

Recibido: 2024-07-15

Aceptado: 2024-08-15

Publicado: 2024-09-15

Uso del açaí liofilizado (*Euterpe oleracea*) en la elaboración de barras energéticas con propiedades funcionales

Use of freeze-dried acai (*Euterpe oleracea*) in the production of energy bars with functional properties.

AUTORES

Carrasco Delgado Frabrizio Andrian

Universidad Agraria del Ecuador

Ecuador – Guayaquil

frabrizio.carrasco.delgado@uagrtaria.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0005-5358-7065>

Aviles Pinargote Fernando José

Universidad Agraria del Ecuador

Ecuador – Guayaquil

fernando.aviles.pinargote@uagrtaria.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0008-3947-6387>

Resumen

El presente estudio tuvo como finalidad desarrollar barras energéticas funcionales a partir de la incorporación de acaí liofilizado (*Euterpe oleracea*), una fruta originaria de la región amazónica ampliamente valorada por su alto contenido de polifenoles, antocianinas, ácidos grasos esenciales y fibra dietética. La formulación de las barras incluyó ingredientes naturales como avena, frutos secos y miel, integrando el acaí en diferentes concentraciones (5 %, 10 % y 15 %) para evaluar su impacto en las propiedades del producto final. Se llevaron a cabo análisis fisicoquímicos (humedad, actividad de agua, textura, pH, y contenido de antioxidantes), microbiológicos, sensoriales y de vida útil para determinar la estabilidad y aceptabilidad del producto.

Los resultados indicaron que la inclusión de acaí liofilizado mejora significativamente el contenido antioxidante y el valor nutricional de las barras, sin comprometer su estabilidad fisicoquímica. Desde el punto de vista sensorial, las formulaciones con 10 % de acaí obtuvieron la mejor puntuación en sabor, color y aceptación general por parte de los panelistas. Además, la liofilización permitió preservar los compuestos bioactivos del fruto, garantizando su funcionalidad dentro del alimento procesado.

Este estudio demuestra que es viable técnica y comercialmente incorporar acaí liofilizado en el desarrollo de productos funcionales como las barras energéticas, promoviendo alternativas alimenticias saludables con valor agregado y potencial en mercados especializados como el deportivo, escolar y de consumo rápido.

Palabras clave: Acaí liofilizado, Alimentos funcionales, Antioxidantes naturales, Tecnología de alimentos, Compuestos bioactivos

Abstract

This study aimed to develop functional energy bars by incorporating freeze-dried açai (*Euterpe oleracea*), a native Amazonian fruit highly valued for its rich content of polyphenols, anthocyanins, essential fatty acids, and dietary fiber. The bar formulation included natural ingredients such as oats, nuts, and honey, with the freeze-dried açai integrated at different concentrations (5%, 10%, and 15%) to assess its impact on the final product's characteristics. Comprehensive analyses were performed, including physicochemical evaluations (moisture, water activity, texture, pH, antioxidant content), microbiological testing, sensory analysis, and shelf-life studies.

The results showed that the inclusion of freeze-dried açai significantly enhanced the antioxidant capacity and nutritional profile of the bars without compromising physicochemical stability. Sensory evaluations indicated that bars containing 10% açai scored highest in taste, color, and overall acceptability by the panelists. Furthermore, the freeze-drying process effectively preserved the fruit's bioactive compounds, ensuring its functional contribution to the processed product.

This research demonstrates the technical and commercial feasibility of incorporating freeze-dried açai in the development of functional food products such as energy bars. It promotes the creation of healthy alternatives with added value and potential for niche markets including sports nutrition, school snacks, and on-the-go consumption.

Keywords: Freeze-dried açai, Functional foods, Natural antioxidants, Food technology, Bioactive compounds

Introducción

En la actualidad, existe una creciente demanda por parte de los consumidores hacia alimentos que no solo aporten energía y nutrientes, sino que además proporcionen beneficios adicionales para la salud. Este interés ha impulsado el desarrollo de productos alimenticios funcionales, los cuales contienen compuestos bioactivos capaces de influir positivamente en diversas funciones fisiológicas, reduciendo el riesgo de enfermedades crónicas y promoviendo el bienestar general. Entre estos productos, las barras energéticas han adquirido gran popularidad debido a su practicidad, valor nutricional y versatilidad de formulación, convirtiéndose en una opción común para deportistas, estudiantes y personas con estilos de vida activos.

Dentro de esta tendencia, el acaí (*Euterpe oleracea*), una fruta originaria de la región amazónica, ha despertado un interés particular en la industria alimentaria y científica, debido a su perfil nutricional y funcional altamente valorado. Esta baya se caracteriza por su elevado contenido de antioxidantes naturales, principalmente antocianinas y polifenoles, así como ácidos grasos insaturados, fibra dietética, vitaminas y minerales. Estos componentes han sido asociados con propiedades antiinflamatorias, cardioprotectores y neuro protectoras, entre otras. No obstante, una de las principales limitaciones del acaí fresco es su rápida perecibilidad, lo cual restringe su distribución y uso en productos industrializados.

En este contexto, la liofilización se presenta como una técnica de conservación eficiente que permite deshidratar el acaí a bajas temperaturas, preservando en gran medida sus propiedades organolépticas y contenido de compuestos bioactivos. El uso del acaí liofilizado en formulaciones alimenticias representa una alternativa viable para incorporar sus beneficios funcionales en productos de consumo masivo, sin comprometer su estabilidad ni vida útil.

El desarrollo de barras energéticas funcionales a base de acaí liofilizado no solo responde a las exigencias del mercado actual, sino que también promueve la innovación alimentaria mediante el aprovechamiento de recursos naturales de alta calidad nutricional. Además, fomenta el valor agregado de productos amazónicos, impulsando cadenas de producción más sostenibles y competitivas. La presente investigación se enfoca en formular,

caracterizar y evaluar barras energéticas enriquecidas con acaí liofilizado, determinando su impacto en parámetros fisicoquímicos, sensoriales, funcionales y de aceptación por parte del consumidor. Este estudio busca evidenciar la factibilidad técnica de esta formulación y su potencial para ser introducida en el mercado como una alternativa saludable, práctica e innovadora.

Material y métodos

Condiciones climáticas de zona.

La ciudad de Guayaquil se caracteriza por un clima cálido y húmedo durante la mayor parte del año, con temperaturas que oscilan entre los 21 °C y los 31 °C, siendo poco frecuente que descendan por debajo de los 21 °C. La temporada invernal, que se extiende aproximadamente de enero a mayo, presenta un alto nivel de humedad y lluvias intensas, alcanzando precipitaciones de hasta 199 mm en los meses de febrero y marzo. En contraste, la temporada seca, que abarca de junio a octubre, se manifiesta con menor nubosidad, aunque mantiene condiciones de humedad moderada. Estas características climáticas influyen directamente en las condiciones ambientales del entorno donde se desarrolló el presente estudio (Weather, 2022)

Material

Insumos.

- Quinua 30
- Arándanos
- Miel de abeja
- Avena
- Acaí liofilizado
- Almendra

Equipos y Materiales.

- Recipiente metálico redondo
- Cuchara de madera
- Balanza analítica
- Papel encerado
- Recipientes metálicos
- Horno
- Procesador de alimentos

Métodos

Diseño metodológico de la investigación

El presente proyecto de investigación se estructuró en dos fases metodológicas claramente diferenciadas. La primera fase se desarrolló bajo un enfoque de investigación transversal y descriptiva, mientras que la segunda fase se ejecutó mediante un diseño experimental.

En la fase inicial, el diseño transversal permitió analizar las variables previamente definidas en el estudio. Según (Rivas Tovar, 2015) un estudio transversal se caracteriza

por ser de tipo observacional e individual, y tiene como objetivo la medición de una o más variables en un momento determinado. Este tipo de diseño recoge información en el presente, aunque puede incluir aspectos relacionados con conductas o experiencias pasadas de los individuos, permitiendo una caracterización inicial del fenómeno investigado.

El enfoque descriptivo, por su parte, facilitó la identificación de tendencias y patrones dentro de un grupo o población específica, permitiendo observar el fenómeno en estudio y definir con precisión sus variables y componentes. En este sentido, Hernández et al. (2016) afirman que la investigación descriptiva proporciona una caracterización detallada y específica de las propiedades, características y perfiles de individuos, grupos, procesos o comunidades, brindando así una base sólida para fases posteriores de investigación.

La segunda fase del proyecto fue de carácter experimental, y consistió en la formulación y evaluación de barras energéticas a base de acaí liofilizado. Esta etapa implicó la manipulación controlada de la variable independiente (concentración de acaí) con el fin de observar su efecto sobre variables dependientes como textura, sabor, humedad, contenido antioxidante, entre otras. De acuerdo con (Martínez-Mena et al., 2011) el diseño experimental es una técnica estadística que permite medir el impacto de una variable al modificar otra, lo cual resulta esencial para validar hipótesis causales dentro de un modelo estructurado.

Adicionalmente, el estudio incorporó un enfoque correlacional, con el propósito de establecer relaciones cuantificables entre las variables analizadas. Como lo indican (Hernández & Baptista, 2014) los estudios correlacionales permiten asociar conceptos o variables conforme a un modelo predictivo, lo cual contribuye a identificar patrones de comportamiento y posibles relaciones funcionales entre los elementos del estudio.

Este enfoque metodológico integral permitió abordar el objeto de investigación desde una perspectiva observacional, descriptiva, experimental y relacional, garantizando así un análisis riguroso y completo de las variables involucradas en el desarrollo de un producto alimenticio funcional.

Proceso de elaboración de la barra energética.

- **Recepción de la materia prima.** Se recibieron todos los insumos necesarios para la elaboración de la barra energética, garantizando el cumplimiento de las buenas prácticas de laboratorio (BPL) y asegurando la inocuidad de los materiales utilizados, conforme a las normas de higiene y manipulación de alimentos.
- **Elaboración de la pasta de mantequilla de almendra.** Las almendras fueron sometidas a un horneado a 300 °C para activar sus aceites naturales. Posteriormente, se añadió una cantidad controlada de agua y se procedió a moler el producto hasta obtener una mezcla homogénea de consistencia pastosa.

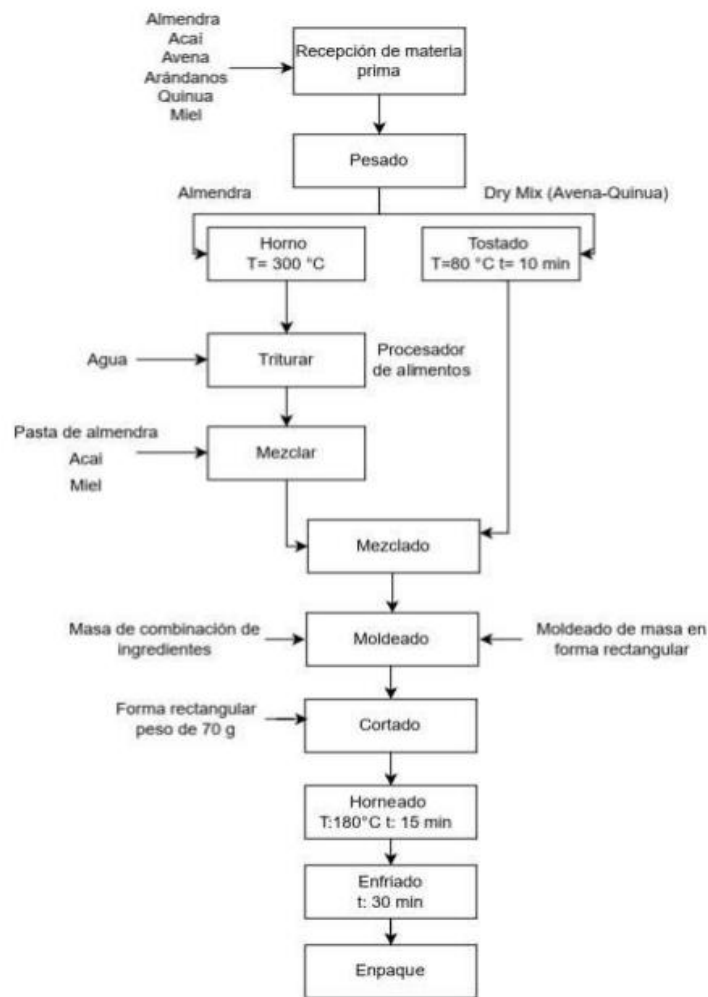
- **Tostado de avena y quinua.** Se realizó un tratamiento térmico a 80 °C durante aproximadamente 10 minutos, hasta que los granos adquirieron una coloración café uniforme, indicando un adecuado nivel de tostado. Luego, se dejaron enfriar a temperatura ambiente.
- **Preparación de la mezcla base.** Se incorporaron la miel y el acaí liofilizado a la pasta de almendra, obteniendo una mezcla preliminar homogénea. Esta base constituye una fuente complementaria de aminoácidos esenciales derivados de los cereales y leguminosas utilizados, lo que incrementa el valor biológico de las proteínas presentes y mejora su digestibilidad. Según (Cabieses, 1996) este tipo de mezcla puede utilizarse tanto en estado crudo como precocido y, al ser sometida a calor y humedad, genera un proceso de gelificación que mejora su funcionalidad. Las mezclas instantáneas, por su parte, permiten un uso inmediato sin necesidad de cocción adicional.
- **Combinación de ingredientes.** La mezcla base fue incorporada al resto de los ingredientes sólidos (avena tostada, quinua, frutos secos, entre otros), hasta formar una masa compacta y uniforme.
- **Moldeo.** La masa obtenida fue distribuida sobre bandejas de acero inoxidable y moldeada manualmente con forma rectangular. Posteriormente, se procedió al corte de las unidades, procurando conservar un peso estándar de entre 70 y 75 gramos por barra.
- **Horneado.** Las unidades moldeadas fueron horneadas a una temperatura de 180 °C durante 15 minutos, permitiendo alcanzar una textura firme y estable, adecuada para su conservación y consumo.
- **Enfriado y empaque.** Luego del horneado, las barras se dejaron enfriar durante 30 minutos a temperatura ambiente. Finalmente, se procedió con el empaque del producto, siguiendo las condiciones de higiene recomendadas para asegurar su conservación y calidad (Chancay & Villacis, 2016)

Diseño del proceso.

A continuación, se detalla el proceso empleado para la elaboración de la barra de cereal tipo energética en base al producto acaí.

Figura 1.

Diagrama de flujo para la elaboración de barra de cereal en base a acaí



Nota: Es un diagrama de flujo que representa el proceso de producción de barras energéticas utilizando ingredientes como almendra, açaí, avena, arándanos, quinua y miel.

Fuente: La Autora

Resultados

Análisis de los Resultados

Características químicas de la materia prima

Como parte del proceso de caracterización de los ingredientes utilizados en la elaboración de la barra energética tipo cereal, se realizaron análisis químicos conforme a las normativas técnicas establecidas por laboratorios certificados, tanto institucionales como particulares. Los resultados obtenidos permitieron determinar los principales parámetros fisicoquímicos de cada componente.

Avena.

Para la formulación del producto se utilizó avena en hojuelas, un cereal ampliamente reconocido por su valor nutricional, particularmente por su aporte de fibra dietética, proteínas y lípidos saludables. La avena fue sometida a análisis de laboratorio para determinar su composición química, cuyos resultados se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1.

Parámetro físico y químico de la avena

Calorías	Grasa Total	Carbohidratos totales	Proteína	Humedad	Acidez	pH	Sólidos Solubles
160	1.56 %	27 g	13.48 %	1 %	0.1 %	5	0.12

Nota: esta tabla muestra una composición nutricional de un producto, posiblemente una barra energética, con diferentes parámetros analizados.

Fuente: La Autora

Los resultados obtenidos en el análisis de laboratorio de los componentes de la barra energética se encuentran dentro de los rangos establecidos por las normas técnicas ecuatorianas NTE INEN 2171, 712, 20493 y 11085, lo cual garantiza la calidad e inocuidad de los insumos utilizados.

Estos resultados guardan similitud con los reportados por (Zenteno, 2016) quien, en su estudio sobre barras elaboradas a base de harina de camote, determinó un valor de pH de 6,07 y un contenido de humedad de 8,87 %, ambos dentro de los parámetros exigidos por la legislación brasileña para productos alimenticios similares.

De igual manera, (Aldaz & Tantaleán, 2019), en su investigación sobre barras formuladas a base de avena, reportaron un contenido de humedad del 13,5 %, un valor energético de 347,8 Kcal y un índice de valor nutritivo de 7,43. Además, concluyeron que el producto

resultó microbiológicamente estable, cumpliendo con lo dispuesto en la Norma Técnica de Salud N.º 591 (NTS N.º 591).

Quinua

Para el desarrollo de la barra energética funcional se utilizó quinua como uno de los ingredientes principales, debido a su alto valor nutricional y su perfil completo de aminoácidos esenciales. Este insumo fue sometido a análisis químicos en laboratorios particulares e institucionales, cuyos resultados se presentan a continuación en la Tabla 2.

Tabla 2.

Parámetro físico y químico de la quinua

Calorías	Grasa Total	Carbohidratos totales	Proteínas	Humedad	Acidez	pH
120	6.46 %	26 g	15.51 %	0.37 %	0.14 %	7.15

Nota: muestra una tabla de composición nutricional con los siguientes parámetros analizados para un producto alimenticio

Fuente: La Autora

Los resultados obtenidos se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1673:2013, lo que garantiza el cumplimiento de los requisitos de calidad y composición nutricional para productos de esta categoría. Dichos resultados muestran similitud con lo reportado por (Márquez-Villacorta & Pretell, 2018) quienes, en su estudio sobre barras de cereales, determinaron características fisicoquímicas con valores de proteínas comprendidos entre 10,65 % y 15,88 %, utilizando un factor de conversión de 6,25 % para el cálculo del contenido proteico.

Acaí.

El acaí fue utilizado como materia prima principal en la formulación de la barra energética, debido a su alto contenido de antioxidantes, ácidos grasos esenciales y compuestos bioactivos. Para asegurar la calidad y funcionalidad de este insumo, se realizaron análisis fisicoquímicos en laboratorios particulares e institucionales, cuyos resultados se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Parámetro físico y químico del Acaí

Calorías	Grasa Total	Proteínas	Acidez	pH	Sólidos Solubles
240	48.1 %	9.76 %	0.1 %	3.5	32.56

Nota: muestra una tabla de composición nutricional de un producto alimenticio, con los siguientes parámetros analizados: calorías, grasa total, proteínas, acidez y sólidos solubles

Fuente: La Autora

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran concordancia con los hallazgos reportados (Romero, et al., 2015) quienes realizaron un estudio sobre las características físicoquímicas del fruto de acaí. En dicho estudio, se registraron valores de pH cercanos a 4, así como niveles de acidez comprendidos entre 0,19 % y 0,35 %, parámetros que se encuentran dentro de los límites establecidos por la legislación alimentaria vigente en Brasil para productos derivados de esta fruta.

Análisis sensorial barra energética

QDA.

La evaluación sensorial fue realizada por un grupo de panelistas conformado por estudiantes de la carrera de Nutrición de la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil (UCSG). Los participantes llevaron a cabo la degustación de los diferentes tratamientos formulados de la barra energética, mediante la aplicación de la técnica QDA (Análisis Descriptivo Cuantitativo, por sus siglas en inglés: Quantitative Descriptive Analysis).

Este análisis permitió obtener valoraciones específicas de distintos atributos sensoriales, entre ellos: aroma dulce, sabor dulce, intensidad del color, sabor amargo, dulzor residual, amargor residual, crocancia y sequedad. Cada panelista calificó los tratamientos según una escala tipo Likert del 1 al 5, la cual se presenta, en la Tabla 4, junto con la interpretación correspondiente de cada nivel de intensidad percibida.:

Tabla 4.

Escala de análisis sensorial

Escala	Significado
1	Deficiente
2	No muy bueno
3	Bueno
4	Satisfactorio
5	Excelente

Nota: muestra una tabla de evaluación con una escala de calificación que asigna un significado cualitativo a cada número

Fuente: La Autora

El color de la barra energética presenta una tonalidad café oscuro, atribuida principalmente a la incorporación del acaí liofilizado, el cual aporta pigmentos naturales

característicos de esta fruta. Por otro lado, el residual hace referencia a la sensación de sabor que permanece en el paladar después de la ingestión del producto, siendo esta una variable clave en la percepción global del consumidor.

La avena es responsable de conferir crocancia a la barra, debido a que es sometida a un proceso de horneado que permite su tostado junto con la quinua, mejorando la textura final del producto. La relación entre crocancia y sequedad está directamente influenciada por el porcentaje de ingredientes sólidos, especialmente la avena y la quinua. En este contexto, la miel cumple una función reguladora de la sequedad, ya que aporta humedad y cohesión a la mezcla, equilibrando la textura general.

A continuación, en la se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial mediante la técnica QDA, según cada tratamiento evaluado. Para la codificación de los ingredientes y atributos sensoriales se utilizaron las siguientes abreviaciones:

- **Componentes de la mezcla:**
 - A: Avena
 - B: Acaí
 - C: Mantequilla de almendras
 - D: Arándanos
- **Atributos sensoriales evaluados:**
 - AD: Aroma dulce
 - SD: Sabor dulce
 - IC: Intensidad de color
 - SA: Sabor amargo
 - RD: Residual dulce
 - RA: Residual amargo
 - C: Crocancia
 - S: Sequedad

Tabla 5, se presentan los resultados obtenidos del análisis sensorial mediante la técnica QDA, según cada tratamiento evaluado. Para la codificación de los ingredientes y atributos sensoriales se utilizaron las siguientes abreviaciones:

- **Componentes de la mezcla:**
 - A: Avena
 - B: Acaí
 - C: Mantequilla de almendras
 - D: Arándanos
- **Atributos sensoriales evaluados:**
 - AD: Aroma dulce
 - SD: Sabor dulce

IC: Intensidad de color

SA: Sabor amargo

RD: Residual dulce

RA: Residual amargo

C: Crocancia

S: Sequedad

Tabla 5.

Puntajes del análisis sensorial QDA por tratamiento

Number	A	B	C	D	AD	SD	IC	SA	RD	RA	C	S	Desirability
T4	43.9	5.0	10.0	1.1	3.2	3.2	3.0	3.2	3.0	3.1	3.2	3.1	1.0
T5	40.0	5.0	10.0	5.0	3.3	3.3	3.1	3.2	3.2	3.2	3.3	3.2	1.0
T12	45.0	5.0	10.0	0.0	3.2	3.1	2.9	3.1	3.0	3.1	3.2	3.1	1.0
T16	39.3	5.0	10.0	5.7	3.4	3.3	3.1	3.3	3.2	3.2	3.3	3.2	1.0
T19	43.2	5.0	10.0	1.8	3.3	3.2	3.0	3.2	3.1	3.1	3.2	3.1	1.0
T20	42.6	5.0	10.0	2.4	3.3	3.2	3.0	3.2	3.1	3.1	3.3	3.1	1.0

Nota: muestra una tabla de análisis comparativo de diferentes tratamientos (T4, T5, T12, T16, T19 y T20) en función de diversas variables representadas por columnas con abreviaturas.

Fuente: La Autora

Caracterización sensorial

La barra testigo corresponde al producto de referencia utilizado en el estudio, seleccionado por su similitud con el tipo de barra energética desarrollada en los diferentes tratamientos experimentales. Este producto sirve como base comparativa tanto a nivel nutricional como sensorial, permitiendo establecer diferencias significativas con las formulaciones elaboradas.

La información nutricional correspondiente al producto testigo se detalla en la Tabla 6. Además de su uso como referencia en la caracterización nutricional, esta barra también fue evaluada mediante el Análisis Descriptivo Cuantitativo (QDA), bajo los mismos criterios aplicados a los demás tratamientos, con el fin de obtener una valoración sensorial objetiva y comparativa.

Tabla 6.

Información nutricional de la barra testigo

Información Nutricional		
Porción:	1 Barra (20 g)	
Porciones por envase	6	
	100 g	1 Porción
Energía (kcal)	341	68
Proteínas (g)	9.3	1.9
Grasa Total (g)	10	2
H. de C Disp (g)	64	13
Azúcares Totales (g)	4.6	0.9
Fibra total (g)	15	3.1
Fibra Soluble (G)	13	2.7
Fibra Insoluble (G)	2	0.4
Sodio	85	17

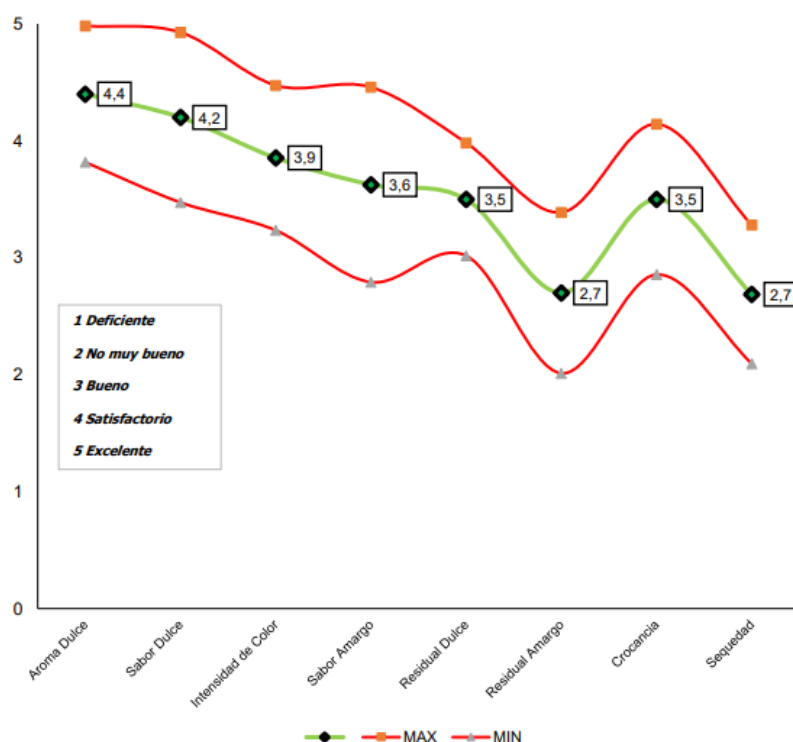
Nota: muestra una tabla de información nutricional de un producto, posiblemente una barra energética.

Fuente: La Autora

La barra de cereal elaborada con ingredientes naturales aporta aproximadamente un 68 % de la energía requerida para actividades diarias ligeras, constituyéndose en una fuente accesible de energía funcional. Su contenido de grasa total representa únicamente el 2 %, debido a que los ingredientes utilizados en su formulación presentan un bajo nivel de azúcares añadidos y grasas saturadas. Asimismo, cada unidad proporciona un 2,7 % de fibra soluble, lo cual contribuye a mejorar el tránsito intestinal y favorece la salud digestiva, convirtiéndola en una opción saludable dentro del grupo de alimentos funcionales.

Gráfico 1.

Perfil sensorial lineal de la barra



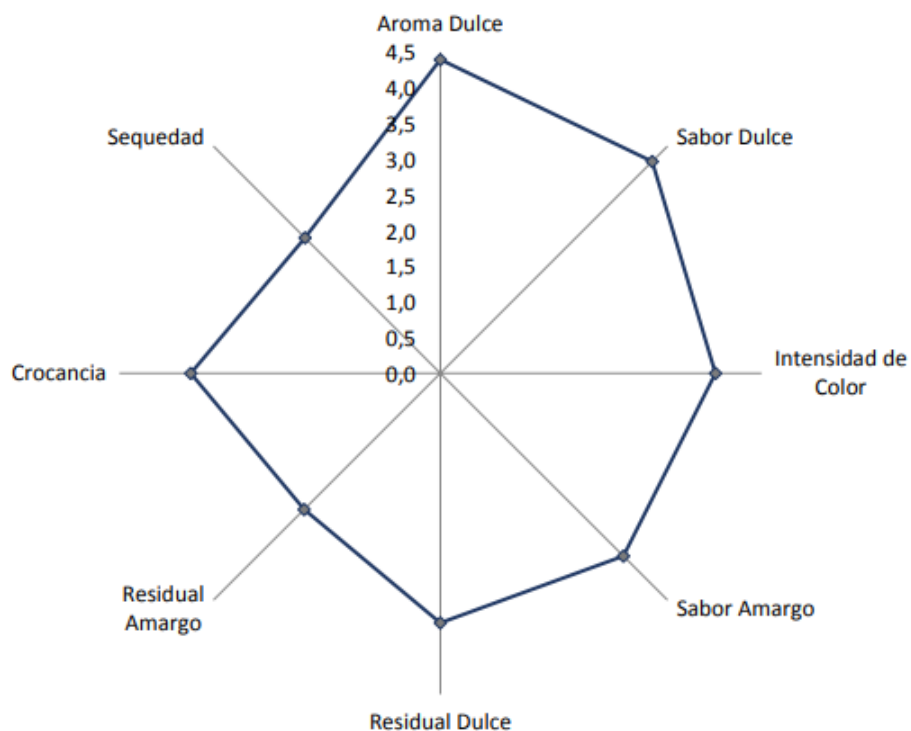
Nota: En el Gráfico 3, se puede observar el perfil lineal de la barra en la cual se aprecian dos caídas de gran importancia. Una en el residual amargo y una en la sequedad. En ambas con un valor de 2.7 entre el rango de bueno y no muy bueno.

Fuente: La Autora

Gráfico 2.

Perfil sensorial radial de la barra.

Perfil Sensorial radial



Nota: muestra el perfil radial de la barra, en la misma se aprecia la caída en el parámetro residual amargo y sequedad. Puesto que, el producto no es amargo por su composición y por ello no es muy incidente

Fuente: La Autora

Discusión

Los resultados obtenidos en el análisis químico de la barra energética elaborada evidencian que la combinación de ingredientes seleccionada permite alcanzar un producto con perfil nutricional equilibrado y adecuado para su consideración como alimento funcional. La incorporación de avena y quinua como componentes principales garantiza un aporte significativo de proteínas y fibra dietética, elementos esenciales en una dieta saludable. Estos resultados coinciden con lo reportado por (Aldaz & Tantaleán, 2019), quienes demostraron que la inclusión de cereales integrales en formulaciones alimenticias mejora tanto el valor nutricional como la aceptación sensorial por parte de los consumidores.

En este contexto, la formulación evaluada presentó un contenido proteico de 16,89 %, además de una cantidad relevante de fibra y carbohidratos complejos, lo cual favorece el metabolismo energético y la saciedad, atributos deseables en productos dirigidos a públicos activos o con necesidades dietéticas específicas.

Desde el punto de vista sensorial, los resultados indican que el tratamiento número 5 fue el más aceptado por los panelistas, destacando en atributos como sabor, textura y crocancia. La evaluación se realizó mediante un análisis descriptivo cuantitativo (QDA), utilizando escalas tipo Likert y pruebas de comparación múltiple, lo que permitió establecer con claridad las preferencias del consumidor. Los datos obtenidos revelan una predilección por formulaciones con una proporción equilibrada entre avena y mantequilla de almendras, en concordancia con estudios previos sobre formulaciones de barras funcionales (Olivera et al., 2012)

Adicionalmente, los análisis microbiológicos confirmaron la ausencia de contaminantes patógenos, lo que garantiza la seguridad alimentaria del producto final y respalda su viabilidad para la comercialización y el consumo masivo en el mercado de alimentos saludables.

Conclusiones

1. Composición del producto. La barra energética desarrollada está compuesta por una mezcla base tipo "dry mix", conformada por avena en hojuelas y quinua tostada, a la que se incorporan ingredientes funcionales como arándanos deshidratados, mantequilla de almendras, miel de abeja y acaí liofilizado. Cada unidad presenta un peso neto aproximado de entre 70 y 75 gramos, lo cual garantiza una porción adecuada para el consumo individual y una ingesta energética equilibrada, dentro de los parámetros establecidos para este tipo de productos.
2. Optimización de formulaciones. Durante el proceso experimental se diseñaron y evaluaron 20 tratamientos distintos, utilizando el software Design Expert®, con el objetivo de identificar la mejor combinación de ingredientes en términos de desempeño sensorial, nutricional y físico-químico. El tratamiento 5 (T5) fue seleccionado como la formulación óptima, compuesta por un 40 % de avena, 5 % de acaí liofilizado y 10 % de mantequilla de almendras, debido a su equilibrio nutricional y aceptación por parte del consumidor.
3. Evaluación sensorial. En los análisis sensoriales aplicados mediante la técnica QDA (Análisis Descriptivo Cuantitativo), el tratamiento 5 fue identificado como el de mayor preferencia entre los panelistas y encuestados. Este tratamiento obtuvo las mejores puntuaciones en atributos como sabor, crocancia, textura y color, lo cual evidencia que la mezcla seleccionada posee características organolépticas atractivas, favoreciendo su aceptación en el mercado objetivo. La selección sensorial estuvo respaldada por el cruce de resultados cuantitativos y cualitativos, lo que otorga mayor validez a la elección final.
4. Caracterización físico-química y microbiológica. El análisis fisicoquímico del tratamiento óptimo arrojó los siguientes resultados:
 - Proteínas: 16,89 %
 - Grasas totales: 17,83 %
 - Fibra dietética: 7,90 %
 - Humedad: 7,21 %
 - Carbohidratos disponibles: 36,00 %

Estos valores reflejan una composición nutricional balanceada, orientada a satisfacer las necesidades energéticas y funcionales del consumidor. Asimismo, el análisis microbiológico determinó la ausencia total de bacterias patógenas, confirmando que

el producto cumple con los requisitos de inocuidad alimentaria establecidos en la normativa vigente.

5. Análisis costo-beneficio. Desde la perspectiva económico-productiva, se determinó que el costo unitario de producción por barra es de USD 1,03, mientras que su precio de venta al público (PVP) será de USD 1,54, lo que representa un margen de ganancia del 50 %. Además, se propone una presentación comercial en cajas de 3 unidades, con un precio final de USD 4,62, estrategia que mejora la competitividad del producto y permite optimizar la rentabilidad en puntos de venta al por menor y distribuidores.

Referencias bibliográficas

- Aldaz, F. A. M., & Tantaleán, B. M. (2019). *FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA E INDUSTRIAS ALIMENTARIAS ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAS*. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/4553>
- Cabieses, M. (1996). *Elaboración de galletas enriquecidas a partir - Industrial Data ISSN_1560*. <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-nacional-de-educacion-enrique-guzman-y-valle/metodologia-del-trabajo-universitario/revista-cientifica-elaboracion-de-galletas-enriquecidas-a-partir/69020251>
- Chancay, M. M. J., & Villacis, G. B. F. (2016). *UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABI Elaboración de una barra energética a base de Quinua y Stevia como fuente de proteínas y aceites (omega 6 y omega 3) PROYECTO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL*. <https://repositorio.uleam.edu.ec/handle/123456789/519?mode=full>
- Hernández, C. C., & Baptista, L. P. (2014). *Metodología de la Investigación*. <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodologia%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
- Márquez-Villacorta, L. F., & Pretell, V. C. C. (2018). *Vista de Evaluación de características de calidad en barras de cereales con alto contenido de fibra y proteína*. <https://revistas.unicauca.edu.co/index.php/biotecnologia/article/view/1167>
- Martínez-Mena, M., Abadía, R., Castillo, V., & Albaladejo, J. (2011). *Rainfall Simulation Studies – A Review of Designs, Performance and Erosion Measurement Variability*. https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwik5JCg_qCMAxW6SzABHWZ4M1wQFnoECBUQAQ&url=https%3A%2F%2Fcaliforniaagriculture.org%2Farticle%2F109010-standards-vary-in-studies-using-rainfall-simulators-to-evaluate-erosion%2Fattachment%2F248507.pdf&usg=AOvVaw0Ehl5ORY9mDg1nCV_pZ4ta&opi=89978449
- Olivera, C. M., Ferreyra, D. V., Giacomino, M. S., Curia, C. A., Pellegrino, G. N., Fournier, U. M., & Apro, C. N. (2012). Desarrollo de barras de cereales nutritivas y efecto del procesado en la calidad proteica. In *Rev Chil Nutr* (Vol. 39, Issue 2). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000300003

- Rivas Tovar, L. Arturo. (2015). *¿Cómo hacer una tesis de maestría?* Ediciones Taller Abierto. https://www.researchgate.net/publication/299820788_Capitulo_9_Disenio_de_investigacion
- Romero Elizabeth, O., Jurado, T. B., Ramos, L. E., Zamudio, M. K., & Aparicio, A. E. (2015). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE DEL ACEITE DE Euterpe precatoria Mart. OBTENIDO POR DIFERENTES MÉTODOS DE EXTRACCIÓN PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION AND EVALUATION OF ANTIOXIDANT ACTIVITY OF OIL FROM Euterpe precatoria Mart. OBTAINED BY DIFFERENT METHODS OF EXTRACTION. In *Rev Soc Quím Perú* (Vol. 81, Issue 1). <https://www.redalyc.org/pdf/3719/371937641005.pdf>
- Weather, S. (2022). *El clima en Guayaquil, el tiempo por mes, temperatura promedio (Ecuador) - Weather Spark*. <https://es.weatherspark.com/y/19346/Clima-promedio-en-Guayaquil-Ecuador-durante-todo-el-año>
- Zenteno, P. S. (2016). *Barras de cereales energéticas y enriquecidas con otras fuentes vegetales Energy bars fortified cereals and other vegetable sources*. 3(2), 58–66. <https://revistas.upcu.edu.pe/index.php/riu/article/view/678>

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés