UIDE
Powered by
Arizona State University

NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

Tesis previa a la obtención de título de

Licenciado En Nutrición Y Dietética

AUTOR: Ing. Jonathan Fabricio Suarez Granda

TUTOR: Dr. Luis Trajano Cepeda Proaño

"ANALISIS BROMATOLOGICO Y EVALUACION DE LA ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE IN VITRO DE UN SNACK ELABORADO CON HIERBA LUISA (ALOYSIA CITRODORA) COMO ALTERNATIVA NATURAL PARA LA PREVENCION DEL ESTRÉS OXIDATIVO

Quito - Ecuador

Marzo 2026

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA

Yo, Jonathan Fabricio Suarez Granda**,** declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado anteriormente para ningún grado o calificación profesional y que se ha consultado la bibliografía detallada.

Cedo mis derechos de propiedad intelectual a la Universidad Internacional del Ecuador, para que sea publicado y divulgado en internet, según lo establecido en la Ley de Propiedad Intelectual, Reglamento y Leyes.



Jonathan Suarez

1718583246

APROBACIÓN DEL TUTOR

Yo, Dr. Luis Trajano Cepeda Proaño, certifico que conozco al autor del presente trabajo siendo la responsable exclusiva de su originalidad y autenticidad, como de su contenido.



Dr. Luis Trajano Cepeda Proaño
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

DEDICATORIA

Este trabajo de titulación se lo dedico a mi madre María Granda por ser la referente en mi vida. Quien con mucho sacrificio e incontables enseñanzas ha sabido guiarme a trazar un camino de rectitud y humildad.

AGRADECIMIENTOS

A mi madre, que gracias a su sacrificio y enseñanzas me ha brindado la fuerza necesaria para que nunca decaiga en todo este camino para completar uno de mis objetivos, entiendo así que todo esfuerzo vale la pena. Un agradecimiento especial al Dr. Luis Trajano Cepeda Proaño, quien con su guía y conocimiento supo guiar este proyecto para que finalice con éxito.

ÍNDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DE AUTORÍA....2
APROBACIÓN DEL TUTOR....3
DEDICATORIA....4
AGRADECIMIENTOS....5
ÍNDICE GENERAL....6
ÍNDICE DE TABLAS....10
ÍNDICE DE FIGURAS....11
LISTADO DE ABREVIATURAS....14
RESÚMEN....15
ABSTRACT....16
PALABRAS CLAVE....17
KEYWORDS....18
INTRODUCCIÓN....19
ANTECEDENTES....21
JUSTIFICACIÓN....22
CAPÍTULO 1....24
1.1 Aloysia citrodora....24
1.1.1 Nombres tradicionales....24
1.1.2 Generalidades de la hierba luisa....24
CAPÍTULO 2....25
2.1 Intervención fitoterapeuta frente a diversas patologías....25
2.1.1 Problemas gastrointestinales....25
2.1.2 Problemas hepatobiliares....25
CAPÍTULO 3....27
3.1 Propiedades fitoquímicas y compuestos bioactivos de Aloysia citrodora....27
3.1.1 Principales compuestos antioxidantes (flavonoides, citral)....27
3.1.2 Aceites esenciales y actividad antiinflamatoria....28
3.1.3 Actividad antimicrobiana....29
3.1.4 Actividad antioxidante en alimentos funcionales....29
CAPÍTULO 4....30
4.1 Métodos in vitro para evaluación de la actividad antioxidante....30
4.1.1 Técnica levadura para capacidad captadora de radicales....30
4.1.2 Técnica levadura para medición de actividad antioxidante....30

4.1.3 Comparación y validación metodológica 30
CAPITULO 5 32
5.1 Evaluación sensorial y aceptabilidad del snack funcional 32
5.1.1 Diseño del test sensorial (sabor, textura, aroma, color) 32
5.1.2 Escalas de aceptación y preferencias del consumidor 33
5.1.3 Interpretación de resultados y análisis estadístico 34
CAPÍTULO 6 35
6.1 Efectos de los antioxidantes naturales en la prevención del estrés oxidativo 35
6.1.1 Mecanismos antioxidantes en el organismo 35
6.1.2 Impacto en la prevención de enfermedades crónicas 37
6.1.3 Rol de los alimentos funcionales en la salud pública 39
6.1.4 Relevancia de los alimentos funcionales en las estrategias de salud pública nutricional 41
CAPÍTULO 7 45
7.1 Aplicación de hierba luisa en alimentos funcionales: beneficios y desafíos 45
7.1.1 Ventajas nutricionales y funcionales 45
7.1.2 Aspectos tecnológicos en la elaboración de snacks 45
CAPÍTULO 8 47
8.1 Importancia nutricional y funcionalidad de snacks enriquecidos con extractos vegetales 47
8.1.1 Beneficios para la salud del consumidor 47
8.1.2 Tendencias en nutricosmética y alimentos funcionales 50
8.1.3 Estrategias de desarrollo de nuevos productos 51
CAPÍTULO 9 52
9.1 Relevancia del desarrollo de alimentos naturales en la promoción de hábitos saludables 52
9.1.1 Tendencias en consumo consciente y sostenible 52
9.1.2 Educación nutricional y prevención primaria 52
9.1.3 Papel del sector académico en la innovación alimentaria 53
MARCO CONCEPTUAL 54
MODELO CONCEPTUAL 55
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA 56
Preguntas de Investigación 57
OBJETIVOS 58
General 58
Específicos 58

HIPÓTESIS 59
Hipótesis nula (H0) 59
Hipótesis alternativa (H1) 59
METODOLOGÍA 60
Alcance y diseño del estudio 60
Población y área de estudio 61
Definición y selección de la muestra 61
Marco espacial 62
Marco temporal 62
Definición de Variables e indicadores 64
Fuentes de información 65
Técnicas y proceso de recolección de datos 72
RESULTADOS 74
Resultados del análisis bromatológico del extracto de hierba luisa 74
Macronutrientes 80
Fibra dietética 81
Minerales esenciales 81
Vitamina C 83
Aceites esenciales total y citral 83
Flavonoides y compuestos fenólicos totales. 83
Compuestos bioactivos 84
Resultados de la cuantificación de la capacidad antioxidante 87
Preparación y activación de la levadura 87
Capacidad antioxidante por método ABTS – 630.30 mg TE 97
Capacidad antioxidante por método DPPH – 489.12 mg TE 97
Comparación DPPH y ABTS 97
Elaboración del snack funcional 98
Preparación del extracto de hierba luisa 98
Proceso de selección de ingredientes 99
Interpretación del valor absoluto para etiquetado 100
Desarrollo de producto 101
Aceptación sensorial 104
Etiquetado del producto 114
Interpretación del semáforo nutricional 116
Presentación del producto final a base de Aloysia citrodora 117

DISCUSIÓN 119
CONCLUSIONES 123
RECOMENDACIONES 125
BIBLIOGRAFÍA 126
ANEXOS 130

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 *Compuestos principales* 27
Tabla 2 *Propiedades asociadas a los aceites vegetales.* 28
Tabla 3 *Métodos DPPH Y ABTS* 31
Tabla 4 *Atributos evaluados* 32
Tabla 5 *Escala hedónica de 9 puntos.* 33
Tabla 6 *Escala hedonica de 5 puntos* 34
Tabla 7 *Especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS)* 36
Tabla 8 *Componentes bioactivos en alimentos funcionales* 40
Tabla 9 *Impacto de los alimentos funcionales en el bienestar publico* 41
Tabla 10 *Beneficios de Aloysia citrodora* 50
Tabla 11 *Marco temporal* 62
Tabla 12 *Variables* 64
Tabla 13 *Proceso de recolección de información* 66
Tabla 14 *Estrategias de búsqueda en bases de datos y fuentes* 70
Tabla 15 *Macronutrientes* 80
Tabla 16 *Minerales esenciales* 81
Tabla 17 *Aceites esenciales* 83
Tabla 18 *Valores de flavonoides y compuestos fenólicos* 84
Tabla 19 *Frecuencias sobre la apariencia del snack* 111
Tabla 20 *Frecuencia sobre el color del snack* 112
Tabla 21 *Frecuencia del aroma a hierba luisa* 112
Tabla 22 *Frecuencia sobre el sabor a hierba luisa* 113
Tabla 23 *Frecuencia sobre la crocancia del snack* 114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 *(ROS) más comunes*.....35
Figura 2 *Diferentes concentraciones inducirán diferentes vías relacionadas con la producción de ROS.* 38
Figura 3 *Clasificación de flavonoides* 49
Figura 4 *Esquema del estudio*.....55
Figura 5 *Metodología prisma aplicada en el estudio* 72
Figura 6 *Hierba Luisa (Aloysia citrodora)*.....75
Figura 7 *Liofilizado de la hierba luisa* 75
Figura 8 *Pesaje de la hierba luisa* 76
Figura 9 *Ingreso a la mufla*.....77
Figura 10 *Ceniza obtenida*.....77
Figura 11 *Titulación de la ceniza* 78
Figura 12 *Cromatografía*.....78
Figura 13 *Identificación de compuestos* 79
Figura 14 *Componente y valor promedio* 79
Figura 15 *Gráfico de barras de energía y macronutrientes* 80
Figura 16 *Valores de minerales*.....82
Figura 17 *Valores de todos los compuestos biactivos* 85
Figura 18 *Compuestos bioactivos*.....87
Figura 19 *Agar nutritivo* 88
Figura 20 *Levadura de cerveza*.....88
Figura 21 *Liofilizado de hierba luisa*.....89
Figura 22 *Placa de Petri*.....89
Figura 23 *Pesaje de agar nutritivo* 90
Figura 24 *Mezcla de agar nutritivo y agua 130 ml*.....90
Figura 25 *Calentado de la mezcla* 91
Figura 26 *Pesaje de la levadura* 91
Figura 27 *Mezcla de levadura y agua*.....92
Figura 28 *Vertimiento del agar nutritivo*.....92
Figura 29 *Cultivo de levadura* 93
Figura 30 Placas de Petri cubiertas con papel Parafilm.....94
Figura 31 *Ingreso a la incubadora* 94
Figura 32 *Temperatura de la incubadora*.....95
Figura 33 *Primera muestra*.....95
Figura 34 Segunda muestra.....96
Figura 35 *Tercera muestra* 96
Figura 36 *Muestra final* 96
Figura 37 *ABTS Y DPPH*.....98
Figura 38 *Ingredientes*.....99
Figura 39 *Valor absoluto* 100
Figura 40 *Incorporación de todos los ingredientes*.....101
Figura 41 *Formación de las galletas* 102
Figura 42 *Ingreso al honor a 180 °C*.....102
Figura 43 *Visualización del producto*.....103
Figura 44 *Snack funcional natural cookies*.....103

Figura 45 *Muestras del snack* 104
Figura 46 *Estudiantes prueban muestra 1* 104
Figura 47 *Terminación del producto* 105
Figura 48 *Gráfico de aceptación de la apariencia general del snack* 105
Figura 49 *Gráfico de la aceptación del color del snack* 106
Figura 50 *Gráfico de la aceptación del olor en general* 106
Figura 51 *Gráfico de la aceptación del aroma característico a hierba luisa* 107
Figura 52 *Gráfico de la aceptación del sabor general* 108
Figura 53 *Gráfico de la aceptación del sabor a hierba luisa* 108
Figura 54 *Gráfico de la aceptación de la textura* 109
Figura 55 *Gráfico de la aceptación del snack* 110
Figura 56 *Gráfico de la intención de compra* 110
Figura 57 *Etiqueta nutricional del snack funcional* 116
Figura 58 *Ilustración de la tabla nutricional del snack funcional* 116
Figura 59 *Semáforo nutricional* 117
Figura 60 *Presentación final y etiquetado del snack funcional a base de Aloysia citrodora* 118

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 *Cálculo spss statistics de apariencia* 130
Anexo 2 *Cálculo spss statistics de color* 130
Anexo 3 *Cálculo spss statistics de aroma* 131
Anexo 4 *Cálculo spss statistics de sabor* 131
Anexo 5 *Cálculo spss statistics de textura* 132

LISTADO DE ABREVIATURAS

- TIG: Tracto gastrointestinal
- COX-2: Cyclooxygenase-2
- ROS: Especies Reactivas de Oxígeno
- TEAC: Inhibición del equivalente de Trolox
- DPPH: 2,2-Difenil-1-picrilhidrazilo
- ABTS: Ácido 2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-sulfónico))
- SOD: superóxido dismutasa
- GPx: glutatión peroxidasa
- CAT: catalasa
- GSH: glutatión
- HTA: hipertensión arterial
- CRISPR-Cas9: Modifica el ADN de un organismo
- EFSA: Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria
- FDA: Acción de Alimentos y Medicamentos
- OMS: Organización Mundial de la Salud
- RNS: especies reactivas de nitrógeno
- RSS: especies reactivas de azufre

RESÚMEN

La hierba luisa (Aloysia citrodora) es una planta aromática destacada por su riqueza en compuestos bioactivos, como flavonoides, polifenoles y aceites esenciales (entre ellos destaca el citral) todos estos compuestos son reconocidos por su gran potencial antioxidante. El estrés oxidativo, originado por el desequilibrio entre radicales libres y antioxidantes, se vincula al desarrollo de enfermedades crónicas, lo que ha impulsado el interés en el desarrollo de alimentos funcionales enriquecidos con extracto de hierba luisa.

El estudio tiene como objetivo analizar el perfil bromatológico y la capacidad antioxidante in vitro de una muestra biológica (levadura) para valorar el potencial antioxidante frente al daño oxidativo, la investigación se desarrolla con un enfoque cuantitativa con un diseño experimental de laboratorio. Se realizaron análisis de macronutrientes, micronutrientes y compuestos bioactivos. La capacidad antioxidante se determina mediante ensayos DPPH y ABTS. Además, se llevó a cabo una evaluación sensorial de aceptabilidad con escalas aplicadas a estudiantes de la UIDE.

Los resultados mostraron que el snack con hierba luisa (Aloysia citrodora) posee un perfil nutricional adecuado y una capacidad antioxidante in vitro, atribuida a compuestos bioactivos. La evaluación sensorial reflejo de forma positiva una buena aceptación de las propiedades organolépticas del snack.

Finalmente, el snack elaborado constituye una alternativa natural con potencial funcional, capaz de apoyar la prevención del estrés oxidativo.

ABSTRACT

Lemon verbena (Aloysia citrodora) is an aromatic plant renowned for its richness in bioactive compounds, such as flavonoids, polyphenols, and essential oils (notably citral). All of these compounds are recognized for their high antioxidant potential. Oxidative stress, caused by an imbalance between free radicals and antioxidants, is linked to the development of chronic diseases, which has spurred interest in developing functional foods enriched with lemon verbena extract.

The study aims to analyze the proximate profile and in vitro antioxidant capacity of a biological sample (yeast) to assess its antioxidant potential against oxidative damage. The research employs a quantitative approach with a laboratory experimental design. Analyses of macronutrients, micronutrients, and bioactive compounds were performed. Antioxidant capacity was determined using DPPH and ABTS assays. Additionally, a sensory acceptability evaluation was conducted using scales applied to students at UIDE.

The results showed that the lemon verbena (Aloysia citrodora) snack has a suitable nutritional profile and in vitro antioxidant capacity, attributed to bioactive compounds. Sensory evaluation reflected positive feedback regarding the snack's organoleptic properties.

Finally, the resulting snack constitutes a natural alternative with functional potential, capable of supporting the prevention of oxidative stress.

PALABRAS CLAVE

Aloysia citrodora, hierba luisa, alimentos funcionales, snack funcional, antioxidante, polifenoles, flavonoides, estrés oxidativo, Radicales libres.

KEYWORDS

Lemon verbena, Aloysia citrodora, Functional foods, Functional snack, Antioxidant, Polyphenols, Flavonoids, Oxidative Stress, Free radicals

INTRODUCCIÓN

La hierba luisa (Aloysia citrodora), también conocida como cedrón o verbena de Indias, es una planta medicinal ampliamente valorada por sus propiedades aromáticas y beneficios para la salud. Su característico aroma a limón se debe principalmente a la presencia de citral y otros compuestos como limoneno, geraniol y flavonoides, los cuales han demostrado poseer efectos antioxidantes, antiinflamatorios y ciertos aceites esenciales también sirve como repelentes naturales. La hierba luisa ha sido tradicionalmente utilizada en infusión para aliviar molestias digestivas, reducir el estrés y como relajante muscular, lo que evidencia su potencial funcional más allá de su uso culinario.

En el contexto de la nutrición funcional, el interés en plantas como la hierba luisa ha crecido debido a su capacidad para combatir el estrés oxidativo, un proceso que involucra la generación excesiva de radicales libres y que está relacionado con el desarrollo de numerosas enfermedades crónicas, incluyendo enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y ciertos tipos de cáncer. Los antioxidantes presentes en la hierba luisa actúan neutralizando estos radicales libres, reduciendo así el daño celular y contribuyendo a la prevención de dichas patologías.

El desarrollo de alimentos funcionales que incorporen ingredientes con alta capacidad antioxidante representa una estrategia innovadora para promover la salud mediante la alimentación. En este sentido, los snacks elaborados a partir de hierba luisa podrían constituir una alternativa natural atractiva, combinando los beneficios nutricionales con la conveniencia propia de este tipo de productos.

Por lo tanto, el presente estudio tiene como objetivo realizar un análisis bromatológico y evaluar la actividad antioxidante in vitro de un snack elaborado con hierba luisa (Aloysia citrodora), con la finalidad de determinar su capacidad para actuar como una alternativa natural

en la prevención del estrés oxidativo. Este análisis permitirá aportar evidencia científica que respalde el valor funcional del producto y su posible contribución a una dieta saludable.

ANTECEDENTES

El presente proyecto se enfoca en el análisis bromatológico y la evaluación de la actividad antioxidante in vitro de un snack elaborado con hierba luisa (Aloysia citrodora), con el objetivo de proponer una alternativa natural para la prevención del estrés oxidativo. La hierba luisa es reconocida por sus propiedades antioxidantes, debido principalmente a la presencia de compuestos fenólicos como el verbascósido y el citral, responsables de su capacidad para neutralizar radicales libres. (Enríquez-Estrella et al., 2023).

El proceso de elaboración del snack incluye la incorporación de extractos de Aloysia citrodora, obtenidos mediante técnicas como maceración, para preservar los compuestos bioactivos. Se realiza un análisis bromatológico para determinar la composición nutricional del producto final, evaluando parámetros como proteínas, grasas, carbohidratos, cenizas y contenido de fibra. Estos análisis son fundamentales para garantizar que el snack no solo aporte beneficios antioxidantes, sino también aporte nutricional adecuado para su consumo regular Ruíz Yance, 2004).

La actividad antioxidante se evalúa mediante métodos in vitro, destacando la inhibición de radicales DPPH y ABTS, que permiten medir la capacidad del snack para neutralizar especies reactivas de oxígeno (Dorantes-Salazar et al., 2023) . Los resultados preliminares indican que la combinación de extractos y matriz alimentaria del snack incrementa significativamente la concentración de compuestos antioxidantes, lo que sugiere su potencial para reducir el estrés oxidativo, factor asociado a diversas enfermedades crónicas degenerativas.

Este proyecto representa una alternativa funcional y natural que puede contribuir a la prevención del daño oxidativo en la población, apoyando la tendencia hacia productos saludables con beneficios bioactivos. La integración de hierba luisa en productos alimenticios innovadores abre puertas a nuevos desarrollos en el área de alimentos funcionales.

JUSTIFICACIÓN

Este proyecto es fundamental porque aprovecha las propiedades antioxidantes naturales de la hierba luisa para crear un snack que ayude a prevenir el daño oxidativo, un factor clave en el desarrollo de enfermedades crónicas (Fuentes Berrio et al, 2015).

Además, ofrece una alternativa accesible y funcional para promover hábitos alimentarios saludables que contribuyan al bienestar general. La integración de productos naturales en la dieta diaria es esencial para mejorar la calidad de vida y reducir la incidencia de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo (Fuentes Berrio et al, 2015).

La hierba luisa es una planta apreciada en la medicina habitual debido a sus compuestos antioxidantes, ayudan a combatir el daño celular, integrar estos compuestos en un snack fomenta un valor nutricional positivo permitiendo ofrecer al consumidor un producto accesible y agradable para distintos grupos de edad, priorizando jóvenes y adultos (Julián-Flores et al., 2025).

Esta propuesta se asocia al contexto social y ambiental del país, fomentando una nutrición saludable, debido a que se enfila con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (tres y doce) induciendo una producción local y un bienestar saludable. (*Objetivos de Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas*, n.d.)

Los beneficios del estudio del snack elaborado con hierba luisa (Aloysia citrodora) como alternativa natural para la prevención del estrés oxidativo son múltiples y trascendentes para la salud pública y la nutrición funcional. Primero, la hierba luisa posee una alta concentración de compuestos antioxidantes, principalmente flavonoides y aceites esenciales como el citral y verbascósido, que combaten eficazmente el estrés oxidativo, un factor asociado al envejecimiento celular y a múltiples enfermedades crónicas. (Enríquez-Estrella et al., 2023).

Por último, este proyecto busca originar evidencia que apoye el potencial de la Aloysia citrodora en la nutrición funcional, promoviendo la mejora de alimentos beneficiosos desde

una perspectiva natural, educativa y comprensible, de esta forma, mi proposición no solo procura presentar un nuevo producto, sino incluso contribuir al bienestar general y a la prevención de enfermedades mediante la nutrición.

Por tanto, esta investigación aporta valor no solo científico, sino también social y nutricional, posicionando al snack como un alimento funcional que puede ayudar a prevenir daños celulares y mantener el bienestar general.

CAPÍTULO 1.

1.1 Aloysia citrodora

1.1.1 Nombres tradicionales

"La especie *Aloysia citrodora* es conocida popularmente en Latinoamérica como "cedrón", "cidron", "citró", "hierba Luisa", "Maria Luisa" (países de habla hispana) y "limonete", "erva-luísa", "falsa-erva-cidreira", "salva-limão", "Lúcia-lima" o "cidrão" en Brasil (Argueta y Rodarte, 1994, Freddo et al., 2016, Jiménez-Ferrer et al., 2017). La planta es muy utilizada con fines medicinales y aromáticos en América del Sur." (Bahramsoltani et al., 2018).

La planta denominada habitualmente como hierba luisa tiene como nombre científico Aloysia citrodora y forma parte de la familia Verbenaceae. También se la identifica con otros nombres tradicionales como limón verbena y cedrón. Los componentes empleados con propósitos curativos incluyen hojas, flores y tallos tiernos. En la práctica popular su uso ha dado lugar a infusiones, extractos y aceites vegetales (Julián-Flores et al., 2025).

1.1.2 Generalidades de la hierba luisa

La clasificación de Aloysia citrodora, conocida como hierba luisa, la ubica dentro de la familia Poaceae, alcanza una altura de 0.5 y 2 metros, sus hojas son lineales y estrechas, esta especia se cultiva en zonas tropicales, los habitantes la consumen como bebida y en algunas zonas como hierba medicinal (Cuya, 2023). La hierba luisa se caracteriza por su sabor cítrico, siendo sus hojas un ingrediente común en la cocina oriental, esta hierba posee componentes como aldehídos, terpenos y terpenoides, entre sus compuestos bioactivos más destacados identificamos flavonoides, fenoles, saponinas y taninos. En el ámbito medicinal, sus características se atribuyen a propiedades antibacterianas, antinflamatorias, anticancerígenas y antioxidantes por otro lado se ha reportado su eficacia en infeccionas gastrointestinales, ansiedad, neumonía y malaria (Cuya, 2023).

CAPÍTULO 2

2.1 Intervención fitoterapeuta frente a diversas patologías

2.1.1 Problemas gastrointestinales

El tracto gastrointestinal (TIG) es un sistema fundamental para la digestión, absorción de nutrientes y metabolismo, en este sistema se presentan diversos problemas, diarrea, flatulencias, gastritis, vomito y nauseas los mismo que figuran como un riesgo sanitario, personas en todo el mundo emplean la medicina herbaria para optar por un tratamiento con menos efectos secundarios. En Tailandia se empleó distintas especias para tratar los problemas antes mencionados. Sin embargo, se necesita más análisis que ratifiquen sus beneficios: maduración intestinal, fortalecimiento del sistema inmune, medidas preventivas para la diarrea e impulsar el restablecimiento epitelial intestinal (Yao et al., 2022).

Diversas especies vegetales sostienen diversos compuestos bioactivos con principios antiinflamatorias, antiparasitarias, anticancerígenas y antioxidantes (Cheema & Singh, 2021).

2.1.2 Problemas hepatobiliares

Los cálculos biliares son un almacenamiento de colesterol o bilirrubina, se crean debido a una inestabilidad de componentes como sales biliares, fosfolípidos y colesterol.

No se entiende del todo como se forman los cálculos biliares sin embargo se evidencian varios factores de desarrollo, en el caso de los cálculos de colesterol, la causa principal es una alteración en la homeostasis, el mismo que este ligado a una predisposición genética. Por otro lado, los cálculos biliares se desarrollan debido a una hipersecreción de bilirrubina en el hígado, la ralentización del flujo y presencia de infecciones bacterianas (Zhang & Yang, 2025).

Dentro del grupo de riesgo encontramos a la obesidad, edad progresiva, dieta rica en grasas, diabetes, deficiencias nutricionales y alcoholismo. Procedimientos como colecistectomías disolventes químicos comparecen efectos secundarios, lo que estimula a rebuscar opciones naturales. Se ha implementado plantas con distintas propiedades, coleréticas,

hepatoprotectores y colagogas, aptas para la incitación de la secreción biliar, impedir las cristalizaciones y simplificar la exclusión de cálculos. Los químicos vegetales comprenden flavonoides, triterpenoides, hepatoprotectores y alcaloides, reduciendo la congestión de colesterol en la bilis y mejorando la disolución de los ácidos biliares (Ahmed et al., 2020).

CAPÍTULO 3

3.1 Propiedades fitoquímicas y compuestos bioactivos de Aloysia citrodora

3.1.1 Principales compuestos antioxidantes (flavonoides, citral)

La Aloysia citrodora contiene compuestos bioactivos relevantes como:

Tabla 1

Compuestos principales

Grupo funcional	Molécula identificada	Actividad funcional
Aceites esenciales,	Citral	Antiespasmódico
monoterpenos	Limoneno	Calmante digestivo
	Carvona	Colerético
	Linalool	
Fenoles	Luteolina	Antioxidantes
Flavonoides	Apigenina	Antiinflamatorios
	Verbascosido	Hepatoprotectores
Taninos	Ácido ursólico	Protectores gástricos
Triterpenos	Ácido rosmarínico	Antimicrobianos

Nota. Bioactivos presentes adaptada de (Julián-Flores et al., 2025).

Los extractos de Aloysia citrodora muestran que poseen una alta amplitud antioxidante, la función se basa en neutralización de radicales libres, incremento de la operación enzimática antioxidante endógeno, por lo tanto, se sugiera su implementación en la protección del estrés oxidativo hepático y gastrointestinal, en forma de suplemento funcional. En este contexto los aceites esenciales se definen como mezclas de fácil evaporación constituidos por terpenos y fenilpropanoides responsables del aroma y de su capacidad antioxidante, antiinflamatoria y antimicrobiana. En cuanto los monoterpenos están definidos por 10 átomos de carbono y contribuyen positivamente en trastornos gastrointestinales. Respecto a fenoles y flavonoides

proporcionan procesos antioxidantes, antiinflamatorios y hepatoprotectores. Por otro lado, los taninos tienen la capacidad de inducir la precipitación de proteínas y facilita el recubrimiento de las mucosas. De manera complementaria los triterpenos exhiben efectos antiulcerosos, hepatoprotectores y antiinflamatorios (Julián-Flores et al., 2025).

3.1.2 Aceites esenciales y actividad antiinflamatoria

Aloysia citrodora es fuente de aceites esenciales con elevado contenido de monoterpenos oxigenados y aldehídos terpénicos que determinan su fragancia típica y de su impacto fisiológico digestivo y hepatoprotectores. Las sustancias más numerosas son: Citral, limoneno, linalool, carvona y 1.8 cineol. Los aceites predominantes disminuyen la inflamación, mantienen y restauran la integridad de la mucosa gástrica (Julián-Flores et al., 2025).

Tabla 2

Propiedades asociadas a los aceites vegetales.

Compuesto	**Función fisiológica**
Citral	Relajación del musculo liso gastrointestinal, aliviando cólicos y
Limoneno	distención abdominal
Linalool	Modulación del estrés oxidativo, inhibición del ciclo oxigenada
Citral	tipo 2
	(COX-2) y disminución de especies reactivas de oxígeno (ROS)

Nota. ROS moléculas oxidantes, producto de estrés oxidativo que lesionan la mucosa gástrica y COX-2, enzima implicada en mecanismos de inflamación tabla adaptada de (Julián-Flores et al., 2025).

Cabe destacar que dosificaciones cuantiosas puras ocasiona inflamación de la mucosa gástrica, no recomendable en embarazos, sin embargo, en infusiones se considera más seguro para consumo, no se evidencia datos adversos (Julián-Flores et al., 2025).

3.1.3 Actividad antimicrobiana

La acción antimicrobiana de Aloysia citrodora se atribuye a la existencia de compuestos bioactivos como: citral, limoneno, linalool, flavonoides, fenoles y taninos, los cuales actúan de forma directa sobre diversas estructuras, estos compuestos ejercen un mecanismo que compromete la proliferación. Uno de los principales procesos se desarrolla en la membrana celular bacteriana, la existencia de compuestos secundarios como flavonoides, terpenos, alcaloides y fenoles, actuando sobre las membranas incrementando su permeabilidad, esta alteración conduce a la inhibición del crecimiento bacteriano. Compuesto antimicrobiano, citral, limoneno y verbascoside, sirven de barrera ante bacterias entéricas. El estudio demuestra una eficacia sobre bacterias patógenas intestinales, protozoos intestinales y ciertos casos hongos gastrointestinales (Julián-Flores et al., 2025).

3.1.4 Actividad antioxidante en alimentos funcionales

Los alimentos funcionales corresponden cuando se adiciona un compuesto bioactivo que cumpla una función determinada. Los antioxidantes disminuyen la actividad de oxidación previniendo el estrés oxidativo, causado por la inestabilidad de ROS, los radicales libres inducen un daño lipídico de membranas y AND, favoreciendo a procesos crónicos. Los compuestos antioxidantes incluyen, endógenos generados por el organismo y exógenos recogidos de la dieta (Dorantes-Salazar et al., 2023).

CAPÍTULO 4

4.1 Métodos in vitro para evaluación de la actividad antioxidante

4.1.1 Técnica levadura para capacidad captadora de radicales

En Xinjiang se evaluaron 12 cepas de levaduras de productos fermentados, las mismas que fueron analizadas en un medio microbiológico a 28 °C por un lapso de 24 horas, durante la separación centrifuga por 10 minutos se alcanzó los caldos de fermentados y los preparados bioactivos. La Saccharomyces cerevisiae es la levadura seleccionada para estudiar la capacidad captadora de radicales se emplea DPPH y ABTS. La cepa 6TY-2 denominada Saccharomyces cerevisiae presento la actividad antioxidante más significativa en presencia del radical ABTS de 65.53%, la muestra empleada se trató de una suspensión celular, lo que evidencia que las células que no se alteraron de la levadura fueron analizadas durante el proceso de suprimir el radical ABTS, empleando esta técnica se puede cuantificar la capacidad antioxidante en su estado funcional integro (Tursuntay et al., 2023).

4.1.2 Técnica levadura para medición de actividad antioxidante

La medición antioxidante se analiza mediante varios ensayos fundamentados en la transferencia de electrones e hidrógenos, suprimiendo los radicales libres o ROS. En el método DPPH, el radical purpura se disminuye a una estructura amarilla, permitiendo evaluar la capacidad de ceder electrones. Por otro lado, en ABTS, el radical catiónico azul verdoso disminuye a una estructura con ausencia de pigmentación, evidenciando la capacidad neutralizante. Ambos procedimientos son eficientes con microorganismos como levaduras, permitiendo medir la capacidad de neutralización de radicales (Shahidi & Zhong, 2015).

4.1.3 Comparación y validación metodológica

La técnica DPPH y ABTS son designadas para medir la respuesta antioxidante en un alimento funcional. Las dos metodologías se relación en interacciones de desplazamiento de

electrones, de esta forma permite comparar el potencial antioxidante (Dorantes-Salazar et al., 2023).

Tabla 3

Métodos DPPH Y ABTS

Criterio	DPPH	ABTS
Nombre	2.2-difenil-1-picrilhidrazilo	2.2-azinobis-acido 3-etilbenzotiazolina-6-sulfonico
Fundamento del método	Se sustenta en la disminución del radical estable DPPH de tono violeta intenso, al interactuar con antioxidantes, produce un cambio de tonalidad amarillo que se dimensiona dentro de 515 y 520 nm.	Se apoya en la oxidación del radica ABTS con persulfato de potasio originando un radical de tonalidad azul verdosa evaluado entre a 734nm.
Antioxidante evaluado	Apropiado para antioxidantes solubles en medios orgánicos.	Puede ser adecuado con antioxidantes lipofílicos e hidrofílicos.
Ventajas	Simple, adecuado y rápido.	Es aplicable en medios orgánicos y acuosos.
Limitaciones	No se puede emplear directamente a un medio acuoso y los resultados pueden verse interferidos por el medio de reacción hidrofílica y lipofílica.	La existencia de colorantes o pigmentos naturales dificultan la lectura a 734 nm.
Longitud de onda	515-520 nm	734 nm.
Tipo de reacción	Transporte de electrones	Transporte de electrones
Expresión de resultados	Los datos obtenidos se presentan como porcentajes de inhibición del equivalente de Trolox (TEAC) o el radical.	El resultado del análisis se expresa en equivalentes de Trolox.
Ejemplos de aplicación	Yogurt con concentrado de hoja de olivo.	Yogurt enriquecido con pulpa concentrada.
Conclusión	DPPH constituye una herramienta para determinar el potencial antioxidante en diversas fuentes.	DPPH y ABTS cuantifican el potencial oxidativo.

Nota. Cuadro comparativo DPPH y ABTS adaptado de (Dorantes-Salazar et al., 2023).

CAPITULO 5

5.1 Evaluación sensorial y aceptabilidad del snack funcional

5.1.1 Diseño del test sensorial (sabor, textura, aroma, color)

La prueba sensorial se procede a realizar a través de un análisis afectivo dirigido a un grupo de estudiantes de la UIDE, con la finalidad de conocer el grado de aceptación del snack funcional. El análisis está conformado por un grupo de 30 colaboradores elegidos de forma no probabilística, entre miembros de la comunidad universitaria mayores a 18 años.

Se efectuó la metodología de cata controlada, según lo indicado en las recomendaciones ISO11136:2014 para ejecutar las mediciones hedónicas al consumidor en un ambiente controlado con el propósito de evaluar el grado de aceptación o rechazo del snack (*Sensory Analysis-Methodology-General Guidance for Conducting Hedonic Tests with Consumers in a Controlled Area COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT*, 2014).

Tabla 4

Atributos evaluados

Parámetro	**Descripción sensorial**	**Criterio**
Sabor	Nivel de apreciación del perfil sensorial dulce, herbal y cítrico propio de la hierba luisa.	Palatabilidad
Aroma	Evaluación del aroma herbal característicos de los aceites esenciales.	Aceptabilidad olfativa
Textura	Características texturales percibidas oralmente: crocancia, suavidad y dureza.	Sensación táctil
Color	Evaluación visual de la consistencia y el color.	Atractivo visual

Nota. Tabla adaptada de (Kardas et al., 2024).

Los componentes mencionados corresponden a atributos sensoriales evaluados a través de pruebas controladas, cada dato fue valorado por cada participante. A cada colaborador se le entrego una muestra individual de 10 – 20 gramos del snack, la aceptación depende de estos 4 componentes, siendo el color el más importante para la percepción inicial (Kardas et al., 2024).

5.1.2 Escalas de aceptación y preferencias del consumidor

La aceptación y preferencia del producto se determina con una escala hedónica de 9 puntos empleados en estudios sensoriales de elaboración de productos, fue creada para evaluar la aceptación de alimentos entre soldados y actualmente se la emplea para el análisis sensorial, la escala incluye nueve categorías de respuesta, abarca desde el rechazo extremo hasta la aceptación extrema e incorpora una opción neutral, este mecanismo es elegido por su claridad, su capacidad de cuantificar el nivel considera que cada punto es una perspectiva distinta (Addo-Preko et al., 2023).

Tabla 5

Escala hedónica de 9 puntos.

Valor	Interpretación
9	Me gusta muchísimo
8	Me gusta mucho
7	Me gusta moderadamente
6	Me gusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
4	Me disgusta ligeramente
3	Me disgusta moderadamente
2	Me disgusta mucho
1	Me disgusta muchísimo

Nota. Tabla adaptada de (Addo-Preko et al., 2023).

Los colaboradores seleccionaron una puntuación a cada atributo en una ficha estructurada que incluye sabor, aroma, textura y color. Además, se adiciono una escala de 5 niveles con intención de compra para un proceso de datos más riguroso.

Tabla 6

Escala hedonica de 5 puntos

Valor	Interpretación
5	Definitivamente lo compraría
4	Probablemente lo compraría
3	No estoy seguro
2	Probablemente no lo compraría
1	Definitivamente no lo compraría

Fuente: Jonathan Suarez.

5.1.3 Interpretación de resultados y análisis estadístico

La interpretación de los datos sensoriales se basa en las puntuaciones obtenidas mediante la escala hedónica de 9 y 5 puntos, aplicadas a los atributos de sabor, textura, aroma, color e intención de compra, cada colaborador evalúa estos parámetros en una ficha estructurada, lo que permite cuantificar el nivel de agrado del snack funcional elaborado con extracto de Aloysia citrodora. Se aplica estadística descriptiva para analizar los datos obtenidos utilizando medidas como media, desviación estándar por atributo con el propósito de identificar la aceptación del producto. Para evaluar la intención de compra se emplea un análisis de porcentajes y frecuencias, sin embargo, en caso de haber variaciones de concentración del extracto se emplea un ANOVA de un factor para comparar medias. El procesamiento de datos se lleva a cabo en herramientas estadísticas como SPSS, permitiendo una sistematización de los resultados e interpretación para validar la aceptación.

CAPÍTULO 6

6.1 Efectos de los antioxidantes naturales en la prevención del estrés oxidativo

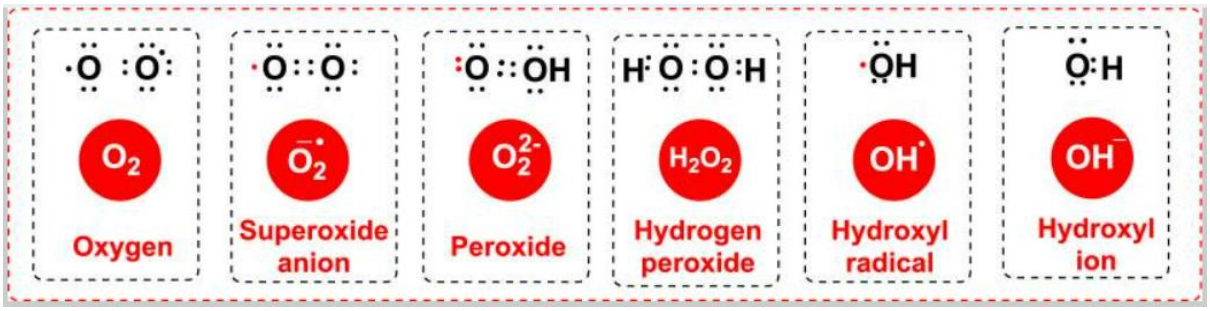
6.1.1 Mecanismos antioxidantes en el organismo

Los antioxidantes han generado un interés en expansión por sus propiedades preventivas en presencia de procesos patológicos e inflamatorios en el organismo relacionado al estrés oxidativo, comprende diversos mecanismo como la formación de especies reactivas de oxígeno ROS, funcionamiento del sistema antioxidante endógeno y la acción de antioxidantes no enzimáticos, la interpretación adecuada de estos modos de acción nos permite analizar el impacto en la salud y en futuras estrategias nutricionales (Gulcin, 2025).

La formación de especies reactivas y radicales libres son fracciones residuales del metabolismo aeróbico, originados en las mitocondrias, retículo endoplasmático y peroxisomas, sumado a procesos como inflamación, fagocitosis y ejercicio físico. Los radicales libres se forman de tres elementos: oxigeno, nitrógeno y azufre dando lugar a ROS, RNS y RSS. Los basados en oxigeno incluyen especies como hidroxilo, superóxido, piróxilo, alcoxilo y óxido nítrico que se distinguen entre sí por su vida media, localización intracelular y reactividad, el radical hidroxilo y alcoxilo son reactivos y dañan significativamente la molécula (Gulcin, 2025).

Figura 1

(ROS) más comunes



Nota. Estructura de las especies reactivas de oxígeno (ROS) más comunes tomado de (Gulcin, 2025).

Tabla 7

Especies reactivas de oxígeno (ROS) y especies reactivas de nitrógeno (RNS)

Especies reactivas de oxígeno		**Especies no radicales libres**	
Radical hidroxilo	HO·	Peróxido de hidrógeno	H2O2
Radical superóxido	O2 ·	Oxígeno singlete	$^{1}O_2$
Radical hidroperoxilo	HOO·	Ozono	O_3
Radical lipídico	L·	Hidroperóxido lipídico	LOOH
Radical peroxilo lipídico	LAVABO·	Ácido hipocloroso	HOCl
Radical peroxilo	ROO·	Peroxinitrito	$ONOO^-$
Radical alcoxilo lipídico	LO·	Trióxido de dinitrógeno	N2O3
Radical de dióxido de nitrógeno	$N.º_2$ ·	Ácido nitroso	HNO2
Radical de óxido nítrico	NO·	Cloruro de nitrilo	NO2Cl
Catión nitrosilo	NO^+	Anión nitroxilo	NO^-
Radical tiilo	RS·	Ácido peroxinitroso	ONOOH
Radical proteico	PAGS·	Óxido nitroso	N2O

Nota. La tabla nos presenta las principales especias reactivas de oxígeno y de nitrógeno diferenciadas entre radicales libres y especias no radicales tomado de (Gulcin, 2025).

Por otro lado, el sistema antioxidante endógeno, el organismo posee un sistema de defensa para combatir los ROS, el mismo que se divide en enzimáticos y no enzimáticos que permite combatir los efectos negativos de los radicales que pueden dar origen a diversos procesos como daño oxidativo a múltiples moléculas, cáncer, daño tisular, cardiovascular, diabetes, malaria, síndrome de inmunodeficiencia adquirida entre otras (Gulcin, 2025).

Según el estudio de Gulcin (2025), el superóxido dismutasa (SOD) previene el desarrollo de radicales hidroxilos por la reacción de Haber Weiss, el mismo que constituye una

barrera defensiva en todos los organismos aeróbicos, la encontramos presente en tres formas SOD mitocondrial, plasmática y extracelular, por otro lado, la catalasa (CAT) inhibe la concentración de radicales de alta capacidad oxidante se localiza en eritrocitos, hígado y riñones, es la defensa número uno contra los peróxidos. En cuanto, el glutatión peroxidasa (GPx) posee selenio y reduce el peróxido de hidrogeno y lipídicos.

Y por último los antioxidantes no enzimáticos contrarrestan directamente e interfieren las reacciones en cadena por ejemplo la captación del radical a través de la vitamina c y los polifenoles, donación de electrones para estabilizar y mecanismos de formación de complejos estables con metales de transición. La sinergia funcional de los tres componentes mencionados SOD, CAT, GPx y con un factor dietario estructurado sostiene un equilibrio que reduce la vulnerabilidad contra diversas patologías (Gulcin, 2025).

6.1.2 Impacto en la prevención de enfermedades crónicas

Las enfermedades crónicas, cáncer, diabetes, cardiovasculares, neurodegenerativas, tiroideas y alérgicas, representan factores importantes de mortalidad, la discapacidad funcional y el deterioro difiere una menor calidad de vida. Diversos estudios han demostrado que los polifenoles ofrecen efectos positivos en la prevención y manejo de enfermedades crónicas, estos compuestos bioactivos están presentes en alimentos de origen vegetal (Xu, 2025).

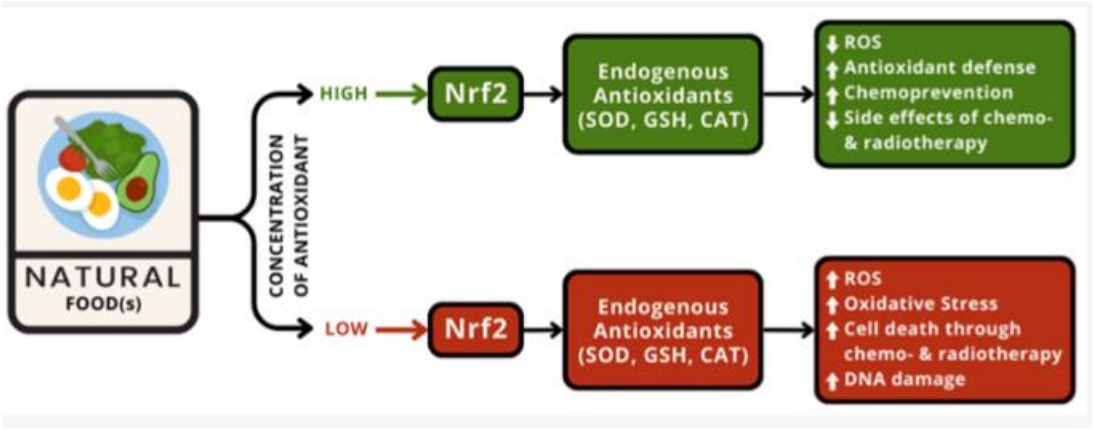
Las concentraciones elevadas de especies reactivas generan estrés oxidativo derivando en una proliferación de células cancerosas, sin embargo, la acción citotóxica de estos niveles excesivos de ROS se puede emplear en estrategias de tratamiento, por otro lado diversos compuestos bioactivos naturales de alimentos por ejemplo frutas, hierbas y verduras con el paso del tiempo se han determinado como recursos de alto potencial funcional para reducir el riesgo de estrés oxidativo al equilibrar la concentración de ROS en el cuerpo, analizamos el impacto preventivo en enfermedades crónicas a partir de un rol protector frente al mismo, prevención del cáncer y enfermedades metabólicas (Muchtaridi et al., 2024).

El rol protector, el estrés oxidativo es un factor central en el origen de varias enfermedades crónicas, diabetes, enfermedades cardiovasculares y cáncer, este mecanismo de estrés se activa cuando ocurre un desequilibrio en la producción de ROS y el potencial antioxidante del organismo, ocasionando un daño celular almacenado. Los compuestos bioactivos que se introducen desde un componente dietético sintético o vegetal controlan funcionalmente a los ROS, minimizando el daño a macromoléculas y modulando vías redox a través de Nrf2 como se observa en la figura 2, contrarrestando inflamación y envejecimiento celular (Muchtaridi et al., 2024).

Según Miranda et al.(2022), una buena alimentacion se convierte en un factor de ajuste en los mecanismos desarrolladores de enfermedades crónicas particularmente aquellas que generan daño oxidativo, debido a esto el estudio está orientado a una formulación funcional con la finalidad de contribuir patrones saludables.

Figura 2

Diferentes concentraciones inducirán diferentes vías relacionadas con la producción de ROS.



Nota. Función de los antioxidantes a través de los alimentos naturales tomado de (Muchtaridi et al., 2024).

La figura 2 representa la vía Nrf2 la misma que puede dividirse en dos, low causa una apoptosis y high un inhibidor que permite prevenir un daño celular, si la concentración de antioxidantes es alta se activa la Nrf2 como un factor de transcripción de regularización de genes, activando antioxidantes endógenos SOD, GSH y CAT, enzimas que permiten neutralizar a los radicales libres resultando una mayor defensa contra el estrés oxidativo, mientras, en la otra vía la producción de estas enzimas es baja ocasionando mayor estrés oxidativo y muerte celular (Muchtaridi et al., 2024).

Compuestos bioactivos de origen vegetal como terpenoides, vitaminas y polifenoles indican una actividad antinflamatoria, anticancerígena y antienvejecimiento, lo que les confiere un alto potencial preventivo de enfermedades crónicas, por otro lado, compuestos derivados de alimentos como cúrcuma, curcumina y flavonoides minimizan la capacidad dentro de la célula ROS, promoviendo la apoptosis como vía de eliminación (Muchtaridi et al., 2024).

6.1.3 Rol de los alimentos funcionales en la salud pública

Los alimentos funcionales desempeñan un rol importante en ámbito de la salud pública, aporta nutrientes esenciales y compuestos bioactivos que fortalecen la prevención de enfermedades crónicas, reafirmándose como una estrategia nutricional relevante conforme a la OMS, FDA y EFSA. Los resultados obtenidos demuestran evidencia clínica que estos análisis se relacionan como la prevención primaria frente a patologías como enfermedades cardio metabólicas, diabetes tipo 2, síndrome metabólico y ciertos tipos de cáncer (Fekete et al., 2025).

Tabla 8

Componentes bioactivos en alimentos funcionales

Componente bioactivo	Función en salud publica
Omega 3, EPA y DHA	Protección cardiovascular
	Reducción de triglicéridos
	Mejora la función endotelial
Fibra soluble, betaglucanos	Reducción de LDL y reducción de aterosclerosis
Vitaminas C, D, E.	Fortalecimiento inmune y Modulación inflamatoria
Minerales, selenio y zinc	Fortalecimiento inmune Modulación inflamatoria
Polifenoles y fitoquímicos	Neuro protección
	Reducción de neuro inflamación

Nota. Adaptado de (Fekete et al., 2025).

El concepto de "la alimentación como medicina" va en aumento debido al incremente de enfermedades crónicas y a la demanda emergente de prevención, sin embargo, este modelo presenta grandes desafíos como falta de entendimiento de evidencia científica, barreras socioeconómicas para un acceso a un alimento funcional y regularizaciones inconsistente sobre etiquetados (Fekete et al., 2025).

De acuerdo con Hajzer et al. (2025), las tecnologías de microencapsulación y nano encapsulación han emergido como mecanismos innovadores para mejorar la estabilidad, la difusión y la efectividad de los compuestos fenólicos en alimentos funcionales, se consideran elementos claves en procesos de investigación y desarrollo orientados a mejorar y fortalecer la salud pública.

6.1.4 Relevancia de los alimentos funcionales en las estrategias de salud pública nutricional

Esta sección analiza como el potencial de los alimentos funcionales puede contribuir al bienestar poblacional, estrategias que se puede realizar para una integración política nutricional, de igual forma, examinar los posibles retos y perspectivas.

Tabla 9

Impacto de los alimentos funcionales en el bienestar publico

Dimensiones estratégicas y desafíos emergentes	**Análisis**
Enfoque operativo para integración de los alimentos funcionales	Desde el punto de vista de la salud publica una estrategia importante es la formación del consumidor orientado a modificar hábitos mediante fuentes de evidencia, un ejemplo que podemos destacar es el programa DASH el mismo que promueve patrones dietéticos saludables, evidenciando una reducción del 18% en pacientes hospitalizados por HTA, de esta forma se evidencia que una intervención nutricional preventiva detiene el desarrollo y avance de enfermedades crónicas.
Obstáculos que dificultan su adopción global	Uno de los retos más importantes a nivel global es la inequidad en el acceso. Los alimentos funcionales suelen tener un costo más elevado al de un alimento procesado, lo que ocasiona un límite familiar a grupos de bajos ingresos y amplia las brechas en salud, por otro lado, se encuentra un problema relacionado a la toxicidad por sobredosis, por ejemplo, el consumo de zanahoria aporta vitamina A de forma

Dimensiones estratégicas y desafíos emergentes	Análisis
	segura y un suplemento puede ocasionar un efecto adverso si se abusa del mismo, por lo tanto, estos aspectos refuerzan la necesidad de desarrollar alimentos funcionales con evidencia científica y protocolos de seguridad.
Percepción y aceptación social de los alimentos	La calidad de estos alimentos se analiza desde diversas dimensiones: sensoriales, nutricionales, funcionales, seguridad, impacto ambiental y valores éticos. Para que los alimentos funcionales contribuyan efectivamente a la salud pública, se necesita de validación científica, información clara, confiable y consumidores bien informados. Su expansión puede originar beneficios tangibles en la salud.
Proyección hacia una nutrición adaptada al perfil individual	Una de las proyecciones principales es la generación de dietas personalizadas basadas en perfil genético y microbioma intestinal, de forma paralela se propone una regulación de marcos que consiste en diferenciar un alimento funcional con evidencia científica y aquellos que aún no poseen datos en humanos, con el fin de fortalecer al consumidor se propone un etiquetado adicional donde se visualice el nivel de evidencia científica como in vitro, in vivo y ensayos clínicos.
Evaluación de la evidencia científica disponible	El progreso de los alimentos funcionales está ligado a la nutrigenómica, inteligencia artificial, probióticos avanzados y

Dimensiones estratégicas y desafíos emergentes	Análisis
	biofortificación, estos cuatro componentes permiten abordar con mayor precisión los desafíos de la salud pública. La nutrigenómica estudia como la genética influye en las necesidades nutricionales del individuo por ejemplo ciertas genéticas alteran el metabolismo del folato por lo tanto a este tipo de pacientes debe poseer una dieta personalizada. La inteligencia artificial facilita el análisis de grandes volúmenes de datos. Los probióticos muestran efectos positivos en el equilibrio intestinal y en la prevención de enfermedades inflamatorias y metabólicas. Por último, la biofortificación (CRISPR-Cas9) es una herramienta que facilita la modulación de ADN de forma precisa para la corrección de errores y mejoras nutricionales, favoreciendo a la sostenibilidad nutricional en el tiempo.
Barreras financieras, éticos que afectan a la implementación funcional	El crecimiento masivo y acelerado de mercados funcionales plantea diversos retos como regulatorios, económicos y éticos, sin embargo algunas declaraciones se comercializan sin evidencia ocasionando confusión y desinformación en el consumidor, debido a estos comportamientos se propone establecer un marco legal entre contenido científico y promocional que garanticen un acceso equitativo, la comunicación transparente y

Dimensiones estratégicas y desafíos emergentes	Análisis
	sobre todo basado en evidencias es el punto clave para la toma de decisiones sostenibles en la salud pública.

Nota. Esta tabla sintetiza los principales ejes estratégicos, retos y perspectivas relacionadas con la integración de alimentos funcionales en las políticas nutricionales de salud pública, su análisis permite examinar el potencial para lograr un bienestar poblacional adaptado de (Fekete et al., 2025).

CAPÍTULO 7

7.1 Aplicación de hierba luisa en alimentos funcionales: beneficios y desafíos

7.1.1 Ventajas nutricionales y funcionales

La hierba luisa es una especie herbal posee abundantes compuestos bioactivos encontramos polifenoles, vitamina c y carotenoides que representan una notable actividad antioxidante, estos componentes permiten desarrollar productos que nos ayudan a prevenir patologías (Athanasiadis et al., 2024).

Según Athanasiadis et al. (2024), el análisis de polifenoles alcanzo 175.03 mg por gramos de materia seca, el verbascósido 147 mg/g, los carotenoides entre valores de 287.89 y 602.56 mg/g y el ácido ascórbico entre 4.26 y 9.47 mg/g, estos compuestos mencionados ayudan en la prevención del estrés oxidativo.

La hierba luisa posee características estructurales como proteínas, grasas y carbohidratos, posee ácidos orgánicos, ácidos grasos y compuestos bioactivos de alta capacidad antioxidante orientados a la prevención y salud metabólica (Polumackanycz et al., 2022).

7.1.2 Aspectos tecnológicos en la elaboración de snacks

La obtención de fracciones obtenidas de la hierba luisa desempeñan el punto clave para la elaboración del snack con propiedades funcionales de acuerdo con Athanasiadis et al. (2024), la recuperación de polifenoles y carotenoides están direccionadas al método de extracción, solvente, condiciones de temperatura y el tiempo de proceso debido a la variabilidad de condiciones térmicas, el campo eléctrico pulsado y la sonicación promueve la ruptura celular ocasionando una liberación de antioxidantes por otro lado la temperatura de 50 y 80 grados centígrados permiten maximizar la extracción sin comprometer la integridad del compuesto bioactivo fenólico, la metodología de superficie de respuesta asegura la funcionalidad del extracto incorporado al producto, cautelando su mecanismo antioxidante.

Según Mironeasa et al. (2023), los polifenoles son susceptibles durante tratamientos térmicos como la cocción o la extrusión, comprometiendo la capacidad antioxidante, recomienda usar estrategias como la microencapsulación para cautelar la integridad del compuesto, hay que controlar medios como empacado y conservación que limiten la oxidación.

CAPÍTULO 8

8.1 Importancia nutricional y funcionalidad de snacks enriquecidos con extractos vegetales

8.1.1 Beneficios para la salud del consumidor

Los snacks enriquecidos con extractos vegetales como polifenoles mejoran el perfil antioxidante y modulan el microbiota intestinal, garantizan la aceptación sensorial mediante el uso de estrategias funcionales como la microencapsulación y la extrusión, optimizando su desempeño en múltiples contextos (Bińkowska et al., 2024).

Los polifenoles presentes en extractos vegetales se denominan compuestos bioactivos de alto valor funcional debido a sus beneficios observados como antioxidantes, cardioprotectores y antiinflamatorios, que los ubica como un ingrediente clave en el diseño de alimentos funcionales orientados a la promoción de la salud. Su capacidad oxidativa se utiliza para la prevención de enfermedades crónicas cáncer, diabetes y cardiovasculares. Además, diversos estudios señalan que polifenoles mejoran la función endotelial, reducen la presión arterial y favorecen en el perfil lipídico reduciendo el riesgo cardio metabólico (Bińkowska et al., 2024).

Ciertos polifenoles ejercen una acción moduladora sobre la respuesta inflamatoria y el microbiota intestinal mediante su influencia positiva, fortaleciendo el sistema inmunológico y un equilibrio metabólico, estos mecanismos respaldan su introducción en formulaciones funcionales especialmente en snacks, bebidas y suplementos siempre que garantice biodisponibilidad, equilibrio y aceptación sensorial (Bińkowska et al., 2024).

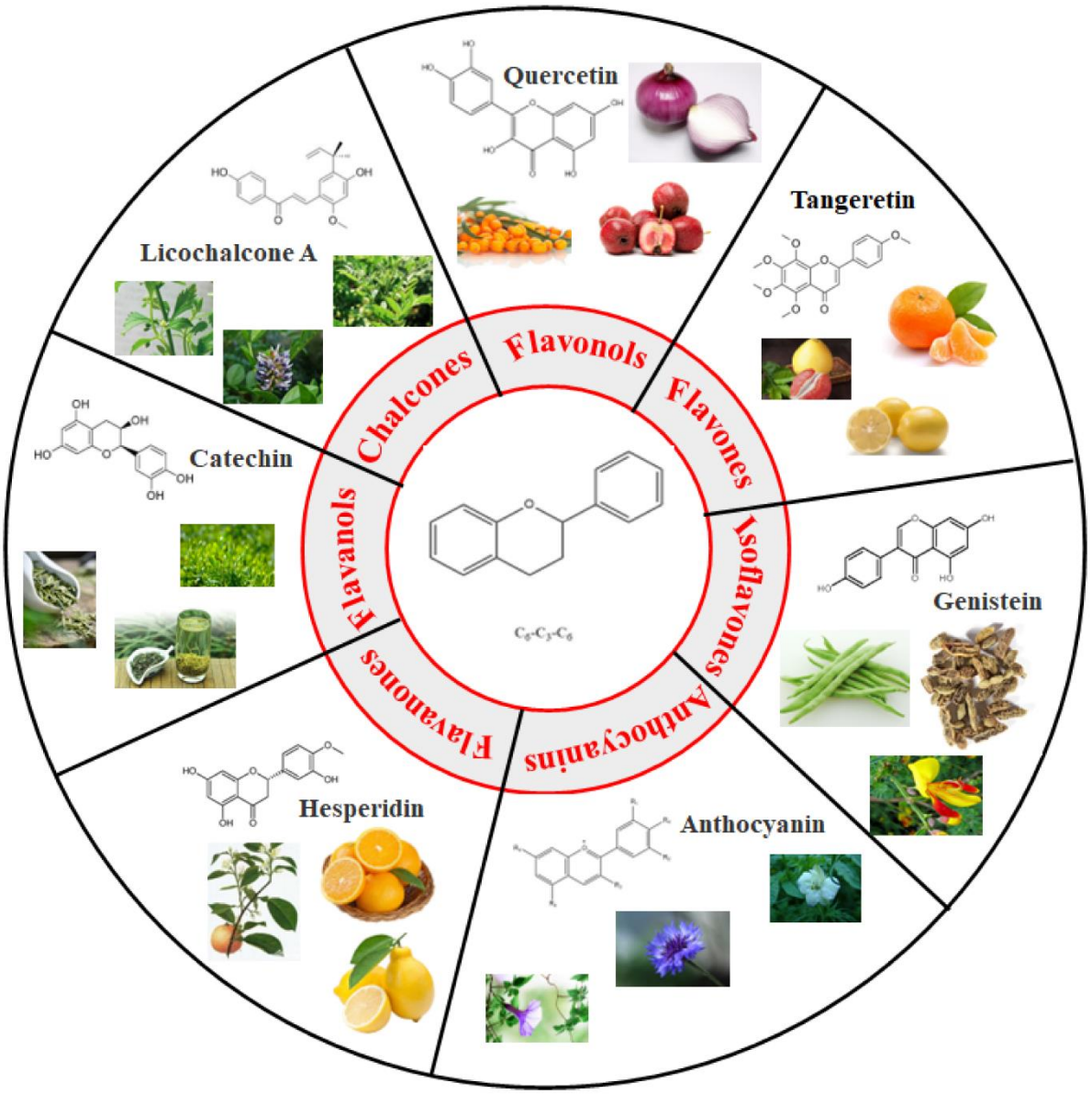
La microencapsulación de polifenoles determina una estrategia eficaz para potenciar la prevención en aplicaciones alimentarias. Este método aplicado protege el compuesto, mejorando su biodisponibilidad durante la digestión y se controla la liberación en el tracto gastrointestinal, al conservar sus compuestos bioactivos y facilita su absorción. Los micro

encapsulados se convierten en componentes funcionales para el desarrollo de alimentos orientados a la salud, este tipo de método permite preservar las características sensoriales en la formulación del producto (Bińkowska et al., 2024).

Los polifenoles, flavonoides y vitamina C son compuestos bioactivos que se encuentran en hierbas, frutas entre otros. Son reconocidos en neutralizar la generación de radicales libres lo que permite limitar el daño oxidativo y ADN, preservando la integridad de sistemas y órganos, el beneficio del consumir se centra en la prevención de desarrollo de enfermedades crónicas y un bienestar eficiente (Arshad et al., 2025). Los flavonoides a partir de sus diferencias estructurales se clasifican en flavonoles, flavonas, isaflavonas, antocianinas, flavanonas y chalconas (Zhang et al., 2022).

Figura 3

Clasificación de flavonoides



Nota. Tomado de (Zhang et al., 2022).

Según Athanasiadis et al. (2024), Aloysa citrodora es una fuente abundante de compuestos bioactivos y antioxidantes como polifenoles, carotenoides y acido ascórbico, los mismo que ayudan a mantener un equilibrio en el organismo de radicales libres, induciendo positivamente en la salud cardiovascular, metabólica e inmunológica.

Dentro de su composición encontramos un compuesto abundante verbascósido el mismo que se relaciona con propiedades funcionales con valor terapéutico frente a diversas

patologías, la formulación de elaboración de un snack a base de hierba luisa entra en un escenario preventivo de salud (Athanasiadis et al., 2024).

Tabla 10

Beneficios de Aloysia citrodora

Beneficio	Descripción	Compuesto
Actividad antioxidante	El consumo de polifenoles puede prevenir procesos de enfermedades crónicas.	Polifenoles Verbascósido.
Propiedades antimicrobianas	Los polifenoles modulan factores microbianos.	Taninos Flavonoides Polifenoles.
Efectos antiinflamatorios	El verbascósido posee mecanismos antioxidantes, antitumorales, neuro protectores y antinflamatorias.	Verbascósido.
Medicina tradicional digestiva	Usado para aliviar molestias digestivas, flatulencias e indigestión.	Preparados herbales.

Nota. Beneficios de Aloysia citrodora adaptada de (Athanasiadis et al., 2024).

8.1.2 Tendencias en nutricosmética y alimentos funcionales

Según Stanescu et al. (2025), la orientación actual en la innovación de alimentos funcionales y productos nutricosméticos se enfoca al desarrollo de fórmulas que deriven beneficios para la salud, destacando un consumo progresivo de compuestos bioactivos de origen vegetal y herbal apreciados por sus mecanismos antioxidantes.

Los polifenoles se están incluyendo progresivamente en el diseño de productos con matrices funcionales, debido a su potencial para la prevención del daño oxidativo, la preferencia actual de los consumidores se direcciona hacia formulaciones estéticas y nutricionales, basándose en que tejidos conectivos experimentan mejoras gracias al consumo de estos compuestos (Stanescu et al., 2025).

8.1.3 Estrategias de desarrollo de nuevos productos

Una de las estrategias para el desarrollo de productos es la microencapsulación, este método permite conservar las propiedades bioactivas frente a escenarios adversos. Esta técnica es importante y cautelosa debido a que estos componentes funcionales son sensibles a varios factores exposición luminosa, temperatura y presencia de oxígeno. La microencapsulación aporta beneficios en el organismo como la absorción y liberación controlada, siendo así una ruta eficaz para incorporar a varios productos y suplementos, garantizando actividad antioxidante y beneficios nutricionales (Bińkowska et al., 2024).

Otra estrategia es la impresión tridimensional de alimentos como una propuesta innovadora funcional debido a que permite agregar al alimento compuestos bioactivos como antioxidantes, el alimento se genera capa por capa agregando tintas alimentarias permitiendo una personalización nutricional para personas con mayor estrés oxidativo, distribución en alimentos y formación de texturas (Le Tan, 2025).

CAPÍTULO 9

9.1 Relevancia del desarrollo de alimentos naturales en la promoción de hábitos saludables

9.1.1 Tendencias en consumo consciente y sostenible

Los hábitos alimentarios están evolucionando por una creciente problemática de salud pública y medio ambiente. La evidencia sobre los efectos adversos de los alimentos procesados impulsa el interés por opciones naturales, este cambio refleja una tendencia a prácticas saludables y sostenibles (Monteiro et al., n.d.).

Los alimentos ultra procesados tienden a desplazar a los alimentos funcionales debido a su disponibilidad, bajo costo y estrategias de marketing agresivas. Este fenómeno impacta de forma negativa en la calidad de la dieta favoreciendo a un aumento de enfermedades crónicas (Monteiro et al., n.d.).

En respuesta a estas preocupaciones, se observa una transición hacia patrones más conscientes que prioricen sistemas sostenibles sociales y ambientales, promoviendo mecanismos alimentarios que respeten los ciclos locales de producción, criterios de salud y sostenibilidad como parte de un enfoque alimentario responsable (Monteiro et al., n.d.)

9.1.2 Educación nutricional y prevención primaria

Según la OMS, la educación nutricional es esencial para la prevención primaria de enfermedades crónicas, una alimentacion saludable protege contra la malnutrición y reduce el desarrollo de patologías como diabetes, enfermedades cardiovasculares y ciertos tipos de cáncer, se ha demostrado que los hábitos alimentarios tienen un impacto positivo y negativo. (Dieta Saludable, 2020).

La elaboración y difusión de alimentos funcionales elaborados con base en plantas representa una estrategia preventiva que refuerza la educación nutricional y prevención primaria, siempre que su perfil nutricional sea coherente y cumpla con criterios de salud. La

promoción de alimentos frescos y no procesados permite mejorar la calidad del entorno alimentario, el desarrollo de alimentos naturales representa un elemento clave para limitar el consumo de productos ultra procesados asociados a patologías crónicas (Dieta Saludable, 2020).

9.1.3 Papel del sector académico en la innovación alimentaria

El sector académico tiene una participación activa en investigación, desarrollo y transferencia de conocimiento. Las universidades son los encargados de verificar científicamente las funcionalidad y efectos del desarrollo de alimentos funcionales a través de pruebas químicas, microbiológicas y clínicas, de esta manera también impulsan un desarrollo sostenible en la innovación alimentaria. El sector académico debe ser capaz de formar profesionales capaces de diseñar propuestas alimentarias saludables facilitando la transferencia de conocimiento para una eventual formulación de políticas públicas o guías de nutrición que contribuyan a la prevención de enfermedades crónicas.

MARCO CONCEPTUAL

Este marco conceptual define los fundamentos teóricos que respaldan el desarrollo del presente estudio, enfocado en la formulación de un snack funcional a base de extractos de Aloysia citrodora y en la evaluación de la capacidad antioxidante mediante un análisis in vitro. Este apartado permite definir los conceptos claves, variables e interacciones metodológicas.

Alimentos funcionales

Los alimentos funciones se caracterizan por aportar compuestos bioactivos (Fekete et al., 2025). Estos productos están diseñados para apoyar funciones específicas, como fortalecer el sistema inmunológico, para asegurar estas funciones las formulaciones deben garantizar los principios activos incorporados (Bińkowska et al., 2024).

Aloysia citrodora o hierba luisa

Es una planta medicinal de la familia Verbenaceae, rica en compuestos bioactivos como flavonoides, fenoles y aceites esenciales con propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y digestivas (Julián-Flores et al., 2025; Athanasiadis et al., 2024).

Estrés oxidativo

El estrés oxidativo es el desequilibrio entre la generación de ROS y la defensa antioxidante del organismo, provoca daño celular y se vincula con el desarrollo de enfermedades crónicas como diabetes, cáncer y afecciones cardiovasculares (Gulcin, 2025; Xu, 2025).

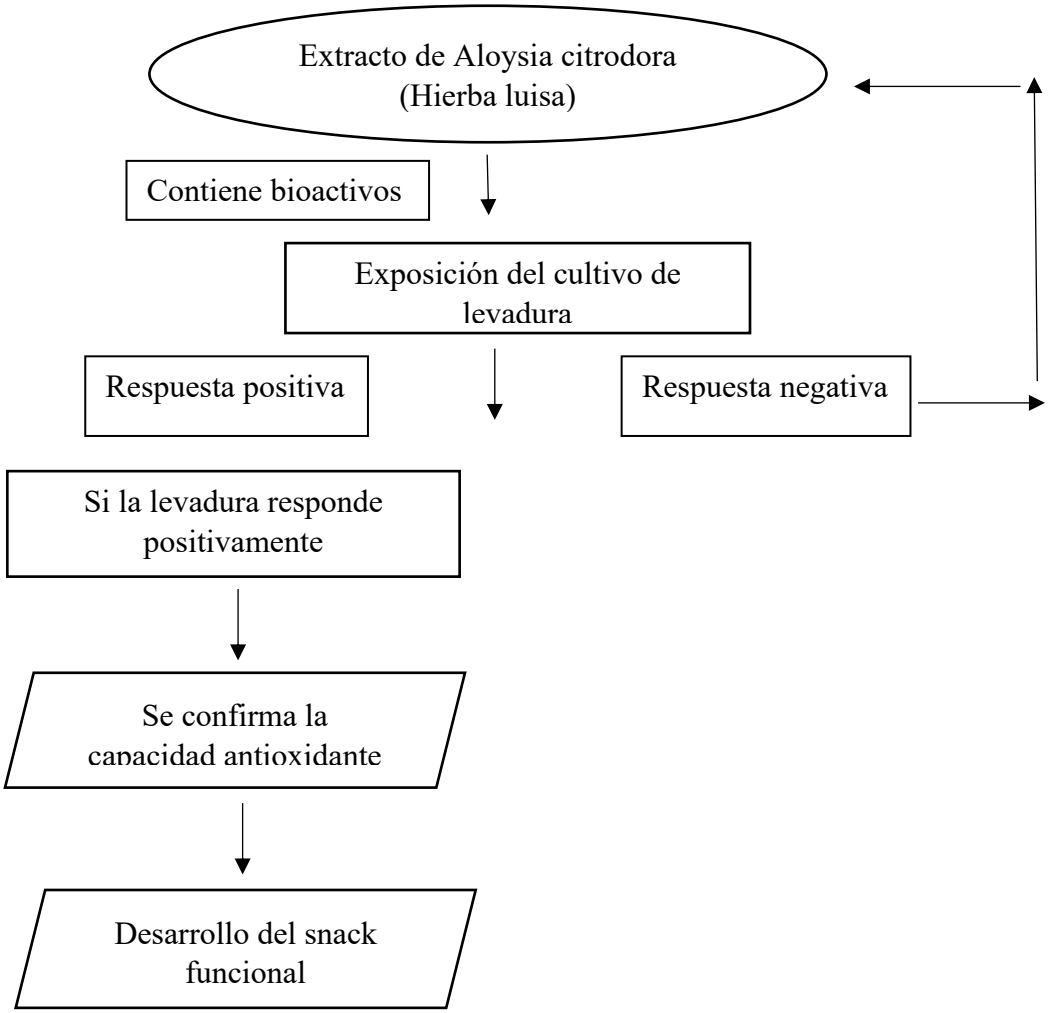
Actividad antioxidante in vitro

La actividad antioxidante in vitro analiza la capacidad de un compuesto o alimento para neutralizar radicales libres, métodos como DPPH y ABTS permite cuantificar el porcentaje de inhibición mediante transferencia de electrones o hidrógenos (Dorantes-Salazar et al., 2023).

MODELO CONCEPTUAL

Figura 4

Esquema del estudio



Fuente: Jonathan Suarez.

El esquema conceptual del estudio establece que el extracto del Aloysia citrodora contiene compuestos bioactivos como flavonoides, polifenoles, verbascósido, citral etc. Estos compuestos neutralizan radicales libres. Cuando el cultivo de la levadura es expuesto al extracto, la respuesta biológica positiva se cuantifica la inhibición de radicales libres usando los diferentes métodos, indicando que el extracto posee capacidad antioxidante. Si el resultado sustenta el estudio se procede a elaborar un snack funcional que se plantea frente al daño oxidativo.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El estrés oxidativo es un problema de salud creciente, asociado a múltiples enfermedades crónicas como diabetes, enfermedades cardiovasculares y el envejecimiento celular, causado por el desequilibrio entre la producción de radicales libres y la capacidad antioxidante del organismo (Fuentes-Berrío, 2015). La alimentación juega un papel fundamental para prevenir este daño celular, siendo los alimentos ricos en antioxidantes naturales, como las vitaminas A, C, E, y compuestos fenólicos, una herramienta eficaz para contrarrestar el estrés oxidativo (Readapta Fisioterapia, 2022).

Sin embargo, muchas poblaciones todavía presentan una ingesta insuficiente de estos antioxidantes, lo que aumenta su vulnerabilidad a enfermedades asociadas (Fuentes-Berrío, 2015). En este contexto, surge la necesidad de desarrollar alimentos funcionales que, además de nutrir, aporten compuestos bioactivos con efectos protectores para la salud. La hierba luisa (Aloysia citrodora) es una planta reconocida por sus altos contenidos en antioxidantes naturales, lo que la convierte en un candidato ideal para la formulación de productos destinados a la prevención del daño oxidativo (Fuentes-Berrío, 2015; Readapta Fisioterapia, 2022).

Este proyecto aborda la problemática sanitaria a través del diseño y evaluación bromatológica de un snack elaborado con extractos de hierba luisa, para ofrecer una alternativa natural que contribuya a reducir los riesgos asociados al estrés oxidativo. La investigación permitirá validar científicamente las propiedades antioxidantes del producto, facilitando su inclusión en la dieta diaria y ampliando las opciones de prevención primaria para la población. Así, se contribuye a mejorar la salud pública con propuestas innovadoras basadas en recursos naturales accesibles y seguros.

Esta guía concisa, fruto de una exhaustiva revisión de la literatura, tiene como objetivo proporcionar estrategias prácticas y basadas en evidencia para reducir el riesgo de diabetes tipo

2. Al abordar la alimentación, la actividad física y el manejo del estrés, busca ser un recurso valioso para la prevención de esta enfermedad metabólica.

Preguntas de Investigación

1. ¿Cuál es el perfil bromatológico del snack elaborado con extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) y cómo contribuye a su valor nutricional?
2. ¿Qué nivel de actividad antioxidante in vitro presenta el snack con hierba luisa en comparación con snacks convencionales sin ingredientes antioxidantes?
3. ¿Cuáles son los efectos potenciales del consumo regular del snack con hierba luisa para la prevención del estrés oxidativo en poblaciones en riesgo?

OBJETIVOS

General

Analizar las propiedades bromatológicas y la actividad antioxidante in vitro de un snack formulado con hierba luisa, para determinar su potencial como alimento funcional preventivo frente al daño oxidativo.

Específicos

Analizar bromatológicamente la hierba luisa (Aloysia citrodora) deshidratada y los insumos utilizados en la elaboración del snack.

Evaluar de manera cuantitativa la capacidad antioxidante del snack mediante pruebas sencillas de oxidación visible, para observar su potencial efecto frente a radicales libres.

Elaborar un snack experimental incorporando hierba luisa, evaluando parámetros de textura, sabor y aceptabilidad preliminar (estudiantes de la UIDE).

HIPÓTESIS

Hipótesis nula (H0)

El snack elaborado con extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) no presenta actividad antioxidante significativa in vitro ni contribuye a la prevención del estrés oxidativo.

Hipótesis alternativa (H1)

El snack elaborado con extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) presenta actividad antioxidante significativa in vitro y contribuye a la prevención del estrés oxidativo.

METODOLOGÍA

Alcance y diseño del estudio

La presente investigación se desarrolló bajo un estudio experimental de laboratorio durante 3 meses con un enfoque cuantitativo, orientado a la evaluación de las propiedades bromatológicas del extracto de Aloysia citrodora y la actividad antioxidante in vitro bajo parámetros controlados.

El diseño experimental se fundamentó en la manipulación de la variable independiente, correspondiente a la incorporación del extracto de Aloysia citrodora y la observación de su efecto antioxidante, cuantificada mediante los métodos DPPH y ABTS en un modelo biológico de levadura

Adicionalmente, el estudio presento un componente descriptivo analítico, debido a la caracterización bromatológica del extracto del Aloysia citrodora y el análisis de aceptabilidad sensorial con un grupo de consumidores, con el objetivo de validar el producto como una opción funcional para la prevención del estrés oxidativo. Esta evaluación permitió recopilar percepciones sobre atributos organolépticas.

El nivel de investigación fue descriptivo y analítico debido a que se describen las características fisicoquímicas y sensoriales del producto y se analizaron las diferentes muestras mediante pruebas estadísticas. Esta perspectiva permitió examinar de forma profunda los mecanismos antioxidantes implicados en la elaboración del snack funcional, así como proponer distintas estrategias en el equilibrio oxidativo a través de las distintas fuentes seleccionadas.

Con el objetico de delimitar con precisión los elementos clave de la pregunta de investigación se empleó el modelo PICO (población o problema, intervención, comparación y resultados), herramienta que facilito la estructura lógica y ordenada de la pregunta central, en concordancia con el enfoque experimental del estudio.

P (Población o problema): Cultivo de levaduras (Saccharomyces ceravisiae) utilizado como sistema biológico para evaluar la capacidad antioxidante.

I (Intervención): Exposición del cultivo de levaduras al extracto de hierba luisa.

C (Comparación): Cultivo control de levaduras no tratadas con el extracto.

O (Resultados): Respuesta antioxidante observada mediante la inhibición de radicales libres y cuantificación de la capacidad antioxidante in vitro.

Población y área de estudio

La población de investigación estuvo conformada por muestras del snack elaborado con hierba luisa, el cual fue desarrollado y analizado en los laboratorios de alimentos funcionales en la UIDE. Paralelamente se llevó a cabo una valoración sensorial con un grupo especifico de estudiantes universitarios, considerados como consumidores potenciales debido su conocimiento en salud y nutrición, lo que permitió obtener juicios fundamentados. El entorno de estudio incluyo principalmente el laboratorio de la universidad destinado al análisis bromatológico y capacidad antioxidante, complementado con el espacio académico donde se realizó la evaluación sensorial. Esta selección de participantes y condiciones permitió controlar factores externos y asegurar la fiabilidad de resultados, con el propósito de validad el producto como una opción saludable frente al estrés oxidativo.

Definición y selección de la muestra

La selección de la muestra fue integrada por un conjunto significativo de unidades del snack elaborado con hierba luisa, producido bajo parámetros controlados en el laboratorio de alimentos funcionales de la UIDE. Se tomaron de forma aleatoria 30 unidades para realizar los análisis bromatológicos y de capacidad antioxidante. En cuanto a la evaluación sensorial, se contó con la colaboración de 30 participantes universitarios, seleccionados mediante un muestreo no probabilístico, quienes conformaran el grupo evaluado. Esta muestra permitió generar resultados relevantes en relación con la calidad del producto y el grado de aceptación,

dentro de un entorno académico controlado que respalda la validez metodológica del estudio. La elección de los participantes respondió para obtener conclusiones preliminares sobre la funcionalidad y el potencial comercial del snack.

Marco espacial

El proyecto se realizó en el laboratorio de alimentos funcionales de la escuela de nutriología de la UIDE en el periodo del 1 de octubre al 26 de diciembre.

Marco temporal

Tabla 11

Marco temporal

Etapa	**Descripción**	**Periodo**
Bibliografía y metodología	Análisis actualizado de la literatura científica sobre los efectos antioxidantes de la Aloysia citrodora y su incorporación en productos funcionales. Modificación del enfoque metodológico y definición precisa de los parámetros de estudio.	1 al 10 de octubre
Adquisición de materia y preparación de muestra	Adquisición de Aloysia citrodora, insumos y reactivos específicos requeridos para los análisis bromatológicos y de capacidad antioxidante.	11 al 20 octubre
Análisis bromatológico y determinación antioxidante	Implementación de métodos analíticos para cuantificar parámetros fisicoquímicos, evaluación antioxidante mediante las distintas	21 al 16 de noviembre

Etapa	Descripción	Periodo
	técnicas y registro sistemático de datos.	
Elaboración del snack funcional	Elaboración del producto, formulación, ejecución y validación. Documentación detallada del proceso productivo.	17 al 20 de noviembre
Procesamiento estadístico y discusión de resultados	Interpretación de datos obtenidos. Elaboración de conclusiones iniciales.	21 al 25 de noviembre
Redacción final y presentación	Elaboración del documento definitivo, revisión conjunta con el tutor y preparación formal para la entrega del documento	26 al 1 de diciembre

Fuente: Jonathan Suarez.

Definición de Variables e indicadores

Tabla 12

Variables

Tipo de variable	Variable	Definición	Indicador/Medición
Variable independiente	Concentración del extracto de hierba luisa	Porcentaje del extracto de Aloysia citrodora en la formulación del snack	% en la mezcla del snack
Variable dependiente	Actividad antioxidante in vitro	Capacidad para neutralizar radicales libres DPPH y ABTS	% de inhibición
Variable dependiente	Composición bromatológica	Contenido de proteínas, grasas y carbohidratos	% cuantificado del análisis bromatológico
Variable dependiente	Aceptabilidad sensorial	Opinión de consumidores sobre las propiedades organolépticas	Escala de aceptación

Nota. Relación entre formulación y efecto antioxidante del snack fuente: Jonathan Suarez.

La formulación del snack con extracto de hierba luisa actúa como variable independiente, incidiendo directamente en la actividad antioxidante y el perfil nutricional del producto consideradas dependientes.

Fuentes de información

La recolección de la información se realizó de fuentes primarias y secundarias, como fuente primaria se obtuvo del análisis de la composición bromatológica y las fuentes secundarias se captaron de literaturas científicas actualizadas, tesis, revistas, editoriales, red social de investigaciones, informes oficiales y bases de datos académicas (scienceDirect, pubmed, Dialnet, SciELO) que abordan la composición fisicoquímica, propiedades antioxidantes, prevención de patologías y aplicaciones alimentarias de la Aloysia citrodora en alimentos funcionales.

Tabla 13

Proceso de recolección de información

Bases de datos	palabras clave	Operadores Booleanos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Artículos encontrados	Artículos seleccionados
Frontiers	"acceptance" "testing" "hedonic" "scale"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025. Articles. Engineering Frontiers in Food. Science and Technology	Publ. ant.	9	1
Journal of Pharmacognosy	"gall stone"	No aplico	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	2	1
Pubmed	"functional foods enriched" "bioactive compounds" "therapeutic potential"	AND / OR	Artículos 2025. Free full text.	Publ. ant.	18	1
	"aloysia citrodora" "lemon verbena" "pharmacology"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	6	1
	"herbal" "gastrointestinal" "hepatic" "evidence"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025. Free full text.	Publ. ant.	13	1
MDPI	"aloysia citrodora" "antioxidant"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	10	1
	"microencapsulation" "food fortification"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	12	1

Bases de datos	palabras clave	Operadores Booleanos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Artículos encontrados	Artículos seleccionados
	“functional foods” “nutrition” “implications” “evidence”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	21	1
	“functional foods” “antioxidants”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	21	1
	“gastrointestinal” “medicinal plants” “bioactive”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant. Sin acc. comp.	67	1
	“consumer” “product” “color” “sensory evaluation” “promoting foods”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	16	1
	“antioxidants” “snacks” “herbs" “terpenes”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	1	1
	“food” “antioxidants” “ros” “cancer”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant. Tipo Met. Sin acc. comp.	49	1
	“antioxidant” “properties” “lemon verbena”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	4	1
	“protective roles” “carotenoids”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	21	1

Bases de datos	palabras clave	Operadores Booleanos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Artículos encontrados	Artículos seleccionados
	"skin"			Tipo Met.		
	"lactic acid bacteria" "yeasts"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	31	1
	"antioxidant capacity"			Tipo Met.		
	"polyphenols" "encapsulation"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	34	1
	"plant" "application"			Tipo Met.		
	"effect" "dietary" "antioxidants"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	3	1
	"chronic disease prevention"		Editorial. Open Access.			
ResearchGate	"plants" "digestive" "disorders" "system"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	10	1
	"ultra processed foods" "diet quality"	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025.	Publ. ant.	10	1
	"nova"					
OMS	"healthy diet"	No aplico	No aplico	No aplico	1	1
ONU	"objetivos de desarrollo sostenible"	No aplico	No aplico	No aplico	1	1
ISO	"sensory análisis"	No aplico	No aplico	No aplico	1	1
https://revistas.uanl.mx/	"radicales libres" "antioxidantes"	AND / OR	No aplico	No aplico	3	1
	"alimentos"					
DIALNET	"bioactivos" "hierba luisa" "industria"	AND / OR	No aplico	No aplico	3	1
Springernature link	"antioxidants" "protective"	AND / OR	Artículos 2025. Article.	Publ. ant.	11	1
	"review" "roles in food" "oxidative"		Review article.Open			

Bases de datos	palabras clave	Operadores Booleanos	Criterios de inclusión	Criterios de exclusión	Artículos encontrados	Artículos seleccionados
			acces. Enviromental health.			
Sciencedirect	“technologies” “functional foods” “antioxidant” “applications” “fortified foods”	AND / OR	Artículos 2025. Review articles. Food and humanity.	Publ. ant. Est. no alim.	20	1
	“measurement” “antioxidant” “activity” “biological systems”	AND / OR	Art. entre 2015 - 2025. Journal of functional foods. Review articles.	Publ. ant. Est. no alim. Sin acc. comp.	80	1
SCIELO	“functional” “dietetic” “snack”	AND / OR	No aplico	No aplico	1	1
repositorio.unas.edu.pe	“capacidad antioxidante” “hojas” “especies aromáticas” “fenoles” “infusiones”	AND OR	No aplico	No aplico	9	1

Nota. Publ. ant. = Publicaciones anteriores; Tipo Met. = Tipo de metodología; Art. = Articulo; Est. no alim. = Estudios no alimentarios; Sin acc. comp. = Sin acceso completo fuente: Jonathan Suarez.

Tabla 14

Estrategias de búsqueda en bases de datos y fuentes

Bases de datos y fuentes	Palabras clave
Frontiers	"acceptance", "testing", "hedonic", "scale"
Journal of Pharmacognosy	"gall stone"
PubMed	"functional foods enriched", "bioactive compounds", "therapeutic potential", "aloysia citrodora", "lemon verbena", "pharmacology", "herbal", "gastrointestinal", "hepatic", "evidence"
MDPI	"aloysia citrodora", "antioxidant", "microencapsulation", "food fortification", "functional foods", "nutrition", "implications", "evidence", "antioxidants", "gastrointestinal", "medicinal plants", "bioactive", "consumer", "sensory evaluation", "color", "product", "promoting foods", "snacks", "herbs", "terpenes", "food", "ROS", "cancer", "properties", "protective roles", "carotenoids", "skin", "lactic acid bacteria", "yeasts", "antioxidant capacity", "polyphenols", "plant", "encapsulation", "application", "effect", "dietary", "chronic disease prevention"
ResearchGate	"plants", "digestive disorders", "system", "ultra processed foods", "diet quality", "nova"
OMS	"healthy diet"
ONU	"objetivos de desarrollo sostenible"
ISO	"sensory análisis"
Revistas UANL	"radicales libres", "antioxidantes", "alimentos"
DIALNET	"bioactivos", "hierba luisa", "industria"
Springer / Nature	"antioxidants", "review", "roles in food", "protective", "oxidative"
ScienceDirect	"technologies", "functional foods", "antioxidant", "applications", "fortified foods", "measurement", "antioxidant activity", "biological systems"

Bases de datos y fuentes	Palabras clave
SCIELO	“functional”, “dietetic”, “snack”
Repositorios académicos	“capacidad antioxidante”, “hojas”, “especies aromáticas”, “fenoles”, “infusiones”

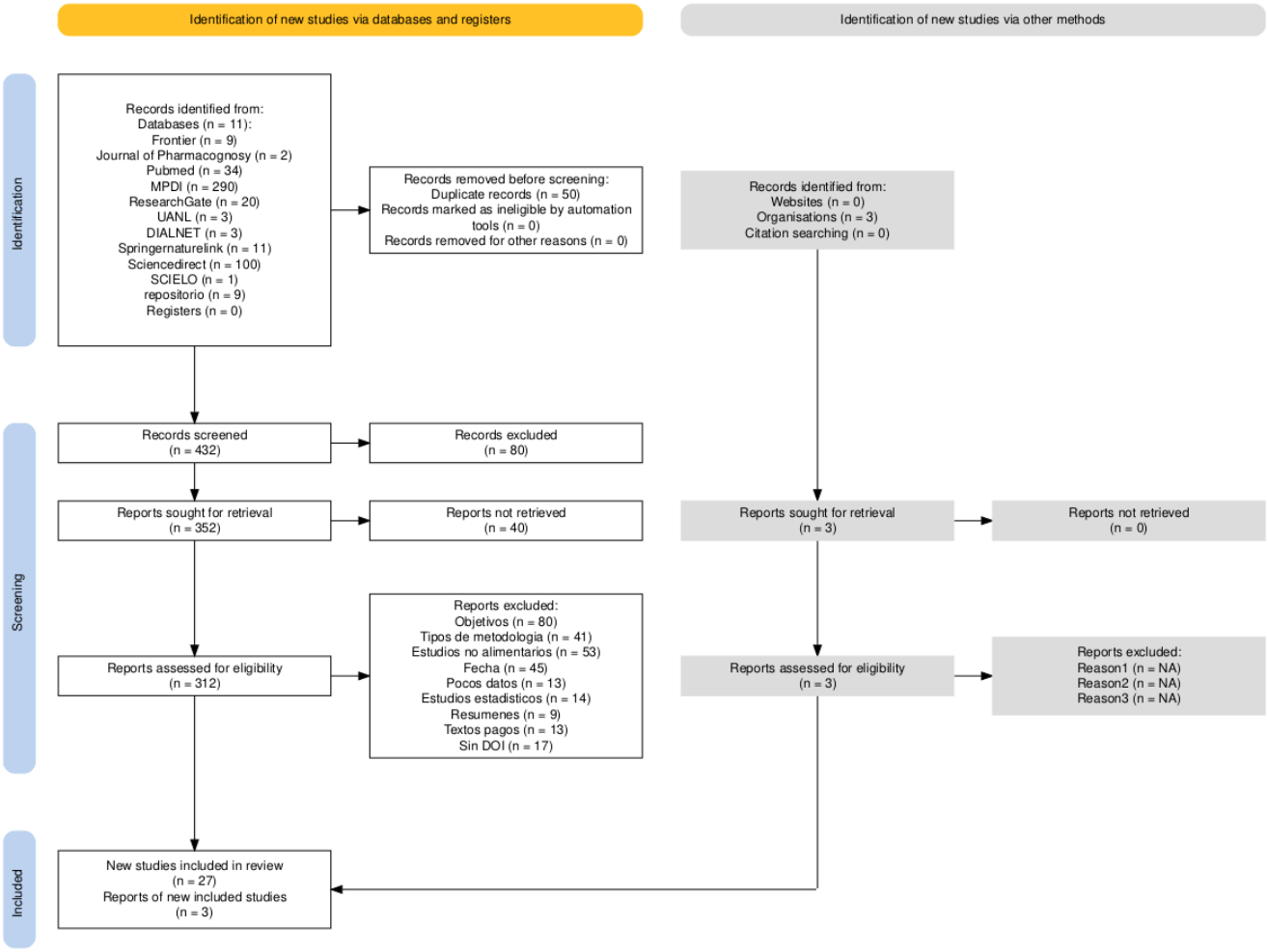
Nota. Palabras clave que se utilizaron para realizar esta compilación fuente: Jonathan Suarez.

La búsqueda inicial se llevó a cabo en octubre de 2025, identificando 4,506 trabajos, en la etapa de cribado inicial se excluyeron 2,508 registros tras aplicar filtros de fecha (solo artículos del 2015 – 2025), junto con otros criterios de exclusión como sin acceso completo, estudios no alimentarios y documentos sin DOI se obtuvieron 485 artículos.

Una vez filtrado los artículos, se analizaron los referidos que cumplían con los criterios de inclusión: artículos entre 2015 – 2025, artículos 2025, open access, reviews, estudios alimentarios y tipos de metodología. De este proceso de selección se obtuvieron 30 fuentes de los cuales 3 son de organizaciones. El proceso de selección se resume en la figura 4, donde se presenta el diagrama PRISMA. Para el manejo de referencias se empleó el programa Mendeley, facilito ordenar la información de forma estructurada. La revisión se llevó a cabo mediante un enfoque cualitativo, organizando los distintos hallazgos en tres ejes temáticos: compuestos antioxidantes, Aloysia citrodora y alimentos funcionales. Esta estructura permitió analizar y contextualizar la información desde perspectivas complementarias, facilitando la comprensión de sus aplicaciones y beneficios potenciales.

Figura 5

Metodología prisma aplicada en el estudio



Fuente: Jonathan Suarez.

Técnicas y proceso de recolección de datos

1. Análisis bromatológico: Tomar al azar muestras del lote para analizar composición nutricional (proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, cenizas).
2. Determinación de actividad antioxidante in vitro: Usar cultivo de levaduras en las muestras para medir capacidad antioxidante.
3. Preparación del snack: Elaborar el snack con la proporción definida de extracto de hierba luisa en el laboratorio.

4. Selección de evaluadores para prueba sensorial: Reclutar un grupo de estudiantes voluntarios para evaluar sabor, aroma y textura.
5. Aplicación de encuesta sensorial: Distribuir el snack y aplicar cuestionarios de aceptación con escala Likert.
6. Registro y sistematización de datos: Organizar la información en tablas y bases de datos, asegurando precisión y confidencialidad.
7. Análisis estadístico: Realizar análisis descriptivo y comparativo para validar resultados bromatológicos y sensoriales.

RESULTADOS

Resultados del análisis bromatológico del extracto de hierba luisa

El análisis bromatológico del extracto de hierba luisa permitió determinar la composición química y analizar los compuestos bioactivos más significantes para su posterior incorporación en la formulación del snack funcional con propiedades antioxidantes. Los parámetros examinados fueron proteínas, grasas, carbohidratos, energía, minerales, fibra y compuestos bioactivos. Estos datos fueron registrados y sistematizados en el laboratorio de la UIDE para su análisis.

En el análisis bromatológico de la hierba luisa se muestra que la planta es baja en calorías y macronutrientes, pero rica en compuestos bioactivos, la convierte en un ingrediente ligero y adecuado para las preparaciones funcionales, además, presenta niveles importantes de minerales calcio, potasio, hierro que contribuye a un valor nutricional.

Al realizar los análisis fitoquímicos en la mufla la presencia de ceniza nos permitió distinguir un alto contenido de citral, flavonoides y polifenoles que son los responsables de su potente capacidad de antioxidantes los mismo que se evidencio en los ensayos de DPPH y ABTS, la hierba luisa protege frente al daño oxidativo y aporta propiedades antinflamatorias.

En conjunto se caracteriza por ser un ingrediente aromático, nutritivo y antioxidante ideal para el desarrollo de alimentos funcionales y aplicaciones nutrigenómicas

Los resultados confirman que la hierba luisa posee un perfil bromatológico característico de una planta aromática de alta calidad funcional, con un aporte nutricional moderado y un marcado potencial antioxidante atribuible a los compuestos fenólicos.

Procedimiento para realizar el análisis bromatológico.

1. Tamizaje de la muestra, selección de muestras limpias sanas y sin hongos, secar las hojas y moler hasta obtener el polvo.

Figura 6

Hierba Luisa (Aloysia citrodora)



Fuente: Jonathan Suarez.

2. Tarar la hierba luisa en la balanza analítica 100 gr y obtener el liofilizado de la hierba luisa.

Figura 7

Liofilizado de la hierba luisa



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 8

Pesaje de la hierba luisa



Fuente: Jonathan Suarez.

3. En un crisol se puso la muestro, y lo dejamos a temperatura de 5000 grados centígrados por 4 horas, en la mufla.

Figura 9

Ingreso a la mufla



Fuente: Jonathan Suarez.

4. Obtención de la ceniza

Figura 10

Ceniza obtenida

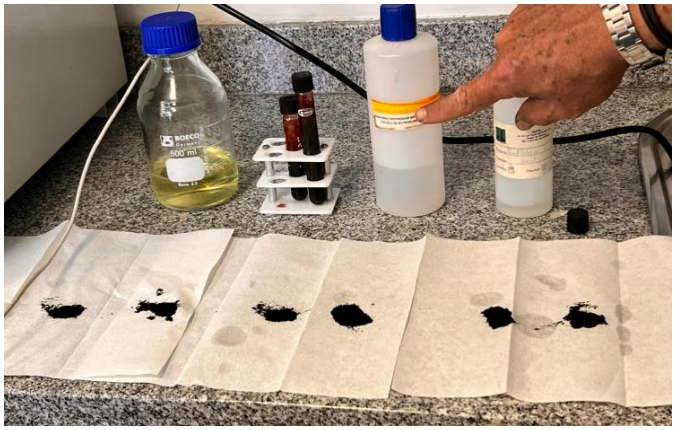


Fuente: Jonathan Suarez.

5. Análisis de la ceniza (titulación de la ceniza).

Figura 11

Titulación de la ceniza



Fuente: Jonathan Suarez.

6. Maceración o extracción con etanol, agua y acetona cromatografía liquida ácido clorhídrico 10%.

Figura 12

Cromatografía

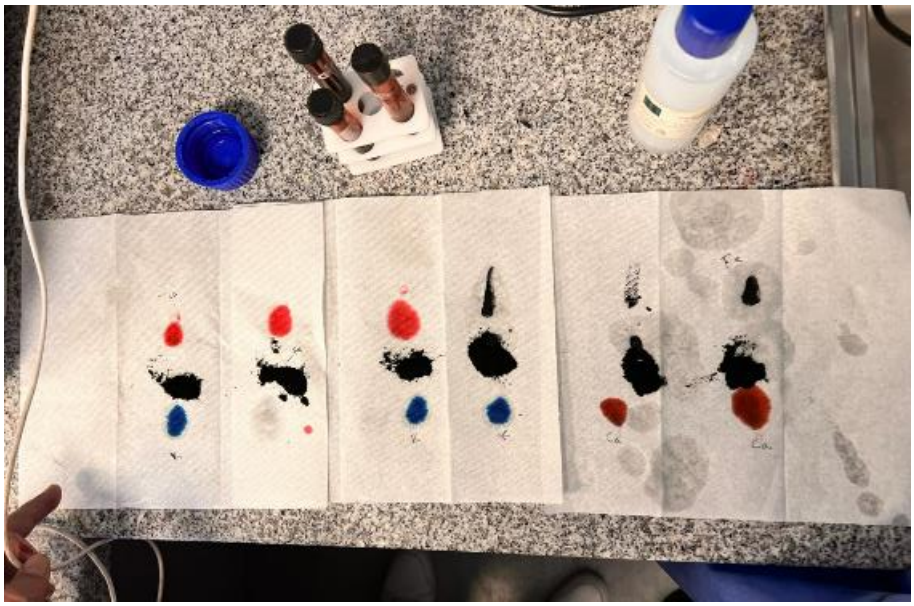


Fuente: Jonathan Suarez.

7. Identificación de minerales, compuestos bioactivos de acuerdo con su coloración.

Figura 13

Identificación de compuestos

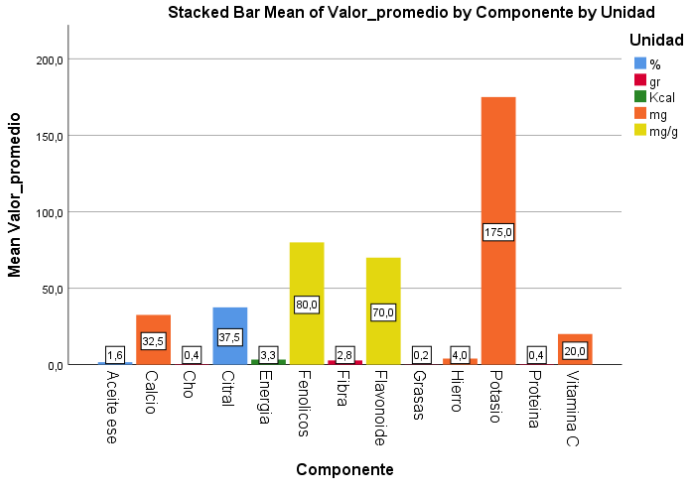


Fuente: Jonathan Suarez.

Los resultados indican que la hierba luisa presenta un aporte de energía mínimo sin embargo es abundante en compuestos secundarios con propiedades antioxidantes.

Figura 14

Componente y valor promedio



Fuente: Jonathan Suarez.

Macronutrientes

Los valores captados muestran que el contenido de macronutrientes es mínimo, esto confirma que la Aloysia citrodora no es un alimento energético.

Tabla 15

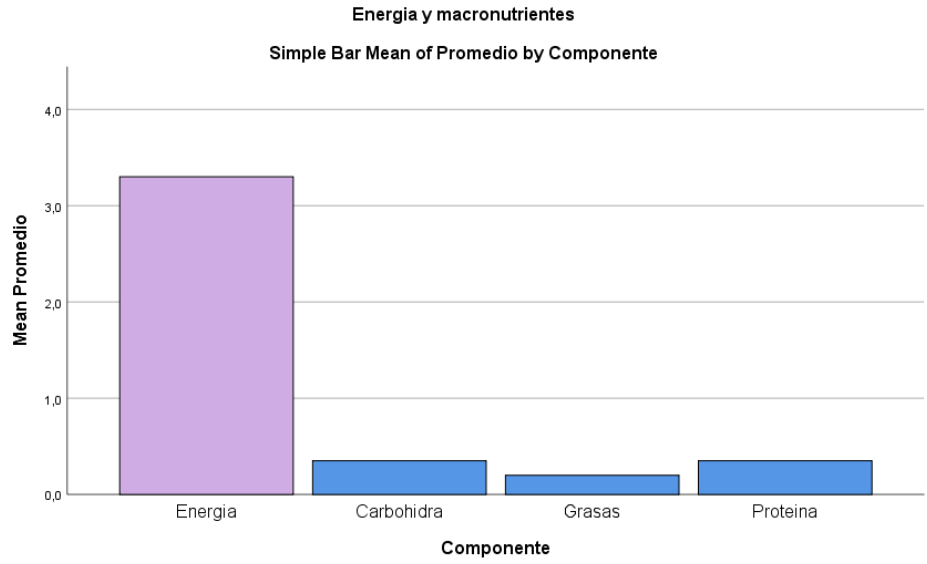
Macronutrientes

Componente analizado	Valor obtenido
Energía	1 – 5.6 kcal
Grasas totales	< 0.2
Carbohidratos	0.3 – 0.4 g
Proteínas	0.1 – 0.6 g

Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 15

Gráfico de barras de energía y macronutrientes



Fuente: Jonathan Suarez.

La energía es el componente más alto, con valor promedio de 3,3 kcal, lo que determina que la hierba luisa aporta muy pocas calorías. Los macronutrientes muestran carbohidratos 0.4 gr, grasas 0.2 gr y proteínas 0.4 gr, esto nos permite identificar que es un alimento muy ligero

y contribuye pocas calorías y en las grasas al ser un valor mínimo demuestra que este macronutriente es escaso.

Fibra dietética

La fibra dietética fue una de las fracciones más representativas del análisis con un margen de 1 – 2.5 gr y un promedio de 2.75 gr, este componente favorece el funcionamiento digestivo, favoreciendo al tránsito intestinal y potenciando el beneficio del snack funcional.

Minerales esenciales

El análisis bromatológico confirmo la presencia de minerales más significantes como calcio, potasio, hierro.

Tabla 16

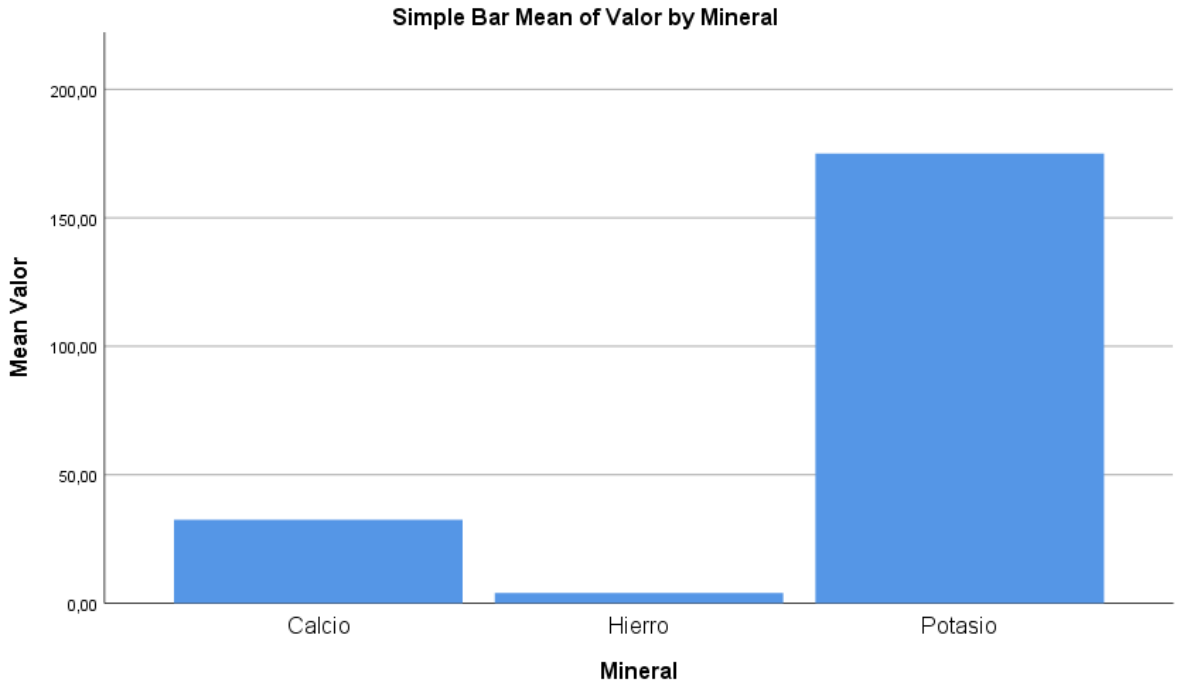
Minerales esenciales

Mineral	Valor	Valor promedio
Calcio	20 – 45 mg	32.5 mg
Potasio	150 – 200 mg	175 mg
Hierro	3 – 5 mg	4 mg

Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 16

Valores de minerales



Fuente: Jonathan Suarez.

El potasio es el mineral más abundante en comparación a los otros minerales, con un valor promedio de 175 mg, esto nos indica que el producto puede ser considerado como una fuente importante de potasio, recordemos que el potasio es clave para la trasmisión de impulsos nerviosos, contracción muscular, equilibrio electrolítico y su consumo adecuado es de 4700 mg.

El calcio se posiciona como el segundo mineral más abundante con un promedio de 32.5 mg aportando una cantidad moderada, recordemos que el calcio contribuye a la estructura ósea, coagulación, contracción muscular, trasmisión de impulsos nerviosos, su consumo adecuado es de 1300 mg a menores de 18 años y 1000 mg a 1200 mg a mayores a 18 años.

El hierro es el mineral menos presente con una evidencia de 4 mg, es un valor bajo sin embargo no despreciable, siendo importante para la formación de hemoglobina, desarrollo cognitivo y metabolismo energético su consumo adecuado en hombres es de 8 mg y mujeres 18 mg.

Vitamina C

Los valores detectados en el análisis bromatológico confirman que la hierba luisa posee un margen de 15 – 25 mg con un promedio de 20 mg, recordemos que la vitamina c participa en la actividad antioxidante y su consumo es de 100 mg.

Aceites esenciales total y citral

Dentro del análisis se determinó el contenido de aceites esenciales totales y el componente principal.

Tabla 17

Aceites esenciales

Compuesto	Valor %	Promedio %
Aceite esencial total	1.2 – 2	1.6
Citral	35 – 40	37,5

Fuente: Jonathan Suarez.

El contenido de aceite esencial cuantificado en la muestra fue de 1.2 – 2 %, confirmando que los aceites esenciales constituyen la proporción más reactiva y funcional de la planta, el hecho que se haya obtenido estos valores significa que durante el procesamiento no se deterioró ante la temperatura y manipulación, por otro lado, el citral representa el 35 – 40 % del aceite esencial total, lo que posiciona como el compuesto bioactivo más abundante, recordemos que el citral neutraliza radicales libres, relajación del musculo liso gastrointestinal, actividad antimicrobiana y podemos justificar como uno de los ingredientes principales para el snack funcional.

Flavonoides y compuestos fenólicos totales.

El análisis bromatológico permitió cuantificar flavonoides específicos y compuestos fenólicos totales, ambos son reconocidos por su actividad antioxidante.

Tabla 18

Valores de flavonoides y compuestos fenólicos

Compuesto	Unidad	Valor	Valor promedio
Flavonoides (verbascósido, luteolina)	mg/g extracto	55 – 85	70
Compuestos fenólicos totales	mg equivalentes ácido gálico/g extracto	75 – 85	80

Fuente: Jonathan Suarez.

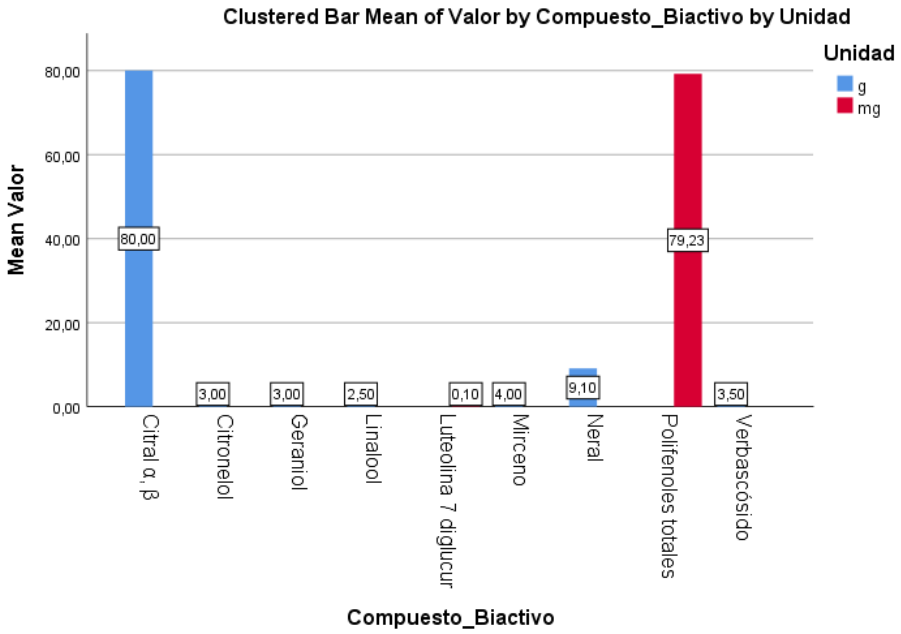
Los flavonoides cuantificados en el extracto se encuentran en un margen de 55 a 85 mg por gramo se identificó verbascósido y luteolina, ambos poseen propiedades antioxidantes. Por otro lado, los compuestos fenólicos totales medidos como equivalentes de ácido gálico se ubicaron en un rango de 75 – 85 mg demostrando una elevada concentración de polifenoles.

Compuestos bioactivos

El análisis bromatológico permitió detectar una gran diversidad de compuestos bioactivos que se encuentran en el extracto de Aloysia citrodora, entre ellos, verbascósido, citral (α-citral, β-citral), luteolina-7-diglucurónido, mirceno, geraniol, citronelol, linalool, neral y polifenoles totales. Se presenta a continuación los compuestos bioactivos, especificando su concentración y su importancia funcional.

Figura 17

Valores de todos los compuestos biactivos



Fuente: Jonathan Suarez.

a. El Verbascósido

El verbascósido es el flavonoide predominante de la hierba luisa y uno de los compuestos con mayor actividad antioxidante, cantidad encontrada 3.5 mg, este compuesto neutraliza los radicales libres.

b. Citral (α-citral, β-citral)

El citral es una mezcla de dos isómeros α-citral y β-citra, representa el compuesta más característico en la hierba luisa, cantidad encontrada 70 – 90 mg con un promedio de 80 mg, el citral posee cualidades antiinflamatorios y antioxidantes, su existencia incremente la capacidad antimicrobiana función que nos permite agregar un efecto al producto.

c. Luteolina-7-diglucurónido

La luteolina y sus conjugados constituyen un grupo notable con efecto antiinflamatorio, su presencia es variable debido a su sensibilidad a temperatura y luz.

d. Mirceno

El mirceno es un compuesto monoterpeno hallado en la hierba luisa, se encontró de 2 a 6 gr con un promedio de 4 gr, posee propiedades antioxidantes.

e. Geraniol

El aroma característico a limón de la hierba luisa se debe a este compuesto, el mismo que se encontró de 2 a 4 gr con un promedio de 3 gr, este compuesto tiene propiedades antioxidantes y antiinflamatorias.

f. Citronelol

El aroma cítrico de la hierba luisa también se debe a este aceite esencial, se encontró de 2 a 4 gr con un promedio de 3 gr, este compuesto tiene efectos repelentes.

g. Linalool

Este aceite esencial obtuvo una presencia de 1 a 4 gr con un promedio de 2.50 gr, sirve para la modulación del estrés oxidativo.

h. Neral

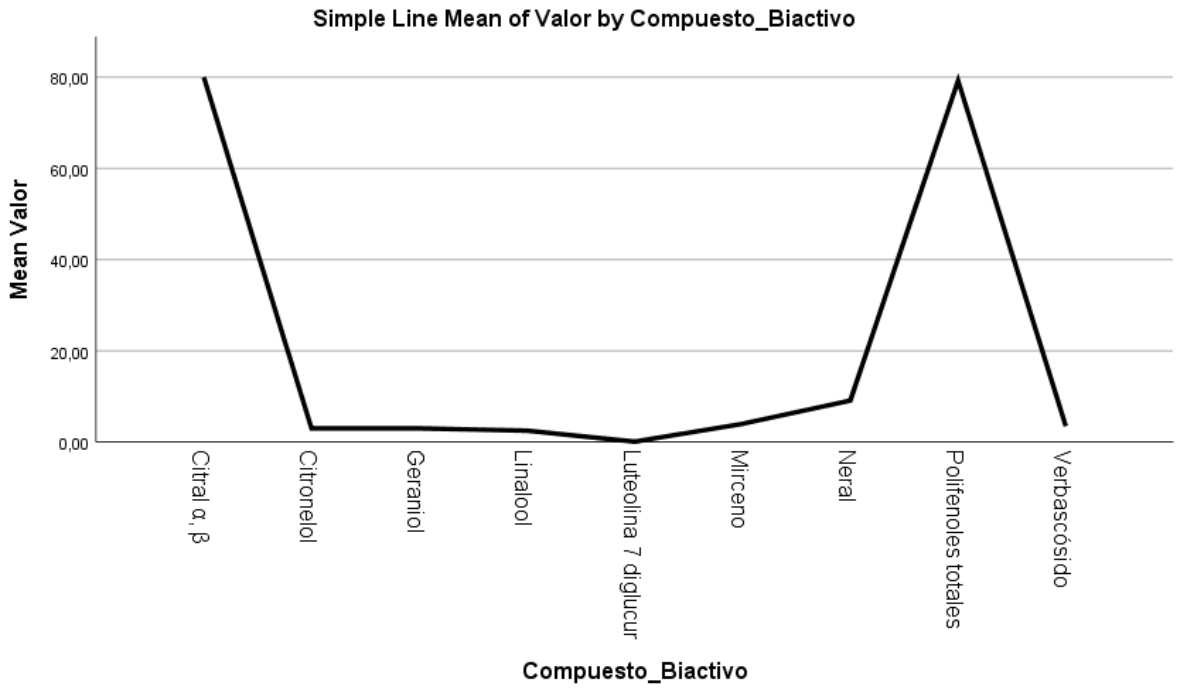
Este aceite tuvo una cuantificación de 9.1 gr, ciertos aceites tiene una gran presencia en la industria, tiene las mismas características que el citral.

i. Polifenoles totales

El siguiente dato de 79,23 abarca la totalidad de compuestos totales presentes en la hierba luisa, estos compuestos tienen propiedades antioxidantes, antinflamatorias y previenen el desarrollo de enfermedades crónicas.

Figura 18

Compuestos bioactivos



Nota. El citral y los polifenoles totales alcanzan valores máximos y constituyen las dos bases fundamentales del perfil fitoquímico de la hierba luisa fuente: Jonathan Suarez.

Resultados de la cuantificación de la capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de la hierba luisa se cuantifico mediante dos métodos denominados DPPH y ABTS, los mismo que se expresan en equivalente de Trolox (mg TE), pero antes de presentar los resultados, se debe tener claro cómo se prepara y se activa la levadura.

Preparación y activación de la levadura

Para la preparación y activación de la levadura Sacccharomyces cerevisiaae, se comenzó con la esterilización de las tres cajas de Petri utilizando alcohol al 70%. Este paso es importante para evitar contaminaciones externas durante el proceso. Posteriormente, se procedió a pesar 3 gr de agar nutritivo utilizando una balanza analítica, el cual fue disuelto en 130 ml de agua. La mezcla se calentó a 500 °C en un calentador hasta obtener una mezcla homogénea.

Figura 19

Agar nutritivo



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 20

Levadura de cerveza



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 21

Liofilizado de hierba luisa



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 22

Placa de Petri



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 23

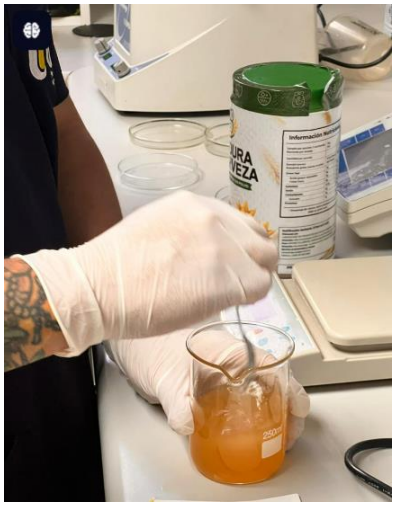
Pesaje de agar nutritivo



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 24

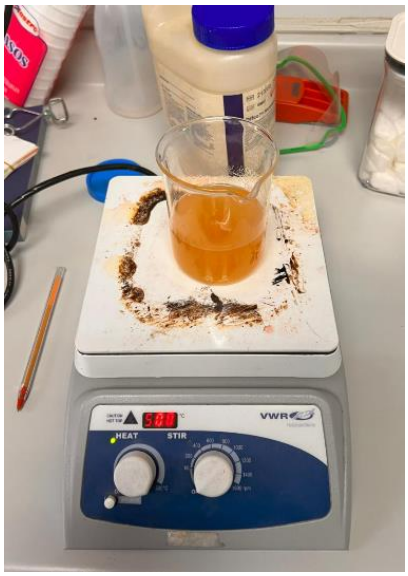
Mezcla de agar nutritivo y agua 130 ml



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 25

Calentado de la mezcla



Fuente: Jonathan Suarez.

A continuación, se pesaron 2 gr de levadura (Sacccharomyces cerevisiaae) que fueron incorporados a la solución de agar nutritivo una vez que este alcanzo una temperatura adecuada para evitar la inactivación de la levadura, es un organismo vivo.

Figura 26

Pesaje de la levadura



Fuente: Jonathan Suarez.

En paralelo, en 20 ml de agua caliente, se disolvio la levadura, utilizando un hisopo esteril para mezclarla de manera homogenea. Posteriormente, la mezcla de levadura y agua fue vertida cuidadosamente sobre las placas de Petri que contenian el agar nutritivo enfriado. En cada placa de Petri se cultivaron 7 secciones permitiendo asi un crecimiento adecuado de la levadura en cada uno de los sectores.

Figura 27

Mezcla de levadura y agua



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 28

Vertimiento del agar nutritivo



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 29

Cultivo de levadura



Fuente: Jonathan Suarez.

Una vez vertida la mezcla en las cajas, estas fueron cubiertas con papel parafilm para asegurar que no se produzcan contaminaciones y que el ambiente dentro de las cajas permaneciera controlado. Seguidamente, las tres cajas fueron introducidas en la incubadora a una temperatura de 38 °C donde permanecieron durante el tiempo necesario para que la levadura se desarrolle y se active adecuadamente. Finalmente, en la incubadora se maneja diferentes temperaturas para que la levadura se estrese, se incorpora el extracto del hierba luisa a la levadura y se puede apreciar diferentes tonalidades en un lapso de 5 horas, esta coloración nos indica la efectividad de la hierba luisa para el estrés oxidativo, este proceso se hace de forma in vitro con un ser vivo, en la cual la levadura fue estresa por temperaturas alrededor 10 °C, 38 °C y luego 50 °C en intervalos de 1:30 (una hora y media), cuando se provoca este estrés oxidativo hacemos que la levadura comienza a crecer formando colonias, al ponerle el liofilizado se provocó que detuvo los radicales libres, presenta una coloración azulada y puntos amarillentos, esta coloración indica los niveles de estrés que en cierta manera va ayudar a disminuir el flujo de electrones y posteriormente el estrés oxidativo.

Figura 30

Placas de Petri cubiertas con papel Parafilm



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 31

Ingreso a la incubadora



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 32

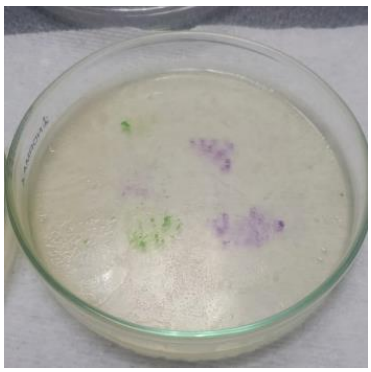
Temperatura de la incubadora



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 33

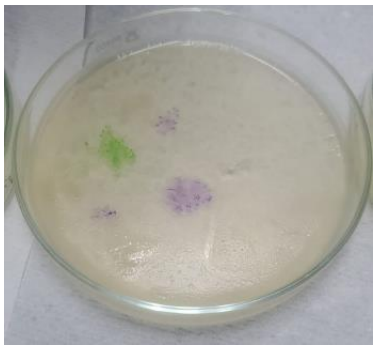
Primera muestra



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 34

Segunda muestra



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 35

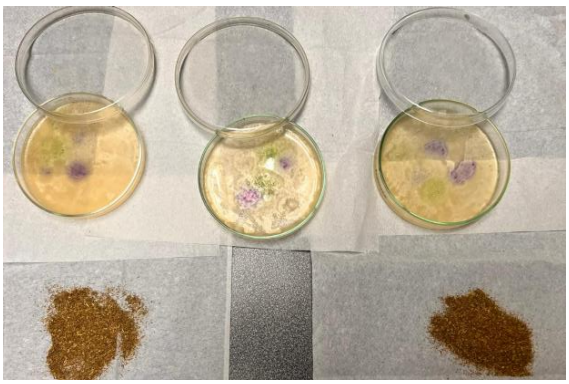
Tercera muestra



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 36

Muestra final



Fuente: Jonathan Suarez.

Capacidad antioxidante por método ABTS – 630.30 mg TE

El radical ABTS produce una tonalidad azul verdosa, al ser neutraliza por el extracto la intensidad se reduce. El espectrofotómetro nos indica que la hierba luisa posee 630.30 mg TE, demostrando que el liofilizado posee capacidad antioxidante que facilita la inhibición de reacciones oxidativas, mientras más cantidad del extracto presenta una mayor capacidad antioxidante relacionada con los diferentes ambientes biológicos, estrés, luz ultravioleta y contaminación.

Capacidad antioxidante por método DPPH – 489.12 mg TE

El DPPH constituye un radical libre estable de color violeta, cuando es neutralizada por el extracto de hierba luisa el color toma una tonalidad amarillenta. El espectrofotómetro nos indica que la hierba luisa posee 489.12 mg TE, demostrando que el liofilizado tiene capacidad antioxidante para donar electrones y desactivar los radicales libres.

Comparación DPPH y ABTS

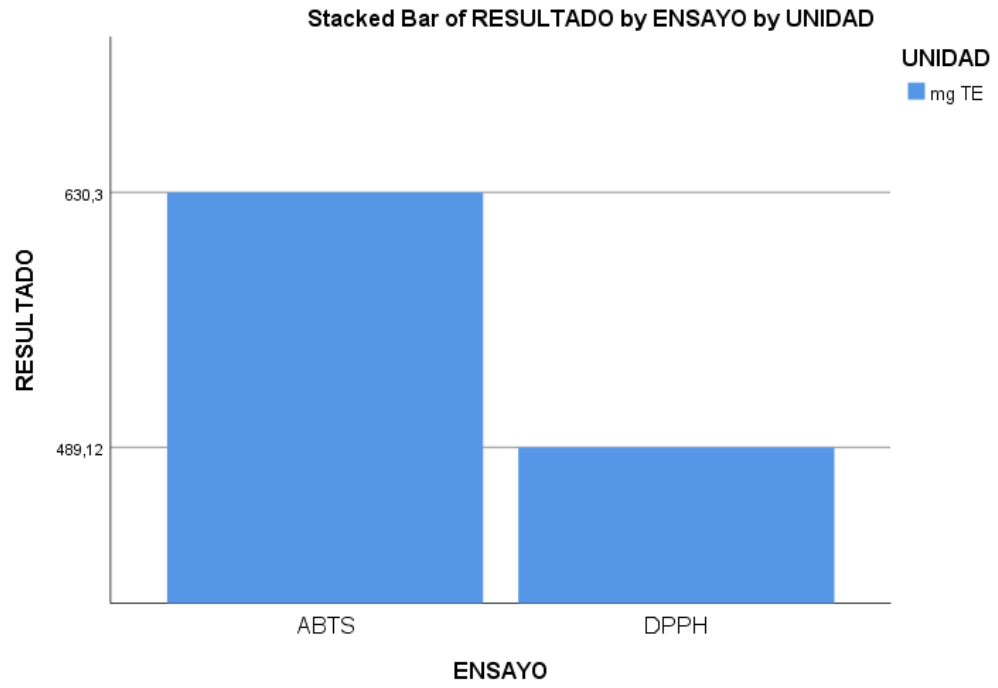
En el siguiente Gráfico se puede apreciar que el ensayo ABTS posee un valor de 630.30 mg TE, por otro lado, el ensayo DPPH presenta un valor 489.12 mg TE.

Los valores altos en ambos ensayos de la hierba luisa, determina una potencia importante de antioxidantes significativos, esto se debe a la sinergia entre el compuesto bioactivos especialmente el citral, flavonoides y polifenoles totales.

Estos compuestos de la hierba luisa trabajan juntos para donar electrones, neutralizar radicales libres, proteger a las células y sobre todo al ADN de daños oxidativo.

Figura 37

ABTS Y DPPH



Fuente: Jonathan Suarez.

Elaboración del snack funcional

La elaboración del snack funcional a base de hierba luisa, se desarrolló en el laboratorio de alimentos funcionales de la UIDE, siguiendo un protocolo estandarizado que garantice la preservación de los compuestos bioactivos y los atributos sensoriales adecuados.

Preparación del extracto de hierba luisa

Comencé seleccionando las hojas frescas de hierba luisa, se lava cuidadosamente y se las deja secar, posteriormente se corta en trozos de 2 – 3 cm y se somete a un proceso de congelación por un determinado tiempo. Una vez congelado el material, lo liofilice a través de un proceso de secado por sublimación en un equipo del laboratorio, luego se somete aun secado complementario a temperatura ambiente con la finalidad de evitar humedad. El producto obtenido se lo tritura hasta preservar un polvo fino, el cual se procede almacenar para la elaboración del snack funcional como se aprecia en la Figura 20.

Proceso de selección de ingredientes

Cada componente fue escogido en función de su beneficio nutricional y funcional. Masa madre, chispas de chocolate, nueces, margarina y el extracto de hierba luisa. La masa madre está compuesta de harina de trigo y agua, las chispas de chocolate desde una perspectiva sensorial le dan un toque significativo al sabor y aceptabilidad del producto. Las nueces nos permiten incorporar antioxidantes naturales, ácidos grasos insaturados y nos permite mejorar la textura. La margarina la vamos a emplear para que no se adhiera las galletas al molde y finalmente el ingrediente más importante el extracto de hierba luisa que nos permite incorporar a nuestro snack distintos compuestos bioactivos como polifenoles, citral, flavonoides responsables de la actividad antioxidante.

Figura 38

Ingredientes



Fuente: Jonathan Suarez.

Interpretación del valor absoluto para etiquetado

La tabla de composición absoluto presenta la formulación final del snack funcional con hierba luisa (Aloysia citrodora), calculada sobre un peso de 38 gr (100%). Esta distribución permite identificar la proporción de cada ingrediente y sustenta el etiquetado nutricional. La proporción de masa madre utilizada dispone de 20 gr de harina fortificada con un valor de 52.63% aportando carbohidratos, proteínas y micronutrientes, además de cumplir una función estructural. La hierba luisa (5 gr con un valor 13,16%) constituye el ingrediente funcional clave, proporcionando polifenoles, flavonoides y citral con actividad antioxidante. Las nueces (5 gr con un valor 13,16%) adiciona grasas esenciales y antioxidantes mejorando la textura y el valor nutricional. El chocolate (3 gr con un valor 7,89%) aportando un sabor adicional. En conjunto, la formulación muestra un equilibrio entre ingredientes estructurales, funcionales y sensoriales, destacando la hierba luisa (Aloysia citrodora) como el componente bioactivo que potencia al producto.

Figura 39

Valor absoluto

Valor Absoluto		
Ingrediente	**Cantidad gr**	**%Absoluto**
Harina de trigo fortificada	20	52.63
Chocolate	3	7.89
Nueces	5	13.16
Hierba luisa	5	13.16
Margarina	5	13.16
TOTAL	38	100

Fuente: Jonathan Suarez.

Desarrollo de producto

Una vez que se obtuvo la masa madre, continue con el desarrollo del snack funcional tipo galleta. El primer paso, incorporar la masa madre al extracto de hierba luisa, con la finalidad de incorporar los compuestos bioactivos analizados. Después se agrega las chispas de chocolate y nueces trituradas, estos dos productos son adecuados para el análisis sensorial. Una vez se alcance el punto adecuando, la masa se divide en porciones individuales de tamaño similar, los mismo que son colocados en la bandeja que ingresa al horno a una temperatura de 180 °C durante un lapso de 20 minutos, una vez obtenido el producto se puede controlar la calidad del producto en los siguientes parámetros color, textura y aroma. Se retira del horno para su enfriamiento a temperatura ambiente. Cabe señalar que el snack funcional no contiene azúcares añadidos, sim embargo presenta una sensación de dulce debido a los compuestos que aporta la hierba luisa, siendo este un dato importante para su aceptabilidad sensorial.

Figura 40

Incorporación de todos los ingredientes



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 41

Formación de las galletas



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 42

Ingreso al honor a 180 °C



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 43

Visualización del producto



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 44

Snack funcional natural cookies



Fuente: Jonathan Suarez.

Aceptación sensorial

La aceptación sensorial del snack funcional a base de hierba luisa se lo realiza con 30 estudiantes de la UIDE los mismo que luego de probar, proceden a realizar la encuesta de aceptación que maneja diferentes interrogantes, cada participante evalúa de forma individual el producto atributos como sabor, aroma, textura y olor. Estos parámetros son evaluados en una encuesta desarrollada con una metodología de 8 preguntas con una escala del 1 al 9 y una pregunta adicional detallando si el producto tendría buena acogida para su comercialización con una escala de 5 puntos.

Figura 45

Muestras del snack



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 46

Estudiantes prueban muestra 1



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 47

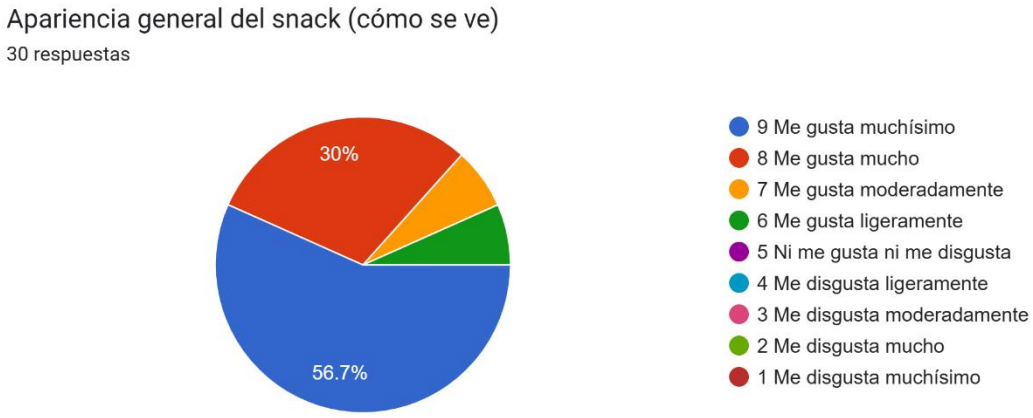
Terminación del producto



Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 48

Gráfico de aceptación de la apariencia general del snack

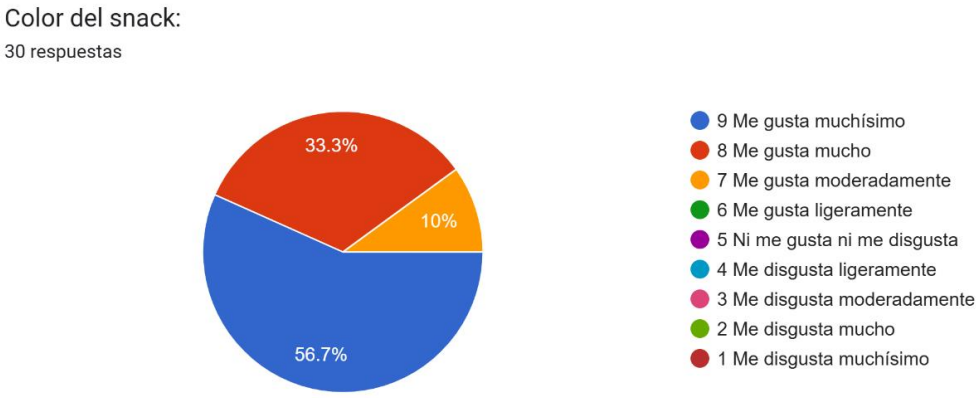


Fuente: Jonathan Suarez.

El Gráfico de aceptación sensorial correspondiente a la apariencia del snack muestra una evaluación altamente favorable por parte de los 30 participantes, el 56.7% de los estudiantes calificaron la apariencia del snack con una calificación de 9 (me gusta muchísimo), el 30% con un 8 (me gusta mucho), 6.7% con un 7 (Me gusta moderadamente) y el 6.6% con un 6 (me gusta ligeramente) y no se evidencio algún rechazo.

Figura 49

Gráfico de la aceptación del color del snack

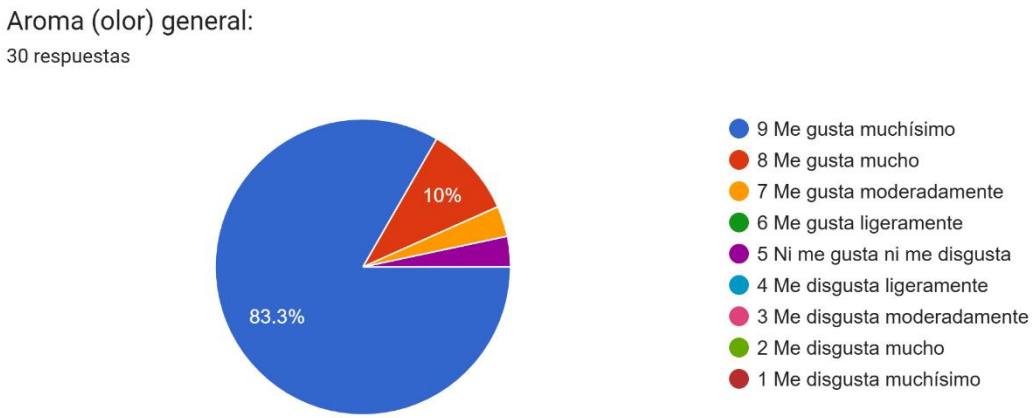


Fuente: Jonathan Suarez.

El gráfico de aceptación sensorial correspondiente al color del snack muestra una evaluación altamente favorable por parte de los 30 participantes, el 56.7% de los estudiantes calificaron la apariencia del snack con una calificación de 9 (me gusta muchísimo), el 33.3% con un 8 (me gusta mucho) y el 10% con un 7 (me gusta moderadamente) y no se evidencio algún rechazo.

Figura 50

Gráfico de la aceptación del olor en general

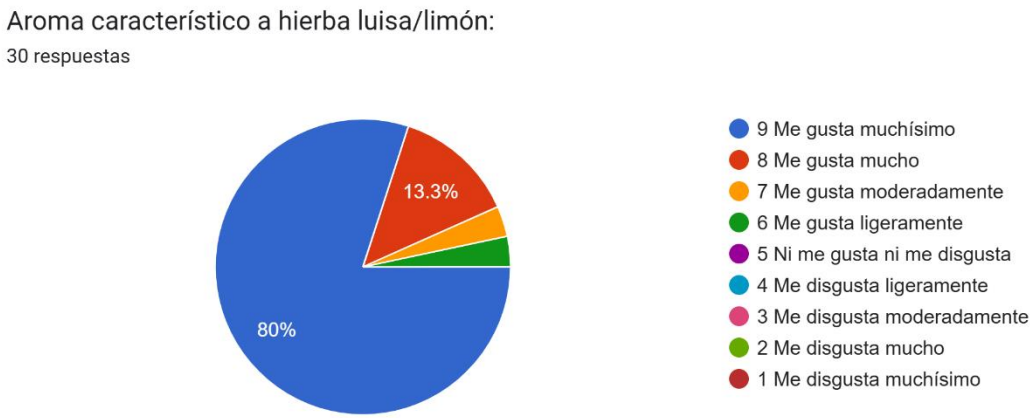


Fuente: Jonathan Suarez.

El Gráfico correspondiente a la evaluación del aroma, muestra una evaluación altamente favorable por parte de los 30 participantes, el 83.3% de los estudiantes calificaron la apariencia del snack con una calificación de 9 (me gusta muchísimo), el 10% con un 8 (me gusta mucho), el 3.3 % con un 7 (me gusta moderadamente), el otro 3.3.% con un 5 (ni me gusta ni me disgusta) y no se determinó algún rechazo.

Figura 51

Gráfico de la aceptación del aroma característico a hierba luisa

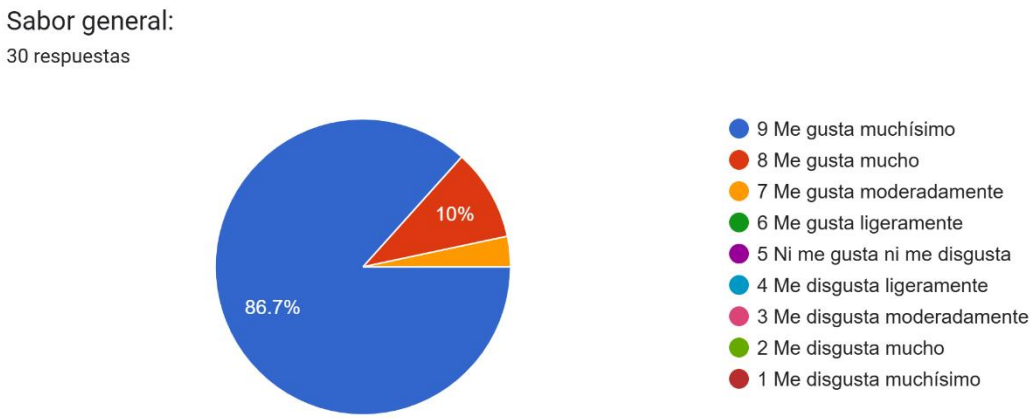


*Fuente:*Jonathan Suarez.

El Gráfico correspondiente a la evaluación del aroma característico a hierba luisa, muestra una aceptación sensorial elevada, indicando que este atributo se percibe y se valora. El 80% de los estudiantes calificaron con un 9 (me gusta muchísimo), el 13.3 % con un 8 (me gusta mucho), 3.3% con un 7 (me gusta moderadamente) y el otro 3.3% con un 6 (me gusta ligeramente).

Figura 52

Gráfico de la aceptación del sabor general

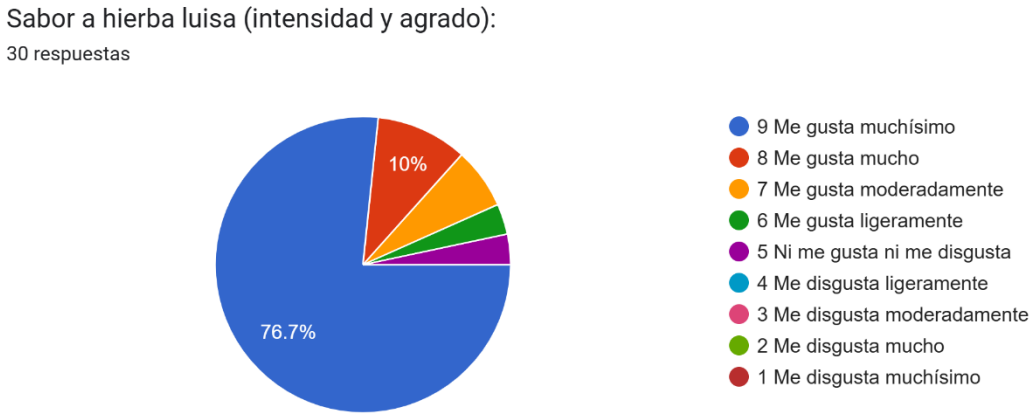


*Fuente:*Jonathan Suarez.

El gráfico de aceptación sensorial correspondiente al sabor del snack muestra una evaluación altamente favorable por parte de los participantes, el 86.7% de los estudiantes calificaron el sabor del snack con una calificación de 9 (me gusta muchísimo), el 10% con una valoración de 8 (me gusta mucho), el 3.3% con un 7 (me gusta moderadamente) y no se registró ningún rechazo.

Figura 53

Gráfico de la aceptación del sabor a hierba luisa

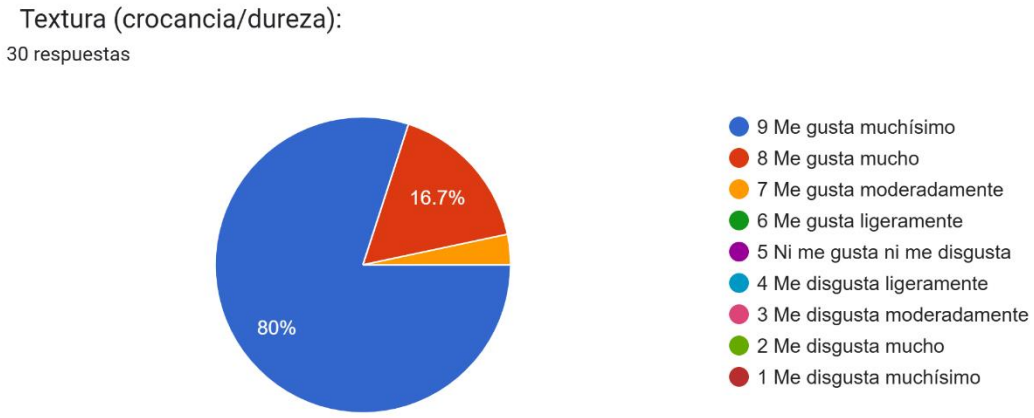


*Fuente:*Jonathan Suarez.

La representación gráfica del sabor a hierba luisa, muestra una aceptación sensorial alta del 76.7% con una calificación de 9 (me gusta muchísimo) demostrando que el sabor herbal fue percibido, el 10% con un 8 (me gusta mucho), el 6.7% con un 7 (me gusta modernamente), el 3.3% con un 6 (me gusta ligeramente) y de forma paralela el 3.3.% restante con un 5 (ni me gusta ni me disgusta).

Figura 54

Gráfico de la aceptación de la textura

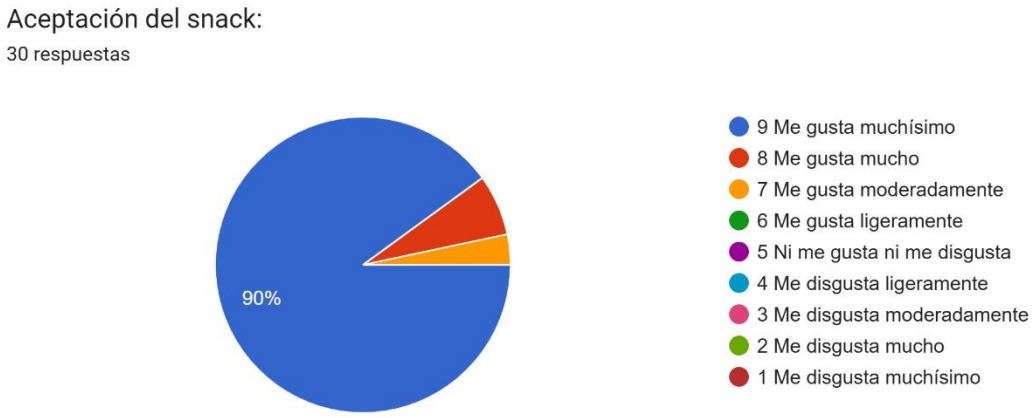


*Fuente:*Jonathan Suarez.

El gráfico de aceptación sensorial correspondiente a la textura del snack muestra una evaluación altamente favorable por parte de los participantes, el 80% de los estudiantes calificaron la crocancia y dureza con una calificación de 9 (me gusta muchísimo) lo que nos permite determinar que la estructura es la adecuada, el 16.7% con un 8 (me gusta moderadamente), 3.3% con una margen de 7 (me gusta moderadamente) y no se registró ningún rechazo

Figura 55

Gráfico de la aceptación del snack

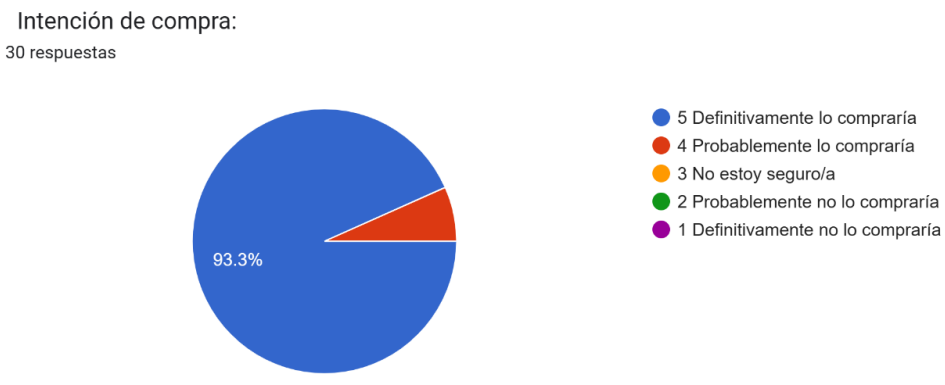


Fuente: Jonathan Suarez.

El Gráfico correspondiente a la aceptación del snack muestra una valoración positiva por parte de los 30 participantes, evidenciando un alto nivel de aceptabilidad hacia el producto funcional, el 90% evalúa con un 9 (me gusta muchísimo), el 6.7% con una calificación de 8 (me gusta mucho) y el 3,3 con una 7 (me gusta moderadamente).

Figura 56

Gráfico de la intención de compra



Fuente: Jonathan Suarez.

La ilustración correspondiente a la intención de compra muestra una fuerte predisposición de adquisición, lo que sustenta la factibilidad del producto con un 93.3% de valoración, este valor nos permite identificar que desde la perspectiva del consumidor resulta atractivo el producto y un grupo pequeño de 6.7% con una calificación de 4 (probablemente lo compraría), es decir el 100% de los encuestados manifiesta un alto grado de aceptación.

Tabla 19

Frecuencias sobre la apariencia del snack

Apariencia

Respuesta	Frecuencia	Porcentaje (%)	Porcentaje válido (%)	Porcentaje acumulado (%)
Me gusta ligeramente	2	6,7	6,7	6,7
Me gusta moderadamente	2	6,7	6,7	13,3
Me gusta mucho	9	30,0	30,0	43,3
Me gusta muchísimo	17	56,7	56,7	100,0
Total	**30**	**100,0**	**100,0**	

Fuente: Jonathan Suarez.

La tabla de frecuencias correspondiente al atributo de apariencia del snack señala que el 86.7% de los estudiantes se centra su valoración entre “me gusta muchísimo” y “me gusta mucho” lo que evidencia que el snack fue ampliamente aceptado, sin presencia de rechazo.

Tabla 20

Frecuencia sobre el color del snack

Color				
Respuesta	**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**	**Porcentaje válido (%)**	**Porcentaje acumulado (%)**
Me gusta moderadamente	3	10,0	10,0	10,0
Me gusta mucho	10	33,3	33,3	43,3
Me gusta muchísimo	17	56,7	56,7	100,0
Total	**30**	**100,0**	**100,0**	

Fuente: Jonathan Suarez.

La tabla de frecuencias correspondiente al atributo del color del snack determina una aceptación visual alta, el 90% de los participantes detallo “me gusta muchísimo” y “me gusta mucho”, el 100% se pronunció con una aceptación total.

Tabla 21

Frecuencia del aroma a hierba luisa

Aroma Hierba Luisa				
Respuesta	**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**	**Porcentaje válido (%)**	**Porcentaje acumulado (%)**
Me gusta ligeramente	1	3,3	3,3	3,3
Me gusta moderadamente	1	3,3	3,3	6,7
Me gusta mucho	4	13,3	13,3	20,0
Me gusta muchísimo	24	80,0	80,0	100,0
Total	**30**	**100,0**	**100,0**	

Fuente: Jonathan Suarez.

La tabla correspondiente al aroma de hierbaluisa presenta el 93.3% de estudiantes centro su valoración en “me gusta muchísimo” y “me gusta mucho” esto sugiere que la concentración del extracto fue la adecuada.

Tabla 22

Frecuencia sobre el sabor a hierba luisa

Sabor Hierba Luisa				
Respuesta	**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**	**Porcentaje válido (%)**	**Porcentaje acumulado (%)**
Me gusta ligeramente	1	3,3	3,3	3,3
Me gusta moderadamente	1	3,3	3,3	6,7
Me gusta mucho	4	13,3	13,3	20,0
Me gusta muchísimo	24	80,0	80,0	100,0
Total	**30**	**100,0**	**100,0**	

Fuente: Jonathan Suarez.

La tabla correspondiente al atributo del sabor presento que el 86.7% concentro su valoración en las categorías de mayor agrado.

Tabla 23

Frecuencia sobre la crocancia del snack

Textura				
Respuesta	**Frecuencia**	**Porcentaje (%)**	**Porcentaje válido (%)**	**Porcentaje acumulado (%)**
Me gusta moderadamente	1	3,3	3,3	3,3
Me gusta mucho	5	16,7	16,7	20,0
Me gusta muchísimo	24	80,0	80,0	100,0
Total	**30**	**100,0**	**100,0**	

Fuente: Jonathan Suarez.

El 96.7% de los participantes indican que la crocancia del snack es adecuada y agradable, el 100% manifestó el nivel de aceptación esperado, no se observó evaluaciones negativas.

Etiquetado del producto

La información nutricional se establece para una porción de 40 gr, equivalente a dos unidades del snack, con un rendimiento cercano a dos porciones por envase, total 4 galletas elaboradas con extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora).

Desde la perspectiva energética se puede definir que el snack proporciona 690 kJ (165 Kcal) por porción, de los cuales 346 kJ (83 kcal) corresponden a la grasa. Este aporte se considera moderado y apropiado para un alimento ocasional, brinda energía suficiente sin exceder el valor calórico recomendado en una ingesta de 2000 kcal.

El snack proporciona 10 gr de grasa total por porción (15% de valor diario), de los cuales 3,3 gr corresponden a grasa saturada (17% del valor diario) provenientes de la margarina

y las nueces. Es importante destacar que el producto no contiene colesterol, lo que representa un aspecto positivo para la salud cardiovascular.

Respecto al sodio, el snack contiene 40 mg por porción, equivalente al 3% del valor diario, lo que lo clasifica como un alimento bajo en sodio, una característica favorable para su inclusión en dieras saludables.

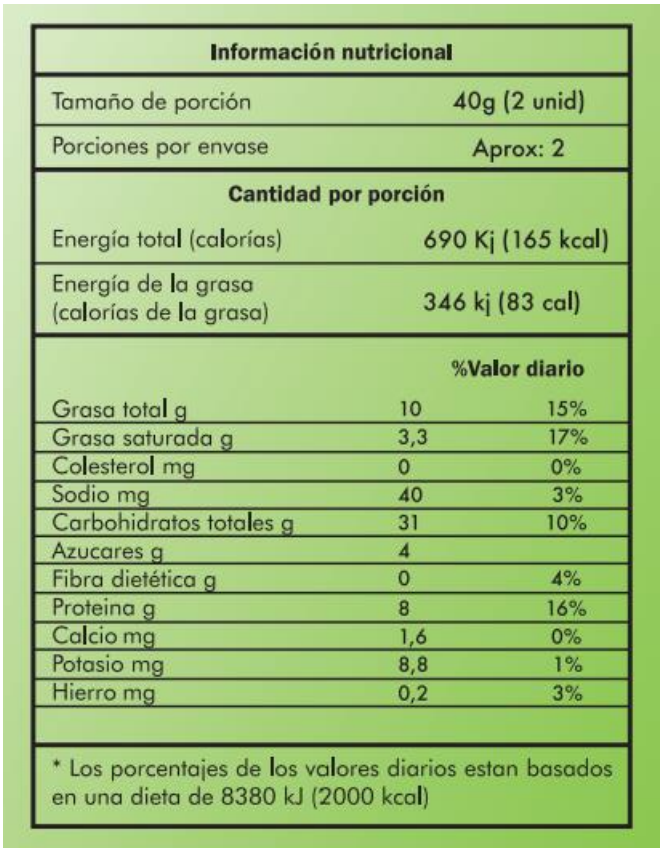
El snack aporta 31 gr de carbohidratos por porción (10% del valor diario), constituyendo como su principal fuente energética. El contenido de azucares es de 4 gr, lo que refleja una presencia moderada, derivada principalmente de los ingredientes de la formulación, sin representar un exceso.

El snack contribuye 8 gr de proteínas por porción (16% de valor diario), cantidad significativa para una galleta, favoreciendo la saciedad, este valor se relaciona a la harina fortificada y las nueces. En cuanto a los micronutrientes, la galleta proporciona calcio (1.6 mg), potasio (8.8 mg) y hierro (0.2 mg), el hierro se destaca con el mayor aporte relativo con un 3% del valor diario.

En conjunto, el perfil nutricional del snack con hierba luisa (Aloysia citrodora) muestra un aporte energético moderado, proteínas relevantes, bajo en sodio y presencia de macronutrientes. Estas características respaldan el snack como un alimento funcional apropiado para un consumo responsable dentro de una dieta balanceada y orientado a la prevención del daño oxidativo a través del componente estudiado.

Figura 57

Etiqueta nutricional del snack funcional



Información nutricional		
Tamaño de porción	40g (2 unid)	
Porciones por envase	Aprox: 2	
Cantidad por porción		
Energía total (calorías)	690 Kj (165 kcal)	
Energía de la grasa (calorías de la grasa)	346 kj (83 cal)	
		%Valor diario
Grasa total g	10	15%
Grasa saturada g	3,3	17%
Colesterol mg	0	0%
Sodio mg	40	3%
Carbohidratos totales g	31	10%
Azucares g	4	
Fibra dietética g	0	4%
Proteina g	8	16%
Calcio mg	1,6	0%
Potasio mg	8,8	1%
Hierro mg	0,2	3%
* Los porcentajes de los valores diarios estan basados en una dieta de 8380 kJ (2000 kcal)		

Fuente: Jonathan Suarez.

Figura 58

Ilustración de la tabla nutricional del snack funcional

Ingrediente	Kcal	Kj	Gramos	Grasa Total gr	Acidos grasos saturados gr	Colesterol mg	Sodio mg	Carbohidratos totales g	Fibra dietetica gr	Proteina gr	Calcio mg	Potasio mg	Hierro mg	Zinc mg	Azucar gr
Harina de trigo fortificada	75	315	20	0.7	0.0	0.0	40.0	14.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.7
Chocolate	18	75	3	1.2	1.2	0.0	0.0	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.8
Nueces	36	150	5	3.4	0.3	0.0	0.0	0.6	0.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
Hierba luisa	0	2	5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	1.6	8.8	0.2	0.0	0.0
Margarina	35	148	5	3.9	1.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total				9.2	3.3	0.0	40.0	16.4	0.4	4.1	1.6	8.8	0.2	0.0	2.7

Fuente: Jonathan Suarez.

Interpretación del semáforo nutricional

Según la normativa ecuatoriana de etiquetado nutricional tipo semáforo, analizando los valores del producto se determina la siguiente clasificación nutricional positiva. El snack

contiene 10 gr de grasa, lo que lo clasifica “medio en grasa” representado con color amarillo, el otro ingrediente es el azúcar con una valoración de 4 gr representado con color verde este valor se encuentra en un rango adecuado “bajo en azúcar” y por último la sal se encuentra en el límite inferior con 40 mg de color verde categorizando como bajo.

En conjunto, el semáforo nutricional del snack funcional refleja un perfil equilibrado, con bajo contenido en azúcar, sal y un nivel moderado de grasa.

Figura 59

Semáforo nutricional



Fuente: Jonathan Suarez.

Presentación del producto final a base de Aloysia citrodora

El diseño del empaque enfatiza el carácter natural del producto, resaltando los ingredientes seleccionados y la presencia de hierba luisa como componente bioactivo principal, se incluye información sobre la sostenibilidad del empaque, indicando que es 100% degradable y reciclable, lo que refuerza su enfoque ambiental.

Figura 60

Presentación final y etiquetado del snack funcional a base de Aloysia citrodora



Fuente: Jonathan Suarez.

DISCUSIÓN

Los hallazgos de esta investigación evidencian que la hierba luisa (Aloysia citrodora) representa una fuente importante de compuestos bioactivos con posibles aplicaciones en el desarrollo de alimentos funcionales. El resultado de esta investigación se encuentra en consonancia con lo señalado por Enríquez-Estrella et al. (2023), destacan la presencia de una gama amplia de metabolitos secundarios que explican tanto su actividad biológica como su potencial aprovechamiento en diferentes áreas.

El análisis bromatológico realizado en esta investigación determino que la hierba luisa posee un bajo contenido calórico, sin embargo, sus concentraciones relevantes de compuestos fenólicos, flavonoides y aceites esenciales, entre los cuales detallamos el citral resulta que es uno de los compuestos dominantes. Estos análisis se alinean con lo señado por Enríquez-Estrella et al. (2023), quien afirman de la existencia de más de 24 metabolitos secundarios y de 33 componentes de acetites esenciales, el citral es el más destacado siendo el responsable del efecto antioxidantes de esta especia vegetal.

La elevada presencia de compuestos fenólicos y flavonoides que se encontró en el extracto de hierba luisa durante esta investigación, nos permite sustentar la actividad antioxidante a través de los ensayos DPPH y ABTS. De forma complementaria, Enríquez-Estrella et al. (2023), destaca que dichos componentes cumplen un rol esencial como agentes eliminadores de radicas libres, justificando la capacidad antioxidante de esta especie para prevenir o reducir el daño oxidativo. La coincidencia entre ambos estudios permite deducir que la actividad antioxidante observada en el snack presenta una amplia cantidad de compuestos bioactivos.

Los ensayos realizados en la investigación mostraron que el extracto de hierba luisa presenta una mayor capacidad de neutralización frente al radical ABTS en comparación con DPPH. Este comportamiento se atribuye a la afinidad que poseen los compuestos fenólicos y

flavonoides coincidiendo con lo señalado por Enríquez-Estrella et al. (2023), destacan que la actividad antioxidante de la especie depende del tipo de extracto como de la concentración de polifenoles totales.

Enríquez-Estrella et al. (2023), determina que el citral desempeña un papel funcional al actuar como antioxidante y conservante. Esta afirmación guarda relación con los resultados obtenidos en el presente estudio, donde el snack funcional evidencio una elevada aceptación sensorial y una marcada actividad antioxidante, permitiendo determinar que el citral mantiene su función tras el proceso de elaboración del producto.

De acuerdo con los señalado por Enríquez-Estrella et al. (2023), la incorporación del extracto de hierba luisa en la elaboración de alimentos funcionales disminuye porcentajes de toxicidad y reemplaza aditivos de origen sintéticos. Los resultados experimentales obtenidos confirman que el extracto conserva las propiedades bioactivas y se integra de forma eficiente a la dieta diaria, mantiene características favorables para la aceptación del consumidor.

La evaluación sensorial realizada evidencio una elevada aceptación en atributos como aroma, sabor, textura y apariencia. Este detalle guarda relación con lo expuesto por Enríquez-Estrella et al. (2023), el mismo que señada que los compuestos bioactivos como el citral intensifica el aroma y favorece la aceptación de productos alimenticios, los compuestos bioactivos potencian la aceptabilidad del producto.

Esta investigación nos facilita la comprensión sobre la actividad antioxidante presente en el snack funcional, se relaciona de forma directa con distintos compuestos bioactivos. En sintonía con Enríquez-Estrella et al. (2023), la hierba luisa se perfila como un ingrediente potencial para la industria alimentaria contribuyendo la prevención del estrés oxidativo.

Los hallazgos obtenidos de esta investigación demuestran que el extracto de Aloysia citrodora adicionado al snack funcional lo convierte en un alimento nutritivo, caracterizado por un bajo aporte calórico y una concentración significativa de compuestos bioactivos, estos

parámetros corresponden con lo reportado de Polumackanycz et al. (2022), quienes sostienen que la funcionalidad de la hierba luisa no radica en su aporte calórico, su perfil nutricional más importante se sustenta en metabolitos secundarios con perfil antioxidante.

En lo referente a los micronutrientes, los niveles de calcio, potasio y hierros determinados en el estudio evidenciaron que la hierba luisa tiene un aporte mineral el mismo que se agregó al producto final. Si bien Polumackanycz et al. (2022), presenta sus resultados cuantificados, ambos trabajos coinciden en señalar que la hierba luisa posee una composición mineral importante. El extracto de hierba luisa presenta concentraciones de flavonoides y compuestos fenólicos, estos valores se mantienen en un rango comparable reportado por Polumackanycz et al. (2022).

La proporción de aceite esencial en este estudio oscila entre el 35 y 40 %, concuerda con lo señalado por Polumackanycz et al. (2022), identificando el citral como el constituyente principal del extracto de hierba luisa. Esta coincidencia confirma que el método de obtención del extracto aplicado a la presente investigación permitió preservar los compuestos característicos responsables del perfil aromático.

En relación con la actividad antioxidante, Polumackanycz et al. (2022) demostraron que la alta capacidad antioxidante de Aloysia citrodora se encuentra vinculada con el contenido compuestos bioactivo fenólicos y flavonoides. Sus concentraciones permiten establecer una asociación directa con la capacidad antioxidante, lo que respalda su funcionalidad del snack desarrollado.

De acuerdo con lo señalado por Polumackanycz et al. (2022), los extractos de hierba luisa presentan concentraciones elevadas de compuestos fenólicos, en este sentido los datos obtenidos en el presente estudio, se mantienen coherentes, los compuestos fenólicos, flavonoides y el citral presentes en la hierba luisa se reconocen como los principales

responsables de su capacidad antioxidante, lo que sustenta su empleo en la elaboración de alimentos funcionales destinadas a la prevención del estrés oxidativo.

En lo que respecta a los compuestos fenólicos, en este estudio se determinaron valores de 75 y 85 mg /gr. Aunque Parichanon et al. (2025) no expresan directamente el valor, si vinculan la bioactividad del aceite de Aloysia citrodora con su composición química caracterizada por una elevada presencia de monoterpenos oxigenados, especialmente citral, geranial y neral. Por lo tanto, ambos estudios se enfocan fitoquímicamente a pesar de las diferencias de enfoque. Los resultados obtenidos evidencian que el aceite de Aloysia citrodora presenta una marcada actividad larvicida, clasificándose como un agente de alta eficacia. El presente trabaja no evalúa este tipo de actividad, sin embargo, los componentes estudiados respaldan el potencial insecticida.

Ambos estudios coinciden en que Aloysia citrodora presenta una materia prima de elevado valor funcional debido a su composición rica en compuestos bioactivos. Mientras que la investigación de Parichanon et al. (2025) resalta su potencial en diferentes aplicaciones, el presente trabajo demuestra que los distintos compuestos bioactivos pueden ser aprovechados en la elaboración de alimentos funcionales, conservando atributos sensoriales favorables.

CONCLUSIONES

En concordancia con el objetivo general del estudio, se determinó que el snack enriquecido con extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) exhibe un perfil bromatológico adecuado y una actividad antioxidante in vitro significativa, este hallazgo respalda su clasificación como alimento funcional con un potencial preventivo frente al daño oxidativo, sustentado en evidencia experimental bajo parámetros controlados.

Respecto al primer objetivo específico, el análisis bromatológico muestra una composición donde se destacan compuestos bioactivos y minerales esenciales. Los componentes cuantificados, potasio 175 mg, seguido de calcio 32.5 mg y la vitamina 20 mg, se determina que el alimento es una fuente importante de micronutrientes. En cuando a los compuestos observados limita un contenido fenólico y flavonoides, lo que sugiere un alto potencial antioxidante, siendo un mecanismo adecuado para la prevención del estrés oxidativo y prevenir el desarrollo de enfermedades crónicas. A nivel proximal, el alimento presenta bajo contenido calórico. El contenido de aceite esencial completa el perfil funcional del producto e indica la presencia de metabolismo secundarios. En conjunto el perfil químico obtenido revela que el producto tiene un potencial positivo de compuestos bioactivos para su uso en alimentos funcionales.

En relación con el segundo objetivo específico, la determinación de la capacidad antioxidante in vitro mediante ensayos DPPH y ABTS evidencio valores elevados, con 489.12 mg TE y 630 mg TE, estos valores corroboran la elevada eficacia del extractó de hierba luisa (Aloysia citrodora) en la neutralización de radicales libres, atribuyendo esa actividad a los compuestos fenólicos, flavonoides y citral, validando así la hipótesis planteada en el estudio.

Adicionalmente, el empleo de Saccharomyces cerevisiae como modelo biológico in vitro permitió evidenciar una respuesta favorable al estrés oxidativo, manifestada en la modulación del crecimiento y cambios en la coloración asociados a procesos oxidativos. Este

resultado nos permite presenciar el potencial antioxidante del extracto desde una perspectiva biológica.

En relación con el tercer objetivo específico, el snack funcional enriquecido con el extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) evidencio una elevada aceptabilidad sensorial, con porcentajes superiores al 80% en atributos de sabor, aroma, textura, color y apariencia, así como una intención de compra del 93.3%. Estos resultados demuestran que la incorporación del extracto no compromete las características organolépticas del producto, sino que potencia su aceptación por parte del consumidor.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten concluir que el snack a base de hierba luisa (Aloysia citrodora) representa una alternativa alimentaria natural, segura y viable, con los efectos estudiados in vitro, lo que abre la perspectiva para futuras investigaciones en modelos in vitro y ensayos clínicos que validen su eficacia en condiciones reales.

RECOMENDACIONES

Futuras investigaciones podrían enfocarse en determinar la biodisponibilidad y absorción intestinal de los compuestos bioactivos presentes en Aloysia citrodora, considerando su interacción con la matriz alimentaria, se propone desarrollar ensayos clínicos controlados que permitan evaluar el efecto del consumo regular del snack funcional sobre biomarcadores de estrés oxidativo, inflamación y salud metabólica en poblaciones específicas.

Se recomienda la realización de estudios complementarios in vitro y ensayos clínicos controlados que permitan evaluar de manera precisa el impacto del consumo del snack funcional sobre los marcadores de estrés oxidativo en humanos, los mismos que contribuirán a fortificar la evidencia científica y a ampliar las posibilidades de aplicación del producto en el ámbito de salud pública.

Es recomendable evaluar distintas concentraciones del extracto de hierba luisa (Aloysia citrodora) en la formulación del snack, con el propósito de identificar la dosis optima que maximice la actividad antioxidante sin comprometer la aceptabilidad sensorial del producto.

Se recomienda la incorporación de técnicas de protección de compuestos bioactivos, particularmente la microencapsulación, con el fin de optimizar la estabilidad de polifenoles y flavonoides durante el procesamiento termino y el almacenamiento, asegurando de esta manera una mayor biodisponibilidad.

Finalmente, desde el ámbito académico, se propine emplear esta investigación como fundamento para futuros proyectos orientados al desarrollo de alimentos funcionales, incentivando la valoración de plantas medicinales locales y promoviendo la innovación alimentaria sostenible.

BIBLIOGRAFÍA

Addo-Preko, E., Amissah, J. G. N., & Adjei, M. Y. B. (2023). The relevance of the number of categories in the hedonic scale to the Ghanaian consumer in acceptance testing. *Frontiers in Food Science and Technology*, *3*, 1071216. https://doi.org/10.3389/FRFST.2023.1071216/BIBTEX

Ahmed, S., Zaheer, M., & Hassan, M. M. (2020). Gall stone dissolving plants: A concise review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, *9*(6), 36–40. https://doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i6a.13006

Arshad, Z., Shahid, S., Hasnain, A., Yaseen, E., & Rahimi, M. (2025). Functional Foods Enriched With Bioactive Compounds: Therapeutic Potential and Technological Innovations. *Food Science & Nutrition*, *13*(10). https://doi.org/10.1002/fsn3.71024

Athanasiadis, V., Chatzimitakos, T., Makrygiannis, I., Kalompatsios, D., Bozinou, E., & Lalas, S. I. (2024). Antioxidant-Rich Extracts from Lemon Verbena (Aloysia citrodora L.) Leaves through Response Surface Methodology. *Oxygen*, *4*(1), 1–19. https://doi.org/10.3390/oxygen4010001

Bahramsoltani, R., Rostamiasrabadi, P., Shahpiri, Z., Marques, A. M., Rahimi, R., & Farzaei, M. H. (2018). Aloysia citrodora Paláu (Lemon verbena): A review of phytochemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, *222*, 34–51. https://doi.org/10.1016/J.JEP.2018.04.021

Bińkowska, W., Szpicer, A., Stelmasiak, A., Wojtasik-Kalinowska, I., & Półtorak, A. (2024). Microencapsulation of Polyphenols and Their Application in Food Technology. *Applied Sciences 2024, Vol. 14, Page 11954*, *14*(24), 11954. https://doi.org/10.3390/APP142411954

Cheema, H. S., & Singh, M. P. (2021). The Use of Medicinal Plants in Digestive System Related Disorders- A Systematic Review. *Journal of Ayurvedic and Herbal Medicine*, *7*(3), 182–187. https://doi.org/10.31254/jahm.2021.7303

CUYA CORDOVA, M. J. (2023). *UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA*. https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/301b1e0e-347c-4d3b-96af-547e407504d9/content

Dieta saludable. (n.d.). Retrieved October 29, 2025, from https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/healthy-diet

Dorantes-Salazar, E. L., Báez-González, J. G., Gastelúm-Martínez, É., Morales-Landa, J. L., & García-Marquez, E. (2023). Determinación de actividad antioxidante en alimentos funcionales. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*, *8*(1), 643–649. https://doi.org/10.29105/idcyta.v8i1.84

Enríquez-Estrella, M. Á., Poveda-Díaz, S. E., Alvarado-Huatatoca, G. I., Enríquez-Estrella, M. Á., Poveda-Díaz, S. E., & Alvarado-Huatatoca, G. I. (2023). Bioactivos de la hierba luisa utilizados en la industria. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, *14*(1), 1–11. https://doi.org/10.29312/REMEXCA.V14I1.3249

Fekete, M., Lehoczki, A., Kryczyk-Poprawa, A., Zábó, V., Varga, J. T., Bálint, M., Fazekas-Pongor, V., Csípő, T., Rząsa-Duran, E., & Varga, P. (2025). Functional Foods in Modern Nutrition Science: Mechanisms, Evidence, and Public Health Implications. *Nutrients 2025, Vol. 17, Page 2153*, *17*(13), 2153. https://doi.org/10.3390/NU17132153

Fuentes Berrio, L., Acevedo Correa, D., Chantré, C. A., & Gelvez Ordoñez, V. M. (2015). ALIMENTOS FUNCIONALES: IMPACTO Y RETOS PARA EL DESARROLLO Y BIENESTAR DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, *13*(2), 140–149. https://doi.org/10.18684/bsaa(13)140-149

Gulcin, İ. (2025). Antioxidants: a comprehensive review. *Archives of Toxicology*, *99*(5), 1893. https://doi.org/10.1007/S00204-025-03997-2

Hajzer, Z. E., Alibrahem, W., Kharrat Helu, N., Oláh, C., & Prokisch, J. (2025). Functional Foods in Clinical Trials and Future Research Directions. *Foods 2025, Vol. 14, Page 2675*, *14*(15), 2675. https://doi.org/10.3390/FOODS14152675

Julián-Flores, A., Aguilar-Zárate, P., Michel, M. R., Sepúlveda-Torre, L., Torres-León, C., Aguilar, C. N., & Chávez-González, M. L. (2025). Exploring the Therapeutic Potential of Medicinal Plants in the Context of Gastrointestinal Health: A Review. *Plants*, *14*(5), 642. https://doi.org/10.3390/plants14050642

Kardas, M., Rakuła, M., Kołodziejczyk, A., & Staśkiewicz-Bartecka, W. (2024). Consumer Preferences, Sensory Evaluation, and Color Analysis of Beetroot and Tomato Juices: Implications for Product Development and Marketing in Health-Promoting Beverages. *Foods 2024, Vol. 13, Page 4059*, *13*(24), 4059. https://doi.org/10.3390/FOODS13244059

Le Tan, H. (2025). 3D food printing technologies for functional foods: Applications and antioxidant integration. *Food and Humanity*, *5*, 100694. https://doi.org/10.1016/J.FOOHUM.2025.100694

Miranda, V. N., Gonçalvez-de Oliveira, E., Olivares-La Madrid, A. P., Lotufo-Haddad, A. M., Ramón, A. N., Villalva, F. J., Miranda, V. N., Gonçalvez-de Oliveira, E., Olivares-La Madrid, A. P., Lotufo-Haddad, A. M., Ramón, A. N., & Villalva, F. J. (2022). Desarrollo de un snack dietético funcional utilizando harina de algarroba negra (Prosopis nigra) y arándanos de descarte (Vaccinium corymbosum L.). *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética*, *26*(3), 208–216. https://doi.org/10.14306/RENHYD.26.3.1686

Mironeasa, S., Coţovanu, I., Mironeasa, C., & Ungureanu-Iuga, M. (2023). A Review of the Changes Produced by Extrusion Cooking on the Bioactive Compounds from Vegetal Sources. *Antioxidants 2023, Vol. 12, Page 1453*, *12*(7), 1453. https://doi.org/10.3390/ANTIOX12071453

Monteiro, C. A., Cannon, G., Lawrence, M., Laura Da Costa Louzada, M., & Machado, P. P. (n.d.). *Ultra-processed foods, diet quality, and health using the NOVA classification system Prepared by*. Retrieved October 29, 2025, from http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules

Muchtaridi, M., Az-Zahra, F., Wongso, H., Setyawati, L. U., Novitasari, D., & Ikram, E. H. K. (2024). Molecular Mechanism of Natural Food Antioxidants to Regulate ROS in Treating Cancer: A Review. *Antioxidants 2024, Vol. 13, Page 207*, *13*(2), 207. https://doi.org/10.3390/ANTIOX13020207

Objetivos de Desarrollo Sostenible | Naciones Unidas. (n.d.). Retrieved October 12, 2025, from https://www.un.org/es/impacto-acad%C3%A9mico/page/objetivos-de-desarrollo-sostenible

Parichanon, P., Ascrizzi, R., Tani, C., Echeverria, M. C., Andrade, S. O., Paredes, H., Taglieri, I., Flamini, G., Venturi, F., & Conti, B. (2025). Chemical Profiling, Sensory Qualities, and Bioactivities of Essential Oils Obtained from Aloysia citrodora and Bursera graveolens Ecuadorian Plants Against the Mosquito Aedes albopictus (Skuse) (Diptera: Culicidae). *Insects 2025, Vol. 16, Page 202*, *16*(2), 202. https://doi.org/10.3390/INSECTS16020202

Polumackanycz, M., Petropoulos, S. A., Añibarro-Ortega, M., Pinela, J., Barros, L., Plenis, A., & Viapiana, A. (2022). Chemical Composition and Antioxidant Properties of Common and Lemon Verbena. *Antioxidants*, *11*(11), 2247. https://doi.org/10.3390/antiox11112247

Ruíz Yance, I. O. (2004). *Actividad antioxidante, polifenoles totales en el extracto acuoso de Hierba Luisa (Cymbopogon citratus staph), y su estabilidad en modelos de bebida.* Universidad Nacional Agraria de la Selva. https://hdl.handle.net/20.500.14292/211

Sensory analysis-Methodology-General guidance for conducting hedonic tests with consumers in a controlled area COPYRIGHT PROTECTED DOCUMENT. (2014).

Shahidi, F., & Zhong, Y. (2015). Measurement of antioxidant activity. *Journal of Functional Foods*, *18*, 757–781. https://doi.org/10.1016/J.JFF.2015.01.047

Stanescu, C., Chiscop, I., Mihalache, D., Popa, F., Tamas, C., & Stoleriu, G. (2025). Skin Aging and Carotenoids: A Systematic Review of Their Multifaceted Protective Mechanisms. *Nutrients 2025, Vol. 17, Page 2596*, *17*(16), 2596. https://doi.org/10.3390/NU17162596

Tursuntay, A ; ;, Zhu, X ;, Wang, X ;, Rahman, N, Chorianopoulos, G., Abduxukur, D., Tursuntay, Adila, Zhu, Xiaoying, Wang, Xiaoyi, & Rahman, Nurgvl. (2023). Antioxidant Capacity of Lactic Acid Bacteria and Yeasts from Xinjiang Traditional Fermented Dairy Products. *Fermentation 2023, Vol. 9, Page 639*, *9*(7), 639. https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9070639

Xu, B. (2025). Effect of Dietary Antioxidants in Chronic Disease Prevention. *Antioxidants 2025, Vol. 14, Page 1200*, *14*(10), 1200. https://doi.org/10.3390/ANTIOX14101200

Yao, Y., Habib, M., Bajwa, H. F., Qureshi, A., Fareed, R., Altaf, R., Ilyas, U., Duan, Y., & Abbas, M. (2022). Herbal therapies in gastrointestinal and hepatic disorders: An evidence-based clinical review. *Frontiers in Pharmacology*, *13*. https://doi.org/10.3389/fphar.2022.962095

Zhang, M., & Yang, A. (2025). Association between oxidative balance score and gallstone disease: a population-based study from NHANES. *Frontiers in Nutrition*, *12*, 1539969. https://doi.org/10.3389/FNUT.2025.1539969/FULL

Zhang, Z., Li, X., Sang, S., McClements, D. J., Chen, L., Long, J., Jiao, A., Jin, Z., & Qiu, C. (2022). Polyphenols as Plant-Based Nutraceuticals: Health Effects, Encapsulation, Nano-Delivery, and Application. *Foods 2022, Vol. 11, Page 2189*, *11*(15), 2189. https://doi.org/10.3390/FOODS11152189

ANEXOS

Anexo 1

Cálculo spss statistics de apariencia

Apariencia

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Me gusta ligeramente	2	6,7	6,7	6,7
	Me gusta moderadamente	2	6,7	6,7	13,3
	Me gusta mucho	9	30,0	30,0	43,3
	Me gusta muchisimo	17	56,7	56,7	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 2

Cálculo spss statistics de color

Color

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Me gusta moderadamente	3	10,0	10,0	10,0
	Me gusta mucho	10	33,3	33,3	43,3
	Me gusta muchisimo	17	56,7	56,7	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3

Cálculo spss statistics de aroma

Aroma_hierbaluisa

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Me gusta ligeramente	1	3,3	3,3	3,3
	Me gusta moderadamente	1	3,3	3,3	6,7
	Me gusta mucho	4	13,3	13,3	20,0
	Me gusta muchisimo	24	80,0	80,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 4

Cálculo spss statistics de sabor

Sabor_hierbaluisa

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Ni me gusta ni me disgusta	1	3,3	3,3	3,3
	Me gusta ligeramente	1	3,3	3,3	6,7
	Me gusta moderadamente	2	6,7	6,7	13,3
	Me gusta mucho	3	10,0	10,0	23,3
	Me gusta muchisimo	23	76,7	76,7	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 5

Cálculo spss statistics de textura

Textura

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Me gusta moderadamente	1	3,3	3,3	3,3
	Me gusta mucho	5	16,7	16,7	20,0
	Me gusta muchisimo	24	80,0	80,0	100,0
	Total	30	100,0	100,0	

Fuente: Elaboración propia.