Olivares Ponce⁴

Abstract

The extrusion process can be transferred to high Andean areas with the idea of generating value chains for the cultivation of Andean cereals and grains. An extruded product has been developed using cereals, Andean grains and pota protein concentrate (CPPo) to develop a nutritional bar that is well accepted by children from 5 to 10 years of age. The most acceptable product, qualified as a functional product, was made with 60.0% corn, 19.0% rice, 15.0% kiwicha and 6.0% CPPo, the main characteristic of which was the absence of pota odor and flavor. Subsequently, the nutritional bar was prepared using 57.5% of the extruded product and adding 27.5% sugar, 10.0% glucose and 5.0% grated coconut. In the proximal chemical composition of the nutritional bar, the content of proteins (9.56%), fats (3.10%), carbohydrates (79.49%), moisture (6.54%) and fiber (0.63%) are highlighted. The true digestibility (DV) and biological value (BV) of the nutritional bar protein were 90.53% and 94.54%, respectively. Microbiological tests met the requirements for human consumption. Finally, the acceptability of the nutritional bar was high in children (93%) and met the children's requirement for essential amino acids.

Keywords: Nutritional bar, extrusion, squid protein concentrate, cereals, Andean grains.

Resumen

El proceso de extrusión puede ser transferido a zonas altoandinas con la idea de generar cadenas de valor al cultivo de cereales y granos andinos. Se ha elaborado un producto extruido utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota (CPPo) para desarrollar una barra nutritiva de buena aceptabilidad en niños de 5 a 10 años. El producto de mayor aceptación, calificado como producto funcional, fue elaborado con 60,0% de maíz, 19,0% de arroz, 15,0% de kiwicha y 6,0% de CPPo, la que presentó como principal característica ausencia de olor y sabor a pota. Posteriormente, se elaboró la barra nutritiva utilizando 57,5% del producto extruido y adicionando 27,5% azúcar, 10,0% glucosa y 5,0% de coco rallado. En la composición química proximal de la barra nutritiva se resalta el contenido de proteínas (9,56%), grasas (3,10%), carbohidratos (79,49%), humedad (6,54%) y fibra (0,63%). La digestibilidad verdadera (DV) y el valor biológico (VB) de la proteína de la barra nutritiva fue de 90,53% y 94,54%, respectivamente. Los ensayos microbiológicos cumplieron con las exigencias para consumo humano. Finalmente, la aceptabilidad de la barra nutritiva fue elevada en los niños (93%) y cumplió con el requerimiento infantil de aminoácidos esenciales.

Palabras clave: Barra nutritiva, extrusión, concentrado proteico de pota, cereales, granos andinos.

Recibido: 11/12/2021

Aceptado: 30/12/2021

Publicado: 21/02/2022

Sección: Artículo original

*Autor correspondiente: romote@lamolina.edu.pe

Introducción

Se ha reportado que en regiones donde se desarrollan la agricultura, los impactos de la urbanización, la liberalización económica y el calentamiento del planeta, desafían especialmente a la población andina a mitigar y adaptarse a estas nuevas condiciones de vida (Haller y Branca, 2020). En el sector agronegocios, la Cadena de Valor (CDV) se refiere a las etapas de procesos y/o procedimientos que ocurren después de la cosecha de un cultivo hasta la entrega para su uso final (Bolwig *et al.*, 2008). La incorporación de responsabilidad social empresarial (RSE) a las CDVs, se vienen implementando desde la década anterior debido a la inclusión de como disminuir la pobreza rural o conservar el medio ambiente (Scott, 2014). Actualmente, en la región altoandina del Perú, se promueve el modelo de triple hélice con participación de los sectores académico, productivo y/o servicios (sociedad civil) y público (órganos de gobierno

(Escobar-Mamani, *et al.*, 2020).

Balbín Ordaya (2014) sostiene que el cultivo de granos andinos como la quinua y kiwicha, además de

¹Departamento Académico de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina. Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2829-6873>.

²Departamento Académico de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina. Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1395-4973>.

³Departamento Académico de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina. Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2732-0752>.

⁴Departamento Académico de Acuicultura e Industrias Pesqueras, Facultad de Pesquería, Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina. Lima, Perú. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0722-5320>.

Cómo citar: Roldán Acero, D., Omote-Sibina, J. R., Molleda Ordoñez, A. y Olivares Ponce, F. (2022). Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 24(1), 17–26. <https://doi.org/10.18271/ria.2022.383>.



Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) Share - Adapt

ser ricos en nutrientes, contribuyen a la economía de los pueblos y con ello a mitigar la situación de pobreza de los habitantes en zonas rurales, dedicados a la agricultura y pastoreo. El consumo de granos andinos fomenta su cultivo y la conservación de la biodiversidad (GRANO-TEC, 2021); además de ser una opción saludable, económicamente viable y una de las oportunidades que tienen los pueblos andinos para generar ganancias, reducir la pobreza, erradicar el hambre y contribuir a promover la equidad de género en el trabajo rural (Vizcaino *et al.*, 2021).

Los cereales y granos andinos tienen alto contenido de proteínas cuya calidad y cantidad de aminoácidos es superior a la del trigo, son buenas fuentes de energía y micronutrientes como calcio (kiwicha) y vitamina E (quinua), además, aportan fibra dietética (insoluble y soluble). Velásquez-Barreto *et al.* (2021) reportan que la quinua y la kiwicha se consumen cada vez más como alimentos especiales en todo el mundo. En general, las proteínas de los cereales y granos andinos presentan la lisina como aminoácido limitante, que afecta su calidad nutritiva. El valor nutritivo o la calidad de una proteína es útil para establecer la capacidad para satisfacer las necesidades del organismo, esta calidad viene determinada por un alto valor biológico, alta digestibilidad que determinan una alta utilización proteica neta y un alto contenido de aminoácidos esenciales.

El proceso de extrusión con equipos de bajo costo es un tipo de procesamiento de mínima complejidad que resulta viable para ser transferido a zonas altoandinas para su aplicación en la preparación de mezclas alimenticias. Esta alternativa tecnológica nos ofrece la oportunidad de aprovechar de la mejor manera la producción de cereales en las zonas altoandinas de nuestro país; de esta forma, se podrá proporcionar un producto con alto valor nutritivo que contribuya a resolver el problema de desnutrición en nuestro país (Repo-Carrasco *et al.*, 2011). La extrusión es un proceso cuya finalidad es la cocción de materias primas ricas en almidones (maíz, arroz, trigo, harina de papa, taro, harina de frijol, garbanzos y guisantes, entre otros) (Singh y Heldman, 2014; Navarro *et al.*, 2018). Los factores involucrados en este proceso, como velocidad del tornillo, presión, temperatura, tiempo, formulación y humedad de la mezcla, causan transformaciones estructurales, químicas y nutricionales, convirtiendo la mezcla en un producto con una textura y forma deseada. Con el paso de los años esta tecnología se ha convertido en una de las más importantes para el tratamiento térmico de los alimentos. Su popularidad radica en el control automatizado, alta capacidad de operación continua, alta productividad, versatilidad, adaptabilidad, eficiencia energética y bajo costo de procesamiento (Arêas *et al.*, 2016).

La tecnología de extrusión es utilizada ampliamente para la producción de cereales para desayuno, con la finalidad de mejorar su calidad nutricional y nutracéutica (Delgado *et al.*, 2019). La calidad del producto extruido está relacionada con factores sensoriales como apariencia, sabor y sobre todo la textura (Berwig *et al.*, 2017). En la actualidad este tipo de productos han calado en popularidad no solo por los niños y jóvenes sino también por adultos, principalmente porque son alimentos listos para su consumo, estable en almacenamiento y por su prolongada vida en anaquel (Shah *et al.*, 2019; Cappella,

2016).

La elaboración de productos funcionales utilizando cereales, granos andinos y concentrado de proteína de pota se presenta como una buena alternativa debido a que dicho concentrado tiene un alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados de la familia omega 3 (Omote, 2019), por lo que al ser utilizado con cereales y granos andinos se complementarían los aminoácidos limitantes y ácidos grasos esenciales deficitarios, mejorando su calidad nutricional. Por otro lado, los productos extruidos para consumo humano pueden ser utilizados como insumos en el desarrollo de barras nutritivas (Zenteno, 2014; Márquez y Pretell, 2018).

El desarrollo de barras comerciales se ha focalizado fundamentalmente en la obtención de productos de buenas características tecnológicas y sensoriales, prolongada vida útil a temperatura ambiente y formulación en base a ingredientes de bajo costo (Olivera *et al.*, 2012).

Las barras de cereales son productos obtenidos a partir de la compresión de los cereales tostados y pueden contener frutos secos, oleaginosas, semillas y jarabes de azúcar usados como agentes ligantes; constituyendo una opción de comida saludable (Zenteno, 2014). La elaboración de una barra nutritiva utilizando como insumo un producto funcional extruido de cereales, granos andinos y CPPo permitiría obtener un producto de mayor valor nutricional que las barras comerciales por el contenido de aminoácidos esenciales y ácidos grasos polinsaturados del tipo Omega 3. Por otro lado, la elaboración del producto funcional extruido y la barra nutritiva permitiría mejorar la cadena de valor de los cereales y granos andinos, en dicha región.

El objetivo de la investigación fue utilizar cereales y granos andinos con CPPo para elaborar un producto extruido que permita desarrollar una barra nutritiva de buena aceptabilidad con la finalidad de aumentar la cadena de valor del cultivo de los cereales y granos andinos, atender los requerimientos nutricionales de proteínas y aminoácidos de acuerdo a los estándares de la FAO (2017) en niños de 3 a 10 años y determinar sus características fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas.

Materiales y métodos

La investigación se desarrolló en los laboratorios de Procesos e Ingeniería de la Facultad de Pesquería de la Universidad Nacional Agraria La Molina y en la línea piloto de extrusión implementada en la empresa Inversiones Perú Pacífico S.A.

Formulación y elaboración del producto extruido y barra nutritiva

La formulación del producto extruido se realizó teniendo en cuenta el estudio de Roldán *et al.* (2021) y Espinoza *et al.* (2021). Se utilizó como insumos maíz, kiwicha, quinua, arroz, arveja, leche en polvo y CPPo. Los cereales y granos andinos fueron adquiridos en Makro Supermayorista S.A. y el CPPo fue elaborado en el laboratorio de Procesos de la UNALM siguiendo el procedimiento reportado por Omote (2019). Los insumos fueron molidos utilizando un molino de discos marca Naturalia, modelo 25–50 kg/h.

El desarrollo de las barras nutritivas se realizó en dos etapas, en la primera se evaluaron cuatro mezclas de insumos (F1, F2, F3, F4), para obtener el producto extruido. Las mezclas utilizadas fueron formuladas teóricamente tratando que presenten más del 12% de proteína y que su computo o score químico, utilizando los requerimientos de aminoácidos en niños de 3 a 10 años (FAO, 2017), no muestre ningún aminoácido esencial limitante. Las diferentes mezclas experimentales fueron homogenizadas en una mezcladora horizontal con doble eje helicoidal marca Seminario, modelo MHV50-I y posteriormente extruidas en una extrusora de tornillo simple con sistema de alimentación por gravedad marca seminario, modelo Rs40. La velocidad de alimentación y temperatura durante la extrusión fue de 31,5 kg/h y 175 ± 5 °C, respectivamente. Las muestras extruidas fueron evaluadas sensorialmente y se seleccionó la muestra extruida que presentó las mejores características de extrusión y preferencia.

En la segunda etapa se utilizó la formulación seleccionada en la primera etapa para formular dos mezclas adicionales (F5 y F6) con mayor contenido de CPPo con la finalidad de elevar su contenido de proteína y aminoácidos. Con las muestras extruidas F4 y las modificadas se elaboraron las barras nutritivas.

La elaboración de la barra nutritiva se realizó teniendo en cuenta el procedimiento reportado por Olivera *et al.* (2012) con modificaciones. Se utilizó coco rallado como saborizante y una mezcla de azúcar rubia y glucosa como líquido aglomerante. Según recomendación de Jaramillo (2013), la proporción de los ingredientes sólidos y líquidos para la elaboración de la barra nutritiva fue 37,5% de mezcla líquida y 62,5% de sólidos, respectivamente. El mezclado de los insumos se realizó en una mezcladora (Nova, Perú) y luego la mezcla fue colocada en un molde acerado de 2,0 cm de alto, 30,0 cm de largo y 12,0 cm de ancho. En la mezcla moldeada se realizaron cortes para formar unidades de 10,0 cm de largo, 4,0 cm de ancho y peso aproximado de 12,5 g. Las barras fueron enfriadas a temperatura ambiente (20 ± 1 °C) hasta formar una estructura sólida y crocante. Finalmente, las barras fueron envasadas en bolsas de aluminio laminadas y almacenadas a temperatura ambiente (20 ± 1 °C) hasta la evaluación correspondiente.

Análisis químico proximal

Se realizaron análisis de composición químico proximal en los insumos utilizados en la formulación del producto extruido y la barra nutritiva. Se determinó la humedad, ceniza, proteína bruta usando un factor de conversión de nitrógeno a proteína de 6,25 y el contenido de grasa cruda, según procedimiento de AOAC (2012). Antes del proceso de extrusión se determinó la humedad de las mezclas utilizando una balanza de humedad modelo PMR 50/NH (Radwag, Polonia). Los análisis fueron realizados por triplicado.

Análisis físicos

Los análisis físicos se determinaron en el producto extruido. El Índice de Expansión (IE) se obtuvo dividiendo el diámetro del producto extruido entre el diámetro de la matriz utilizada (Philipp *et al.*, 2017). El

Índice de Absorción de Agua (IAA) se determinó según procedimiento descrito por Stojceska *et al.* (2008); en un tubo de centrífuga se colocó 1 g de extruido con 50 mL de agua destilada, se dejó reposar 30 min a temperatura ambiente (20 ± 1 °C) y se centrifugó durante 15 min a 4000 rpm utilizando una Centrífuga (Hettich Zentrifugen-Mikro, Alemania). El IAA fue el valor del peso del gel obtenido después de la eliminación del sobrenadante por unidad de peso de sólidos secos originales.

Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en la barra nutritiva final según procedimiento descrito en Ingram *et al.* (1983). Se determinó el Número de Aerobios Mesófilos (UFC/g), Número de Bacillus cereus (UFC/g) y Número de Coliformes (NMP/g), Número de Staphylococcus aureus (NMP/g) y Número de Mohos (UFC/g).

Análisis biológico

Para el ensayo biológico de la barra nutritiva final se determinó la Utilización Proteica Neta (UPN), Digestibilidad Verdadera (DV) y se calculó el Valor Biológico (VB); según las recomendaciones de Frías *et al.* (2011).

Evaluación sensorial

Las muestras elaboradas de las mezclas extruidas y barras nutritivas fueron evaluadas sensorialmente mediante pruebas de preferencia utilizando un panel de 30 niños no entrenados entre 5 a 10 años. A los panelistas se les solicitó señalar cuál de las muestras era más agradable, asignando un valor a cada atributo según la categoría reportada en la escala descendente; los atributos fueron apariencia, color, olor, sabor y textura (crocantez). La prueba de aceptabilidad de la barra nutritiva fue realizada según una prueba hedónica de 5 valores, según investigación de da Cunha *et al.* (2013), Espinoza *et al.* (2021) y Natabirwa *et al.* (2020).

Análisis estadístico

En las pruebas de preferencia de las muestras extruidas se aplicó el método no paramétrico de la prueba de Friedman con un nivel de significancia del 5%. Al hallar diferencia estadística entre las muestras se procedió con la prueba de comparaciones múltiples de Tukey para determinar cuál es la muestra diferente. Las características de: color, apariencia, olor, sabor y textura; en todos los experimentos fueron medidas en una escala de 1 al 5 siendo: Excelente (5), Muy bueno (4), Bueno (3), Malo (2) y Muy malo (1). El procesamiento de datos se hizo con ayuda del programa estadístico Infostat 08.

Los resultados de la prueba de aceptabilidad fueron analizados mediante la prueba “t” de hipótesis de medias con significancia ($\alpha = 0.05$) recomendada por Surco *et al.*, (2011).

Tabla 1. Formulación de mezclas experimentales (%)

Insumos	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Harina de maíz	60,00	60,00	60,00	60,00
Harina de arroz	6,00	18,50	16,00	21,00
Harina de quinua	20,00	0,00	0,00	0,00
Harina de kiwicha	0,00	15,00	15,00	15,00
Harina de arveja	10,00	0,00	5,00	0,00
Leche en polvo	0,00	2,50	0,00	0,00
CPPo	4,00	4,00	4,00	4,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00
Proteína	12,89	14,51	13,18	12,51

Tabla 2. Cómputo químico de aminoácidos de las mezclas experimentales

Aminoácidos	Computo químico			
	F ₁	F ₂	F ₃	F ₄
Isoleucina	151,07	147,91	147,37	147,20
Leucina	158,92	160,82	157,44	160,78
Metionina+cistina	175,54	164,91	160,07	165,90
Lisina	121,47	115,62	117,09	112,55
Fenilalanina+Tirosina	196,28	191,01	186,64	188,38
Treonina	163,55	164,14	163,20	163,49
Triptofano	136,94	162,05	157,33	160,20
Valina	122,46	126,33	123,48	124,81
Histidina	138,09	126,72	125,32	125,07

Resultados

La composición química proximal de los insumos utilizados para elaborar el producto extruido se encontró dentro de los valores reportados por Reyes *et al.* (2017). Destaca el alto contenido de proteína del CPPo (85,42%), similar al encontrado por Roldán *et al.* (2021). Al respecto Omote (2019) reporta que el CPPo presenta en promedio 85,0% de proteína y 3,2% de grasa, correspondiendo el 44,2% al contenido de ácidos grasos de tipo omega 3 (EPA y DHA).

La Tabla 1 muestra la formulación de las cuatro mezclas experimentales en la elaboración del producto extruido.

En todas las mezclas propuestas la proporción de harina de maíz fue constante (60%) debido al alto contenido de amilopectina que le confiere las cualidades de expansión durante el proceso de extrusión de mezclas de cereales y granos andinos con concentrado proteico de pota (Roldán *et al.*, 2021). El maíz (*Zea mays* L.) es considerado uno de los tres cereales más cultivados en el mundo y es reconocido por sus propiedades antioxidantes (Roh *et al.*, 2016). Aunque posee alto contenido de carbohidratos (58-72%) y lípidos mayormente insaturados (5%), presenta un bajo contenido en proteínas (aproximadamente 10%) y en consecuencia un bajo valor biológico debido al desequilibrio entre los aminoácidos (López *et al.*, 2012).

En la Tabla 2 se presenta el cómputo químico (aminoácido del alimento / aminoácido patrón x 100) de las mezclas experimentales para elaborar el producto extruido, considerando como patrón el contenido de aminoácidos propuestos por FAO (2017) para niños de 3 a 10 años).

Los resultados del cómputo químico de los aminoácidos esenciales de las cuatro mezclas experimentales fueron mayores de 100. Según el patrón de requerimientos de aminoácidos esenciales para niños de 3 a 10 años (FAO, 2017), las mezclas experimentales no presentaron ningún aminoácido esencial limitante.

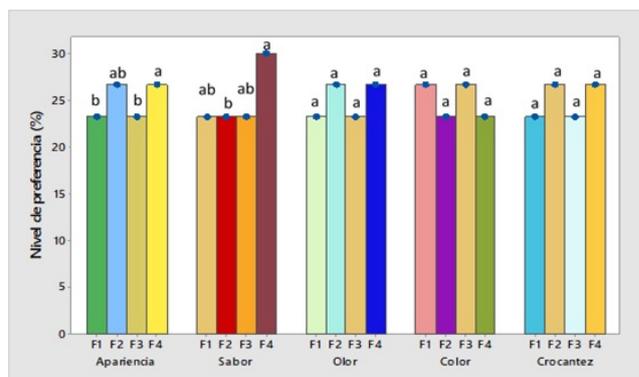


Figura 1. Nivel de Preferencia (%) de las mezclas experimentales extruidas

Tabla 3. Formulación de mezclas para evaluar mayor contenido de CPPo

Insumos	F ₄	F ₅	F ₆
Harina de maíz	60,00	60,00	60,00
Harina de arroz	21,00	19,00	17,00
Harina de kiwicha	15,00	15,00	15,00
CPPo	4,00	6,00	8,00
Total	100,00	100,00	100,00

En todas las muestras extruidas el color fue beige claro y no se presentó olor residual a pota. Este resultado fue similar al reportado por Roldán *et al.* (2021), quienes encontraron que con 4,63% de CPPo, el extruido elaborado con maíz, arroz, cebada y arveja no presentaba olor ni sabor residual a pota o marisco. Los resultados de medias de la prueba de preferencia realizada con las muestras extruidas indicaron que no existe una diferencia significativa entre ellas; por ello, se seleccionó la mezcla extruida F₄ por presentar mayor preferencia en la característica sabor (Figura 1).

La mezcla F₄ fue seleccionada para evaluar su comportamiento con mayor porcentaje de CPPo, con la finalidad de elevar el contenido de proteína del extruido. Roldán *et al.* (2021) reporta la fortificación de un extruido de maíz y cebada, ricos en almidón, con proteína de arvejas; sin embargo, ello dio como resultado cambios significativos en las características físico-sensoriales del extruido. La formulación de las nuevas mezclas (F₅ y F₆) se presenta en la Tabla 3.

Los resultados del Índice de Expansión (IE) y la determinación del Índice de Absorción de Agua (IAA) de las mezclas con mayor contenido de CPPo extruidas (F₄, F₅ y F₆), considerados productos extruidos funcionales, se reportan en la Tabla 4.

Las tres muestras de producto funcional extruido (F₄, F₅ y F₆) fueron utilizadas para elaborar las barras

Tabla 4. Índice de Expansión (IE) e Índice de Absorción de Agua (IAA) de productos funcionales extruidos (F₄, F₅ y F₆)

Muestra	Variables independientes		Variables respuesta	
	Humedad de la mezcla (%)	Temperatura de extrusión (°C)	IE	IAA
F ₄	14,56±0,12	175±5	2,40±0,23	5,76±0,56
F ₅	14,62±0,15	175±6	2,38±0,19	4,92±0,47
F ₆	14,45±0,11	175±7	1,90±0,22	4,84±0,52

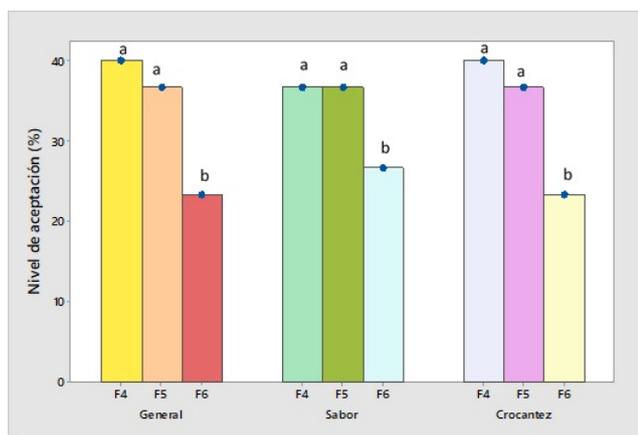


Figura 2. Nivel de Preferencia (%) de la barra nutritiva según contenido de CPPo

Tabla 5. Composición proximal de la barra nutritiva (g/100 g de muestra)

Ensayo	Resultado
Humedad	6,54±0,11
Proteína bruta	9,56 ±0,13
Grasa cruda	3,10 ±0,10
Fibra	0,63 ±0,17
Ceniza	0,68 ±0,31
Carbohidratos	79,49 ±0,43

nutritivas. En la formulación de las barras se utilizó 27,50% de azúcar rubia, 10,0% de glucosa y 5,0% de coco rallado. En la figura 2 se presentan imágenes de las barras nutritivas con extruido de harinas de maíz, kiwicha, arroz y CPPo.

De acuerdo con los resultados de la prueba de preferencia de las barras nutritivas no se encontraron diferencias significativas entre las muestras F₄ y F₅, pero sí entre las muestras F₄ y F₆, tal como se muestra en la Figura 2.

Según los resultados obtenidos, el porcentaje de CPPo en el producto funcional extruido afectó las características de sabor y crocantez de las barras elaboradas con la mezcla F₆, resultado atribuido al contenido de proteína que presenta el CPPo. En ese sentido, los resultados nos indicarían que, para la elaboración de barras el contenido máximo de CPPo en el producto funcional extruido debe ser 6%. El Índice de Gelatinización del almidón en el producto funcional extruido fue 95,4/100 g de muestra original.

Teniendo en cuenta las características generales, crocantez y sabor, se seleccionó la barra elaborada con el producto funcional extruido F₅ con 6% de CPPo, con la finalidad de incrementar el aporte de proteína y aminoácidos esenciales en la barra nutritiva.

La composición proximal de la barra nutritiva se presenta en la Tabla 5.

Osorio *et al.* (2016) reportan que el contenido de proteína en barras de cereales está en función de la cantidad incorporada de sus ingredientes en las formulaciones, así como a la calidad de las proteínas que estos presentan. Ramos *et al.* (2015) mencionan que la kiwicha es un cereal andino de América del Sur, que se ha mantenido como una materia prima básica desde la época

Tabla 6. Análisis microbiológicos de la barra nutritiva

Análisis	Resultado
N. Aerobios Mesófilos (UFC/g)	11 x 10 Estimado
N. de <i>Bacillus cereus</i> (UFC/g)	< 10 ² Estimado
N. de Coliformes (NMP/g)	< 3
N. de <i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g)	< 3
N. de Mohos (UFC/g)	< 10 Estimado

prehispánica, debido a su cantidad y calidad proteica (comparable a la caseína), y a un alto contenido en fibra y compuestos bioactivos. En consecuencia, la mezcla de kiwicha, arroz y maíz enriquecidos con CPPo, permitió obtener un producto funcional de alto valor nutritivo.

Por otro lado, Gebremariam *et al.* (2014) reporta que el alto porcentaje de proteína que pueden tener los cereales de uso común para la elaboración de pastas alimenticias no significa que algunos aminoácidos esenciales, como la lisina, metionina y valina estén presentes; normalmente este tipo de aminoácidos en los cereales comunes están en cantidades limitadas. En este sentido, la inclusión del CPPo en la formulación del producto tuvo como finalidad complementar el contenido de los aminoácidos limitantes y presentarlo como producto funcional. Sin embargo, se debe considerar que el valor nutritivo de un alimento dependerá de las pérdidas inevitables que tienen lugar durante la digestión del alimento, así como de la absorción y el metabolismo de los nutrientes. Debido al alto contenido proteico (85,42%), el CPPo se ha considerado como el principal ingrediente condicionante del contenido y la calidad proteica del producto final, afirmación que se demuestra con los resultados obtenidos en los ensayos biológicos de la proteína en la barra nutritiva.

Los valores obtenidos tanto para la UPN (85,58%), la DV (90,53%), como para el VB (94,53%), fueron elevados y confirman la adecuada mezcla y proporción de harinas de maíz, arroz, kiwicha y CPPo en el producto funcional extruido utilizado en la elaboración de la barra nutritiva. Al respecto, Olivera *et al.* (2012), al caracterizar barra con ovoalbúmina, reportaron valores inferiores de estos parámetros (UPN=49%; DV=81,5% y VB=60,3%). Así mismo, para un producto extruido con quinua, tarwi y camote y con 20,16% de proteína, se ha reportado valores de DV de 83,5% y VB de 62,9% (Pérez *et al.* 2017).

Los resultados del análisis microbiológico de la barra nutritiva se presentan en la Tabla 6, y confirman las buenas condiciones de higiene en todo el proceso de elaboración de la barra nutritiva.

Para las pruebas de aceptabilidad de las barras nutritivas se trabajó con un panel infantil de 5 a 10 años. Los resultados demostraron un 93,3% de aceptabilidad y obteniendo un 53,3% con la calificación "me encantó" (Figura 3). Así mismo, el resultado confirmó la adecuada formulación de insumos utilizada en la elaboración del producto funcional extruido y la barra nutritiva.

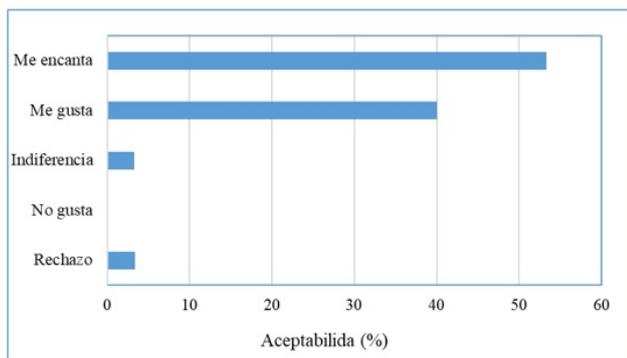


Figura 3. Prueba de aceptabilidad de la barra nutritiva

Discusión

Las características nutricionales obtenidas en las mezclas experimentales permiten, al producto extruido, ser considerado como producto funcional. Al respecto Roberfroid (2000) menciona que el desarrollo de alimentos funcionales como los lácteos, bebidas, cereales y derivados, carnes, entre otros; puede llevarse a cabo mediante la utilización de distintas estrategias, siendo una de ellas incrementar o incorporar nutrientes. El proceso de incrementar supone adicionar un nutriente al producto alimentario para que este alcance un nivel más elevado que el que presenta normalmente; mientras que la incorporación implica la adición de un nivel apropiado de un nutriente inexistente, como es el caso de la adición ácidos grasos poliinsaturados omega 3 (EPA y DHA), en alimentos.

Freire (2018) reporta que las proteínas de origen animal al ser muy similares a las del organismo humano, tienen una mayor calidad nutricional y presentan un alto porcentaje de aminoácidos esenciales ($\leq 40\%$), entre los que se destacan la lisina, isoleucina, treonina, valina, leucina, metionina, fenilalanina, histidina y triptófano. Por otro lado, Staffolani (2017) menciona que en la mayoría de los cereales la lisina es el aminoácido esencial limitante. El elevado valor del cómputo químico encontrado en las mezclas experimentales (F_1 , F_3 y F_4), indicarían que los aminoácidos limitantes de los cereales, principalmente en el contenido de lisina fueron adecuadamente complementados con el contenido de aminoácidos del CPPo; mientras que en el caso de la muestra F_2 fue complementada con CPPo y leche en polvo.

Las muestras extruidas no presentaron olor residual a pota, resultado similar al reportado por Roldán *et al.* (2021) utilizando cebada y harina de arveja. Por lo general, los snacks extruidos y los cereales para el desayuno contienen altas cantidades de almidón de trigo, maíz, arroz u otras fuentes. El almidón y la harina de arroz son los ingredientes preferidos en el procesamiento de extrusión de baja humedad debido a su color blanco, sabor suave, hipoalergenicidad y facilidad de digestión (Kedan *et al.* 2003). Además, se caracteriza por presentar pequeños gránulos de almidón, que permiten una buena expansión y hacen del almidón de arroz un ingrediente adecuado para extruir snacks (Bhattacharya, 2012). Sin embargo, muchos snacks extruidos a base de almidón tienen un valor nutricional bajo, motivo por el cual, en los últimos años, la adición de proteínas para producir snacks con mayor valor nutricional y propiedades promotoras de la salud están siendo investigadas en diversos estudios

(Brennan *et al.*, 2013; Day y Swanson, 2013, Espinoza *et al.* 2021).

Los valores del IE de las muestras F_4 , F_5 y F_6 estuvieron entre $1,90 \pm 0,22$ y $2,40 \pm 0,23$; valores que son superiores a los reportados por Kowalski *et al.* (2016) en extruidos de quinua. Al respecto, los autores indican que el IE observado en quinua extruida variaron entre 1,19 y 1,67 y fueron bajos en comparación con otras harinas de uso común en el procesamiento por extrusión, como los extruidos de almidón de maíz comercial que presentan valores del IE de 4,0. La reducción de la expansión se da principalmente por la presencia de fibra insoluble que tiende a retener agua en la matriz de la fibra durante la cocción por extrusión, reduciendo así el vapor creado. A diferencia de los polímeros basados en almidón, las fibras inertes tienden a ser rígidas y pueden causar la ruptura de las paredes celulares y evitar que las burbujas de aire se expandan al nivel máximo (Kowalski *et al.*, 2016).

Kameko (2005) clasifica el índice de expansión (IE) como bajo ($\leq 1,5$), mediano (1,6-2,0) o alto (>2). De acuerdo con esta clasificación, las muestras F_4 (con 14,56% de humedad y 4% de CPPo) y F_5 (con 14,62% de humedad y 6% de CPPo), presentaron un alto valor de IE; mientras que la muestra F_6 , producto funcional extruido con 8% de CPPo y humedad de 14,45%, presentó un IE mediano. En tal sentido, si se mantiene una humedad promedio de 14,54%, se podría afirmar que el mayor contenido de carbohidratos y menor contenido de proteínas en las mezclas, favorecerían el aumento del IE de las muestras extruidas. Al respecto, Peksa *et al.* (2016) mencionan que la transformación del almidón, principal componente de los carbohidratos en los cereales, durante la extrusión es responsable por las propiedades fisicoquímicas de los productos extruidos como el índice de absorción de agua, el índice de expansión, densidad del producto y estructura o textura. González *et al.* (2019) reportaron valores de IE de $3,07 \pm 0,05$ y $3,21 \pm 0,19$ en productos extruidos con sémola de maíz y harina de papa, en proporciones de 90:10 y 50:50 respectivamente; diferencia que fue atribuida al mayor contenido de almidón.

Riaz y Rokey (2012) mencionan que a medida que el nivel de proteína en una mezcla se aumenta, generalmente compuesta por almidón, se observan cambios en la expansión, textura y durabilidad del producto. Los niveles más altos de proteínas generalmente resultan en una menor expansión, ya que la proteína es menos viscoelástica que el almidón. Durante la cocción por extrusión, las proteínas se despliegan, realinean, hidrolizan y pueden reticularse con otros ingredientes como el almidón; estas transformaciones y reacciones se ven reforzadas por un alto contenido de proteínas que afecta la expansión y la calidad de la textura de los productos extruidos. Es decir que, como resultado de la competencia por el agua disponible entre las fracciones de almidón y proteína, se produce un retraso en la gelatinización del almidón, y por consiguiente una menor expansión en los productos extruidos (Day y Swanson, 2013; Pérez *et al.*, 2017). Por otro lado, Sumargo *et al.* (2016) indican que una mayor concentración de proteína puede producir fluctuaciones en la presión y la temperatura cuando el material se mueve a través del barril de extrusión, afectando negativamente la expansión.

Con respecto del índice de absorción de agua (IAA),

se observó que los resultados (4,84 a 5,76) fueron ligeramente superiores a los reportados por Navarro *et al.* (2018), quienes trabajando con mezclas que incluían maíz en su formulación obtuvieron valores de IAA que oscilaban entre $3,66 \pm 0,10$ y $5,22 \pm 0,14$. Esta diferencia podría deberse al contenido de polisacáridos solubles liberados de las cadenas de polímero de almidón después del proceso de extrusión. Al respecto, Peksa *et al.* (2016) mencionan que el número de grupos hidroxilo disponibles para formar enlaces de hidrógeno con agua depende del grado de gelatinización, comportamiento que afecta la disminución o aumento del valor de IAA.

Sensorialmente la muestra extruida con 6% de CPPo presentó las mejores puntuaciones. Al respecto, Roldán *et al.* (2021) recomiendan hasta 4% de CPPo para un producto extruido de cereales y granos andinos; valor que puede incrementarse por los componentes de la barra que incluyen azúcar y coco rallado. Así mismo, los resultados indicaron que el mayor contenido de CPPo disminuyó la crocancia de los productos funcionales extruidos F₅ y F₆; es posible que el mayor contenido de proteína altere el comportamiento de expansión que tiene el almidón durante el proceso de extrusión.

Villarroe *et al.* (2018) reportan que el almidón es el polisacárido más utilizado en la industria alimentaria como ingrediente esencial, por su gran versatilidad y su costo relativamente bajo.

El Índice de Gelatinización del almidón de 95,4/100 g de muestra original fue adecuado. Este Índice de Gelatinización es un indicativo del grado de digestión que tendrá el alimento una vez consumido debido a que los almidones gelatinizados son mucho menos resistentes a la hidrólisis enzimática que los crudos.

Por otro lado, los altos valores de DV, NPU y VB indicaron que la proteína del producto extruido y la barra nutritiva fue adecuada y presentó todos los aminoácidos esenciales. Martínez y Martínez (2006) mencionan que la proteína es un macronutriente esencial para el crecimiento y el mantenimiento de las estructuras corporales. Un concepto importante en nutrición proteica es la calidad de la proteína que viene determinada principalmente por el perfil y proporción de los aminoácidos que la componen. La digestibilidad de la proteína es considerada el coeficiente más importante cuando se calcula la cantidad de las proteínas en humanos. El valor nutricional de las proteínas vegetales suele mejorarse gracias a las condiciones de cocción por extrusión dándose así en el producto un aumento en la digestibilidad. Si bien la evaluación biológica de la barra nutritiva es alentadora, se debe tener presente las conclusiones de Dussán *et al.*, (2019) quienes mencionan que el proceso termo mecánico de extrusión incide en las propiedades nutricionales finales de los productos secos, siendo notoria la pérdida de aminoácidos y en particular de lisina.

La metabolización de las proteínas forma parte de un equilibrio, el cuerpo absorbe lo que necesita y el resto lo excreta de múltiples formas. El valor biológico de una proteína depende de la composición de aminoácidos y de las proporciones entre ellos y es máximo cuando estas proporciones son las necesarias para satisfacer las demandas de nitrógeno para el crecimiento, la síntesis, y reparación tisular (Suárez-López *et al.*, 2006). El alto VB (94,53%) de las proteínas de la barra nutritiva formulada con el producto funcional extruido con 6% de CPPo,

indicaría que los parámetros de extrusión utilizados no afectarían en demasía los componentes de la mezcla elaborada y le permitiría al consumidor aprovechar en un alto porcentaje el contenido de proteína y aminoácidos esenciales presentes.

Los resultados microbiológicos confirmaron las buenas condiciones higiénicas y sanitarias de los insumos y del proceso realizado. La alta aceptabilidad (93,3%) en niños de edad preescolar y escolar permite proponer la barra nutritiva elaborada como una alternativa de producto funcional que podría ser utilizado en programas de asistencia social alimentaria en las regiones andinas del país.

Conclusiones

Se ha desarrollado una barra nutritiva a partir de la mezcla extruida de maíz, arroz, kiwicha y concentrado de proteína de pota, obteniéndose una elevada aceptabilidad (93,3%) con ausencia de olor y sabor a pota para niños de 3 a 10 años. La barra nutritiva cumplió con el requerimiento infantil de aminoácidos esenciales, presentó digestibilidad proteica verdadera de 90,53% y un índice de gelatinización del almidón del 95,4%. Se concluye que las mezclas extruidas propuestas permitieron obtener productos con potenciales propiedades funcionales para consumo directo como las barras nutritivas desarrolladas en el presente trabajo. Por lo tanto, es necesario realizar mayor investigación que aporte conocimiento en beneficio de las comunidades locales y productoras de cereales y granos andinos con el fin de consolidar e incrementar su cultivo y el desarrollo de productos, en el marco de actividades sostenibles y sustentables que no afecten las condiciones ambientales de la región consolidando las cadenas de valor.

Agradecimientos

Los autores agradecen el financiamiento recibido a través de Subproyecto N° 067-2018-FONDECYT-BM-IADT-AV del Programa Nacional de Investigación Científica y Estudios Avanzado (PROCIENCIA), Concejo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Tecnológica (CONCYTEC) y Grupo Banco Mundial.

Referencias

- . AOAC-Association of Official Analytical Chemists (2012). *Official Methods of Analysis*. Washington. Kenneth Helrich.
- . Arêas, J., Rocha-Olivieri, C. y Marques, M. (2016). Extrusion cooking: Chemical and nutritional changes. In B. Caballero, P. Finglas y F. Toldrá (Eds. *Encyclopedia of Food and Health* (pp. 569–575). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384947-2.00266-X>.
- . Balbin Ordaya, B. (2014). Alimentos nutraceuticos de los andes peruanos para enfrentar la desnutrición. *Boletín de GAEA*, 133, 10. <http://www.gaea.org.ar/BOLETIN133.pdf>.
- . Berwig, K., Marques, D., Silva, D., Mendes, M., Raniero, G., Monteiro, C. y Monteiro, A. (2017). Texture on extruded snack: correlation between instrumental and sensory analysis. *Chemical Engineering Transactions*, 57, 1723–1728. <https://doi.org/10.3303/CET1757288>.

- . Bhattacharya, S. (2012). Raw materials for extrusion of foods. In M. Maskan y A. Altan (Eds.), *Advances in food extrusion technology* (pp. 69–85). CRC Press-Taylor Francis Group.
- . Bolwig, S., Du Toit, A., Riisgaard, L. y Halberg, N. (2008). *Integrating poverty, gender and environmental concerns into value chain analysis. A conceptual framework and lessons for action research [Working paper no 2008/16]*. Danish Institute for International Studies. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/44670/1/573597499.pdf>.
- . Brennan, M., Derbyshire, E., Tiwari, B. y Brennan, C. (2013). Ready-to-eat snack products: The role of extrusion technology in developing consumer acceptable and nutritious snacks. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(5), 893–902. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12055>.
- . Buendía-Martínez, I. y Carrasco, I. (2013). Mujer, actividad emprendedora y desarrollo rural en América Latina y el Caribe. *Cuadernos de desarrollo rural*, 10, 21–45. <https://doi.org/10.1114/Javeriana.cdr10-72.maed>.
- . Cappella, A. (2016). *Desarrollo de barra de cereal con ingredientes regionales saludable nutricionalmente*. [Tesis Profesional, Universidad Nacional de Cuyo]. https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/8188/tesis-brom.-cappella-agostina-24-10-16.pdf.
- . Da Cunha, D., Assunção Botelho, R., Ribeiro de Brito, R., de Oliveira Pineli, L. y Stedefeldt, E. (2013). Métodos para aplicar las pruebas de aceptación para la alimentación escolar: validación de la tarjeta lúdica. *Revista chilena de nutrición*, 40 (4), 357–363. <https://www.redalyc.org/pdf/469/46929416005.pdf>.
- . Day, L. y Swanson, B. (2013). Functionality of protein-fortified extrudates. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 12 (5), 546–564. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12023>.
- . Delgado-Nieblas, C.; Ruiz-Beltrán, K.; Sánchez-Lizárraga, J., Zazueta-Morales, J., Aguilar-Palazuelos, E., Carrillo-López, A. Camacho-Hernández, I. y Quintero-Ramos, A. (2019). Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *CyTA – Journal of Food*, 17(1), 240–250. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1566276>.
- . Dussán-Sarria, S., De la Cruz-Noguera, R. y Godoy, S. (2019). Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Información tecnológica*, 30(6), 93–100. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000600093>.
- . Escobar, F., Branca, D. y Haller, A. (2020). Investigación de montaña sobre y para la región andina. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22 (4), 311–312. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.191>.
- . Espinoza, K., Roldán, D. y Martínez, N. (2021). Elaboración de Snack extruido a partir de Cereales y Concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. *Rev. Anales Científico*, 82 (1), 180–191. <http://dx.doi.org/10.21704/ac.v82i1.1755>.
- . FAO-Food and Agriculture Organization. (2017). *Evaluación de la calidad de la proteína de la dieta en nutrición humana. Consulta de expertos*. FAO/FINUT. <https://www.finut.org/wp-content/uploads/2017/11/Estudio-FAO-92-y-documentos-adicionales-al-23112017-1.pdf>.
- . Freire, M. (2018). *Desarrollo de emulsiones dobles y emulsiones dobles gelificadas como análogos de grasa y su aplicación en productos cárnicos funcionales* [Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid]. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/49912/1/T40546.pdf>.
- . Frías, J., Giacomino, S., Peñas, E., Pellegrino, N., Ferreyra, V., Apro, N., Olivera Carrión, M. y Vidal-Valverde, C. (2011). Assessment of the nutritional quality of raw and extruded *Pisum sativum* L. var. laguna seeds. *Food Science and Technology*, 44 (5), 1303–1308. DOI:10.1016/j.lwt.2010.12.025.
- . Gebremariam, M. M., Zarnkow, M. y Becker, T. (2014). Tef (Eragrostis tef) as a raw material for malting, brewing and manufacturing of gluten-free foods and beverages: a review. *Journal of food science and technology*, 51 (11), 2881–2895. <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0745-5>.
- . González, L., Guemes, N., Chel, L., Bernardino, A., Soto, S., Chanoa, J. y Quintero, A. (2019). Physical-chemical characterization and antioxidant properties of extruded products made from mixtures composed of corn grits and red potato flour (*Oxalístuberosa*). *CyTA – Journal of Food*, 17 (1), 69–77. <https://doi.org/10.1080/19476337.2018.1554703>.
- . GRANOTEC (2021). *Departamento Técnico. Granos andinos: Como mejorar su inclusión en panes*. GRANOTEC. <https://www.granotec.com/articulos-granotec/37-granos-andinos-co-mo-mejorar-su-inclusio-n-en-panes>.
- . Haller, A. y Branca, D. (2020). Montología: una perspectiva de montaña hacia la investigación transdisciplinaria y el desarrollo sostenible. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 22 (4), 313–322. <http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.193>.
- . Ingram, M., Bray, D., Clark, D., Dolmon, C., Elliot, R., y Thetcher, F. (1983). *Microorganismos de los Alimentos. Técnicas de Análisis Microbiológicos*. Editorial Acribia S. A.
- . Jaramillo, L. y Ramírez, L. (2013). *Evaluación de las características texturales y sensoriales de una barra de Granola obtenida mediante moldeado en frío* [Tesis de Ingeniero en Alimentos, Universidad San Francisco de Quito]. <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1934>.
- . Kadan, R., Bryant, R. y Pepperman, A., (2003). Functional properties of extruded rice flours. *Journal of Food Science*, 68 (5), 1669–1672. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb12311.x>.
- . Kameko, J. (2005). *Determinación de los parámetros de extrusión en un extrusor de bajo costo para la obtención de una mezcla base para desayuno a partir de oca (Oxalístuberosa Mol.), olluco (Ullucus tuberosum Loz.) y quinua (Chenopodium quinua Wild)* [Tesis Ingeniero, Universidad Nacional Agraria La Molina].
- . Kowalski, R., Medina Meza, I., Thapa, B. y Murphy, K. (2016). Extrusion processing characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa Willd.*) var. Cherry Vanilla. *Journal of Cereal Science*, 70, 91–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2016.05.024>.
- . López, S., García, G. y Ibarra, B. (2012). El maíz (*Zea mays* L.) y la cultura Maya. *Biotecnía*, 14(3), 3–8. <https://doi.org/10.18633/bt.v14i3.123>.

- . Martínez Augustin, O. y Martínez de Victoria, E. (2006). Proteínas y péptidos en nutrición enteral. *Nutrición Hospitalaria*, 21, 1–14. <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/3717.pdf>.
- . Márquez, L. y Pretell, C. (2018). Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 16 (2), 69–78. <https://doi.org/10.18684/bsaa.v16n2.1167>.
- . Natabirwa, H., Nakimbugwe, D., Lung'aho, M., Tumwesigye, K. S., Muyonga, J. H. (2020). Bocadillos inflados a base de frijol enriquecidos con nutrientes: diseño de formulación, evaluación funcional y optimización. *Ciencias de la Alimentación Nutr.*, 8, 4763–4772. <https://doi.org/10.1002/fsn3.1727>.
- . Navarro-Cortez, R., Aguilar-Palazuelos, E., Castro-Rosas, J., Falfán-Cortez, R., Cadena-Ramírez, A., Delgado-Licon, E. y Gómez-Aldapa, C. (2018). Physicochemical and sensory characterization of an extruded product from blue maize meal and orange bagasse using the response surface methodology. *CyTA-Journal of Food*, 16 (1), 498–505. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1416674>.
- . Olivera, M., Ferreyra, V., Giacomino, S., Curia, A., Pellegrino, N., Fournier, M. y Apro, N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Revista Chilena de Nutrición*, 39(3), 18–25. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182012000300003>.
- . Omote, J. (2019). *Optimización de la Extracción y Caracterización de las Proteínas solubles del Concentrado de calamar gigante (Dosidicus gigas)* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://core.ac.uk/download/pdf/270036991.pdf>.
- . Osorio, P., Islas, J., Aguirre, A. y Carmona, R. (2016). Elaboración de una barra de trigo con harina de plátano y amaranto. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1 (2), 734–738. <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume1/2/8/128.pdf>.
- . Peksa, A., Kita, A., Carbonell-Barrachina, A. y Miedzianka, J. (2016). Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. *LWT-Food Science and Technology*, 72, 26–36. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.04.034>.
- . Pérez, K., Elías, C. y Delgado, V. (2017). Bocadito con alto contenido proteico: un extruido a partir de quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.), tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet) y camote (*Ipomoea batatas* L.). *Scientia Agropecuaria*, 8 (4), 377–388. <http://dx.doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.04.09>.
- . Philipp, C., Oey, I., Silcock, P., Beck, S. y Buckow, R. (2017). Impact of protein content on physical and microstructural properties of extruded rice starch-pea protein snacks. *Journal of Food Engineering*, 212, 165–173. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.05.024>.
- . Ramos, J., Suuronen, J., Deegan, K., Serimaa, R., Tuorila, H. y Jouppila, K. (2015). Physical and sensory characteristics of corn-based extruded snacks containing amaranth, quinoa and kañiwa flour. *LWT-Food Science and Technology*, 64 (2), 1047–1056. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.07.011>.
- . Reyes García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I. y Espinoza Barrientos, C. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud. <https://repositorio.ins.gob.pe/xmlui/bitstream/handle/INS/1034/tablas-peruanas-QR.pdf?sequence=3&isAllowed=y>.
- . Riaz, M. y Rokey, G. (2012). *Extrusion problems solved: Food, pet food and feed*. Elsevier.
- . Roberfroid, M. (2000). Concepts and strategy of functional food science: the European perspective. *The American journal of clinical nutrition*, 71 (6), 1660S–1664S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/71.6.1660S>.
- . Roh, K., Kim, H., Shin, S., Kim, Y., Lee, J., Kim, M. y Park, D. (2016). Anti-inflammatory effects of Zea mays L. husk extracts. *BMC complementary and alternative medicine*, 16 (1), 1–8. <https://doi.org/10.1186/s12906-016-1284-9>.
- . Roldán-Acero, D. J., Omote Sibina, J. R., Osorio-Lescano, C. M., y Molleda-Ordoñez, A. A. (2021). Desarrollo de un producto extruido a base de cereales y concentrado de proteína de calamar gigante (*Dosidicus gigas*). *Intropica*, 16(1), 34–42. <https://doi.org/10.21676/23897864.3777>.
- . Scott, G. (2014). Agregando valores a las cadenas de valor. *Rev. adm. empres.*, 54 (1), 67–79. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-759020140107>.
- . Shah, F. U. H., Sharif, M. K., Bashir, S., y Ahsan, F. (2019). Role of healthy extruded snacks to mitigate malnutrition. *Food Reviews International*, 35 (4), 299–323. <https://doi.org/10.1080/87559129.2018.1542534>.
- . Singh, R., y Heldman, D. (2014). Extrusion processes for foods. *Introduction to Food Engineering* 743–766. <http://www.ucarecdn.com/fb7332e8-c35a-47b0-9805-051fa171f8fa/>.
- . Stojceska, V., Ainsworth, P., Plunkett, A., İbanoğlu, E. y İbanoğlu, Ş. (2008). Cauliflower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *Journal of Food Engineering*, 87 (4), 554–563. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.01.009>.
- . Steffolani, M., Bustos, M., Ferreyra, M. y León, A. (2017). Evaluation of technological, nutritional and sensory quality of cereal bars with quinoa. *AgriScientia*, 34(2), 33–43. DOI:<https://doi.org/10.31047/1668.298x.v34.n2.19039>.
- . Suárez López, M., Kizlansky, A. y López, L. (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el score de aminoácidos corregido por digestibilidad. *Nutrición hospitalaria*, 21 (1), 47–51. <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/2978.pdf>.
- . Sumargo, F., Gulati, P., Weier, S., Clarke, J. y Rose, D. (2016). Effects of processing moisture on the physical properties and in vitro digestibility of starch and protein in extruded brown rice and pinto bean composite flours. *Food Chemistry*, 211, 726–733. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.05.097>.
- . Velásquez-Barreto F., Miñano H., Alvarez-Ramírez J. y Bello-Pérez L. (2021) Structural, functional, and chemical properties of small starch granules: Andean quinoa and kiwicha. *Food Hydrocolloids*, 120, 106883. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106883>.
- . Villarroel, P., Gómez, C., Vera, C., y Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*, 45 (3), 271–278. <http://dx.doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>.
- . Vizcaino, M., Gómez, A. y Buitrón, V. (2020). Una mirada al trabajo femenino del cultivo de la quinua en la Región Andina. *Revista Geográfica*, 162, 49–63. <http://doi.org/10.35424/regeo.162.2021.1003>.

- . Zenteno, S. (2014). Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Revista de Investigación Universitaria*, 3 (2), 58-66. <https://doi.org/10.17162/riu.v3i2.522>.