

## COMPOSICIÓN BROMATOLÓGICA Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DE GRANOLA FORMULADA CON *TROPAEOLUM TUBEROSUM* Y *OXALIS TUBEROSA*

### BROMATOLOGICAL COMPOSITION AND ANTIOXIDANT ACTIVITY OF GRANOLA FORMULATED WITH *TROPAEOLUM TUBEROSUM* AND *OXALIS TUBEROSA*.

	<sup>1</sup> Yadira Elena Álvaro Hernández	yadihelen1983@gmail.com
	<sup>1</sup> Ana Lucia Chafla Moina	achafla@uea.edu.ec
	<sup>2</sup> Carla Viviana Haro Velastegui	carlav.haro@esPOCH.edu.ec

<sup>1</sup> Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Departamento de Posgrado, Puyo, Ecuador.

<sup>2</sup> Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Ingeniería Química, Riobamba, Ecuador.

E-mail: \* yadihelen1983@gmail.com

#### RESUMEN

*Tropaeolum tuberosum* y *Oxalis tuberosa* son especies botánicas endémicas de la región andina en Sudamérica, cultivadas primordialmente por sus tubérculos nutricionales. Estas especies son eminentemente reconocidas por su perfil fitoquímico, destacando su riqueza en compuestos antioxidantes con potenciales beneficios saludables. Esta investigación evaluó el efecto de incorporar *T. tuberosum* y *O. tuberosa*, tubérculos andinos, en la composición nutricional y capacidad antioxidante de granola. Con un diseño experimental aleatorizado de tres tratamientos y cinco repeticiones, se analizó la conformidad con la Norma INEN 2595:2011, evaluando humedad, cenizas, lípidos, proteínas y azúcares no estructurales libres (ANEL). La adición de *T. tuberosum* aumentó significativamente los niveles de cenizas (1,65%) y lípidos (23,18%), mientras que *O. tuberosa* mejoró el contenido proteico (4,14%) y de ANEL (64,64%), enriqueciendo nutricionalmente la granola. No se hallaron diferencias significativas en la capacidad antioxidante entre granolas con *T. tuberosum* (41,22  $\mu\text{m}$  Trolox/g) y *O. tuberosa* (43,75  $\mu\text{m}$  Trolox/g), indicando que ambos tubérculos aportan de forma similar a esta propiedad. Este descubrimiento destaca el potencial de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* para enriquecer alimentos procesados, no solo mejorando su perfil nutricional, sino también manteniendo o potenciando sus beneficios saludables. La investigación subraya la importancia de integrar ingredientes naturales y tradicionales en la industria alimentaria, ofreciendo productos con mayor valor agregado y propiedades funcionales.

**Palabras clave:** Granola, Antioxidantes bioactivos, *T. Tuberosum*, *O. Tuberosa*

#### ABSTRACT:

*Tropaeolum tuberosum* and *Oxalis tuberosa* are botanical species endemic to the Andean region in South America, primarily cultivated for their nutritional tubers. These species are prominently recognized for their phytochemical profile, highlighting their richness in antioxidant compounds with potential health benefits. This research evaluated the effect of incorporating *T. tuberosum* and *O. tuberosa*, Andean tubers, on the nutritional composition and antioxidant capacity of granola. Using a randomized experimental design with three treatments and five repetitions, compliance with INEN Standard 2595:2011 was analyzed, assessing moisture, ash, lipids, proteins, and free non-structural sugars (FNS). The addition of *T. tuberosum* significantly increased ash (1.65%) and lipid levels (23.18%), while *O. tuberosa* improved protein content (4.14%) and FNS (64.64%), nutritionally enriching the granola. No significant differences were found in the antioxidant capacity between granolas with *T. tuberosum* (41.22  $\mu\text{m}$  Trolox/g) and *O. tuberosa* (43.75  $\mu\text{m}$  Trolox/g), indicating that both tubers similarly contribute to this property. This discovery highlights the potential of *T. tuberosum* and *O. tuberosa* to enrich processed foods, not only improving their nutritional profile but also maintaining or enhancing their health benefits. The research emphasizes the importance of integrating natural and traditional ingredients into the food industry, offering products with greater added value and functional properties.

**Keywords:** Granola, Bioactive antioxidant, *T. Tuberosum*, *O. Tuberosa*.

## 1. INTRODUCCIÓN

La nutrición contemporánea ha trascendido las fronteras de simplemente satisfacer necesidades dietéticas básicas, evolucionando hacia un enfoque holístico que posiciona la alimentación como un pilar esencial para la salud y el bienestar integral. Este nuevo paradigma resalta el valor de los alimentos no solo en la nutrición sino como agentes preventivos en la lucha contra enfermedades, el manejo del estrés y la mejora general de la calidad de vida, poniendo especial énfasis en el impacto benéfico de los compuestos bioactivos sobre la salud metabólica, cognitiva y emocional (1).

Tal perspectiva ha impulsado una revolución en la industria alimentaria, dando paso al auge de los alimentos funcionales que combinan nutrientes esenciales con propiedades terapéuticas, reflejando un interés creciente en el bienestar completo de los individuos. Este movimiento ha sido acelerado por progresos en la investigación, innovaciones tecnológicas y una mayor conciencia sobre la importancia de una alimentación saludable (2).

Dentro de esta corriente, las granolas se destacan como ejemplos emblemáticos, gracias a su equilibrada mezcla de cereales, frutos secos y semillas que no solo proporcionan sabor y energía sino también beneficios significativos para la salud, encarnando el concepto y las promesas de los alimentos funcionales. Es el caso demostrado de la granola enriquecida con feijoa confitada que emerge como un destacado alimento funcional en la investigación, mostrando su capacidad para combatir la deficiencia de yodo, un problema de salud prevalente (3).

Este avance subraya la eficacia de incorporar ingredientes naturales y ricos en nutrientes en la dieta diaria, no solo para satisfacer necesidades nutricionales sino también para prevenir trastornos específicos. Tal innovación demuestra el potencial de los alimentos funcionales en mejorar la salud pública, posicionando a la granola enriquecida como un ejemplo clave de cómo la ciencia y la nutrición pueden converger para ofrecer soluciones alimentarias beneficiosas y prácticas.

La granola se ha establecido como un lienzo ideal para la innovación nutricional, permitiendo la inclusión de ingredientes no tradicionales con alto valor nutritivo como la mashua (*T. tuberosum*) y la oca (*O. tuberosa*), cultivos andinos valorados por su abundancia en compuestos fitoquímicos.

*T. tuberosum* y la *O. tuberosa*, reconocidas por sus perfiles nutricionales diversificados y ricos en antioxidantes como fenoles totales, flavonoides y antocianinas, representan un potencial sin explotar en la formulación de granolas

enriquecidas destinadas a combatir el estrés oxidativo y promover la salud (4, 5,6).

Este estudio, enfocado en la "Composición Bromatológica y Actividad Antioxidante de Granola formulada con *T. tuberosum* y *O. tuberosa*", no solo pretende ampliar el campo de la investigación alimentaria sino también destacar la importancia de la biodiversidad andina y su contribución a una nutrición enriquecedora y a la prevención del envejecimiento, subrayando el valor de integrar ingredientes ancestrales en la dieta moderna para un bienestar holístico.

Asimismo, la oca, con su perfil nutricional diverso que incluye almidones digeribles, proteínas, fibra, vitaminas y minerales, también revela un potencial antioxidante, especialmente en variedades de colores vivos que contienen carotenoides y antocianinas (6).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

**Selección de Materias Primas:** Se adquirieron tubérculos de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* de fuentes locales verificadas en los mercados de Riobamba, provincia de Chimborazo, asegurando la procedencia confiable de estos especímenes. Las muestras fueron meticulosamente seleccionadas para garantizar su homogeneidad y óptima calidad.

**Procedimiento de Preparación de las Materias Primas:** Los tubérculos de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* fueron sometidos a un riguroso proceso de limpieza, pelado y corte en secciones de aproximadamente 3 a 4 mm de grosor, buscando estandarizar el tamaño para facilitar un secado uniforme y eficaz. A continuación, se realizó un escaldado a 80 °C por un periodo de cinco minutos, con el objetivo de eliminar excesos de almidón superficial, minimizar la actividad enzimática y atenuar la astringencia inherente. El proceso de deshidratación se efectuó en el laboratorio de Química de la Escuela Politécnica de Chimborazo, empleando una estufa de convección forzada marca Binder, Series ED-FD-FED, a una temperatura regulada de 60 °C durante un lapso de 8 horas, logrando así la preparación adecuada de los tubérculos para su posterior análisis y utilización.

**Formulación de la Granola:** La formulación de la granola se elaboró utilizando una combinación de ingredientes tradicionales, que incluyó avena y una selección de frutos secos como almendras, arándanos y nueces, complementada con aceite de coco. A esta base se integraron trozos deshidratados de *T. tuberosum* y *O. tuberosa*, enriqueciendo así el perfil nutricional de la mezcla. La incorporación de miel de caña de azúcar,

previamente calentada en un recipiente a fuego directo, permitió homogeneizar la mezcla mediante agitación constante con una varilla metálica, asegurando una distribución uniforme de todos los componentes. La composición resultante fue expuesta a un proceso de tostado en una sartén antiadherente a fuego medio por un periodo de 15 minutos, facilitando la caramelización y realzando los sabores. Finalmente, la granola fue enfriada a temperatura ambiente antes de su empaque, resultando en la creación de tres variantes distintas para su análisis comparativo (referenciadas en la Tabla 1), optimizando así las características organolépticas y funcionales del producto final.

Ingredientes (g)	A	B	C
Avena	300	300	300
Frutos secos	135	120	120
T. tuberosum	-	15	-
O. tuberosa	-	-	15
Aceite de coco	5	5	5
Miel de caña	10	10	10
Total	450	450	450

**Tabla 1.** Formulación de granola estándar con adición de *T. tuberosum* y *O. tuberosa*

**Diseño Experimental:** Se empleó un diseño experimental aleatorio completo para evaluar tres tratamientos distintos: granola sin adición de tubérculos (A), granola enriquecida con *T. tuberosum* (B) y granola enriquecida con *O. tuberosa* (C). Para asegurar la solidez y reproducibilidad de los datos obtenidos, cada tratamiento se replicó en cinco ocasiones, permitiendo así una evaluación estadística rigurosa de los efectos de cada variable sobre las propiedades organolépticas, nutricionales y funcionales de la granola. Esta metodología facilitó la comparación directa entre los grupos de tratamiento, proporcionando una base sólida para inferencias sobre el impacto de la incorporación de tubérculos específicos en el perfil final del producto.

**Análisis Bromatológico:** Se realizaron análisis bromatológicos detallados para cuantificar la composición química de las granolas mediante la evaluación de diversos parámetros nutricionales, incluyendo el contenido de humedad, cenizas, proteínas, lípidos y carbohidratos totales. Estos análisis se llevaron a cabo conforme a los protocolos estandarizados establecidos por la Asociación Oficial de Químicos Analíticos (AOAC, por sus siglas en inglés), edición del año 2000. Dicha metodología permitió una evaluación precisa y fiable de las características nutricionales de cada variante de granola, proporcionando una base científica para comparar el impacto de los diferentes tratamientos en la composición nutricional del producto final.

**Determinación de Capacidad Antioxidante:** La actividad antioxidante de las granolas se evaluó en el laboratorio de alimentos del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) Santa Catalina mediante el método estandarizado colorimétrico de ABTS (2,2'-azino-bis- (3-etil benzotiazolin-6-sulfonato de amonio) para determinar la capacidad de neutralización de radicales libres.

**Análisis Estadístico:** Los datos obtenidos se analizaron mediante técnicas estadísticas descriptivas y comparativas avanzadas. Se aplicó el Análisis de Varianza (ANOVA) para evaluar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos. Posteriormente, se realizaron pruebas post hoc, específicamente diseñadas para discernir las diferencias específicas entre los grupos de tratamiento. Este enfoque metodológico riguroso permitió una interpretación precisa de la variabilidad dentro del conjunto de datos y facilitó la identificación de patrones significativos o anomalías específicas atribuibles a los tratamientos aplicados.



**Figura 1.** Granola formulada con *Tropaeolum tuberosum* y *Oxalis tuberosa*

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### Contenido de Humedad

Los niveles de humedad en las granolas elaboradas con *Tropaeolum tuberosum* y *Oxalis tuberosa*, presentados en la Tabla 2, variaron en función del porcentaje de tubérculo incorporado; sin embargo, las diferencias observadas entre los tratamientos no resultaron estadísticamente significativas. Los contenidos de humedad registrados para las granolas experimentales fueron de 6.63%, 7.51% y 7.15%, mostrando una reducción del 11.35% al 18.73% en comparación con los valores reportados por (7) para granolas formuladas con arroz glutinoso y componentes secos. Este análisis sugiere que la inclusión de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* podría influir en la retención de humedad de las granolas, aunque dentro de un margen que no

compromete significativamente su perfil de humedad en comparación con formulaciones basadas en otros ingredientes.

Parámetros	A	B	C
Humedad (%)	6.63 <sup>a</sup>	7.51 <sup>a</sup>	7.15 <sup>a</sup>
Ceniza (%)	1.57 <sup>a</sup>	1.65 <sup>b</sup>	1.60 <sup>ab</sup>
Grasa (%)	21.92 <sup>ab</sup>	23.18 <sup>b</sup>	19.66 <sup>a</sup>
Proteína (%)	4.69 <sup>b</sup>	4.58 <sup>b</sup>	4.14 <sup>a</sup>
Fibra cruda (%)	2.42 <sup>a</sup>	2.84 <sup>b</sup>	2.8 <sup>b</sup>
ELN (%)	62.76 <sup>ab</sup>	60.22 <sup>a</sup>	64.64 <sup>b</sup>

**Tabla 2.** Composición bromatológica de la granola con adición de *T. tuberosum* y *O. tuberosa* a,b: letras distintas indican diferencias significativas  $P < 0,05$  según Duncan (1955).

Este estudio reveló que los contenidos de humedad obtenidos fueron más favorables en comparación con los reportados por (7), sugiriendo que niveles más bajos de humedad contribuyen a prolongar la vida útil del producto al mejorar su estabilidad durante el almacenamiento.(8) examinaron cómo el contenido de humedad afecta la calidad masticatoria de la granola enriquecida, resaltando la importancia de un control riguroso del mismo para preservar las características físicas y sensoriales óptimas de la granola, donde se observó un contenido de humedad del 5,84%. Por otro lado, en el estudio de (9) sobre la calidad de granola enriquecida con *Anacardium othonianum* Rizz deshidratado, se identificó un contenido de humedad de 7,22% en un tratamiento similar. Es importante notar que el incremento en la proporción de fruta frecuentemente resulta en un aumento del contenido de humedad, tal como se ha documentado en literatura previa (7). Un contenido de humedad reducido indica que estas granolas pueden ser almacenadas por períodos prolongados sin deteriorarse ni incrementar su susceptibilidad al crecimiento microbiano, mejorando así su seguridad y calidad alimentaria (10).

### Contenido de ceniza

En relación con el contenido de cenizas, se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el tratamiento A y el tratamiento B, mientras que no se detectaron diferencias significativas al compararlo con el tratamiento C. Específicamente, el tratamiento A mostró un contenido de cenizas del 1,65%, atribuido a la inclusión de *T. tuberosum*. Este incremento en el contenido de cenizas se asocia directamente con la adición de tubérculos, que naturalmente presentan valores de cenizas que fluctúan entre el 4% y el 6,5%, según los hallazgos reportados por (11, 12, 13). En un estudio paralelo, (8) utilizaron maní para elaborar

una granola prototipo, registrando un contenido de cenizas de  $1,63 \pm 0,007\%$ , coincidiendo con el rango de los valores de cenizas observados en este estudio. Los tratamientos evaluados se situaron dentro de los intervalos documentados por (7), quienes reportaron contenidos de cenizas entre 0,97% y 1,88% en granolas formuladas con arroz glutinoso inflado y componentes secos. La presencia de cenizas en los alimentos es un indicador clave de su aporte mineral, dado que las cenizas consisten principalmente en minerales inorgánicos. Por tanto, el análisis de cenizas emerge como una herramienta crucial para la evaluación de la calidad nutricional de los alimentos y para determinar su contribución a la ingesta mineral en la dieta, según lo destacado por (14).

### Contenido de grasa

El tratamiento A con el valor de 21.92 % no es significativamente diferente en términos de contenido de grasa para el tratamiento B con valor de 23,18 % y C 19,66 %. Los tratamientos B y A superan los datos reportados por (15), quienes encontraron contenidos de grasa en barras de cereales y maní con cotiledón de algarrobo que variaban del 17 % al 20 %, siendo el tratamiento C el que se encuentra en este rango. (15) en su estudio con barras de cereales y nueces con cotiledón de algarrobo obtuvieron contenidos de grasa similar al tratamiento B y superiores los tratamientos A y con valores de grasa del 23 % al 27 %. La diferencia en el contenido de grasa podría atribuirse a la diferencia en los ingredientes.

En relación con el estudio de (16) sobre las barras de granola formuladas con cáñamo en polvo, encontraron una variación en la composición grasa entre 24,17 % y 25,60 % valores superiores a la presente investigación. Esto podría atribuirse al contenido de aceite en la semilla de cáñamo de 42 % (17). (18) también investigaron barras de cereal con adición de linaza que contiene de 35 a 43 % de aceite (19), y obtuvieron una composición grasa inferior a este estudio de 11,86%. Estas diferencias podrían explicarse por la adición de materias primas con contenido de grasa en diferentes proporciones. (20) encontraron valores de 46,96 % de grasa en barras de granola en base a semillas y nueces, valores superiores a los determinados en la presente investigación La presencia ligeramente mayor de grasa en la granola podría ser relevante para reponer la energía utilizada durante el ejercicio físico, ya que se agota energía durante estas actividades (21).

### Contenido de Proteína

En los resultados obtenidos para proteína, el tratamiento

**C** fue el que presentó diferencias significativas con **A** y **B** con un valor de 4,14 %. Los resultados obtenidos son muy cercanos a los de (7) en las formulaciones de granola y frutos secos como dátiles, higos y pasas con valores promedios de 3,38 a 4,04 %. Por su parte, (22) determinaron contenidos de proteína cercanos, con valores entre 4,60 % y 4,80 %, cantidades que se atribuye a sus materias primas a base de arroz y frutas Sunnah secas. (23) determinaron valores de 6,83 % a 7,66 % estos valores fueron superiores a los obtenidos en esta investigación esto debido a su formulación con pseudocereales. En cambio, los resultados de cuatro barras de granola obtenidos por (7) evidenciaron valores que van desde 9,13 a 22,10 % de proteína, superiores a los obtenidos en la presente investigación. (24) en su investigación menciona que la barra de cereal a base de *Myciaria dubia*, soya y chocolate reportó un valor de 15,81 % de proteína. La adición de los tubérculos resultó insignificante en el contenido de proteína en la granola debido a su bajo porcentaje en proteínas. Las barras/granolas de cereales suelen tener un bajo contenido de proteína (10).

### Contenido de Fibra cruda

Los resultados de fibra cruda en la presente investigación oscilan entre 2,42 % a 2,84 % existiendo diferencias significativas entre los tratamientos **B** y **C** frente al tratamiento **A** como se muestra en la tabla 2. (24) menciona que las barras de cereales que se encuentran en el mercado más cercano o concurrente contienen comúnmente ingredientes a base de avena en hojuelas, arroz inflado, pasas y saborizantes con bajos contenidos de fibra como se muestra en la investigación realizada por (25) al determinar el contenido de fibra de 2,9 % en granolas comerciales, con valores muy cercanos a los encontrados en la presente investigación. (7) desarrollaron granolas con arroz insuflado y frutos secos y determinaron contenido de fibra de 1,81 % y 1,94 % para los tratamientos con menor contenido de aglutinante y miel estos valores cercanos al contenido encontrado en las granolas en estudio. (8) en su investigación encontraron un contenido de fibra cruda de 6,25 % en la elaboración de una granola prototipo con hojuela de avena, maní triturado, kwicha, quinua expandida, partícula de coco, ajonjolí. Los resultados del contenido de fibra reportados por (7) en sus tratamientos con incrementos en aglutinante y miel en este estudio variaron desde 4,24 % hasta 13,42%. Esto se asemejó más al hallazgo de (26) en barras de cereales elaboradas con almendra de barú y pulpa, que tuvieron una composición promedio de fibra del 18,13%. Hay que considerar que *T. tuberosum* contiene 69,7 a 79,50 % de carbohidratos (12); (27), valores inferiores en relación con la *O. tuberosa* que tiene 87,23

% de carbohidratos (28).

### Actividad antioxidante de la granola casera con la adición t. tuberosum y o. tuberosa deshidratada.

Mediante el método ABTS se determinó la capacidad antioxidante de la granola con adición de mashua y oca, los resultados se detallan en la tabla 3.

Parámetros	A	B	C
Capacidad antioxidante ( $\mu\text{m Trolox/g}$ )	33.66 <sup>a</sup>	41.22 <sup>b</sup>	43.75 <sup>b</sup>

**Tabla 3.** Capacidad antioxidante para los tres tratamientos de la granola

a,b: letras distintas indican diferencias significativas  $p < 0,05$  según Duncan (1955).

El análisis estadístico reveló diferencias significativas en la capacidad antioxidante entre los tratamientos B y C en comparación con el grupo control A, que registró 33,66  $\mu\text{m Trolox/g}$ . Se observó un aumento en la capacidad antioxidante en las muestras enriquecidas con *T. tuberosum* y *O. tuberosa*, alcanzando valores de 41,22  $\mu\text{m Trolox/g}$  y 43,75  $\mu\text{m Trolox/g}$ , respectivamente. Este fenómeno se atribuye a la presencia y concentración de antioxidantes naturales en los tubérculos, como compuestos fenólicos, carotenoides, antocianinas y ácido ascórbico, los cuales son reconocidos por su capacidad de secuestrar radicales peroxílicos. La sinergia entre estos compuestos bioactivos en la granola enriquecida contribuye significativamente a su potencial antioxidante (29).

Investigaciones previas han documentado la capacidad antioxidante y el contenido de compuestos bioactivos en *T. tuberosum* y *O. tuberosa*. (29) analizó 84 cultivares de *T. tuberosum*, reportando un rango de capacidad antioxidante por ABTS de 20,6 a 128,2  $\mu\text{mol TE/g}$ . Por otro lado, (30) estudiaron *O. tuberosa* fresca, encontrando valores de capacidad antioxidante por ABTS entre 722 y 1732  $\mu\text{mol TE/g}$ . Adicionalmente, (11) identificaron que la capacidad antioxidante de *O. tuberosa* amarilla es de 39,29  $\mu\text{m Trolox/g}$ , mientras que *T. tuberosum* presenta una variabilidad de 16,2 a 92  $\mu\text{m Trolox/g}$  debido a la diversidad genética. En estudios específicos, se descubrió que el extracto de *T. tuberosum* morada tiene una capacidad antioxidante de 100,29  $\mu\text{m Trolox/100 mL}$  y un extracto encapsulante de 47,18  $\mu\text{m Trolox/g}$ , siendo estos valores comparables a los hallados en este estudio, donde una bebida basada en *T. tuberosum* morada demostró una actividad antioxidante de 15,96  $\mu\text{m Trolox/g}$  después de un tratamiento térmico a 77 °C por 13 minutos. Estos resultados subrayan el valioso aporte de los tubérculos andinos en la mejora de la capacidad antioxidante de la granola, ofreciendo una

base científica para su promoción como alimento funcional.

#### 4. CONCLUSIONES

La investigación demostró que la inclusión de los tubérculos *T. tuberosum* y *O. tuberosa* en la granola contribuyó significativamente al aporte de carbohidratos, fibra y cenizas, exhibiendo perfiles nutricionales óptimos. Los índices de lípidos y proteínas observados se alinearon con los espectros reportados en estudios previos, mientras que el contenido de humedad se ajustó a los parámetros establecidos por la legislación vigente. Específicamente, el tratamiento enriquecido con *O. tuberosa* destacó por su superior capacidad antioxidante, alcanzando un valor de 43,75  $\mu\text{m}$  de Trolox/g, lo que subraya el impacto positivo de la integración de estos tubérculos en la mejora de la capacidad antioxidante de la granola. Este hallazgo resalta la relevancia de la adición de tubérculos andinos como una estrategia efectiva para potenciar las propiedades antioxidantes de productos alimenticios, contribuyendo así a su valor nutricional y funcional.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Mi agradecimiento a la Noble Universidad Estatal Amazónica que gracias al otorgamiento de una beca académica del 50 % de la colegiatura, se pudo culminar con éxito la Maestría en Agroindustrias. Mención Sistemas Agroindustriales Cohorte III. Y a la vez a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, de manera especial a la Facultad de Ciencias por el apoyo en la determinación bromatológica de los tres tratamientos bajo estudio.

#### 6. CONFLICTO DE INTERESES

Los autores de este estudio declaran que no existen conflictos de interés personales, financieros o institucionales que pudieran haber influido en el desarrollo, la interpretación o la publicación de los resultados obtenidos. Este pronunciamiento incluye la ausencia de vínculos comerciales, consultorías, patrocinios o cualquier otra relación que pudiera ser considerada como potencialmente conflictiva. La integridad y la objetividad de la investigación se han mantenido en todo momento, asegurando que las conclusiones presentadas son el resultado exclusivo del análisis científico y de la interpretación imparcial de los datos recogidos.

#### 7. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

1. "Food as medicine: translating the evidence." *Nature Medicine*. 2023;29(4):753–754. <https://doi.org/10.1038/s41591-023-02330-7>.
2. Silva LBAR, Pinheiro-Castro N, Novaes GM, Pascoal G de FL, Ong TP. Bioactive food compounds, epigenetics and chronic disease prevention: Focus on early-life interventions with polyphenols. *Food Res Int*. 2019;125:108646. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108646>.
3. Kalugina I, Dzyuba N, Yakymenko I. The prophylactic granola development with increased iodine content. *Sci Messeng LNU Vet Med Biotechnol*. 2019;21(91):60–68. <https://doi.org/10.32718/nvlvet-f9111>.
4. Arteaga-Cano D, Chacón-Calvo L, Samamé-Herrera V, Valverde-Cerna D, Paucar-Menacho LM. Mashua (*tropaeolum tuberosum*): Nutritional composition, chemical characteristics, bioactive compounds and beneficial properties for health. *Agroind Sci*. 2022;12(1):95–101. <https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.01.12>.
5. Calana A. Alimentación saludable basada en la evidencia. *Endocrinol Nutr*. 2015;52(2):8–24.
6. Ore Areche F, Muñoz Ccencho RV, Ruiz Rodríguez A, Corilla Flores DD. Actividad antioxidante de la bebida funcional del extracto de tallo de *Oxalis tuberosa* Mol. y jugo de *Gaultheria glomerata* (Cav.) Sleumer tratado térmicamente. *Rev Alfa*. 2022;6(18):545–556. <https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i18.190>.
7. Agbaje R, Hassan CZ, Norlelawati A, Abdul Rahman A, Huda-Faujan N. Development and physico-chemical analysis of granola formulated with puffed glutinous rice and selected dried Sunnah foods. *Int Food Res J*. 2016;23(2):498–506.
8. Farfán C, Coaquira-Quispe JJ, Lezcano MF, Arias A, Navarro P, Fuentes R. Análisis Cinemático de la Masticación de una Granola Prototipo en Contraste con la Masticación de Maní. *Int J Odontostomatol*. 2020;14(2):198–204. <https://doi.org/10.4067/S0718-381X2020000200198>.
9. Souza PLC, Silva MR. Quality of granola prepared with dried caju-do-cerrado (*Anacardium othonianum* Rizz) and baru almonds (*Dipteryx alata* Vog). *J Food Sci Technol*. 2015;52(3):1712–1717. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1134-4>.

10. Olivera CM, Ferreyra DV, Giacomino MS, Curia CA, Pellegrino GN, Fournier UM, Apro CN. Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. *Rev Chil Nutr.* 2012;39(3):18-25. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182012000300003>.
11. Velásquez F, Velezmore C. Propiedades reológicas y viscoelásticas de almidones de tubérculos andinos. *Scientia Agropecuaria.* 2018;8(2):189-197.
12. Dilas J, Acurra D. Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavón) cultivo subutilizado con alto potencial para zonas altoandinas en el Perú. *Alpha Centauri.* 2020;1(1):15-24. <https://doi.org/10.47422/ac.v1i1.3>.
13. Esparza J, Flores I, Mancheno F, Sánchez T. Bromatological and Microbiological Characterization of Andean Tubers Mashwa (*Tropaeolum Tuberosum*) and Oca (*Oxalis Tuberosa*). *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M.* 2021. <https://doi.org/10.18502/esPOCH.v1i5.9567>.
14. Vega A, Ávila F. Análisis de cenizas y minerales de hongos comestibles *Pleurotus* spp., cultivados sobre paja de arroz (*Oryza sativa*), tuza y rastrojo de maíz (*Zea mayz*). *RIDTEC.* 2012;8(2):3-9.
15. Estévez A, Escobar B, Ugarte V. Utilización de cotiledones de algarobo (*Prosopis chilensis* (Mol) Stuntz) en la elaboración de barras de cereales. *Arch Latinoam Nutr.* 2000;50(2):148-151.
16. Norajit K, Gu BJ, Ryu GH. Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *Food Chem.* 2011;129(4):1919-1925. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.06.002>.
17. Cicero N, Albergamo A, Salvo A, Bua GD, Bartolomeo G, Mangano V, Rotondo A, Di Stefano V, Di Bella G, Dugo G. Chemical characterization of a variety of cold-pressed gourmet oils available on the Brazilian market. *Food Res Int.* 2018;109:517-525. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.04.064>.
18. Mridula D, Singh KK, Barnwal P. Development of omega-3 rich energy bar with flaxseed. *J Food Sci Technol.* 2013;50(5):950-957. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0425-x>.
19. Figuerola F, Muñoz O, Estévez A. La linaza como fuente de compuestos bioactivos para la elaboración de alimentos. *Agro Sur.* 2008;36(2):49-58.
20. Toscano L, García G, Gómez F, Beltrán G, Valenzuela I, Armenta J. Análisis de las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de barra alimenticia a base de semillas y nueces sin componentes de origen animal. *Rev Esp Nutr Hum Diet.* 2020;24(2):143-153.
21. Bennion N, Spruance LA, Maddock JE. Do Youth Consume More Calories than they Expended in Youth Sports Leagues? An Observational Study of Physical Activity, Snacks, and Beverages. *Am J Health Behav.* 2020;44(2):180-187. <https://doi.org/10.5993/AJHB.44.2.6>.
22. Santos C, Bonomo R, Fontan R, Bonomo P, Velloso C, Fontan G. Characterization and sensorial evaluation of cereal bars with jackfruit. *Acta Scientiarum. Technol. Maringá.* 2011;33(1):81-85.
23. Pagamunici L, Souza A, Gohara A, Souza N, Gomes S, Matsushita M. Characterization and Chemometric Analysis of a gluten-free Food bar containing whole flour from a new cultivar of Amaranth. *J Sci Agrotechnol. Maringa.* 2014;38(3):270-277.
24. Zenteno S. Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales. *Rev Invest Univ.* 2014;3(2):58-66.
25. Iñarruti M, Vega L. Las barras de cereales como alimento funcional en los niños. *Rev Mex Pediatr.* 2001;68(1):8-12.
26. Mendes Nda SR, Gomes-Ruffi CR, Lage ME, Becker FS, Melo AAM de, Silva FA da, Damiani C. Oxidative stability of cereal bars made with fruit peels and baru nuts packaged in different types of packaging. *Food Sci Technol (Campinas).* 2013;33(4):730-736. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013000400019>.
27. Velásquez Barreto FF, Ramírez Tixe E, Chuquilín Goicochea R, Aliaga-Barrera I. Optimization of the functional properties of a drink based on tubers of purple mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). *Agroind Sci.* 2020;10(1):71-77.
28. Villacrés E, Quelal MB, Álvarez J. Redescubriendo la oca y la mashua. Desarrollo de nuevos snacks. Editorial Académica Española; 2016. <https://doi.org/http://dnb.d-nb.de>.
29. Huaccho C. Capacidad Antioxidante, Compuestos Fenólicos, Carotenoides Y Antocianinas De 84 Cultivares De Mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz y Pavón). Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016.

30. Gamarra N, Girón C, Roque B, Díaz J. Evaluación Del Contenido De Antocianinas De Tres Accesiones De Oca (Oxalis Tuberosa) En Condiciones Frescas Y Cocidas Del Departamento De Junín. *Prospectiva Universitaria*. 2011;8(2):13-18.