



Evaluación nutricional de snacks extruidos a base de tres variedades de quinua andina peruana

ARTÍCULO ORIGINAL



Escanea en tu dispositivo móvil o revisa este artículo en:
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i23.275>

Nutritional evaluation of extruded snacks based on three varieties of Peruvian Andean quinoa

Avaliação nutricional de snacks extrusados à base de três variedades de quinua andina peruana

María Del Carmen Delgado Laime¹ 
mcdelgado@unajma.edu.pe

Rosa Huaraca Aparco¹ 
rhuaraca@unajma.edu.pe

Fidelia Tapia Tadeo¹ 
ftapia@unajma.edu.pe

Rocio Cahuana Lipa² 
rcahuanal@utea.edu.pe

Yuliza Francesca Anchari Oblitas² 
yanchari@utea.edu.pe

Angela Fiorella Sota Cano² 
asotac@utea.edu.pe

¹Universidad Nacional José María Arguedas, Andahuaylas-Perú

²Universidad Tecnológica de los Andes, Apurímac- Perú

Artículo recibido 5 de marzo 2024 / Arbitrado 10 de abril 2024 / Publicado 2 de mayo 2024

RESUMEN

Los alimentos extruidos a base de cereales andinos contribuyen a satisfacer los requerimientos de nutrientes, proteínas y aminoácidos, acorde a los estándares de la FAO y poseen propiedades funcionales que contribuyen a la salud, aceptación y bienestar de los consumidores. El presente estudio evaluó las propiedades nutricionales y termales de snacks extruidos a base de brotes de quinua de tres variedades andinas del Perú, Junín blanco, Ccollana negra y Pasankalla. La investigación se desarrolló bajo un diseño descriptivo. La extrusión presentó un evento endotérmico con una variación media de la temperatura de descomposición de 154°C y una entalpía endotérmica de 2.789 ΔH(J/g). Los **resultados** mostraron que los extruidos tenían un perfil proteico equilibrado y bajo contenido de grasa, la tasa de expansión se redujo en snacks extruidos con altos niveles de digestibilidad proteica, altos contenidos nutricionales y disponibilidad de nutrientes, como los aminoácidos esenciales, que pueden desempeñar un papel fundamental en la reducción de la desnutrición crónica en la región andina. Sensorialmente la muestra extruida con Pasankalla presentó las mejores puntuaciones.

Palabras clave: Extruido; Formulación alimentaria; Germinado; Quinoa

ABSTRACT

Extruded foods based on Andean cereals contribute to satisfying the requirements of nutrients, proteins and amino acids, according to FAO standards and have functional properties that contribute to the health, acceptance and well-being of consumers. The present study evaluated the nutritional and thermal properties of extruded snacks based on quinoa sprouts from three Andean varieties from Peru, Junín blanco, Ccollana negra and Pasankalla. The research was developed under a descriptive design. The extrusion presented an endothermic event with an average variation in the decomposition temperature of 154°C and an endothermic enthalpy of 2,789 ΔH(J/g). The **results** showed that the extrudates had a balanced protein profile and low fat content, the expansion rate was reduced in extruded snacks with high levels of protein digestibility, high nutritional contents and availability of nutrients, such as essential amino acids, which can play a fundamental role in reducing chronic malnutrition in the Andean region. Sensorially, the sample extruded with Pasankalla presented the best scores.

Key words: Extruded; Food formulation; Sprouted; Quinoa

RESUMO

Os alimentos extrusados à base de cereais andinos contribuem para satisfazer as exigências de nutrientes, proteínas e aminoácidos, segundo as normas da FAO e possuem propriedades funcionais que contribuem para a saúde, aceitação e bem-estar dos consumidores. O presente estudo avaliou as propriedades nutricionais e térmicas de salgadinhos extrusados à base de brotos de quinua de três variedades andinas do Peru, Junín blanco, Ccollana negra e Pasankalla. A pesquisa foi desenvolvida sob um desenho descritivo. A extrusão apresentou um evento endotérmico com variação média na temperatura de decomposição de 154°C e entalpia endotérmica de 2.789 ΔH(J/g). Os **resultados** mostraram que os extrusados apresentaram perfil proteico equilibrado e baixo teor de gordura, a taxa de expansão foi reduzida em snacks extrusados com altos níveis de digestibilidade proteica, alto conteúdo nutricional e disponibilidade de nutrientes, como aminoácidos essenciais, que podem desempenhar um papel fundamental papel na redução da desnutrição crônica na região andina. Sensorialmente, a amostra extrusada com Pasankalla apresentou os melhores escores.

Palavras-chave: Extrusado; Formulação de alimentos; Brotou; Quinoa

INTRODUCCIÓN

Los cereales andinos son tendencia actualmente debido a que no contienen gluten y tienen excelentes perfiles nutricionales y bioactivos. En particular, la quinua (*Chenopodium quinoa Willd*) es rica en fibra dietética y proteínas de alta calidad con una composición equilibrada de aminoácidos esenciales. También se consideran una buena fuente de minerales, vitaminas y fitoquímicos con beneficios potenciales para la salud, como son los polifenoles, fitoesteroles, fitoesteroides y betalaínas. Las harinas de la quinua tienen menores cantidades de almidón en relación con cereales de mayor consumo, siendo alternativas prometedoras para el desarrollo de alimentos con menor carga glucémica (1).

Junto con sus propiedades beneficiosas, los cereales andinos contienen varios compuestos antinutricionales, como saponinas y fitatos, así como moléculas que pueden tener efectos perjudiciales sobre las propiedades organolépticas de los alimentos derivados (2). Es por ello que, Delgado-Nieblas et al. (3), plantean que se requieren tratamientos específicos para eliminar estos compuestos no nutritivos, por lo que, para mejorar la calidad nutricional y nutracéutica de estos cereales, se utiliza la tecnología de extrusión, que es ampliamente implantada a escala industrial para la producción de cereales para desayuno.

Se trata de un proceso versátil que comprende operaciones de mezcla de materias primas, cocción, amasado, cizalla, moldeado y conformado de estos alimentos. De hecho, un extrusor es un

biorreactor de alta temperatura y corto tiempo de residencia que implica cambios en la forma, estructura y composición de las materias primas, transformándolas en productos intermedios modificados, o bien en productos finales con características diferentes a las que tenían en su estado original. Se trata, por tanto, de una tecnología que implica importantes ventajas para la industria, ya que permite transformar una amplia variedad de materias primas con las que obtener alimentos ricos en nutrientes y de bajo contenido en grasas, avanzando así en el objetivo de convertirlos en más saludables y sostenibles (4).

La calidad del producto extruido está relacionada con factores sensoriales como apariencia, sabor y sobre todo la textura, por lo que, en la actualidad, tienen aceptación no solo por los niños y jóvenes sino también por los adultos, principalmente porque son alimentos listos para su consumo, estables en almacenamiento y por su prolongada vida en anaquel (5, 6).

La elaboración de productos extruidos, utilizando cereales y granos andinos germinados se presenta como una buena alternativa debido a que este concentrado tiene un alto contenido de proteínas, aminoácidos esenciales y ácidos grasos poliinsaturados de la familia Omega 3, por lo que se complementarían los aminoácidos limitantes y ácidos grasos esenciales deficitarios, mejorando su calidad nutricional (7, 8). Por otro lado, los productos extruidos para consumo humano pueden ser utilizados como insumos en el desarrollo de extruidos nutritivos.

Actualmente, diversos autores como Mulcahy et al. (9) y Romero y Zhang (10), exponen resultados de la aplicación de procesos tecnológicos como las altas presiones sobre polvos alimenticios para mejorar propiedades como la solubilidad en alimentos reconstituidos, así como, en la estabilidad de la viscosidad en las dispersiones durante el proceso de pasterización. En correspondencia Arzuaga et al., (11), consideran que es así como el tratamiento térmico puede modificar las propiedades geológicas y los atributos de calidad de las harinas.

Los snacks o meriendas son uno de los alimentos más populares entre los consumidores de todas las edades, y especialmente entre los niños. Según Schlinkert et al., (12), se caracterizan por ser consumidos entre las comidas principales, a menudo para acortar o reducir el apetito, también pueden ser considerados como colaciones o aperitivos sólidos o líquidos. De hecho, la mayor parte del aumento en la ingesta calórica en las últimas décadas proviene de los refrigerios. En consecuencia, una gran cantidad de personas tienen sobrepeso y sufren riesgos asociados con enfermedades crónicas como patologías cardiovasculares, diabetes mellitus tipo 2, accidentes cerebrovasculares y cáncer (13).

Sin embargo, este tipo de alimentos procesados a través de la extrusión suponen gran parte de los productos consumidos a nivel mundial. Estos bocadillos se derivan principalmente de cereales y, a menudo, no son nutricionalmente equilibrados. Por ejemplo, son altos en calorías y bajos en vitaminas, minerales

menores, fibra dietética, aminoácidos esenciales y otros compuestos bioactivos (14).

La tendencia global hacia una dieta más saludable se está extendiendo a niveles cada vez mayores de la sociedad, la cultura y la educación. En consonancia, Popkin et al., (15) y Félix-Medina et al., (16), plantean que la oferta de alimentos que satisfacen estas demandas de los consumidores está cambiando para satisfacer las necesidades del mercado.

En este sentido, los snacks, especialmente los extrusionados, se han convertido en una parte importante de la dieta de las personas y son un excelente vehículo para incorporar al organismo componentes con propiedades funcionales que ayudan a mejorar la salud del consumidor. Teniendo en cuenta los elementos antes expuestos, la presente investigación tiene como objetivo evaluar las propiedades nutricionales y termales de los snacks extruidos a base de brotes de quinua de diferentes variedades de la región andina del Perú, Junín blanco, Ccollana negra y Pasankalla.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación es de tipo descriptiva. La muestra estuvo compuesta por semillas de quinua adquiridas en la Cooperativa Machupichu, con certificación orgánica, ubicada en la provincia de Andahuaylas, Apurímac, Perú. Se utilizaron tres variedades: blancas Junín, Ccollana negra y Pasankalla, las muestras fueron almacenadas en bolsas plásticas hasta su posterior germinación.

Técnicas y procedimientos

Germinación de las semillas de quinua

Las muestras de semillas de quinua se llevaron a un proceso de lavado manual con agua para eliminar impurezas y saponinas, a continuación, se remojaron en agua (1:5) durante 6 horas a temperatura ambiente. Los granos drenados y húmedos se extendieron en una capa delgada en bandejas de plástico cubiertas con filtros de papel y se incubaron en condiciones controladas: 22-24 °C y 80-90% de humedad relativa en la oscuridad, durante 48 horas, donde los brotes alcanzaron la misma longitud radical (1 a 1,5 cm).

Se determinó la capacidad de germinación, contando los granos germinados y expresándolo

como porcentaje del número total de granos. Luego se secaron en un horno de circulación forzada a 40 °C a peso constante. Los granos secos se molieron en un molino centrífugo MJ-W176P, marca Panasonic y luego se tamizaron a través de un tamiz de malla de 60 mm. Las harinas se envasaron en bolsas de polietileno y se almacenaron a temperatura ambiente hasta su uso posterior.

Preparación de la muestra

Se estudiaron diferentes cantidades de harinas de quinua germinada mezclados con harina de maíz amarillo. Las formulaciones utilizadas para la producción de snacks extruidos se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Mezclas de formulación en polvo para extrusión.

Código de ejemplo	Harina de quinua germinada (%)	Harina de maíz amarillo (%)
Extruido-20	20	80
Extruido-40	60	40
Extruido-60	40	60
Extruido-80	20	80

Las mezclas de alimento se ajustaron al contenido de humedad deseado con cantidades calculadas de agua destilada y se combinaron completamente durante 15 min. Las muestras se empacaron en bolsas de polietileno y se colocaron en el refrigerador durante la noche para equilibrar la humedad.

El contenido de humedad de la muestra y la materia prima se determinó en un horno al 75 % bajo un vacío de 50 mm Hg hasta peso constante.

Los niveles de contenido de humedad del alimento fueron del 13 % bs. Las muestras se llevaron a temperatura ambiente antes de la cocción por extrusión.

Extrusión

Las formulaciones fueron extruidas en una extrusora de doble tornillo marca LABOR PQ DRX-50 a una velocidad de 800 RPM, velocidad de alimentación de 22 Hz, velocidad de corte de

4 Hz, la temperatura fue de 150°C a lo largo de las secciones de la extrusora. El troquel utilizado fue de forma rectangular de dimensiones 0.098 x 0.787 in. Los aperitivos extruidos se secaron en una bandeja secadora a 50°C durante 18 horas para reducir la humedad. Los snacks extruidos

se envasaron en bolsas de aluminio con cierre hermético y se almacenaron a temperatura ambiente. Los productos obtenidos fueron evaluados en su composición química proximal y funcional, determinándose la temperatura y la entalpía de gelatinización Figura 1.

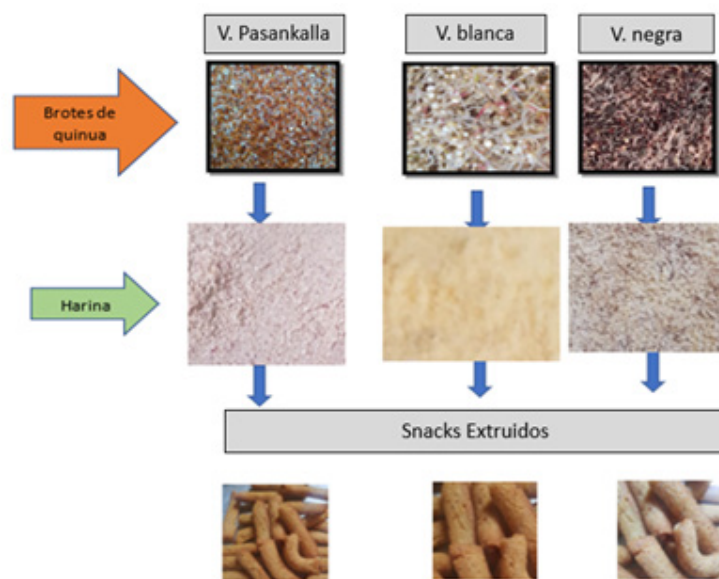


Figura 1. Proceso de obtención de snacks.

Análisis composicional

La composición nutricional de todas las muestras se analizó, utilizando técnicas estandarizadas para la materia prima y el producto procesado. Los análisis se realizaron por triplicado, comprendiendo los siguientes análisis: Humedad; Proteína total, utilizando el método Kjeldahl, la mezcla resultante de la digestión se neutralizó con Hidróxido de sodio (NaOH) y se destiló. El destilado se recogió en una solución de Ácido Bórico (H₃BO₃), para luego ser valorado y determinar el nitrógeno contenido en la muestra;

Grasa, por extracción con éter de petróleo en Soxhlet; Fibra: la fibra bruta se expresó como la pérdida de masa que se pierde en la incineración de residuos secos, obtenida después de la digestión con soluciones de H₂SO₄ y NaOH al 1,25 % (20) y Cenizas: incineración en mufla a 550 °C (20). Carbohidratos como extracto libre de nitrógeno por diferencia.

Digestibilidad de las proteínas

La digestibilidad de proteínas in vitro se determinó utilizando el método AOAC 971.09

modificado. Desengrasados en un gramo se digirieron con 150 ml de solución de pepsina en HCl 0,075 M (0,0002 % v/v) y se incubaron en un baño de agitación a 45°C por 16 horas. Las muestras digeridas fueron al vacío, luego se filtraron y lavaron tres veces con agua y acetona. En el residuo, el contenido de nitrógeno se determinó utilizando el método Kjeldahl (AOAC 920.87). El valor se corrigió mediante una determinación de nitrógeno en una solución de HCl libre de pepsina; luego la proteína se calculó, utilizando el factor 6.25. Los análisis se realizaron por triplicado.

Propiedades térmicas

Las propiedades térmicas de varias mezclas se determinaron por triplicado antes y después del proceso de extrusión. La metodología se llevó a cabo mediante un medio de Calorimetría Diferencial de Barrido (TA Instruments DSC-2500), previamente calibrado con indio de 99,99% de pureza. Las muestras se analizaron en cápsulas de aluminio herméticas y la medición se realizó comparando con el flujo de calor de una cápsula vacía similar. La masa de la muestra fue de $2,5 \pm 0,1$ mg, de los cuales el 80% corresponde al agua y el 20% restante corresponde a la harina.

Después de sellar la cápsula, la muestra se dejó reposar durante 30 minutos para homogeneizarla. El calentamiento se llevó a cabo a una velocidad de 5°C/min, desde la temperatura ambiente hasta 120°C, en la atmósfera de nitrógeno. El termograma se construyó variando

desde la temperatura inicial hasta 250°C. La temperatura de fusión (T_m) y la entalpía de fusión (ΔH) se calcularon por peso seco de la harina y se expresaron en J/g.

Se realizaron análisis de termogravimetría para determinar la estabilidad térmica de las harinas. Los análisis se realizaron teniendo en cuenta los procedimientos de medición estándar TGA ASTM E1131-03. Se utilizó un equipo TGA Q500 de TA Instruments, previamente calibrado con níquel de alta pureza. La masa de la muestra fue de $10,0 \pm 0,1$ mg, y se analizaron en platillos de platino para TGA. El calentamiento se realizó de forma controlada de 25°C a 600°C a una velocidad constante de 10°C/min, en atmósfera nitrogenada. Se desarrolló el porcentaje de humedad (Hm), el porcentaje de carbohidratos (Fase 1 y Fase 2) y la cantidad final de residuos (Rs) para cada muestra.

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 cinco y diez 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 cinco valores: me encanta, me gusta, indiferencia, no gusta y rechazo.

Análisis estadístico

Los resultados se expresaron como una media. Se utilizó el análisis de varianza para determinar la significación de las propiedades entre las diferentes muestras, utilizando la prueba de Pearson con un nivel de significancia ($p < 0,01$). Los análisis se realizaron con Restudio. Todos los análisis se realizaron por triplicado. Los datos se informaron como la media \pm la desviación estándar (DE). A los datos analíticos obtenidos se les aplicó un ANOVA unidireccional, así como la prueba de rango múltiple de Duncan, con el fin de establecer diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Los resultados obtenidos proporcionan información valiosa sobre la calidad y la estabilidad de los snacks extruidos a base de quinua, que puede ser utilizada para optimizar el proceso de fabricación y mejorar la calidad de estos productos.

La Tabla 2, muestra la composición nutricional analizada a partir de las formulaciones seleccionadas que se correlacionan con los valores calculados según cada variedad. El proceso de extrusión redujo el contenido proteico con bajos niveles para la extrusión de quinua variedad blanca Junín en sus diferentes ensayos.

Tabla 2. Composición nutricional de snacks extruidos según variedad de quinua germinada al 60%.

	VNC		VBJ		VP	
Humedad	7,83	$\pm 0,01c$	6,75	$\pm 0,02b$	7,07	$\pm 0,02a$
Proteína	11,03	$\pm 0,04b$	9,19	$\pm 0,03c$	11,23	$\pm 0,06a$
Grasa	3,40	$\pm 0,02^a$	3,83	$\pm 0,02^a$	3,35	$\pm 0,03b$
Ceniza	1,56	$\pm 0,03b$	1,48	$\pm 0,04$	2,53	$\pm 0,04$
Fibra	5,12	$\pm 0,12$	5,45	$\pm 0,03c$	5,40	$\pm 0,01b$
Carbohidratos	69,18	$\pm 0,03c$	70,75	$\pm 0,02^a$	73,81	$\pm 0,01b$
Digestibilidad de proteínas	90,20	$\pm 0,01c$	92,00	$\pm 0,02c$	91,10	$\pm 0,01c$

Nota: VNC: variedad negra Ccollana; VBJ: Variedad blanca Junin; VPLL: variedad Pasankalla. Diferentes letras minúsculas indican que hay una diferencia significativa, ($p < 0,05$).

La Figura 2, muestra la digestibilidad proteica de la extruida según los ensayos seleccionados conteniendo un nivel de concentración del 60 % de harinas de quinua germinadas según variedad.

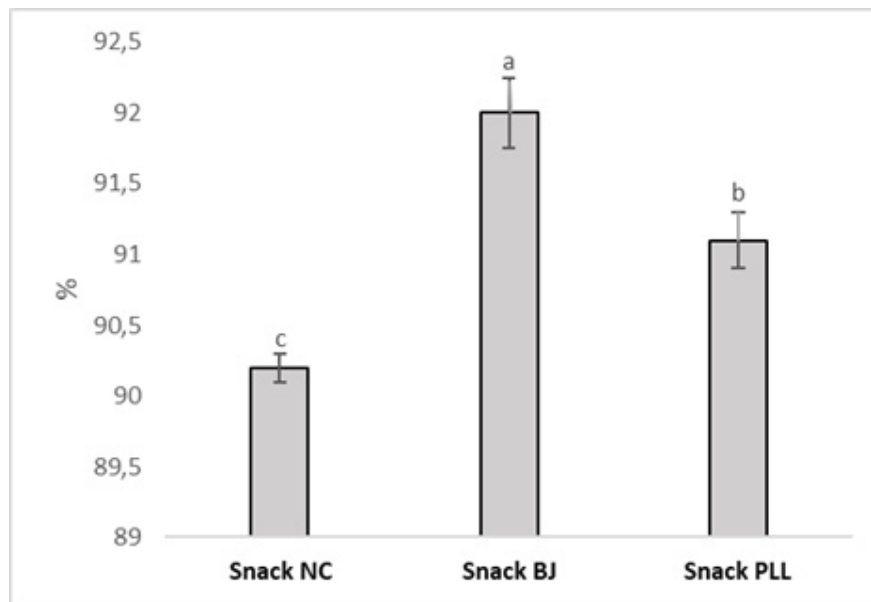


Figura 2. Digestibilidad proteica de snacks extruidos con diferentes variedades de quinua. Diferentes letras minúsculas indican que hay una diferencia significativa, ($p < 0.05$)

Durante la extrusión de los snacks, se observó un evento endotérmico para la formulación de cada variedad de quinua germinada como se muestra en la Tabla 3, donde se muestra la temperatura de inicio, pico, final y entalpía endotérmica.

Tabla 3. Propiedades funcionales de los snacks extruidos.

Variedad	No extruido				Snack extruido			
	T0 (°C)	TP (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)	T0 (°C)	TP (°C)	Tf (°C)	ΔH (J/g)
H.Q. Pasankalla	165,80	169,97	176,29	169,97	146,93	150,38	172,11	3928,8
H.Q. Bcorllana Negro	96,49	99,13	109,40	731,11	152,20	152,27	166,29	2095,6
H.Q. Junín Blanco	94,28	95,84	104,57	1378,4	155,34	159,47	167,12	2345,4

En el termograma del snack extruido se detectaron cambios en el calor específico, en un rango de temperatura entre 146°C y 172°C, rango en el que se sitúa la temperatura de transición vítrea Figura 3.

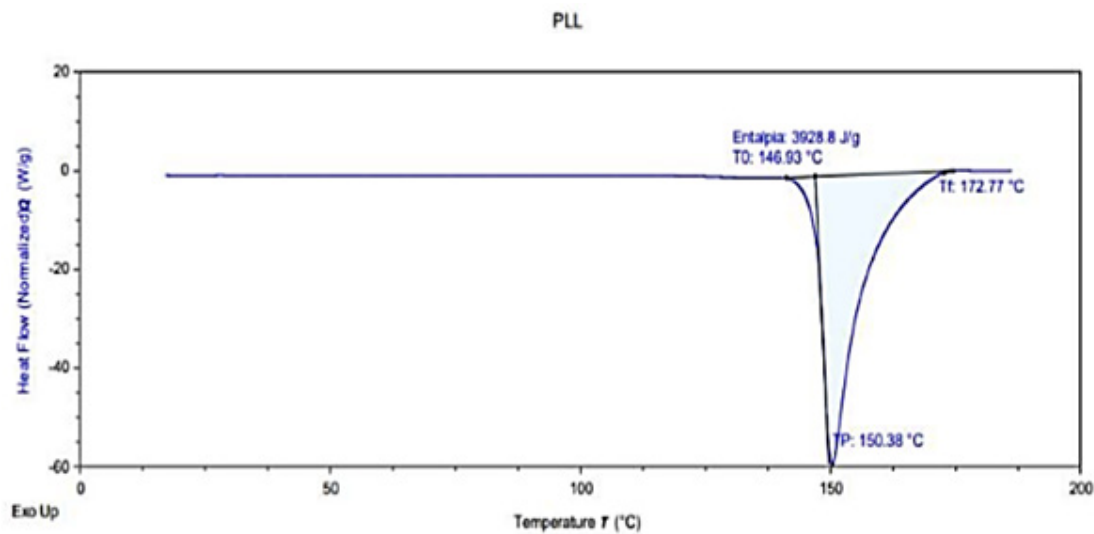


Figura 3. Termograma de snack variedad de quinua Pasankalla.

La Tabla 4, muestra las pérdidas de masa en harinas de quinua germinadas y snacks extruidos.

Tabla 4. Porcentaje de pérdidas de masa en cada fase.

Variedad	Brotos de quinua			Snack extruido		
	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)	Fase 1 (%)	Fase 2 (%)	Fase 3 (%)
H.Q. Pasankalla	9,378	63,35	6,68	4,73	63,76	7,44
H.Q. Ccollana negra	4,95	59,97	7,05	5,47	63,62	6,94
H.Q. blanco Junín	5,12	67,33	6,31	4,75	63,73	6,22

La Figura 4, se divide en tres fases, relacionadas con las pérdidas de masa pronunciadas en los gráficos para cada muestra de snacks extruidos; la fase 1 corresponde a la pérdida de masa por la humedad presente en la muestra, mientras que la pérdida de masa representativa se observa en la fase 2 en un rango de temperatura entre 200°C y 400°C,

En este punto, los carbohidratos, los péptidos de bajo peso molecular y la cantidad total de almidón se descomponen. En la fase 3 con un rango de temperatura entre 400°C a 600°C, se descomponen polisacáridos de alto peso molecular como proteínas, lípidos entre otros compuestos orgánicos.

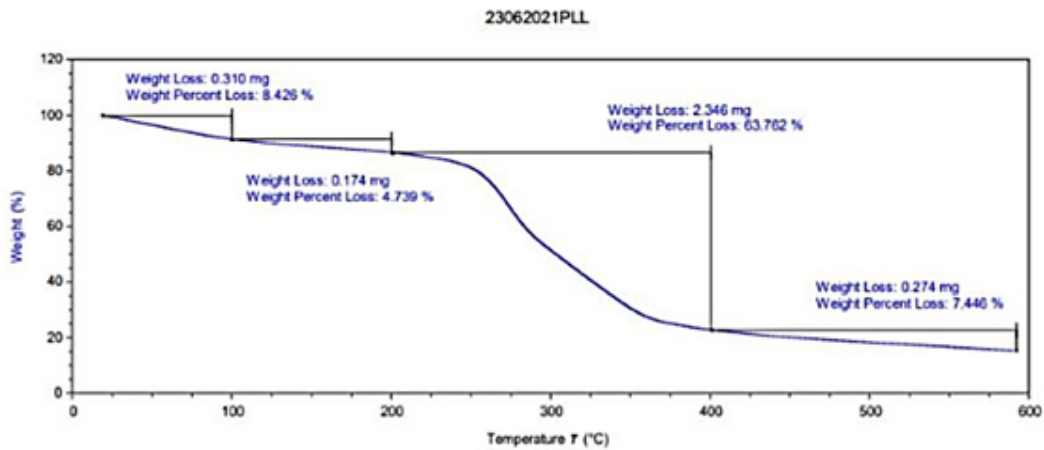


Figura 4. Termograma TGA de harina de quinua germinada variedad Pasankalla.

Para las pruebas de aceptabilidad de las barras nutritivas se realizó un panel con niños cuyas edades estaban comprendidas entre cinco y diez años. Los resultados demostraron un 90% de aceptabilidad, obteniendo un 52,1% con la calificación Me encanta Figura 5. Así mismo, el resultado confirmó la adecuada formulación de

insumos utilizada en la elaboración del producto extruido. En el caso del baremo No gusta se hace referencia a una preferencia personal, mientras que Rechazo implica una negativa activa y una intención de excluir de su consumo los snacks evaluados.

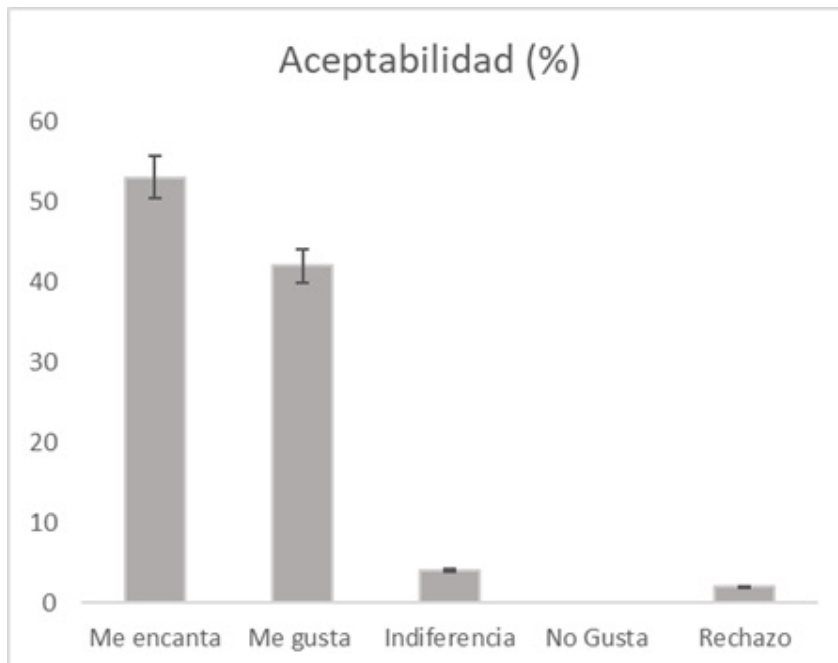


Figura 5. Evaluación de aceptabilidad los snacks.

DISCUSIÓN

Las propiedades nutricionales obtenidas en las mezclas experimentales permiten, al producto extruido, ser considerado como nutritivo. Paucar-Menacho et al. (17), consideran que a nivel del estudio el proceso de extrusión influye en la composición de los aperitivos de cereales y legumbres. Además, durante la cocción por extrusión, se reduce la agregación de proteínas de interacciones hidrofóbicas, enlaces de hidrógeno y enlaces disulfuro y/o la formación de complejos de tipo Maillard, lo que provoca la reducción de la solubilidad de las proteínas.

En la presente investigación el contenido de humedad se encontró entre el 6,75 % a 7,83 %, el porcentaje en grasa no presentó una variación en los snacks de cada variedad de quinua germinada. 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 está siendo investigada en diversos estudios (18). Al respecto, Peksa et al., (19), 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 los índices de absorción de agua y de expansión, la densidad del producto y la estructura o textura. González et al., (20), reportaron valores de extrusión 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.

Coincidiendo con los resultados anteriores Roldan et al., (21) mencionan que a medida se aumenta el nivel de proteína en una mezcla, 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.

Sensorialmente la muestra extruida con Pasankalla presentó las mejores puntuaciones. Al respecto, Roldan et al., (21), recomiendan hasta 4% para un producto extruido de cereales y granos andinos. Villarroe et al., (22), 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.

Los análisis calorimétricos de los ensayos extruidos no revelaron el comportamiento de transición vítrea que podría deberse al efecto de la extrusión que causa pérdida parcial o total de cristalinidad debido a cambios en los factores

estructurales en el almidón y la interacción proteína-almidón que produce complejos de alto peso molecular. 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.

Se encontró que la digestibilidad de las proteínas era superior al 90% en las muestras extruidas. La alta digestibilidad de las proteínas es el principal requisito para considerar un producto alimenticio como de alta calidad nutricional. 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. (23), 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.

El contenido de carbohidratos entre 69,18 % y 73,81 % se incrementó en los extruidos en comparación con su composición de harina de quinua germinada cruda, en los diferentes ensayos mostró valores típicos de composición nutricional de acuerdo con los datos informados previamente, lo que coincide con los resultados de Cotacallapa (24). Aunque hubo una variación en la composición nutricional de los granos germinados que dependía del genotipo y las condiciones de germinación, las composiciones nutricionales estaban de acuerdo con estudios previos como los de Paucar-Menacho et al. (25, 26).

El análisis comparativo del perfil nutricional de los extruidos en comparación con otras denotó claras diferencias entre las materias primas. Los granos de quinua germinados se caracterizaron por un contenido de almidón significativamente más bajo y una fibra dietética total insoluble y soluble. Esto es de particular relevancia ya que la región andina tiene una doble carga de desnutrición con una alta prevalencia de enfermedades cardiometabólicas asociadas, entre otras causas, con altos niveles de glucosa posprandial en sangre, que, según del Carpio-Jiménez et al. (27), están relacionados con el consumo de alimentos ricos en almidón, lo que concuerda con Ichu et al. (28), cuando plantea que un contenido de almidón más bajo puede ser particularmente relevante en las formulaciones de alimentos a base de cereales para reducir sus valores de índice glucémico.

Los alimentos ricos en proteínas pueden ayudar a controlar el peso, brindando una sensación de plenitud y saciedad. Para Carpio-Jiménez et al. (27), la fibra dietética juega un papel importante en la salud humana, disminuyendo el riesgo de enfermedades no transmisibles como las cardiovasculares, el cáncer de colon y la diabetes tipo 2. Además, la germinación puede proporcionar beneficios nutricionales adicionales que incluyen una mejor digestibilidad del almidón y las proteínas. Los autores antes mencionados coinciden con los resultados de la presente investigación, al considerar que la incorporación de harinas, como los granos de quinua germinados en snacks extruidos, puede ser una buena estrategia para mejorar el valor nutricional y funcional de los productos alimenticios.

CONCLUSIONES

Como resultado se pudo caracterizar el valor nutricional de los snacks extruidos a base de harinas de quinua germinadas de las variedades andinas del Perú, Junín blanco, Ccollana negra y Pasankalla, obteniéndose una mejor calidad nutricional. Las extrusiones mostraron bajo contenido en grasa, además de carbohidratos complejos y un perfil proteico equilibrado debido a la germinación de la quinua.

La extrusión mejoró la digestibilidad de las proteínas y el contenido de fibra dietética soluble, las tres formulaciones extruidas

pueden considerarse como una buena fuente de proteínas y fibra dietética, que atraerán a los consumidores conscientes de la salud y, al mismo tiempo, permitirán a la industria alimentaria satisfacer las demandas de los consumidores de alimentos funcionales y proporcionar, además, un nuevo ingrediente en la dieta alimentaria para poblaciones específicas, lo que puede tener beneficios para la salud.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen ningún conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Martínez-Villaluenga C, Peñas E, Hernández-Ledesma B. Pseudocereal grains: Nutritional value, health benefits and current applications for the development of gluten-free foods. *Food and Chemical Toxicology*. 2020; 137: 111178. <https://n9.cl/od5fw1>
2. Graziano S, Agrimonti C, Marmiroli N, Gullì M. Utilisation and limitations of pseudocereals (quinoa, amaranth, and buckwheat) in food production: A review. *Trends in Food Science & Technology*. 2022; 125:154-65. <https://n9.cl/w8lmg>
3. Delgado-Nieblas C, Ruiz-Beltrán K, Sánchez-Lizárraga J, Zazueta-Morales D, Aguilar-Palazuelos E, Carrillo-López A, et al. Effect of extrusion on physicochemical, nutritional and antioxidant properties of breakfast cereals produced from bran and dehydrated naranjita pomace. *CyTA-Journal of Food*. 2019;17(1):240-50. <https://n9.cl/ejbp8>
4. Warncke M, Kulozik U. Impact of temperature and high-pressure homogenization on the solubility and rheological behavior of reconstituted dairy powders of different composition. *Powder technology*. 2020; 376:285-95. <https://n9.cl/bh5cd>

5. Berwig K, Marques D, Silva D, Mendes M, Raniero G, Monteiro C, et al. Texture on extruded snack: correlation between instrumental and sensory analysis. *Chemical Engineering Transactions*. 2017; 57:1723-8. <https://doi.org/10.3303/CET1757288>
6. Shah F, Sharif M, Bashir S, Ahsan F. Role of healthy extruded snacks to mitigate malnutrition. *Food Reviews International*. 2019;35(4):299-323. <https://n9.cl/vkpb1p>
7. Omote J. Optimización de la Extracción y Caracterización de las Proteínas solubles del Concentrado de calamar gigante (*Dosidicus gigas*) Universidad Nacional Agraria La Molina; 2019. <https://n9.cl/x8w47b>
8. Márquez-Villacorta L, Vásquez C. Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína. *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial*. 2018;16(2):69-78. <https://n9.cl/znz4x>
9. Mulcahy E, Fargier-Lagrange M, Mulvihill D, O'Mahony J. Characterisation of heat-induced protein aggregation in whey protein isolate and the influence of aggregation on the availability of amino groups as measured by the ortho-phthaldialdehyde (OPA) and trinitrobenzenesulfonic acid (TNBS) methods. *Food chemistry*. 2017; 229: 66-74. <https://n9.cl/k1yxd7>
10. Romero H, Zhang Y. Physicochemical properties and rheological behavior of flours and starches from four bean varieties for gluten-free pasta formulation. *Journal of Agriculture and Food Research*. 2019; 1:100001. <https://n9.cl/1va42>
11. Arzuaga M, Aalaei K, da Silva D, Barjon S, Añón M, Abraham A, et al. Infant milk formulae processing: Effect of wet-mix total solids and heat treatment temperature on rheological, emulsifying and nutritional properties. *Journal of food engineering*. 2021; 290:110194. <https://n9.cl/xe65u>
12. Schlinkert C, Gillebaart M, Benjamins J, Poelman M, de Ridder D. The snack that has it all: People's associations with ideal snacks. *Appetite*. 2020; 152:104722. <https://n9.cl/wrbg9>
13. Amrein M, Scholz U, Inauen J. Compensatory health beliefs and unhealthy snack consumption in daily life. *Appetite*. 2021; 157:104996. <https://n9.cl/u4947>
14. Renoldi N, Peighambardoust S, Peressini D. The effect of rice bran on physicochemical, textural and glycaemic properties of ready-to-eat extruded corn snacks. *International Journal of Food Science & Technology*. 2021; 56(7):3235-44. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14939>
15. Popkin B, Barquera S, Corvalan C, Hofman K, Monteiro C, Ng S, et al. Towards unified and impactful policies to reduce ultra-processed food consumption and promote healthier eating. *The lancet Diabetes & endocrinology*. 2021; 9(7):462-70. <https://n9.cl/ssass>
16. Félix-Medina J, Montes-Ávila J, Reyes-Moreno C, Perales-Sánchez X, Gómez-Favela M, Aguilar-Palazuelos E, et al. Second-generation snacks with high nutritional and antioxidant value produced by an optimized extrusion process from corn/common bean flours mixtures. *Lwt*. 2020; 124:109172. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109172>
17. Paucar-Menacho L, Schmiele M, Lavado-Cruz A, Verona-Ruiz A, Mollá C, Peñas E, et al. Andean sprouted pseudocereals to produce healthier extrudates: Impact in nutritional and physicochemical properties. *Foods*. 2022;11(20):3259. <https://n9.cl/fxen4>
18. Espinoza K, Acero J, Martínez N. Elaboración de Snack extruido a partir de Cereales y Concentrado de proteína de pota (*Dosidicus gigas*) y determinación de su vida útil. *Anales Científicos*. 2021; 82(1):180-91. <https://n9.cl/wqq11>
19. Peķsa A, Kita A, Carbonell-Barrachina A, Miedzianka J, Kolniak-Ostek J, Tajner-Czopek A, et al. Sensory attributes and physicochemical features of corn snacks as affected by different flour types and extrusion conditions. *LWT-Food Science and Technology*. 2016; 72:26-36. <https://n9.cl/hifk86>

- 20.** González L, Guemes N, Chel L, Bernardino A, Soto S, Chanona J, et al. Caracterización físico-química y propiedades antioxidantes de productos extrudidos elaborados a partir de mezclas compuestas por sémola de maíz y harina de papa roja. *CYTA-Journal of Food*. 2019; 17(1):69-77. <https://n9.cl/3izo2>
- 21.** Roldán D, Omote-Sibina J, Molleda A, Olivares F. Desarrollo de barras nutritivas utilizando cereales, granos andinos y concentrado proteico de pota. *Revista de Investigaciones Altoandinas*. 2022; 24(1):17-26. <https://n9.cl/oh6dq>
- 22.** Villarroel P, Gómez C, Vera C, Torres J. Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista chilena de nutrición*. 2018; 45(3):271-8. <https://n9.cl/amr6t2>
- 23.** Dussán-Sarria S, Cruz-Noguera R, Godoy S. Estudio del perfil de aminoácidos y análisis proximal de pastas secas extruidas a base de harina de quinua y harina de chontaduro. *Información tecnológica*. 2019;30(6):93-100. <https://n9.cl/ftvek>
- 24.** Cotacallapa M. Calidad nutricional y funcional de harinas extruidas a base de maíz y lenteja con subproductos de vinificación. España: Universidad Complutense de Madrid; 2023. <https://n9.cl/pcsiv>
- 25.** Paucar-Menacho L, Simpalo-López W, Castillo-Martínez W, Esquivel-Paredes L, Martínez-Villaluenga C. Improving nutritional and health benefits of biscuits by optimizing formulations based on sprouted Pseudocereal grains. *Foods*. 2022; 11(11):1533. <https://n9.cl/bfb67>
- 26.** Paucar-Menacho L, Simpalo-López W, Castillo-Martínez W, Esquivel-Paredes L, Martínez-Villaluenga C. Reformulating bread using sprouted pseudo-cereal grains to enhance its nutritional value and sensorial attributes. *Foods*. 2022; 11(11):1541. <https://n9.cl/fow7u>
- 27.** Del Carpio-Jiménez C, Tapia P, Molleda R. Contenido de ácidos grasos, propiedades físicoquímicas y actividad antioxidante de los aceites de *Chenopodium quinoa* Willd y *Amaranthus caudatus* extraídos por fluidos supercríticos. *Revista de la Sociedad Química del Perú*. 2022;88(1):39-51. <http://dx.doi.org/10.37761/rsqp.v88i1.374>
- 28.** Ichu C, Nwakanma H. Comparative Study of the physicochemical characterization and quality of edible vegetable oils. *International Journal of Research in Informative Science Application & Techniques (IJRISAT)*. 2019;3(2):1-9. <https://n9.cl/qcv36>