

Capacidad antioxidante total y fenoles totales en una bebida funcional no láctea a base de cáscara de maracuyá y chíá

Total antioxidant capacity and total phenolics in a functional non-dairy drink based on passion fruit and chia peel

Alejandra Rocio RIVERA PACHECO, Joyce Karin CHAVEZ INFANTES, Ana Luz MAMANI QUISPE, Elvis PINTO CARPIO
Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Recibido: 4/septiembre/2024. Aceptado: 14/octubre/2024.

RESUMEN

Objetivo: se analizó la medición de la capacidad antioxidante total y fenoles totales de una bebida funcional no láctea a base de cáscara de maracuyá y chíá.

Metodología: la preparación de la bebida funcional no láctea de cáscaras de maracuyá y chíá, se realizaron por triplicado. Los jugos se mezclaron con agua (80:20, 90:10 y 70:30 v / v). Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Se utilizó la versión 25 del programa SPSS para determinar la diferencia entre las medias mediante la prueba ANOVA unidireccional y la prueba univariada para composición proximal, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante mediante DPPH.

Resultados: las medias se compararon utilizando la prueba de Duncan en ($p < 0,05$). El Tratamiento 3 (T3: BF90%: A10%, Ch45g) mostró el mayor contenido de proteínas (0.48%), siendo el tratamiento más alto en este aspecto. La humedad en T3 fue la más baja entre los tratamientos (96.20%), lo que podría mejorar la estabilidad del producto. T3 tuvo el contenido de grasa más bajo (0.06%), y el contenido de cenizas fue el más alto (0.25%), indicando una mayor concentración de minerales. T3 presentó el contenido más alto de hidratos de carbono (2.4278%), lo que puede influir en la energía y sabor del producto.

Correspondencia:

Alejandra Rocio Rivera Pacheco
arivera@unsa.edu.pe

Conclusión: El Tratamiento 3 (T3: BF90%: A10%, Ch45g) se destacó como el más prometedor en la formulación de una bebida funcional no láctea, superando a los demás tratamientos en varios aspectos clave. En primer lugar, su contenido de proteínas, que alcanzó un 0.48%, lo posiciona como el tratamiento más rico en este nutriente esencial. Las proteínas son fundamentales para el crecimiento y la reparación de tejidos, y su presencia en mayores proporciones en T3 realza el valor nutricional de esta formulación, haciéndola particularmente atractiva para consumidores que buscan mejorar su ingesta proteica en su dieta diaria.

PALABRAS CLAVES

Capacidad antioxidante, fenoles totales, bebida funcional.

ABSTRACT

Objective: The measurement of the total antioxidant capacity and total phenols of a non-dairy functional drink based on passion fruit peel and chia was analyzed.

Methodology: the preparation of the functional non-dairy drink of passion fruit and chia peels, were performed in triplicate. The juices were mixed with water (80:20, 90:10 and 70:30 v/v). All experiments were performed in triplicate. Version 25 of the SPSS program was used to determine the difference between the means by the unidirectional ANOVA test and the univariate test for proximal composition, total phenolic compounds and antioxidant activity by DPPH.

Results: The means were compared using Duncan's test at ($p < 0.05$). Treatment 3 (T3: BF90%: A10%, Ch45g) showed the highest protein content (0.48%), being the highest treat-

ment in this aspect. The humidity in T3 was the lowest among the treatments (96.20%), which could improve the stability of the product. T3 had the lowest fat content (0.06%), and the ash content was the highest (0.25%), indicating a higher concentration of minerals. T3 presented the highest carbohydrate content (2.4278%), which can influence the energy and taste of the product.

Conclusion: Treatment 3 (T3: BF90%: A10%, Ch45g) stood out as the most promising in the formulation of a non-dairy functional beverage, surpassing the other treatments in several key aspects. Firstly, its protein content, which reached 0.48%, positions it as the treatment richest in this essential nutrient. Proteins are fundamental for tissue growth and repair, and their higher proportion in T3 enhances the nutritional value of this formulation, making it particularly attractive to consumers looking to improve their protein intake in their daily diet.

KEY WORDS

Antioxidant capacity, total phenols, functional drink.

INTRODUCCIÓN

Las tendencias actuales en el consumo de bebidas funcionales reflejan un creciente interés por parte de los consumidores en productos que no solo sacien la sed sino que también ofrezcan beneficios para la salud. Estas bebidas están siendo enriquecidas con vitaminas, minerales, antioxidantes, fibras y otros ingredientes que prometen mejorar el bienestar general, aumentar la energía, mejorar la digestión, y potenciar la inmunidad, entre otros efectos positivos⁴. Dentro de este mercado en expansión, las alternativas no lácteas han ganado una importancia significativa, en parte debido al aumento de la sensibilidad hacia las alergias alimentarias, la intolerancia a la lactosa, y las preferencias dietéticas como el veganismo y el vegetarianismo⁹. Estos productos utilizan bases como las leches de almendra, soya, avena y coco, que son percibidas como más digestivas, menos calóricas y con menor impacto ambiental en comparación con la leche de origen animal^{27,21}.

Los antioxidantes y la actividad enzimática desempeñan roles fundamentales en la nutrición y la salud general. Los antioxidantes son compuestos que protegen las células contra los efectos dañinos de los radicales libres, que son moléculas inestables que pueden causar daño celular y están implicados en el desarrollo de enfermedades crónicas como enfermedades cardíacas, cáncer y enfermedades neurodegenerativas²⁰. Los antioxidantes neutralizan estos radicales libres y, por tanto, pueden ayudar a prevenir el estrés oxidativo y sus efectos perjudiciales en el cuerpo. La actividad enzimática, por otro lado, se refiere a la función de las enzimas, que son proteínas que catalizan (aceleran) las reacciones bioquímicas en el cuerpo. Son esenciales para innumerables procesos corporales, incluyendo la digestión, el metabolismo de los nutrientes, la síntesis y reparación del ADN, y la regulación de

las vías metabólicas. Una actividad enzimática óptima es crucial para mantener la homeostasis y la salud general²¹.

La nutrición adecuada apoya la actividad enzimática al proporcionar los cofactores y coenzimas necesarios, como vitaminas y minerales, que las enzimas requieren para funcionar eficazmente¹⁴. Del mismo modo, una dieta rica en antioxidantes, que incluye una variedad de frutas, verduras, nueces y semillas, contribuye a una mejor salud y puede disminuir el riesgo de muchas enfermedades crónicas. Así, la ingesta de alimentos ricos en antioxidantes y que favorecen una buena actividad enzimática es un pilar de una dieta saludable y un estilo de vida que promueve el bienestar a largo plazo¹².

Asimismo, la nutrición funcional es un enfoque que considera la ingesta de alimentos no solo por sus valores nutricionales básicos sino también por su capacidad para proporcionar beneficios para la salud más allá de la nutrición básica²⁴. Los alimentos funcionales son aquellos que contienen ingredientes que ofrecen beneficios adicionales para la salud, como la mejora de la función inmunológica o la reducción del riesgo de enfermedades crónicas. Los ingredientes naturales juegan un papel crucial en la composición de los alimentos funcionales, ya que son ricos en compuestos bioactivos como antioxidantes, fibra, probióticos y fitoquímicos. Estos compuestos pueden ayudar a prevenir enfermedades, promover la salud óptima y mejorar el bienestar general, posicionando así a los alimentos funcionales en la vanguardia de la nutrición preventiva y la salud pública²⁷.

La cáscara de maracuyá es un subproducto agroindustrial rico en nutrientes y compuestos bioactivos. Con una composición alta en fibra dietética, particularmente pectinas, y una abundancia de antioxidantes como la vitamina C y los polifenoles, la cáscara se destaca por sus beneficios potenciales para la salud, incluyendo la mejora de la digestión y la regulación del azúcar en sangre²⁷. Además, su contenido en compuestos fenólicos puede tener efectos antiinflamatorios y cardioprotectores. La valorización de este subproducto en la industria alimentaria subraya la tendencia hacia la sostenibilidad y la economía circular, transformando un residuo en ingredientes para alimentos funcionales y suplementos nutricionales. Así, la cáscara de maracuyá no solo contribuye a reducir el desperdicio alimentario, sino que también presenta oportunidades para el desarrollo de nuevos productos con beneficios para la salud²⁸.

Las semillas de chía son reconocidas por su alto contenido de ácidos grasos omega-3, fibras, proteínas, antioxidantes y minerales como calcio y magnesio. Estas características las hacen ideales para el desarrollo de productos funcionales destinados a mejorar la salud cardiovascular, digestiva y general²⁹. La chía también aporta significativamente a la capacidad antioxidante de los alimentos, gracias a su rica presencia de fenoles, que combaten el estrés oxidativo y pueden reducir el riesgo de enfermedades crónicas. Su versatilidad permite incorporarlas fácilmente en diversas matrices alimenticias, potenciando el valor nutricional y funcional de los productos²⁷.

Cabe destacar que, la capacidad antioxidante total de un alimento refleja su habilidad para neutralizar radicales libres y contrarrestar el estrés oxidativo, un factor implicado en la patogénesis de enfermedades crónicas como el cáncer, la diabetes y las enfermedades cardiovasculares⁸. La evaluación de esta capacidad en alimentos se realiza mediante varios métodos analíticos, como el ensayo de absorción de radicales de oxígeno (ORAC), el ensayo DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil) y el ensayo FRAP (poder reductor férrico), los cuales cuantifican la eficacia de los compuestos antioxidantes presentes en los alimentos para desactivar radicales libres. Estas mediciones son cruciales para desarrollar dietas que promuevan la salud a largo plazo¹⁶.

Por su parte, Los fenoles totales son importantes en la nutrición debido a su capacidad para actuar como antioxidantes, protegiendo al cuerpo contra el daño celular y reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas. Contribuyen significativamente a la actividad antioxidante de los alimentos, neutralizando los radicales libres y potenciando la defensa contra el estrés oxidativo². Para su análisis, se utilizan métodos de extracción y cuantificación como la espectrofotometría, que a menudo implica el uso de reactivos que reaccionan con los fenoles para producir un color cuantificable, o la cromatografía líquida de alta eficacia (HPLC), que separa y mide compuestos fenólicos con alta precisión⁴.

Finalmente, Las tendencias actuales en el desarrollo de bebidas funcionales se inclinan hacia la incorporación de ingredientes naturales, superalimentos y compuestos bioactivos con beneficios comprobados para la salud, como adaptógenos y probióticos³. Los desafíos incluyen cumplir con expectativas de sabor, estabilidad del producto y normativas de salud, mientras que las oportunidades residen en satisfacer la demanda creciente de bienestar y conveniencia. La innovación y la sostenibilidad son fundamentales en este sector, impulsando el uso de ingredientes ecológicos y procesos que minimizan el impacto ambiental, al tiempo que se exploran nuevas fuentes y combinaciones de nutrientes para mejorar la salud de los consumidores⁵.

Con base a las premisas descritas con anterioridad, el presente artículo tendrá por objetivo analizar la medición de la capacidad antioxidante total y fenoles totales de una bebida funcional no láctea a base de cáscara de maracuyá y chíá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 3 Kg de maracuyá maduras y 45 gr. de chíá en condiciones óptimas para la preparación de la bebida. Las muestras fueron recolectadas en un mercado local de la Provincia de Arequipa. Con clima Cwd de acuerdo a Koppens⁵ con precipitaciones media anual alrededor de 1000 mm/año, humedad relativa media de 50 % y temperatura de -5°C a 21 °C, con moderada incidencia de heladas. Los frutos se seleccionaron con los colores adecuados y sin

daños en la piel. Las cascarras de maracuyá fueron lavadas correctamente y hervidas para eliminar impurezas preliminares. Los jugos obtenidos de la chíá y las cascarras fueron conservados hasta su posterior formulación de las bebidas.

La preparación de la bebida funcional no láctea de cáscaras de maracuyá y chíá, se realizó por triplicado. Los jugos se mezclaron con agua (80:20, 90:10 y 70:30 v / v), adicionados con chíá al 1% fueron adquiridos en un mercado local de Arequipa. El número de extractos se seleccionó teniendo en cuenta la dosis recomendada. Las bebidas se prepararon con edulcoración de Stevia, que contenían un 98 % de rebaudiósido A. Todos los componentes de la bebida se mezclaron, se calentaron a 80 °C, se filtraron y se envasaron en botellas de vidrio oscuro de 250 ml. La pasteurización se llevó a cabo en un pasteurizador a 85-87 °C durante 10 min.

Las muestras antes del paso de pasteurización (muestras frescas) tomadas para el análisis se congelaron a -18 °C. Las muestras pasteurizadas se almacenaron a temperatura ambiente y se analizaron en cuanto a sus componentes nutricionales, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante.

El contenido de humedad y cenizas de las bebidas a base de cáscara de maracuyá y chíá edulcorada con Stevia se determinaron de acuerdo con la AOAC¹⁰. La grasa total de las bebidas se estimó mediante el método de Folch³, la proteína se determinó mediante el método micro-Kjeldahl según Melocotón y Tracy¹⁴.

El método CUPRAC (Cupric Reducing Antioxidant Capacity) es una técnica utilizada para medir la capacidad antioxidante de compuestos. Este método se basa en la capacidad de los antioxidantes para reducir el ion cúprico (Cu^{2+}) a ion cuproso (Cu^+). El procedimiento general incluye el uso de una solución de cloruro cúprico (CuCl_2), un agente complejo como la neocuproína (2,9-dimetil-1,10-fenantrolina), y un tampón para mantener el pH adecuado. Los antioxidantes presentes en la muestra reducen el ion cúprico a ion cuproso, y este ion reducido forma un complejo coloreado con la neocuproína, que se puede medir espectrofotométricamente a una longitud de onda específica, generalmente alrededor de 450-480 nm.

El método CUPRAC es versátil, ya que puede utilizarse para evaluar la capacidad antioxidante de una amplia gama de muestras, incluyendo alimentos, bebidas, productos naturales, y muestras biológicas. Además, es un método sensible y específico para antioxidantes que actúan mediante mecanismos de reducción. Sin embargo, presenta ciertas limitaciones, como la posible interferencia de otros compuestos reductores presentes en la muestra, lo que puede afectar la precisión de la medición. Asimismo, los resultados pueden variar según las condiciones experimentales, por lo que es crucial utilizar estándares adecuados para la calibración. En resumen, el método CUPRAC es una herramienta útil y ampliamente utilizada para evaluar la capacidad antioxidante de diferentes sustancias mediante la reducción de iones cúpricos a cupriosos, pro-

porcionando así una medida de la potencia antioxidante de la muestra.

El contenido de fenoles totales se determinó según el método de FolinCioaltea descrito por Vondar et al.¹⁹. Se mezclaron 200 μ L del extracto con 1 mL de reactivo de Folin-Cioaltea 0,2N y 800 μ L de Na₂CO₃ (7,5 %). La mezcla se incubó durante 2 h en la oscuridad a temperatura ambiente, antes de leer la absorbancia a 760 nm utilizando un espectrofotómetro (Jenway 6405UV/VIS). Los compuestos fenólicos totales expresados en mg/g como equivalente de ácido gálico con base en el peso seco usando una curva estándar de ácido gálico.

Todos los experimentos se realizaron por triplicado. Se utilizó la versión 25 del programa SPSS para determinar la diferencia entre las medias mediante la prueba ANOVA unidireccional y la prueba univariada para composición proximal, compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante mediante DPPH. Las medias se compararon utilizando la prueba de Duncan en ($p < 0,05$).

RESULTADOS

Para el estudio de campo, la preparación de la bebida funcional no láctea de cáscaras de maracuyá y chía, se realizaron por triplicado. Los jugos se mezclaron con agua (80:20, 90:10 y 70:30 v / v), adicionados con chía al 1% fueron adquiridos en un mercado local de Arequipa. El número de extractos se seleccionó teniendo en cuenta la dosis recomendada. Las bebidas se prepararon con edulcoración de Stevia, que contenían un 98 % de rebaudiósido A. Todos los componentes de la bebida se mezclaron, se calentaron a 80 °C, se filtraron y se envasaron en botellas de vidrio oscuro de 250 ml. La pasteurización se llevó a cabo en un pasteurizador a 85-87 °C durante 10 min. Cabe destacar que se utilizaron 6 hojas de estevia (*Stevia Rebaudiana Bertoni*) para el tratamiento completo.

En primera instancia se analizó los valores antioxidantes totales y fenólicos de manera separada de los compuestos a emplear (cáscaras de maracuyá y chía), estos parámetros se consideraron por medio de la búsqueda bibliográfica inherente al tema. En tal sentido se tiene:

Tabla 1. Características antioxidantes y fenólicas de los ingredientes

Característica	Cáscara de maracuyá (<i>Passiflora edulis</i>)	Chía (<i>Salvia hispánica</i>)
Capacidad antioxidante total	82,4 \pm 2,1 μ mol TE/g	54,7 \pm 1,8 μ mol TE/g
Capacidad fenólica total	56,3 \pm 1,5 mg GAE/g	33,4 \pm 1,2 mg GAE/g
Método de análisis utilizado	FRAP	DPPH
Unidad de medida	μ mol Trolox Equivalente/g (TE/g)	μ mol Trolox Equivalente/g (TE/g)
Observación final	Alta capacidad antioxidante	Buena fuente de antioxidantes

TE: Trolox Equivalente. GAE: Equivalentes de Ácido Gálico. FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power. DPPH: 2,2-difenil-1-picrilhidrazil.

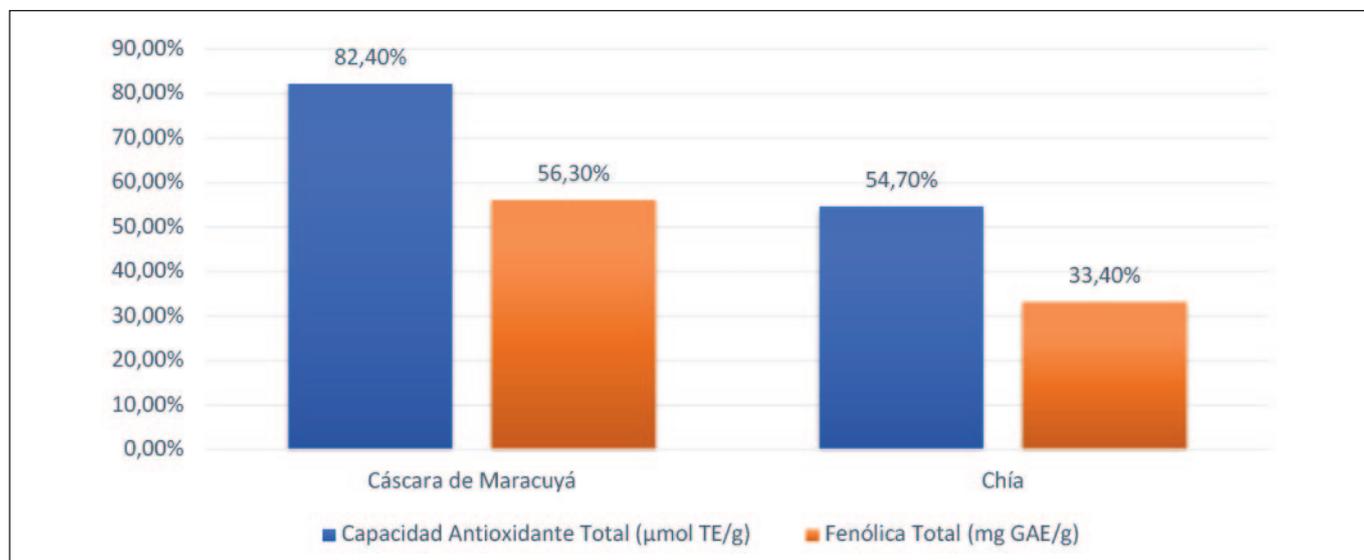


Figura 1. Niveles porcentuales de las características antioxidantes y fenólicas

Del análisis bibliográfico se evidencia los comportamientos capacitivos antioxidantes y fenólicos de las cáscaras de maracuyá y Chía empleados dentro de la bebida funcional. Se esclarece que el componente *Passiflora edulis* posee un comportamiento antioxidante de $82.4 \pm 2.1 \mu\text{mol TE/g}$ (Kim et al., 2002) lo que esclarece una alta capacidad antioxidante de la cáscara de maracuyá. Por su parte, en cuanto al comportamiento fenólico se evidencia que existe un comportamiento de $56.3 \pm 1.5 \text{ mg GAE/g}$ (Sun et al., 2002) lo que esclarece un comportamiento fenólico moderado.

2008) lo cual la posiciona como una buena fuente de antioxidantes. Asimismo, en cuanto al comportamiento fenólico se evidencia un comportamiento $33.4 \pm 1.2 \text{ mg GAE/g}$ (Martínez-Cruz y Paredes-López, 2014).

Análisis de laboratorio

Composición química de la bebida funcional por tratamiento

Tabla 2. Composición química proximal de la bebida funcional

Composición química	Tratamientos											
	T1 (BF70%: A30%); Ch45gr.				T2 (BF80%: A20%); Ch45gr.				T3 (BF90%: A10%); Ch45gr.			
	T1A	T1B	T1C	T1D	T2A	T2B	T2C	T2D	T3A	T3B	T3C	T3D
Proteínas (%)	0,46 $\pm 0,01$	<0,01 $\pm 0,01$	0,16 $\pm 0,01$	0,32 $\pm 0,01$	0,15 $\pm 0,01$	0,43 $\pm 0,01$	0,18 $\pm 0,01$	0,05 $\pm 0,01$	0,19 $\pm 0,01$	0,48 $\pm 0,01$	0,31 $\pm 0,01$	0,46 $\pm 0,01$
Humedad (%)	98,03 $\pm 0,01$	97,96 $\pm 0,01$	97,77 $\pm 0,01$	97,61 $\pm 0,01$	97,83 $\pm 0,01$	96,95 $\pm 0,01$	96,79 $\pm 0,01$	97,20 $\pm 0,01$	96,20 $\pm 0,01$	96,58 $\pm 0,01$	97,46 $\pm 0,01$	97,29 $\pm 0,01$
Grasas (%)	0,10 $\pm 0,01$	0,10 $\pm 0,01$	0,04 $\pm 0,01$	0,15 $\pm 0,01$	0,06 $\pm 0,01$	0,01 $\pm 0,01$	0,01 $\pm 0,01$	0,07 $\pm 0,01$	0,06 $\pm 0,01$	0,08 $\pm 0,01$	0,04 $\pm 0,01$	0,06 $\pm 0,01$
Cenizas (%)	0,20 $\pm 0,01$	0,18 $\pm 0,01$	0,21 $\pm 0,01$	0,18 $\pm 0,01$	0,20 $\pm 0,01$	0,20 $\pm 0,01$	0,23 $\pm 0,01$	0,18 $\pm 0,01$	0,25 $\pm 0,01$	0,24 $\pm 0,01$	0,25 $\pm 0,01$	0,22 $\pm 0,01$
Hidratos de carbono (%)	1,32 $\pm 0,01$	1,76 $\pm 0,01$	1,32 $\pm 0,01$	1,74 $\pm 0,01$	1,62 $\pm 0,01$	2,41 $\pm 0,01$	1,55 $\pm 0,01$	2,50 $\pm 0,01$	3,30 $\pm 0,01$	2,62 $\pm 0,01$	2,04 $\pm 0,01$	1,97 $\pm 0,01$

T1: tratamiento 1. T2: tratamiento 2. T3: tratamiento 3. Ch: chía. BF: bebida funcional. A: agua. A,B,C,D: número de tratamientos.

Cabe destacar que, una alta capacidad antioxidante indica que una sustancia (en este caso, la cáscara de maracuyá) tiene una gran habilidad para neutralizar radicales libres y prevenir el daño oxidativo. Una alta capacidad antioxidante se asocia con un mayor poder para reducir la oxidación celular, lo cual puede ayudar a prevenir enfermedades crónicas como el cáncer, enfermedades cardiovasculares y el envejecimiento prematuro. En la tabla, la cáscara de maracuyá muestra una capacidad antioxidante total mayor que la semilla de chía, lo que indica que es más eficaz en este aspecto.

Por su parte, una buena fuente de antioxidantes, se refiere a que una sustancia (en este caso, la chía) contiene antioxidantes en cantidades significativas, aunque no tan altas como en el caso de la cáscara de maracuyá. Es una buena opción para incluir en la dieta, ya que aporta antioxidantes beneficiosos que pueden contribuir a la salud general y ayudar a proteger las células del daño oxidativo. Aunque la chía tiene menos capacidad antioxidante que la cáscara de maracuyá, sigue siendo considerada una buena fuente de antioxidantes.

Por su parte, para la chía se esclarece una capacidad antioxidante de $54.7 \pm 1.8 \mu\text{mol TE/g}$ (Reyes-Caudillo et al.,

Proteína

En la figura 2, se evidencian los resultados del contenido proteico en tres tratamientos de la bebida funcional no láctea a base de cáscaras de maracuyá y chía. Se evidencia que el T3 reporta un porcentaje mayor de proteína (0.33 ± 0.01) en contraste con el tratamiento T1 y T2 lo cual disminuye los porcentajes de concentración proteica del principal compuesto que son las cáscaras.

Humedad

Consecuentemente, se evidencia el contenido de humedad en tres tratamientos de la bebida funcional no láctea a base de cáscaras de maracuyá y chía. Se esclarece que el tratamiento T1 posee una media mayor de humedad ($97,8423 \pm 0.01$) en contraste con el tratamiento T2 y T3. Estos esclarecen diferencias significativas para el tratamiento T2.

Grasas

En la figura 4 se evidencia el contenido de grasa en tres tratamientos de la bebida funcional no láctea a base de cáscaras

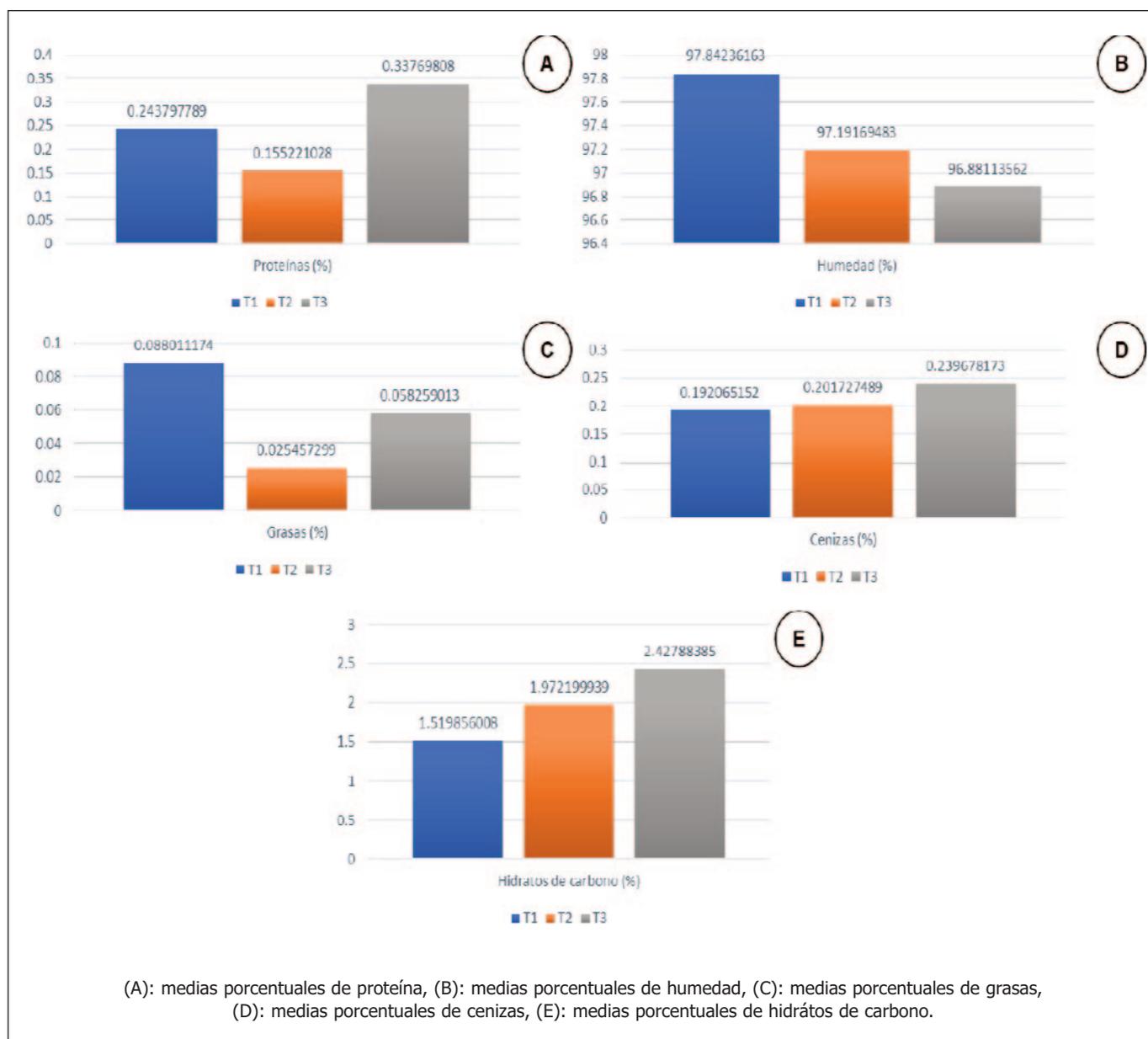


Figura 2. Composición química proximal de la bebida

ras de maracuyá y chía. Se esclarece que para el tratamiento T1 presenta el mayor porcentaje de grasa de la experimentación ($0,0880\pm 0,01$) en comparación con los tratamientos T2 y T3; esto deja en evidencia diferencias significativas en el nivel de constitución del porcentaje de grada.

Cenizas

En la figura 5, se evidencia el contenido de cenizas en tres tratamientos de la bebida funcional no láctea a base de cáscaras de maracuyá y chía. Se esclarece que para el tratamiento T3 existe mayor nivel porcentual de medias ($0,2396\pm 0,01$) en comparación con los tratamientos T1 y

T2, esto esclarece diferencias significativas entre las muestras examinadas.

Hidratos de carbono

Se esclarece en la figura 6 el contenido de hidratos de carbono en tres tratamientos de la bebida funcional no láctea a base de cáscaras de maracuyá y chía. Se evidencia que el tratamiento T3 posee mayor composición media porcentual de hidratos de carbono ($2,4278\pm 0,01$) en contraposición a los tratamientos T1 (1,51 %) y T2 (1,97%) expresando una diferencia significativa entre los mismos.

Composición de la actividad antioxidante y fenólica de la bebida funcional

Tabla 3. Composición de la actividad antioxidante y fenólica

Composición química	Tratamientos											
	T1 (BF70%: A30%); Ch45gr.				T2 (BF80%: A20%); Ch45gr.				T3 (BF90%: A10%); Ch45gr.			
	T1A	T1B	T1C	T1D	T2A	T2B	T2C	T2D	T3A	T3B	T3C	T3D
Actividad antioxidante	0,35 ±0,01	0,22 ±0,01	0,24 ±0,01	0,16 ±0,01	0,07 ±0,01	0,07 ±0,01	0,04 ±0,01	0,05 ±0,01	0,26 ±0,01	0,07 ±0,01	0,20 ±0,01	0,26 ±0,01
Actividad fenólica	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01

T1: tratamiento 1. T2: tratamiento 2. T3: tratamiento 3. Ch: chía. BF: bebida funcional. A: agua. A,B,C,D: número de tratamientos.

**Figura 3.** Comparación de medias porcentuales de actividad antioxidante

Se esclarece en la tabla 3 y figura 7 los resultados esclarecidos obtenidos a la actividad antioxidante por DPPH. En la cual se evidencia que en el tratamiento T1 presenta un contenido 0,23 mmol /mL TROLOX mientras que para el tratamiento T2 y T3 son diferentes. Finalmente, en cuanto a la actividad fenólica se esclarece que todos los parámetros son inferiores a 0,01 significa que la cantidad de compuestos fenólicos presentes en la muestra es extremadamente baja. Los compuestos fenólicos son conocidos por sus propiedades antioxidantes, por lo que una actividad fenólica tan baja indica que la muestra tiene una capacidad muy limitada para neutralizar los radicales libres y prevenir el daño oxidativo. Esto podría implicar que la muestra no es una fuente significativa

de antioxidantes fenólicos y, por lo tanto, es menos efectiva en contribuir a la salud en comparación con otros alimentos o ingredientes con mayor contenido fenólico.

Discusión de resultados

Las bebidas funcionales no lácteas han ganado popularidad debido a sus beneficios para la salud y su adaptabilidad a diversas dietas. Según Camayo et al.⁴, estas bebidas están enriquecidas con ingredientes que mejoran la salud general, aumentando la energía y mejorando la digestión. Este estudio se alinea con esta tendencia al utilizar cáscaras de maracuyá y semillas de chía, ambas conocidas por sus propiedades nutricionales y antioxidantes.

Los resultados del estudio de campo sobre la preparación de la bebida funcional no láctea de cáscaras de maracuyá y chía, realizado por triplicado, mostraron variaciones significativas en las propiedades nutricionales y antioxidantes entre los diferentes tratamientos. Las mezclas de jugos con agua en proporciones de 80:20, 90:10 y 70:30 (v/v), adicionadas con chía al 1% y endulzadas con Stevia, fueron sometidas a procesos de calentamiento, filtración y pasteurización. Inicialmente, se analizaron los valores antioxidantes totales y fenólicos de las cáscaras de maracuyá y chía por separado, utilizando datos bibliográficos. La cáscara de maracuyá mostró una alta capacidad antioxidante ($82.4 \pm 2.1 \mu\text{mol TE/g}$) y un comportamiento fenólico moderado ($56.3 \pm 1.5 \text{ mg GAE/g}$). Por su parte, la chía presentó una capacidad antioxidante de $54.7 \pm 1.8 \mu\text{mol TE/g}$ y un comportamiento fenólico de $33.4 \pm 1.2 \text{ mg GAE/g}$.

El Tratamiento 1 (T1: BF70%: A30%, Ch45g) mostró un contenido proteico moderado de 0.46% en su variante más alta, aunque una variante tuvo menos de 0.01%. En cuanto a la humedad, T1 tuvo la mayor humedad promedio (97.8423%), lo que podría afectar la estabilidad y conservación del producto. Además, T1 presentó el mayor contenido de grasas (0.10%), contribuyendo a una mejor textura y sensación en boca. El contenido de cenizas de 0.20% indica una cantidad adecuada de minerales, y los hidratos de carbono fueron menores en comparación con T2 y T3, con un promedio de 1.32%. La actividad antioxidante de T1 fue la más alta entre los tratamientos (0.35 mmol/mL TROLOX), mientras que la actividad fenólica fue inferior a 0.01, similar a los otros tratamientos.

El Tratamiento 2 (T2: BF80%: A20%, Ch45g) presentó un contenido proteico de 0.43%, ligeramente menor que el máximo de T1 y T3. Con una humedad de 97.83%, T2 estuvo ligeramente por debajo de T1 pero aún alto. El contenido de grasa en T2 fue bajo (0.06%), y el contenido de cenizas fue consistente con T1 (0.20%). T2 presentó un contenido de hidratos de carbono de 1.62%, mayor que T1 pero menor que T3. La actividad antioxidante de T2 fue de 0.22 mmol/mL TROLOX, menor que T1 pero comparable, mientras que la actividad fenólica fue inferior a 0.01.

El uso de cáscaras de maracuyá en la bebida funcional representa un esfuerzo por promover la sostenibilidad, como destacan Monera et al.²¹. La valorización de estos subproductos reduce el desperdicio alimentario y contribuye a una economía circular. En este estudio, la alta capacidad antioxidante de la cáscara de maracuyá ($82.4 \pm 2.1 \mu\text{mol TE/g}$) resalta su potencial como ingrediente funcional.

La capacidad antioxidante es crucial para contrarrestar el estrés oxidativo, un factor en el desarrollo de enfermedades crónicas²⁰. La cáscara de maracuyá mostró una alta capacidad antioxidante, mientras que la chía, con $54.7 \pm 1.8 \mu\text{mol TE/g}$, también se posiciona como una buena fuente de antioxidan-

tes. Estos resultados confirman los beneficios de estos ingredientes en la formulación de bebidas saludables.

La actividad fenólica, aunque baja en las bebidas finales ($<0.01 \text{ mg GAE/g}$), es importante para la actividad antioxidante². Los valores iniciales más altos en los ingredientes sugieren que el proceso de pasteurización y preparación puede haber reducido significativamente estos compuestos, un aspecto crítico a considerar para optimizar las formulaciones futuras.

Los diferentes tratamientos (T1, T2, T3) mostraron variaciones significativas en la composición química de la bebida. T1 tuvo un mayor contenido de humedad, lo que podría afectar la percepción sensorial y la estabilidad del producto. En contraste, T3 mostró el mayor contenido de proteínas y carbohidratos, sugiriendo una mayor densidad nutricional.

Torres-Guevara et al.²⁷ resaltan los beneficios de la cáscara de maracuyá, incluyendo su alto contenido en fibra y compuestos fenólicos. Los resultados de este estudio corroboran estos beneficios, destacando su uso en la bebida funcional no láctea como una estrategia para aumentar la ingesta de antioxidantes y fibras dietéticas.

La chía es reconocida por su alto contenido de ácidos grasos omega-3, fibras y antioxidantes²⁹. Su inclusión en la bebida funcional contribuye significativamente a su valor nutricional, alineándose con las tendencias de mercado que buscan ingredientes con múltiples beneficios para la salud.

Según Encina-Zelada y Carpio-Rivadeneira⁹, el aumento de la sensibilidad hacia las alergias alimentarias y las preferencias dietéticas impulsa la demanda de bebidas no lácteas. Este estudio se enfoca en satisfacer estas necesidades, utilizando ingredientes naturales y superalimentos que responden a estas tendencias del mercado.

La investigación demuestra que la combinación de cáscaras de maracuyá y chía puede resultar en una bebida funcional con beneficios antioxidantes y nutricionales. Sin embargo, la baja actividad fenólica observada en los productos finales sugiere la necesidad de optimizar los procesos de preparación y pasteurización. Futuras investigaciones podrían explorar métodos alternativos de conservación que preserven mejor los compuestos fenólicos y antioxidantes.

CONCLUSIONES

El Tratamiento 3 (T3: BF90%: A10%, Ch45g) se destacó como el más prometedor en la formulación de una bebida funcional no láctea, superando a los demás tratamientos en varios aspectos clave. En primer lugar, su contenido de proteínas, que alcanzó un 0.48%, lo posiciona como el tratamiento más rico en este nutriente esencial. Las proteínas son fundamentales para el crecimiento y la reparación de tejidos, y su presencia en mayores proporciones en T3 realza el valor nutricional de esta formulación, haciéndola particularmente

atractiva para consumidores que buscan mejorar su ingesta proteica en su dieta diaria.

Otro aspecto relevante de T3 es su baja humedad (96.20%), la más reducida entre todos los tratamientos. Este factor no solo sugiere una mayor estabilidad del producto en términos de vida útil, sino también una menor dilución de los componentes activos, lo que podría traducirse en una mayor concentración de sabores y nutrientes por porción. La baja humedad podría permitir, además, una mejor conservación, reduciendo el riesgo de crecimiento microbiano y deterioro del producto, aspectos cruciales en la industria de alimentos funcionales.

T3 también sobresale por tener el contenido de grasa más bajo (0.06%), lo que puede ser una ventaja para consumidores preocupados por el aporte calórico o el contenido lipídico en sus bebidas. Esto refuerza su posicionamiento como una opción ligera y saludable. En cuanto al contenido de cenizas, que refleja la concentración de minerales, T3 mostró el valor más alto (0.25%), lo que indica una fuente más rica en micronutrientes esenciales, como calcio, hierro y zinc, importantes para el mantenimiento de funciones vitales en el organismo, como la salud ósea y el sistema inmunológico.

El contenido de carbohidratos en T3, el más elevado con 2.4278%, proporciona una fuente importante de energía, lo que puede hacer que esta bebida sea más completa desde un punto de vista nutricional. Además, los carbohidratos contribuyen a mejorar el perfil organoléptico del producto, potenciando su dulzor natural y mejorando su aceptabilidad entre los consumidores.

Respecto a la actividad antioxidante, T3 registró un valor de 0.26 mmol/mL TROLOX, lo que, aunque no sea el más alto entre los tratamientos, se encuentra en un rango que ofrece una protección adecuada contra el estrés oxidativo. Esto es importante ya que los antioxidantes juegan un papel esencial en la neutralización de radicales libres, los cuales están asociados con el envejecimiento prematuro y diversas enfermedades crónicas. Aunque la actividad fenólica fue baja en este tratamiento (menos de 0.01), el balance de otros nutrientes críticos compensa esta deficiencia.

En definitiva, el Tratamiento 3 (T3) sobresale por ofrecer una combinación equilibrada de proteínas, carbohidratos y minerales, con una baja humedad que favorece la estabilidad y conservación del producto. La integración de estos factores lo convierte en la opción más adecuada para el desarrollo de una bebida funcional no láctea rica en nutrientes. Esta formulación no solo atiende las demandas del mercado por productos más saludables y funcionales, sino que también optimiza los beneficios de los ingredientes utilizados, respondiendo a las tendencias actuales que priorizan el bienestar y la nutrición balanceada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Andrade, F. S., Melo, B. H. da S., Galdino, P. O., Santiago, Â. M., Galdino, P. O., Muniz, C. E. de S., Almeida, R. L. J., Almeida, M. M. de, Santos, N. C., & Luna, I. A. (2021). Cinética de degradação do ácido ascórbico do mesocarpo do maracujá pré-tratado osmoticamente e o estudo da sua estabilidade. *Research, Society and Development*, 10(4). <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i4.13112>
2. Arancibia-Hernández, Y. L., Loyola Mondragón, D. Y., Hernández Cruz, E. Y., & Pedraza Chaverri, J. (2022). Especies reactivas de oxígeno y antioxidantes: Aspectos básicos. *Tequío*, 5(15). <https://doi.org/10.53331/teq.v5i15.4905>
3. Arenas, A. D., Marcó Parra, L. M., & Torres Sierralta, G. (2011). Evaluation of the plant Lemna Minor for the bioremediation of water. *Avances En Ciencias e Ingeniería*, 2(3).
4. Camayo, B., Quispe, M., Condezo, D., Massipe, J. R., Galarza, J., & Mucha, E. (2021). Autonomous solar thermal system design for indirect dehydration of aguaymanto (*Physalis peruviana* L.), Junin. *Granja*, 33(1). <https://doi.org/10.17163/LGR.N33.2021.10>
5. Chagua Rodriguez, P., Echevarría V., J. P., Torres G., E. R., Malpartida Y., R. J., Llimpe P., V., Chuquillin G., R. C., & Velásquez B., F. F. (2020). Efecto de *Salvia hispanica* L. (chía) en las características fisicoquímicas y capacidad antioxidante de la bebida de *Physalis peruviana* (aguaymanto). *Ciencia e Investigación*, 23(1). <https://doi.org/10.15381/ci.v23i1.17291>
6. Chau Miranda, G., Herrera-Calderón, O., & Condorhuamán Figueroa, M. (2019). Actividad antioxidante in vitro, de diferentes extractos del fruto de *Physalis peruviana* L. (aguaymanto). *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 4(1). <https://doi.org/10.26722/rpmi.2019.41.105>
7. Coronado H, M., Vega y León, S., Gutiérrez T, R., Vázquez F, M., & Radilla V, C. (2015). Antioxidantes: perspectiva actual para la salud humana. *Revista Chilena de Nutrición*, 42(2). <https://doi.org/10.4067/s0717-75182015000200014>
8. Cusihamán Sisa, G. N., Pílares Figueroa, D. A., & Valdíglesias Calvo, R. G. (2022). Ventajas latentes de la producción de aguaymanto (*physalis peruviana*) en Arequipa. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 3(2). <https://doi.org/10.56712/latam.v3i2.209>
9. Encina-Zelada, C. R., & Carpio-Rivadeneira, L. J. (2011). Máxima retención de ácido ascórbico, compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en el néctar de tumbo. *Ingeniería Industrial*, 0(029). <https://doi.org/10.26439/ing.ind2011.n029.236>
10. García, E., Fernández, I., & Fuentes, A. (2015). Determinación de polifenoles totales por el método de Folin-Ciocalteu. *Etsiamn*.
11. García-Godos Alcázar, P., Palomino Felices, S., & Martínez Gómez, K. (2020). Diversidad citogenética de *Physalis peruviana* L. "aguaymanto" de los ecotipos del Perú. *Investigación*, 28(1). <https://doi.org/10.51440/unsch.revistainvestigacion.28.1.2020.368>
12. Gil-Rivero, A. E., López-Medina, E., Mostacero-León, J., De, A. J., & Cruz-Castillo, L. (2019). Papas nativas con potencial antioxidante, cultivadas en el norte del Perú. *AROMÁTICAS*, 18(3).

13. Gómez Ugarte, M., Escalera Cruz, D. Á., Rojas Navi, P., Andrade Valeriano, M., Lopez Rojas, A. F., & Muruchi Suarez, A. (2017). Beneficios de la semilla de Persea americana Mill (Palta). *Revista de Investigación e Información En Salud*, 12(30). <https://doi.org/10.52428/20756208.v12i30.511>
14. González-Torres, M. C., Betancourt-Rule, M., & Ortiz-Muñiz, R. (2000). Daño oxidativo y antioxidantes. *Bioquímica*, 25(1).
15. Jorge, P., & Troncoso, L. (2016). Capacidad antioxidante del fruto de la Opuntia apurimacensis (ayrampo) y de la Opuntia ficus-indica (tuna). *Anales de La Facultad de Medicina*, 77(2). <https://doi.org/10.15381/anales.v77i2.11812>
16. Jurado, B., Aparcana, I., Villarreal, L., Ramos, E., Calixto, M., Hurtado, P., & Acosta, K. (2016). Evaluación del contenido de polifenoles totales y la capacidad antioxidante de los extractos etanólicos de los frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana* L.) de diferentes lugares del Perú. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 82(3).
17. Londoño Hernández, L., Montalvo Rodriguez, C., Arroyave Sierra, O. J., & Garcia Gonzalez, E. (2022). Uso potencial del camu-camu (*Myrciaria dubia*) en el desarrollo de alimentos funcionales. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 9(2). <https://doi.org/10.23850/24220582.4863>
18. López, M., Beltrán, M., Cardona, J., & Yepes, H. (2006). La fruta de la pasión, potencial contribución de la naturaleza a la seguridad. *Investigaciones Andina*.
19. Marena, M. M., Mueses, M. A., & Fiderman, M. M. (2017). Modelado y evaluación experimental de un reactor solar fotocatalítico no isotérmico: efecto de la temperatura sobre la cinética de la velocidad de reacción. *INGENIERÍA Y COMPETITIVIDAD*, 19(2). <https://doi.org/10.25100/iyc.v19i2.5301>
20. Mariaca, C. J., Zapata, M., & Uribe, P. (2016). Oxidación y antioxidantes: hechos y controversias. *Revista de La Asociación Colombiana de Dermatología y Cirugía Dermatológica*, 24(3). <https://doi.org/10.29176/2590843x.292>
21. Montoya Vizuete, S. N., Castillo Mendoza, B. E., Cajas Palacios, M. P., & Garcia Larreta, F. S. (2022). Actividad antioxidante, fenoles totales y tamizaje fitoquímico de Dragón Fruit roja y amarilla. *RECIAMUC*, 6(3). [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.408-417](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.408-417)
22. Nazrul, M. (2013). Los antioxidantes para la salud óptima. *Revista Medica Cientifica*, 26(2).
23. Obregón La Rosa, A., & Lozano Zanelly, G. A. (2021). Compuestos nutricionales y bioactivos de tres frutas provenientes de la sierra y la selva de Perú como fuente potencial de nutrientes para la alimentación humana. *Ciencia & Tecnología Agropecuaria*, 22(2). https://doi.org/10.21930/rcta.vol22_num2_art:1835
24. Rabanal-Atalaya, M., & Medina-Hoyos, A. (2021). Análisis de antocianinas en el maíz morado (*Zea mays* L.) del Perú y sus propiedades antioxidantes. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 39. <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.808>
25. Rincon, J., Camacho, H., & Polania, A. (1993). Evaluación de la reactividad hacia la gasificación del carbón del cerrejón. *Revista Colombiana de Química*, 22(2).
26. Serra Bisbal, J. J., Melero Lloret, J., Martínez Lozano, G., & Fagoaga, C. (2020). Especies vegetales como antioxidantes de alimentos. *Nereis. Interdisciplinary Ibero-American Journal of Methods, Modelling and Simulation*, 12. https://doi.org/10.46583/nereis_2020.12.577
27. Torres-Guevara, F. A., Ganoza Yupanqui, M. L., & Suárez-Rebaza, L. A. (2020). Sustancias bioactivas y actividad antioxidante de frutos nativos de páramos y bosques de neblina del norte peruano. *Revista Peruana de Medicina Integrativa*, 5(4). <https://doi.org/10.26722/rpmi.2020.54.185>
28. Vásquez Giler, Y. A., Carrillo Farnés, O. V., Vidal Novoa, A., & Marrero González, D. (2021). *Moringa oleifera* Lam. (Moringaceae): evaluación nutricional y clínica en modelos animales y correspondencia con investigaciones en humanos. *QhaliKay. Revista de Ciencias de La Salud* ISSN: 2588-0608, 5(2). <https://doi.org/10.33936/qkracs.v5i2.3495>
29. Velásquez-Barreto, F. F., Rafael-Delgado, D. A., & Ramírez-Tixe, E. E. (2022). Efecto del tiempo y temperatura de almacenamiento en los parámetros físico-químicos y de color de frutos de aguaymanto (*Physalis peruviana*). *Revista de Investigación Agropecuaria Science and Biotechnology*, 2(1). <https://doi.org/10.25127/riagrop.20221.782>
30. Vivas R, Y. A., Morales F, A. J., & Otálvaro A, Á. M. (2017). Aprovechamiento de lactosuero para el desarrollo de una bebida refrescante con antioxidantes naturales. *Alimentos Hoy*, 24(39).