UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

FACULTAD DE CIENCIAS DE LOS ALIMENTOS

NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

EFECTO DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTO DE HOJAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Tesis para optar el título profesional de
LICENCIADO EN NUTRICIÓN Y DIETÉTICA

AUTOR:
ALEJANDRO GERONIMO JESÚS TAPIA IBARGÜEN

ASESOR:
DR. OSCAR BENJAMÍN JORDÁN SUÁREZ

LIMA - PERÚ
2025

DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

1. Soy (somos) autor(es) del trabajo titulado:
   "EFECTO DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTO DE HOJAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE"
   El mismo que presento (presentamos) ante la Universidad para optar el Título Profesional de: *indicar el título que corresponde al Programa que estudió.*
2. El texto del trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros, incluidos los derechos de propiedad intelectual. En tal sentido, no ha sido plagiado total ni parcialmente, se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas, el Código de Ética y el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Le Cordon Bleu. Lo que ha sido corroborado por el asesor (es) designado(s).
3. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
4. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuimos a nuestra autoría son veraces.
5. Declaro que el trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad Le Cordon Bleu, habiendo sido revisado mediante el software antiplagio turnitin obteniendo un porcentaje de similitud de 12 %, el cual consta en el informe emitido por turnitin.
6. Declaro que en el trabajo final se ha utilizado inteligencia artificial para la mejora de la redacción en un porcentaje de 0 %, el cual consta en el informe emitido por turnitin.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del (de los) declarantes y del asesor, en consecuencia; a través del presente documento asumimos frente a terceros, a la Universidad Le Cordon Bleu y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado.

Fecha: 21 de julio 2025
Autor(es):

Nombres y apellidos	Firma
ALEJANDRO GERONIMO JESÚS TAPIA IBARGÜEN	

Asesor(a):

Nombres y apellidos	
OSCAR BENJAMIN JORDÁN SUAREZ	

ACTA DE SUSTENTACIÓN

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

TÍTULO DE LA TESIS:

"EFECTO DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTO DE HOJAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE"

AUTOR:

ALEJANDRO GERONIMO JESUS TAPIA IBARGÜEN

D.N.I Nº /C.E. Nº	73805916
Financiamiento	Alejandro Geronimo Jesus Tapia Ibargüen
Ubicación geográfica	Lima Metropolitana – Magdalena del Mar.
Duración de la investigación	Enero 2023 – diciembre 2023.

ASESOR:

Nombres y apellidos	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
Dr. OSCAR BENJAMIN JORDAN SUÁREZ	43799665	0000000121807704

JURADO EXAMINADOR:

Nombres y apellidos	Cargo	D.N.I Nº /C.E. Nº	Código ORCID
Dr. VICTOR JESÚS SAMILLAN SOTO	Presidente	16709515	0000000312582856
Dr. EDUARDO DE JESÚS MENÉNDEZ ÁLVAREZ	Primer Miembro	002018520	0000000272767246
Mg. KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO	Segundo Miembro	40277208	0000000266733587

UNIVERSIDAD LE CORDON BLEU

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Lima, Distrito de Magdalena del Mar, a las 15:00 horas del día 14 del mes de agosto del año 2025, se reunió el Jurado Examinador de sustentación y defensa de la Tesis titulada "**EFECTO DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTO DE HOJAS DE GUANÁBANA (*Annona muricata*) Y ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum*) EN EL CONTENIDO DE COMPUESTOS FENÓLICOS Y CAPACIDAD ANTIOXIDANTE**", presentado por el bachiller **ALEJANDRO GERONIMO JESUS TAPIA IBARGÜEN** para optar el título profesional de Licenciado en Nutrición y Dietética; conformado por los profesores:

Presidente: Dr. Victor Jesús Samillan Soto

Primer Miembro: Dr. Eduardo de Jesús Menéndez Álvarez

Segundo Miembro: Mg. Karen Vanessa Quiroz Cornejo

Instalado el Jurado Examinador, se procedió dar cumplimiento a las etapas:

a. El Presidente del jurado invitó al sustentante a realizar su presentación por un tiempo no mayor de 30 minutos.
b. Terminado la presentación de la Tesis, el jurado Examinador procedió a realizar preguntas sobre aquellos aspectos pertinentes para determinar los conocimientos sobre el tema y la ejecución de la tesis.
c. Luego de escuchar las respuestas a las interrogantes formuladas, el jurado examinador deliberó en privado la calificación de la Tesis y su correspondiente defensa.
d. Cada miembro del jurado examinador estableció individualmente su calificación de acuerdo al reglamento de grados y títulos.
e. El Presidente del Jurado Examinador verificó la calificación de cada miembro y procedió a establecer la calificación de la tesis en escala vigesimal con la siguiente mención:

SOBRESALIENTE	20 -18 ( )
MUY BUENO	17- 16 (X)
BUENO	15 -13 ( )
DESAPROBADO	< 13 ( )

Finalmente, el Presidente del Jurado invitó al sustentante para recibir el veredicto de la calificación obtenida.

El Jurado Examinador deja constancia con su firma, que el veredicto final de calificación de la Tesis presentado por el Bach. **ALEJANDRO GERONIMO JESUS TAPIA IBARGÜEN** es:

Aprobado - Diecisiete (17) MUY BUENO

concluye el acto académico, siendo las _____ horas del mismo día.

Presidente: **Dr. VICTOR JESÚS SAMILLAN SOTO**	
Primer Miembro: **Dr. EDUARDO DE JESÚS MENÉNDEZ ÁLVAREZ**	
Segundo Miembro: **Mg. KAREN VANESSA QUIROZ CORNEJO**	

DEDICATORIA

Dedicado a mi padre, Jorge.

AGRADECIMIENTOS

A Dios y a mi madre por el milagro de la vida.

A mis padres y abuelos, por ser mi guía y fortaleza.

A mis hermanas, Nicole, Allison y Reina, sin ellas nada hubiera sido posible.

A mi familia, por su incondicional apoyo y compañía en todo momento.

A mi asesor de tesis Oscar Jordán Suárez, por brindarme sus conocimientos, guiarme y motivarme durante todo el proceso de elaboración de la tesis.

Al Mg. Jorge López Herrera, por apoyarme desde el inicio hasta la finalización de la tesis.

Al Dr. Luis Taramona Ruíz, por compartir sus conocimientos y aportes para con la tesis.

RESUMEN

Las hojas de guanábana y arándanos poseen metabolitos bioactivos de interés nutricional que necesitan ser conservados para su uso terapéutico. En este estudio se evaluó el efecto de la microencapsulación mediante secado por atomización de extracto de hojas de *Annona muricata* "guanábana" y *Vaccinium corymbosum* "arándano azul" en el contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Para esto se analizaron las hojas secas de ambos en términos de composición proximal, compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante. Se elaboraron 5 extractos acuosos con diferentes proporciones de las hojas. Posteriormente se determinó la combinación óptima de los extractos microencapsulados por atomización en función a la conservación de la capacidad antioxidante (método DPPF 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) y el contenido de compuestos fenólicos (método de Folin-Ciocalteu). Finalmente se analizó el extracto microencapsulado óptimo con el fin de cuantificar la presencia de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante. Las hojas de guanábana presentaron un contenido inferior (60,77 mg QE/g) de compuestos fenólicos en comparación a las hojas de arándano (74,97 mg QE/g), sin embargo, la capacidad antioxidante fue superior en las hojas de guanábana (22,33 mM TE/g). Asimismo, la combinación de extractos con mayor capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos fue la proporción 70:30 (v/v), con 98,63 mM TE/g y 44,27 mg QE/g respectivamente. La microencapsulación mediante secado por atomización permitió conservar compuestos fitoquímicos presentes en ambos extractos relacionados a beneficios para la salud.

Palabras clave: *annona*, antioxidante, compuestos fenólicos, *vaccinium*, microencapsulación.

ABSTRACT

Soursop and blueberry leaves have bioactive metabolites of nutritional interest that need to be preserved for therapeutic use. In this study, the effect of microencapsulation by spray drying of *Annona muricata* "soursop" and *Vaccinium corymbosum* "blueberry" leaf extract on the content of phenolic compounds and antioxidant capacity was evaluated. For this, the dry leaves of both were analyzed in terms of proximal composition, total phenolic compounds, and antioxidant capacity. Subsequently, the optimal combination of the microencapsulated extracts by atomization was determined based on the conservation of the antioxidant capacity and the content of phenolic compounds. Finally, the optimal microencapsulated extract was analyzed to quantify the presence of phenolic compounds and antioxidant capacity. Soursop leaves had a lower content (60.77 mg QE/g) of phenolic compounds compared to blueberry leaves (74,97 mg QE/g), however the antioxidant capacity was higher in soursop leaves (22,33 mM TE/ g). Likewise, the combination of extracts with the highest antioxidant capacity and content of phenolic compounds was 70:30 (v/v) with 98.63 mM TE/g and 44,27 mg QE/g respectively. Spray drying microencapsulation allowed preserving phytochemical compounds present in both extracts which are related to health benefits.

Keywords: *annona*, antioxidant, phenolic compounds, *vaccinium*, microencapsulation.

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la guanábana..... 16

Tabla 2. Acetogeninas presentes en las hojas de Annona muricata y su actividad biológica 18

Tabla 3. Clasificación taxonómica del arándano azul 23

Tabla 4. Valor nutricional del arándano azul (Vaccinum corymbosum) 24

Tabla 5. Compuestos fenólicos del arándano (Vaccinum corymbosum) 25

Tabla 6. Compuestos fenólicos de las hojas de arándano (Vaccinum corymbosum)..... 26

Tabla 7. Diseño experimental..... 34

Tabla 8. Proporciones para la mezcla de extractos..... 40

Tabla 9. Composición químico proximal y características fisicoquímicas de las hojas secas de guanábana y arándano azul..... 44

Tabla 10. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos microencapsulados..... 49

Tabla 11. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos reconstituidos..... 51

Tabla 12. Porcentaje de humedad de los extractos microencapsulados 52

Tabla 13. Colorimetría de los extractos microencapsulados 54

Tabla 14. Características fisicoquímicas del extracto optimizado 56

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Principio del ensayo de capacidad de eliminación de radicales DPPH 12

Figura 2. Representación de gotas/partículas durante las etapas del proceso de secado.28

Figura 3. Lavado de hojas frescas de arándano 35

Figura 4. Secado de hojas frescas de guanábana y arándano azul..... 35

Figura 5. Almacenamiento al vacío de hojas de arándano (A) y guanábana (B) secas y molidas 36

Figura 6. Curva de calibración para determinación de compuestos fenólicos 38

Figura 7. Curva de calibración de Trolox para la determinación de capacidad antioxidante por el método DPPH..... 39

Figura 8. Morfología de los extractos microencapsulados 55

Figura 9. Curva de inhibición para IC 50 57

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Análisis Químico Proximal de las hojas de guanábana 77

Anexo 2. Análisis Químico Proximal de las hojas de arándano..... 78

Anexo 3. Protocolo de extracción..... 79

Anexo 4. Atomizador 80

Anexo 5. Elaboración de los extractos 80

Anexo 6. Extractos mezclados..... 81

Anexo 7. Extractos reconstituidos..... 81

Anexo 8. Extractos antes del filtrado 82

Anexo 9. Centrífuga 82

Anexo 10. Hojas secas de arándano azul..... 83

Anexo 11. Hojas secas de guanábana..... 83

Anexo 12. Secado de las hojas frescas 84

INDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN 1

II. MARCO TEORICO 4

2.1. Antecedentes de la investigación 4

2.2. Bases teóricas 6

2.2.1. Actividad antioxidante 6

2.2.2. Determinación de la capacidad antioxidante 12

2.2.3. Compuestos fenólicos 13

2.2.4. Determinación del contenido de compuestos fenólicos 14

2.2.5. Metabolitos secundarios 15

2.2.6. Guanábana 15

2.2.6.1. Origen 15

2.2.6.2. Taxonomía 15

2.2.6.3. Composición nutricional 16

2.2.6.4. Composición química 17

2.2.6.5. Actividad biológica 20

2.2.7. Arándano 21

2.2.7.1. Origen 21

2.2.7.2. Taxonomía 22

2.2.7.3. Morfología de las hojas 23

2.2.7.4. Composición nutricional 24

2.2.7.5. Composición química 25

2.2.7.6. Actividad biológica 26

2.2.8. Microencapsulación 26

2.2.9. Secado por aspersión 27

2.3. Definición de términos 28

III. MATERIALES Y METODOS 32

3.1. Lugar de ejecución 32

3.2. Materiales 32

3.3. Diseño experimental 33

3.4. Acondicionamiento de materia prima 34

3.5. Caracterización de materia prima 36

3.5.1. Composición químico proximal 36

3.5.2. Determinación de compuestos fenólicos totales 37

3.5.3. Determinación de capacidad antioxidante total 38

3.6. Elaboración de los extractos 39

3.7. Microencapsulación de los extractos mediante secado por aspersión 40

3.7.1. Preparación de la mezcla 40

3.7.2. Proceso de atomización 40

3.8. Determinación de capacidad antioxidante de los extractos 41

3.8.1. Extractos frescos 41

3.8.2. Extractos reconstituidos 41

3.9. Determinación de compuestos fenólicos de los extractos 41

3.9.1. Extractos frescos y reconstituidos 41

3.10. Caracterización de las microcápsulas 42

3.10.1. Humedad 42

3.10.2. Color 42

3.10.3. Morfología 42

3.10.4. Determinación del porcentaje de inhibición (IC50) 43

3.11. Procesamiento y análisis de datos 43

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 44

4.1. Composición químico proximal y características fisicoquímicas de las hojas secas de guanábana y arándano azul 44

4.2. Contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de las hojas secas de arándano azul y guanábana 45

4.2.1. Contenido de compuestos fenólicos totales 45

4.2.2. Capacidad antioxidante 46

4.3. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos frescos de arándano azul y guanábana 47

4.3.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos frescos 47

4.3.2. Capacidad antioxidante en los extractos frescos 47

4.4. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos microencapsulados 48

4.4.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos microencapsulados 48

4.4.2. Capacidad antioxidante en extractos microencapsulados 48

4.5. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos reconstituidos 50

4.5.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos reconstituidos 50

4.5.2. Capacidad antioxidante en extractos reconstituidos 51

4.6. Características fisicoquímicas de los extractos microencapsulados 52

4.6.1. Humedad 52

4.6.2. Color 53

4.6.3. Morfología 53

4.7. Características fisicoquímicas del extracto optimizado 56

4.8. Porcentaje de inhibición (IC 50) 56

V. CONCLUSIONES 59

VI. RECOMENDACIONES 60

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 61

VIII. ANEXOS 77

I. INTRODUCCIÓN

El desarrollo económico y la esperanza de vida de los seres humanos ha generado en la población una profunda preocupación sobre la salud y la nutrición. La forma en que se gestiona, administra y se valora su atención médica, los conduce a buscar productos beneficiosos, complementarios y/o alternativas para evitar el costo elevado de un tratamiento de alta tecnología que puede ser invasivo y tóxico, es así que hoy en día existe una demanda de productos nutracéuticos como una alternativa para disminuir el riesgo de distintas enfermedades, estos productos se caracterizan por tener compuestos y metabolitos con una actividad celular específica que neutralizan el incremento de radicales libres en el organismo (Pérez, 2006).

El incremento de radicales libres en el organismo es un proceso conocido como estrés oxidativo, se denomina así al daño que origina la pérdida del equilibrio entre moléculas derivadas del oxígeno y el sistema de defensa antioxidante que poseen los seres vivos, dicho mecanismo aumenta la inestabilidad celular y posee una estrecha relación con el desarrollo y evolución de una gran variedad de procesos degenerativos, enfermedades y síndromes. Los antioxidantes como las antocianinas son compuestos que disminuyen dicho proceso centrado principalmente en disminuir y/o contrarrestarlas por medio de los sistemas de defensa antioxidante que posee la célula generando estabilidad celular, dicha propiedad se denomina capacidad antioxidante. Según Soler (2009), la capacidad antioxidante de un alimento es consecuencia de los compuestos fenólicos, estos metabolitos provenientes de plantas participan en distintas reacciones metabólicas celulares durante los procesos de oxido-reducción.

Entre las fuentes vegetales naturales de compuestos fenólicos y alimentos ricos en capacidad antioxidante se encuentran las hojas de arándano y guanábana; en la actualidad se comercializan éstas últimas debido a su comprobado efecto para prevenir enfermedades como el cáncer, disminuir el riesgo a accidentes cardiovasculares, neutralizar radicales libres, reducir el colesterol e hipertensión, prevenir la trombosis, entre otros efectos (Lopez & Mach, 2012).

Un estudio realizado por Anuragi *et al.* (2016) determinó que, para los pacientes con algún padecimiento de los mencionados anteriormente, una alternativa natural es la guanábana (A*nnona muricata*), que ha demostrado en varios estudios presentar propiedades curativas y potentes propiedades anticancerígenas. Del mismo Vit *et al.* (2014), propuso que los compuestos de la planta, especialmente las acetogeninas, poseen propiedades antioxidantes, estos compuestos actúan específicamente contra tumores, como en pacientes con cáncer, y contribuyen al metabolismo de los glucósidos, mejorando así la sensibilidad a la insulina en pacientes diabéticos.

Asimismo, el arándano azul (V*accinium corymbosum*) es un fruto conocido por su beneficio para la salud, alto valor nutricional y una buena calificación sensorial; dicho alimento se compone de dos grupos de compuestos fenólicos: flavonoides (isoflavonoides, antocianidinas, flavanoles, flavonoles, flavanonas y flavonas), presentes en recursos naturales como las frutas, hortalizas y otros alimentos, y no flavonoides que cumplen funciones biológicas importantes como la capacidad de capturar radicales libres, lo que les confiere propiedades antioxidantes. Además, se les atribuyen beneficios antialérgicos, antiinflamatorios, preventivos contra el cáncer y enfermedades neurodegenerativas, así como efectos positivos en la salud cardiovascular y el retraso del

envejecimiento celular, favorecen la actividad cardiovascular, disminuyen la incidencia de enfermedades alimentarias, entre otras propiedades (Chiorcea *et al.* 2020).

Actualmente se dispone de diversos métodos de conservación de dichos compuestos, esto con la finalidad de preservar su estabilidad y viabilidad frente a condiciones ambientales, una de ella es la microencapsulación. Esta técnica consiste en el atrapamiento selectivo de uno o varios compuestos de interés dentro de una matriz polimérica dando como resultado partículas de tamaño microscópico. Una vez que el principio activo es retenido, permanece estable en el tiempo hasta su posterior liberación a condiciones específicas y controladas. La microencapsulación puede realizarse a través de liofilización, coacervación, o secado por aspersión.

El proceso de secado por aspersión (o atomización) se destaca por su capacidad para producir microcápsulas esféricas de distribución granulométrica estrecha, como lo señala Goula & Adamopoulos (2004). Esta versatilidad, junto con los breves tiempos de residencia y el efecto de enfriamiento por evaporación, lo convierten en una herramienta valiosa en la industria alimentaria y producción de nutracéuticos. No obstante, la temperatura empleada puede ocasionar la degradación de metabolitos de interés en diversos grados.

Por lo expuesto, esta investigación tiene como objetivo evaluar el efecto de la microencapsulación mediante atomización en el contenido de compuesto fenólicos y capacidad antioxidante del extracto de hojas de arándano azul y hojas de guanábana.

II. MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

Saavedra & Távara, (2017) evaluaron la capacidad antioxidante de la Mashua (*Tropaeolum tuberosum*) mediante secado por atomización utilizando maltodextrina como agente encapsulante, dicho compuesto se utilizó al 5 y 10% para dos evaluaciones a diferentes temperaturas de entrada (120 ºC y 160 ºC) y velocidades de atomización de 30,000 rpm y 35,000 rpm respectivamente, se halló 543,96 µmol TE/g de polvo en el extracto evaluado a 120 ºC y 5 % de concentración. Este estudio destaca la importancia de optimizar las condiciones de procesamiento para preservar los compuestos bioactivos de la mashua, un tubérculo andino con propiedades antioxidantes significativas.

da Silva Júnior *et al.* (2023) identificaron al secado por atomización como el método más eficaz para la conservación de compuestos bioactivos; en dicho estudio, aplicado a extracto de cáscara de Ciriguela (*Spondias purpurea L.*) se utilizó maltodextrina como agente encapsulante, logrando una eficiencia de 98,83 % y un contenido más elevado de compuestos fenólicos totales (476,82 mg GAE/g) en comparación a la liofilización.

En un estudio realizado por Xu *et al.* (2019) evaluaron la estabilidad de antocianinas de arándanos microencapsuladas mediante secado por atomización. Encontrando que la estabilidad térmica de las antocianinas que fueron sometidas a la microencapsulación a temperaturas mayores a los 100 ºC presentaban menor capacidad antioxidante; asimismo, recomendó la β-ciclodextrina y la goma arábica como encapsulantes idóneos para este compuesto.

Un estudio realizado por Díaz *et al.* (2017) tuvo como objetivo evaluar la estabilidad y biodisponibilidad de los compuestos fenólicos encontrados en el extracto microencapsulado de Pitahaya Amarilla en fase intestinal simulada, y concluyó que la maltodextrina como agente encapsulante tiene mayor efectividad en la prolongación de la biodisponibilidad de biocomponentes (polifenoles y antioxidantes); asimismo, la capacidad antioxidante se ve beneficiada debido a que este proceso garantiza la disponibilidad de este compuesto en el intestino delgado.

Peanparkdee *et al.* (2015) evaluaron la capacidad antioxidante de extractos etanólicos y acuosos de hojas de *Morus alba* L. a diferentes concentraciones mediante el ensayo 2,2-difenil-1-picrilhidracilo (DPPH), dicho estudio obtuvo valores entre 7,8 – 10,5 mMTE/g hojas secas, lo cual evidencia que los extractos etanólicos al 60% son los óptimos. Asimismo, en extracto acuoso se pudo evidenciar que la concentración de material encapsulante al 7,5 % (p/v) contiene mayor cantidad de flavonoides a diferencia de los resultados obtenidos con concentraciones de 2,5 y 5,0 % (p/v).

Páscoa *et al.* (2019) evaluaron la capacidad antioxidante de 27 variedades de hojas frescas de *Vaccinium spp.* en distintas estaciones del año 2017 utilizando el ensayo DPPH, encontrando valores entre 23,2 – 124,8 mMTE siendo el *Vaccinium ashei* en la estación de invierno el de mayor capacidad antioxidante. Dicho estudio evidencia a la geografía y la estación de cosecha de las hojas como factores fundamentales de su composición.

Un estudio realizado por Jordan (2019) determinó al secado por atomización como la técnica de secado más eficaz para la encapsulación de extracto de hojas de guanábana en

comparación con la liofilización; a 140 ºC la solubilidad de las microcápsulas aumentó y la humedad disminuyó, además demostró ser eficaz en la conservación de anonacina, compuesto activo relacionado con la apoptosis de células cancerosas pulmonares.

Vergara *et al.* (2018) llevaron a cabo un estudio con el objetivo de determinar la capacidad antioxidante del extracto acuoso de hojas de guanábana. Para ello, prepararon un extracto acuoso y etanólico a partir de las hojas y evaluaron su capacidad antioxidante mediante el ensayo DPPH. Los resultados obtenidos revelaron capacidad antioxidante del 94,93 ± 0,40 %, superior al extracto etanólico (91,45 ± 0,19).

Osorio et al. (2010) evaluaron la concentración de antocianinas provenientes del fruto de corozo (*Bactris guineensis*) mediante secado por aspersión operado a una temperatura de entrada de aire de 120 °C, una temperatura de salida de 80 °C y un caudal de aire de 10 mL/min. Se empleo ácido cítrico y maltodextrina como agente encapsulante obteniendo así 1,307 ± 0,004 dicho proceso resultó eficaz para preservar las propiedades antioxidantes y la estabilidad de las antocianinas del corozo.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Actividad antioxidante

Según Vergara *et al.* (2018) un antioxidante es una biomolécula que se encuentra presente en pequeñas concentraciones, menores a los de la fracción oxidable y que retrasa los procesos oxidativos, se presentan en forma de enzimas (como el superóxido dismutasa o la catalasa) o metabolitos secundarios (como los compuestos fenólicos). Esta diversidad estructural les permite actuar en diferentes lugares y de diferentes maneras dentro del

organismo. La capacidad antioxidante se mide indirectamente, esta se determina por los efectos del compuesto antioxidante en un proceso de oxidación controlada; dicha muestra oxidante se utiliza para valorar la actividad antioxidante.

El ser humano cuenta con un sistema antioxidante formado tanto por sustancias que produce internamente como por los compuestos antioxidantes que obtiene a través de su dieta. En este contexto, se pueden clasificar como antioxidantes endógenos aquellos compuestos que la célula produce, y como antioxidantes exógenos a las sustancias que se ingieren mediante la alimentación (Guija *et al.*, 2015).

- **Sistema antioxidante endógeno enzimático**

Los principales componentes de este sistema comprenden las siguientes enzimas:
El superóxido dismutasa (SOD) es una enzima encargada de convertir el anión superóxido (O_2•-) en peróxido de hidrógeno. Existen tres isoformas principales de esta enzima: la SOD1 (Cu/Zn), que es la principal isoforma y actúa en el citosol y en el espacio intermembrana mitocondrial; la SOD2 (Mn), que tiene su función en la matriz mitocondrial, reaccionando con el oxígeno, y la SOD3 (Cu/Zn), localizada en el líquido extracelular (Seclén *et al.*, 2006).

El glutatión peroxidasa (GPX) es una enzima que ayuda a eliminar sustancias dañinas como el peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y los hidroperóxidos, los cuales se producen cuando las grasas se oxidan. Para funcionar correctamente, esta enzima necesita dos elementos esenciales: el glutatión (GSH) y el selenio. Existen diferentes tipos de GPX, y el más común en el cuerpo es el llamado GPX1 (Hernández, 2024).

La tiorredoxina (TRX) es una enzima con actividad oxidorreductasa basada en grupos tiol-disulfuro. Esta enzima puede reducir proteínas como el ribonucleótido reductasa y diversas peroxidasas. Se presentan dos formas principales: la TRX1, que se ubica en el citosol y también se encuentra en el espacio extracelular, y la TRX2, que está localizada en la mitocondria (Perez *et al.*, 2013).

La peroxirredoxina (Prx) es una enzima antioxidante que cataliza la reducción del peróxido de hidrógeno y los hidroperóxidos, transformándolos en agua y alcohol, respectivamente. Además, esta enzima controla la concentración de peróxido de hidrógeno, lo que le permite influir en las vías de señalización celular involucradas en la acción del TNF-α y en diversos factores de crecimiento. Se distinguen tres tipos de peroxirredoxina: Prx 1, Prx 2 y Prx 3 (Picazo *et al.*, 2023).

La catalasa (CAT) es una enzima ampliamente distribuida en el organismo humano, encontrándose en mayor cantidad en el hígado y los riñones. Su alta actividad catalítica le permite descomponer el peróxido de hidrógeno en agua y oxígeno. Sin embargo, cuando las concentraciones de peróxido de hidrógeno son bajas, la catalasa también puede oxidar compuestos fenólicos, demostrando una actividad peroxidásica (Castro *et al.*, 2006).

El glutatión reductasa es una enzima que transforma el glutatión oxidado (GSSG) en dos moléculas de glutatión reducido (GSH) utilizando el cofactor NADPH. Su función es crucial para reponer el GSH, ya que una alta proporción de GSSG frente a GSH puede resultar tóxica para la célula. Además, niveles adecuados de GSH son esenciales para que

el glutatión peroxidasa elimine de forma eficaz el peróxido de hidrógeno (Denzoin *et al.*, 2013).

La glutarredoxina (Glrx) es una enzima que separa el glutatión de la proteína a la que está unido, permitiendo que la proteína disponga de sus grupos sulfhidrilo libres. Junto con el glutatión S-transferasa, desempeña un papel clave en el mantenimiento del ciclo de señalización redox celular, complementando la acción de las tiorredoxinas. Además, esta enzima interviene en el control de la apoptosis, ya que inhibe la acción de Fas y activa las vías de Akt y NF-kB (Picazo *et al.*, 2023).

La tiorredoxina reductasa (TrxR) es una enzima antioxidante que reduce la tiorredoxina (TRX) y la proteína disulfuro isomerasa (PDI) utilizando NADPH como coenzima. En su sitio activo también intervienen cofactores como el selenio (Se) y el FAD. Se han identificado diversas isoformas: la TrxR1, que se encuentra en el citosol; la TrxR3, localizada en la mitocondria; y la tiorredoxina glutatión reductasa (TGR), que se expresa de manera específica en el testículo (Picazo *et al.*, 2023).

- **Sistema antioxidante endógeno no enzimático**

Este sistema abarca una amplia gama de antioxidantes, entre ellos el glutatión (GSH) que es utilizado por el glutatión peroxidasa para eliminar hidroperóxidos, reacción en la cual se convierte en glutatión oxidado (GSSG). Para regenerar el GSH, es necesario que el glutatión reductasa actúe con ayuda del cofactor NADPH (Lushchak, 2012).

Por su parte, la mioglobina es una proteína que cumple principalmente la función de almacenar oxígeno en el tejido muscular; además, se ha descrito que puede neutralizar la

acción del radical libre óxido nítrico. Una de las funciones más relevantes de la ferritina es regular el equilibrio intracelular del hierro, impidiendo que este metal genere radicales libres. Las metalotioneínas, proteínas de bajo peso molecular, se caracterizan por poseer múltiples grupos sulfhidrilo que les permiten reaccionar con el anión superóxido y los radicales hidroxilos (Seclén *et al.*, 2006).

En ese contexto, Hirata *et al.* (2005), evidenció que, las poliaminas como la espermina, espermidina y putrescina protegen las membranas celulares de radicales peroxilo, peróxido de hidrógeno y radicales superóxidos, entre otros. La melatonina, por su parte, bloquea la acción dañina de los radicales hidroxilos, el óxido nítrico y el peroxinitrito.

Eid *et al.* (2014), determinaron que la transferrina (una glicoproteína que se une al hierro trivalente con una alta afinidad), evita que este metal participe en reacciones que forman radical hidroxilo. De manera similar, el ácido úrico, producto final del metabolismo de las purinas, funciona como un antioxidante eficaz al bloquear el radical hidroxilo, el peroxinitrito y los peróxidos lipídicos.

Taverna *et al.* (2013), destacaron la actividad antioxidante de la albumina gracias a sus grupos sulfhidrilo, dicha proteína plasmática con múltiples funciones tiene la capacidad para unirse a la homocisteína y la bilirrubina. Asimismo, se ha reportado que esta última exhibe una elevada acción antioxidante.

- **Sistema antioxidante exógeno**

Este grupo abarca compuestos como los polifenoles, carotenoides, algunas vitaminas y elementos traza, entre otros.

Los polifenoles son sustancias orgánicas producidas naturalmente por las plantas, que se caracterizan por contener anillos aromáticos con uno o varios grupos fenólicos. Su acción está asociada con la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles entre las que figuran cáncer, psoriasis, aterosclerosis, diabetes mellitus, hipertensión arterial y obesidad. Se han identificado más de cuatro mil tipos de polifenoles, distinguiéndose químicamente a partir de moléculas como los compuestos fenólicos, además de otros polifenoles con estructuras ligeramente diferentes, como los estilbenos, lignanos y flavonoides (Rasouli *et al.*, 2017).

Las frutas y verduras son una fuente esencial de polifenoles. Entre estos compuestos, destacan los derivados del ácido hidroxibenzoico, como el ácido gálico, presente en la grosella negra, y el ácido protocaquético, que se halla en la mora y, de manera notable, en las hojas del té, las cuales pueden contener hasta 4,5 g/kg en hojas frescas. Además, se encuentran derivados del ácido hidroxicinámico: el ácido cumárico aparece en la ciruela, el kiwi y el café; el ácido clorogénico se detecta en la cereza; y el ácido sinápico se localiza en la manzana, la pera, la papa y el café (Juurlink *et al.*, 2014).

Los flavonoides representan un grupo destacado de compuestos naturales con propiedades antioxidantes, lo que ha llevado a un considerable interés en su estudio. Estos compuestos se pueden clasificar en seis subgrupos principales: flavonoles, flavanonas, flavonas, flavanoles, isoflavonas y antocianidinas.

2.2.2. Determinación de la capacidad antioxidante

- **Método DPPH**

Para medir la capacidad antioxidante de las frutas o bayas (como los arándanos), se utiliza comúnmente una prueba de decoloración llamada DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazina) desarrollada por Blois (1958). Esta es una prueba espectrofotométrica, cuyo principio se basa en la disminución del valor de absorbancia medido a 515 nm en la solución alcohólica del radical DPPH en el extracto de muestra, utilizando como blanco la solución DPPH, esta última al reaccionar con un sustrato antioxidante (con capacidad de donar un átomo de hidrógeno), se decolora pasando del violeta a un color amarillo (reducción del radical libre por antioxidantes). La pérdida de pigmentación es proporcional al grado o porcentaje de captación de radicales DPPH, midiendo adecuadamente la capacidad antioxidante de la muestra utilizada (Teixeira *et al.* 2013).

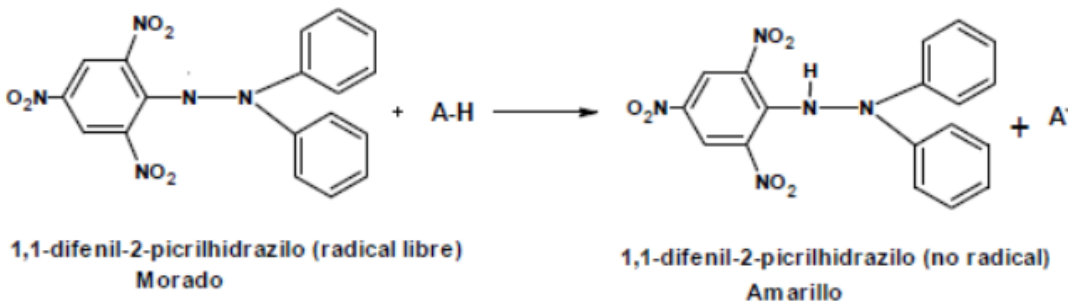


Figura 1. Principio del ensayo de capacidad de eliminación de radicales DPPH

Fuente: Mishra *et al.* (2012)

Los resultados del ensayo DPPH se expresan de diferentes maneras. Una de ellas consiste en expresar los resultados como el valor de concentración máxima inhibitoria (IC50), definido como un parámetro fundamental. Un IC50 bajo sugiere una alta capacidad antioxidante, ya que se requiere una menor concentración de la sustancia para inhibir el

50% del radical DPPH. Este valor se determina a partir de la gráfica de inhibición porcentual versus concentración del extracto.

2.2.3. Compuestos fenólicos

Existen miles de compuestos bioactivos diferentes en el reino vegetal, en su mayoría provenientes de plantas y frutos que tienen variaciones dependiendo del genotipo, especie, condiciones ambientales, grado de madurez, composición del suelo y ubicación geográfica; entre estos destacan los compuestos fenólicos, también conocidos como fenoles, son un extenso grupo de metabolitos secundarios que se caracterizan por poseer uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a un anillo aromático (grupo fenol) (Valencia-Avilés *et al.*, 2017).

Según García *et al.* (2002), estas moléculas se producen en varios orgánulos de la célula vegetal, como las mitocondrias, los cloroplastos, las paredes celulares y los peroxisomas. Debido al aumento de especies reactivas de oxígeno en las células, con el fin de prevenir daños celulares, las plantas producen compuestos que actúan como antioxidantes y restablecen el equilibrio fisiológico.

Con respecto a esto último, un estudio desarrollado por Vivanco *et al.* (2005), indica que las plantas producen compuestos polifenólicos con fines de defensa cuando se encuentran bajo un mayor estado de estrés biótico o abiótico; también pueden denominarse "pesticidas naturales". Otro grupo actúa como soportes mecánicos, atrayendo a los responsables de polinizar y esparcir la fruta, absorber la radiación ultravioleta o reducir el desarrollo de las plantas cercanas.

Una función característica de los compuestos fenólicos es la capacidad antioxidante frente a los radicales libres provocados por el metabolismo regular de las plantas, los radicales libres se generan en las células en forma de especies reactivas de oxígeno (ROS), donde cada átomo de oxígeno tiene un nivel de excitación diferente de electrones (al igual como ocurre en el ser humano) tal como lo afirma Taiz *et al.* (2014), quien indica que entre las especies reactivas del oxígeno figuran los radicales H_2O_2 (peróxido de hidrógeno), O_2 (superóxido), HO_2 (hidroxiperoxilo) o el OH (hidroxilo).

2.2.4. Determinación del contenido de compuestos fenólicos

La determinación del contenido de compuestos fenólicos implica un conjunto de métodos analíticos para medir la cantidad de dichos compuestos presentes en una muestra, uno de esos métodos es el ensayo Folin-Ciocalteu que se basa en la reacción de los compuestos fenólicos con dicho reactivo produciendo un color azul que se puede cuantificar espectrofotométricamente (Valencia-Avilés *et al.*, 2017).

El ensayo Folin-Ciocalteu se usa para cuantificar el contenido total de compuestos fenólicos en los vegetales. El método se basa en la reacción de los fenoles en condiciones de pH básico, que da lugar a un color azul cuya intensidad se mide mediante espectrofotometría a 765 nm. Este reactivo contiene dos componentes importantes: el wolframato de sodio y el molibdato de sodio, estos compuestos reaccionan con los fenoles presentes en la muestra. El ácido fosfomolibdotúngstico, de coloración amarilla, al ser reducido por los compuestos fenólicos da lugar a un complejo de color azul intenso, cuya intensidad es proporcional a la concentración de polifenoles (Gozzi, 2011).

2.2.5. Metabolitos secundarios

Los metabolitos secundarios se agrupan en fenilpropanoides, acetogeninas, terpenoides y alcaloides en función de sus rutas biosintéticas. Los fenilpropanoides surgen a partir de la fenilalanina que se forma en el camino del ácido shikímico, dicho fenol se clasifica en función de su ruta biosintética. Otro tipo de metabolitos secundarios son los acetogeninas, los terpenoides y los alcaloides. Los ácidos fenólicos y algunos azúcares pueden formar polifenoles, como los taninos, que son solubles en agua y tienen la capacidad de unirse a proteínas para formar un complejo insoluble (Valencia-Avilés *et al.*, 2017).

2.2.6. Guanábana

2.2.6.1. Origen

La guanábana (*Annona muricata* L.), pertenece a la familia Anonácea (Tabla 1), es originaria de Sudamérica, es una fruta climatérica susceptible al frío, prospera en las tierras húmedas tropicales por debajo de los 1000 metros sobre el nivel del mar, es un arbusto pequeño (3 - 8 metros de altura). Las ramas son redondeadas y finamente arrugadas. Las hojas son biseriadas, de peciolos cortos, oblongas – ovaladas y enteras con la base aguda y presentan coloración verde oscuro y brillante. Las flores son regulares, de olor fuerte, los seis pétalos se encuentran en dos hileras (Rosero, 2012).

2.2.6.2. Taxonomía

Las hojas de guanábana son simples, alternas, de forma oblonga a elíptica, con ápice agudo y base obtusa. El margen de la hoja es entero y ligeramente ondulado. El color de

las hojas es verde brillante en el haz y verde pálido en el envés. Presentan una textura coriácea y son glabras en ambas superficies (Leiva *et al.*, 2018).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de la guanábana

Taxon	Categoría
Reino	Plantae
Nombre común	Guanábana
Clase	Magnoliopsida
Orden	Magnoliales
Familia	Annonaceae
Subfamilia	Annonoideae
Genero	Annona
Especie	Annona muricata

Fuente: Liogier (1974)

2.2.6.3. Composición nutricional

Las semillas y las hojas de guanábana tienen uso en la medicina tradicional por su notable capacidad antitumoral, antiparasitaria y antidiarreica. Arroyo *et al.* (2009) determinaron que las propiedades anticancerígenas de la "guanábana" *Annona muricata,* aumentan el interés en torno a esta fruta. Según el Ministerio de Salud del Perú (2017) los valores nutritivos para 100 g de la parte comestible de la "guanábana" son: 63 calorías; 83,1 g agua; 1,0 g proteína; 0,4 g grasa; 14,9 g carbohidratos totales; 0,6 g cenizas; 2 mg Ca.; 0,13 mg Cu; 28 mg P; 0,5 mg Fe; 20 mg Mg; 275 mg K; 14 mg Na; 0,34 mg Zn; y las vitaminas tiamina (0,07 mg); riboflavina (0,0.5 mg); niacina (0,9 mg); B6 (0,06 mg); ácido ascórbico (26 mg) (Vit *et al.*, 2014).

2.2.6.4. Composición química

Según Fadaeinasab *et al.* (2015) los principales fitoconsituyentes de las hojas de guanábana se detallan a continuación: Alcaloides (ALKs), Megastigmanes (MGs), Flavonol triglycosides (FTGs), Fenólicos (PLs), Ciclopéptidos (CPs), Minerales: K, Ca, Na, Cu, Fe, Mg, Aceites esenciales, Acetogeninas (ACGs) y otros elementos y nutrientes esenciales.

- **Acetogeninas**

Las acetogeninas de las anonáceas (ACGs) son los principales compuestos activos de la guanábana, según Fadaeinasab *et al.* (2015) dichos compuestos son una clase de metabolitos secundarios derivados de una cadena larga de ácidos grasos de secuencia policétida.

Según Yiallouris *et al.* (2015), las acetogeninas anonáceas más estudiadas presentes en las hojas de guanábana son las siguientes: Anocatalina, anohexocina, anomonicina, anomontacina, anomuricatina A & B, anomuricina A thruE, anomutacina, anonacina, anonacinone, anopentocina A thru C, cisanonacina, ciscorosolonea, desde cohibina A hasta D, corepoxylona, coronina, corosolina, corosolone, donhexocina, epomuricenina A & B, gigantetrocina, gigantetrocina A & B, gigantetrocinone, gigantetronenina, goniotalamicina, iso-anonacina, javoricina, montanacina, montecristina, desde muracina A hasta G, muricapentocina, muricatalicina, muricatalina, muricatenol, uricatetrocina A & B muricatina D, desde muricatocina A hasta C, muricina H, muricina I, muricoreacina, murihexocina 3, desde murihexocina A hasta C, murihexol, murisolin, robustocin, rolliniastatin 1 & 2, saba-delin, solamin, uvariamicin I & IV, xylomaticin.

Dichos compuestos están relacionados directamente a efectos sobre células tumorales y cancerígenas, en la Tabla 2 se presenta la actividad biológica especifica de cada acetogenina:

Tabla 2. Acetogeninas presentes en las hojas de Annona muricata y su actividad biológica

Acetogenina	Actividad biológica
Annomuricina A y B	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549, pecho MCF-7 y colon HT-29 de artemias (Wu *et al.* 1995)
Annomuricina C Muricatocina C	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549, pecho MCF-7 y colon HT-29 de artemias (Wu *et al.* 1995)
Annomuricina E Muricapentocina	Toxicidad contra células cancerígenas pancreáticas MIA PaCa-2 y de colon HT29 (Kim *et al.* 1998)
Annomutacina (2,4-cis)-10R-annonacina-A-uno (2,4-trans)-10R-annonacina-A-uno	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549 (Wu *et al.* 1995)
Annohexocina	Toxicidad contra células cancerígenas de artemias (Wu *et al.* 1995)
Muricatocina A y B	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549 (Wu *et al.* 1995)
Annopentocina A	Toxicidad contra células cancerígenas pancreáticas MIA PaCa2 (Zeng *et al.* 1996)
Annopentocina A	Toxicidad contra células cancerígenas pancreáticas MIA PaCa2 (Zeng *et al.* 1996)

Tabla 2. Continuación

Acetogenina	Actividad biológica
Annopentocina B y C	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549 (Zeng *et al.* 1996)
Cis-annomuricina-D-unotrans-annomuricina-D-uno	Toxicidad contra células cancerígenas de pulmón A549, de colon HT-29 y de páncreas MIA PaCa-2 (Zeng *et al.* 1996)
Murihexocina A y B	Toxicidad en contra de diferentes células cancerígenas (Zeng *et al.* 1996)
Murihexocina C Muricoreacina	Toxicidad en contra de diferentes células cancerígenas (Kim *et al.* 1998)
Ciscorossolone Annocatalinna Corossolona Solamina	Toxicidad en contra de células hepatomas humanas (tumor hepático), toxicidad en contra de células anticancerígenas orales KB y larvas de artemias, antileismanial toxicidad en contra de células anticancerígenas orales KB y células "normal kidney VERO"
Annocatacina B	Toxicidad en contra de células hepatomas humanas (tumor hepático) (Chang *et al.* 2003)
Anonaína	Neurotóxica (Fofana *et al.* 2012)
Annonacina	Neurotóxica, inhibidora del complejo mitocondrial I (Wu *et al.* 1995)
Gigantetrocina A Muricatetrocina A y B	Toxicidad en contra de células cancerígenas de colon HT-29 (Rieser *et al.* 1993)

2.2.6.5. Actividad biológica

El estudio de Fadaeinasab *et al.* (2015) logró identificar las siguientes actividades bioactivas para las hojas de guanábana: antiparasitaria, insecticida, antimicrobiana, antiplasmódica, antifúngica, antiartrítica y antireumática, anticonvulsionante y antineurálgica, antidiabética e hipolipimédica, antiinflamatoria y antinociceptiva, hepatoprotectiva, gastroprotectiva, moluscoscicidal, y principalmente antitumoral y anticancerígena. A continuación, se desarrollan algunas de ellas:

- **Antioxidante**

Las hojas de guanábana contienen compuestos con propiedades antioxidantes, como la acetogenina annonacin. Estos compuestos ayudan a proteger las células del daño causado por los radicales libres. Según Fadaeinasab *et al.* (2015), los radicales libres son moléculas que promueven el daño célular y contribuyen al desarrollo de enfermedades como el cáncer, las enfermedades cardíacas y el Alzheimer.

- **Anticancerígeno**

Algunos estudios han demostrado que las acetogeninas provenientes de las hojas de guanábana tienen propiedades anticancerígenas. Las acetogeninas pueden inhibir el crecimiento de células cancerosas y estimular la apoptosis (muerte celular programada) de las mismas. Liu *et al.* (2016) determinó que el extracto etanólico de las hojas de *A. muricata* L. desencadena apoptosis en células hepáticas tumorales a través de la vía del estrés del retículo endoplasmático.

- **Antimicrobiano**

Las hojas de guanábana también tienen propiedades antimicrobianas y pueden ser efectivas contra bacterias y hongos. Las acetogeninas y los alcaloides de las hojas de guanábana tienen actividad contra bacterias como *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y *Candida albicans* (Fadaeinasab *et al.*, 2015).

- **Antiinflamatorio**

Las acetogeninas y los flavonoides de las hojas de guanábana pueden inhibir la producción de prostaglandinas, que son moléculas que participan en la inflamación celular (Schlie *et al.*, 2009). Asimismo, la presencia de flavonoides con actividad antiinflamatoria por inhibición de la peroxidación del ácido araquidónico también se evidenció como posible responsable de la actividad antiinflamatoria (Poma *et al.*, 2011).

- **Analgésico**

Las hojas de guanábana también se han utilizado tradicionalmente como analgésico para aliviar el dolor. Las acetogeninas y los alcaloides de las hojas de guanábana pueden tener actividad analgésica similar a la de los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) (Nieto, 2021)

2.2.7. Arándano

2.2.7.1. Origen

El arándano, cuyo nombre científico es *Vaccinium corymbosum* L., es un arbusto frutal de la familia Ericaceae (Tabla 3), originario del este y medio oeste de América del Norte,

donde se le conoce comúnmente como "Highbush blueberry". Esta especie, ampliamente cultivada a nivel mundial, se caracteriza por su naturaleza caducifolia, presentando hojas que, con la llegada del otoño, adquieren una distintiva coloración escarlata, añadiendo un atractivo estético al paisaje (García *et al.*, 2002).

Desde el punto de vista morfológico, *V. corymbosum* se distingue por su porte vertical, alcanzando alturas de hasta 1,8 metros. Sus flores, de tamaño reducido y color rosa palo pálido, se agrupan en inflorescencias péndulas, lo que facilita la polinización y posterior fructificación. El fruto, una baya de color negro-azulado intenso, es apreciado por su sabor dulce y ligeramente ácido, así como por su tamaño relativamente grande en comparación con otras especies de arándanos (García *et al.*, 2002).

2.2.7.2. Taxonomía

Las hojas de *Vaccinium corymbosum* L. son de carácter perenne, lo que significa que permanecen en el arbusto durante todo el año, aunque pueden experimentar cambios de coloración y textura según la temporada.

Tienen un tamaño que oscila entre 1 y 8 centímetros de longitud, presentando una forma lanceolada-ovalada, con una base redondeada y un ápice que puede ser agudo u obtuso (Mesa, 2015). Su textura es coriácea, similar al cuero, lo que les proporciona resistencia y durabilidad. La lámina foliar se caracteriza por tener márgenes enteros, es decir, sin divisiones ni dientes, y ligeramente revolutos, lo que significa que están enrollados hacia la cara abaxial (inferior) de la hoja (Palomares, 2010).

En cuanto a su coloración, las hojas de arándano presentan un contraste entre sus dos caras. La cara abaxial muestra un color verde claro, mientras que la cara adaxial (superior) es de un verde más oscuro e intenso. Es importante destacar que las hojas de arándano experimentan cambios de coloración a lo largo del año. Durante la etapa de crecimiento activo, cuando las temperaturas son más cálidas, las hojas presentan un color verde intenso y vibrante. Sin embargo, con la llegada de la temporada de latencia, caracterizada por temperaturas más frías, las hojas adquieren un color marrón rojizo, como resultado de una adaptación para protegerse de las bajas temperaturas y reducir la pérdida de agua (Palomares, 2010).

Tabla 3. Clasificación taxonómica del arándano azul

Taxon	Categoría
Reino	Plantae
Nombre común	Arándano
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	Ericaceae
Subfamilia	Vaccinioideae
Genero	Vaccinium
Especie	Vaccinium corymbosum L.

Fuente: Cronquist (1981) y Lobos (2011)

2.2.7.3. Morfología de las hojas

De acuerdo con García (2010), las hojas de arándano azul son simples, alternas y de forma elíptico-lanceolada, con un tamaño aproximado de 5 cm de longitud. Presentan márgenes ligeramente dentados y nerviación fina, más visible en la cara abaxial. Su textura es coriácea y su color varía de verde pálido a verde intenso, tornando a rojizo en otoño.

2.2.7.4. Composición nutricional

Los frutos de los arándanos han sido ampliamente investigados por el contenido de antioxidantes y vitaminas como las de complejo B, C y E, lo cuales son micronutrientes esenciales para diversas funciones en el organismo. Véase Tabla 4.

Tabla 4. Valor nutricional del arándano azul (*Vaccinum corymbosum*)

Componente	Valor por 100 g.
Energía	60 kcal
Proteína	0,74 g
Lípidos	0,33 g
Carbohidratos	14,49 g
Azúcares	9,96 g
Fibra dietética	2,4 g
Cenizas	0,21 g
Agua	84,61 mg
Calcio	6,0 mg
Hierro	0,17 mg
Magnesio	5,0 mg
Fósforo	10,0 mg
Potasio	79,0 mg
Sodio	6,0 mg
Zinc	0,11 mg
Vitamina C	9,7 mg
Tiamina	0,05 mg
Riboflavina	0,5 mg
Niacina	0,36 mg
Vitamina B6	0,4 mg
Vitamina E	1,0 mg

Fuente: USDA Base de datos de nutrientes (2007)

2.2.7.5. Composición química

Según Pokorny *et al.* (2005), debido a los antioxidantes identificados, estos ejercen actividades biológicas y funciones sobre la salud como la prevención de enfermedades crónicas, cardiovasculares y cerebrovasculares, arterioesclerosis y/o diabetes; asimismo promueve y/o retrasa el desarrollo células tumorales. Los principales compuestos fenólicos de las hojas de arándano azul se detallan en la Tabla 5.

Tabla 5. Compuestos fenólicos del arándano (*Vaccinum corymbosum*)

Familia	Fitoquímico
Antocianinas	Cianidina
	Delfina
	Malvidina
	Pelargonidina
	Peonidina
Flavan-3-oles	(+)-catequina
	(-)-epilagocatequina
	(-)-epicatequina
Flavonoles	Kaempferol
	Miricetina
	Quercetina
	7 a 10 monómeros
Proantocianidinas	Monómeros
	Dímeros
	Trímeros
	4 a 6 monómeros
	7 a 10 monómeros

Fuente: Aires *et al.* (2017)

2.2.7.6. Actividad biológica

En la Tabla 6 se describen las principales propiedades bioactivas asociadas a las hojas de arándano.

Tabla 6. Compuestos fenólicos de las hojas de arándano (Vaccinum corymbosum)

Antibacteriano	Contienen proantocianidinas, estos son compuestos que minimizan la adhesión de las bacterias a las paredes del tracto urinario, conllevando a la prevención de infecciones urinarias (ITU).
Antiinflamatorio	Presentan propiedades antiinflamatorias. Las proantocianidinas y los flavonoides de las hojas de arándano azul pueden inhibir la producción de prostaglandinas, que son moléculas que participan en la inflamación.
Antioxidante	Contienen flavonoides y ácido ascórbico, que son compuestos con propiedades antioxidantes. Los antioxidantes protegen las células del daño causado por los radicales libres.
Diurético	Exhiben propiedades diuréticas, lo cual incrementa la producción de orina, y por ende ayudan a eliminar toxinas del cuerpo y aliviar la retención de líquidos.

Fuente: (Williams et al., 2023)

2.2.8. Microencapsulación

La microencapsulación es una alternativa tecnológica para proteger y conservar un principio activo atrapándolo con un material que lo aísla de condiciones ambientales como luz, aire, temperatura y humedad (Matioli & Rodriguez-Amaya, 2003). Este proceso produce partículas micrométricas que en su interior contienen compuestos bioactivos como fármacos, nutrimentos, aditivos alimentarios entre otros; estos compuestos se conservan dentro de matrices que prolongan su periodo de vida y

funcionalidad permitiendo la liberación controlada del compuesto encapsulado (Vidal *et al.*, 2013).

2.2.9. Secado por aspersión

Es una técnica de secado utilizada para la microencapsulación que se basa en la atomización de una matriz líquida, compuesta por el compuesto activo a encapsular y un material de recubrimiento, dentro de una cámara de secado. La matriz, previamente homogeneizada, se introduce a presión a través de una boquilla o disco rotatorio, generando pequeñas gotas que entran en contacto con una corriente de aire caliente. La rápida evaporación del disolvente da como resultado la formación de microcápsulas esféricas, no porosas, donde el compuesto activo queda atrapado en el interior de la matriz polimérica (Ríos-Aguirre & Gil-Garzón, 2021).

Las microcápsulas, tras pasar por un ciclón para separar las partículas sólidas del aire, se recogen en un colector. Este método, ampliamente utilizado en la industria alimentaria y farmacéutica, permite encapsular una variedad de compuestos, como sabores, ingredientes alimenticios, vitaminas, aceites esenciales, entre otros. Su popularidad radica en su bajo costo, simplicidad operativa y capacidad para procesar materiales sensibles al calor debido al corto tiempo de exposición a altas temperaturas (Gomez & Jimenez, 2014); además de ser el más económico y de su simplicidad de operación, una de las grandes ventajas que ofrece, es que es apropiado para materiales sensibles al calor, puesto que el tiempo de exposición a temperaturas elevadas es muy corto (Salazar-González *et al.*, 2019).

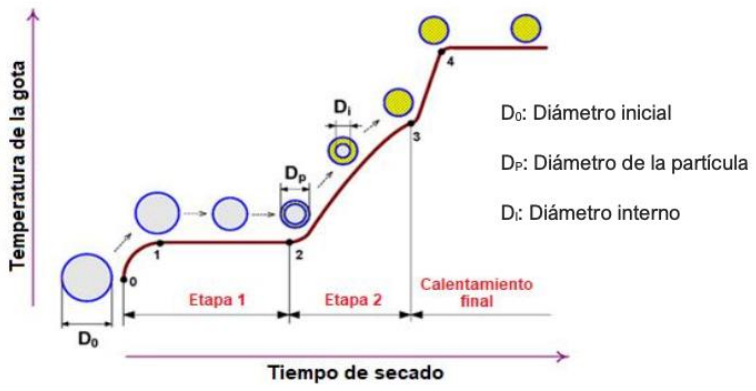


Figura 2. Representación de gotas/partículas durante las etapas del proceso de secado.

Fuente: Adaptado de Mezhericher *et al.* (2012).

2.3. Definición de términos

- **Acetogeninas:** Son un grupo diverso de compuestos bioactivos pertenecientes a la clase de los policerítidos, caracterizados por una cadena alifática larga con diversos anillos y un grupo final de lactona α-metilada insaturada. Dichos compuestos son objeto de intensa investigación debido a su gran potencial como agentes terapéuticos en el tratamiento del cáncer y otras enfermedades (Aguilar *et al.*, 2022).

- **Antioxidantes:** Un antioxidante es una molécula que inhibe o retarda las reacciones de oxidación, evitando la formación de radicales libres que pueden dañar componentes celulares como lípidos, proteínas y ADN. Estos compuestos actúan neutralizando especies reactivas de oxígeno (ROS), protegiendo así la integridad celular y previniendo el estrés oxidativo. Los antioxidantes pueden ser endógenos, como el glutatión, o exógenos, obtenidos a través de la dieta, como las vitaminas C y E, y diversos polifenoles presentes en frutas y verduras. (Atavillos, 2019).

- **Antocianinas:** Son un tipo de flavonoides, pigmentos naturales solubles en agua que se encuentran en las vacuolas de las células vegetales, son potentes antioxidantes que pueden proteger a las células del daño oxidativo causado por los radicales libres. El estrés oxidativo se ha relacionado con una serie de enfermedades crónicas, como el cáncer, las enfermedades cardiovasculares y las neurodegenerativas (De la Rosa *et al.*, 2022).

- **Biodisponibilidad:** Se refiere a la fracción de un nutriente o compuesto que es absorbido por el cuerpo y está disponible para su uso en los procesos metabólicos; es decir, la cantidad de un nutriente o compuesto que llega al torrente sanguíneo y puede ser utilizado por los tejidos del cuerpo (Lutz, 2013).

- **Capacidad antioxidante:** Se define como la habilidad de una sustancia o compuesto para retrasar o prevenir la oxidación de otras moléculas. Se mide como la eficacia para neutralizar los radicales libres y otras especies reactivas de oxígeno (ROS) que pueden causar daño celular (Coronado *et al.*, 2015).

- **Compuestos fenólicos:** También conocidos como fenoles**,** son un grupo de metabolitos secundarios de las plantas que se caracterizan por tener uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a un anillo aromático **(**grupo fenol**).** Dichos compuestos son importantes para la salud humana y vegetal. Se han asociado con una serie de beneficios para la salud, como la reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, neurodegenerativas y algunos tipos de cáncer (Viña & Ringuelet, 2013).

- **Composición Químico Proximal:** Se refiere a la determinación cuantitativa de los principales componentes químicos de un material, generalmente un alimento o un tejido vegetal. Estos componentes se clasifican en orgánicos (proteínas, grasas y carbohidratos) e inorgánicos (humedad y ceniza) (Méndez, 2020).

- **Espacio CIELAB:** El espacio CIELAB es un sistema de coordenadas tridimensional que representa los colores de manera más uniforme con la percepción visual humana. Se compone de tres coordenadas: L* indica la luminosidad (de 0 para negro a 100 para blanco), a* representa la escala de verde (valores negativos) a rojo (valores positivos), y b* va de azul (valores negativos) a amarillo (valores positivos). Esta representación permite una descripción numérica precisa del color, facilitando la comparación y el análisis (Kraujalyte *et al.*, 2015).

- **Estrés oxidativo:** El estrés oxidativo es una condición fisiológica caracterizada por un desequilibrio entre la producción de especies reactivas de oxígeno (ERO) y la capacidad del organismo para neutralizarlas mediante su sistema antioxidante. Este desbalance puede provocar daño en componentes celulares como lípidos, proteínas y ADN, contribuyendo al desarrollo de diversas enfermedades y al proceso de envejecimiento (Vasconcelos *et al.*, 2022).

- **Microencapsulación:** Se define como el revestimiento de líquidos, sólidos o gases con una capa delgada protectora o pared de algún material, la cual inhibe la

volatización del compuesto en cuestión protegiéndolo del deterioro químico (Esquivel-González *et al.*, 2015).

- **Radical libre:** Un radical libre es una especie química (átomo o molécula) que contiene al menos un electrón desapareado en su orbital más externo, lo que le confiere una alta reactividad e inestabilidad. Estas especies pueden generarse durante procesos metabólicos normales o por exposición a factores externos como radiación ultravioleta, contaminación y humo del tabaco. Su elevada reactividad les permite interactuar con componentes celulares como lípidos, proteínas y ácidos nucleicos, potencialmente causando daño celular y contribuyendo al desarrollo de diversas enfermedades (Avello & Suwalsky, 2006).

- **Secado por atomización:** Es el proceso de pulverizar una solución o suspensión en una corriente de aire caliente que los deshidrata en forma casi instantánea (Siccha & Lock de Ugaz, 1995).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

Este estudio fue desarrollado en las instalaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, ubicada en Av. Salaverry 3180, distrito de Magdalena, durante enero y diciembre del 2023. El análisis químico proximal de las hojas secas de guanábana y arándano azul fue realizado en un laboratorio externo a través de un servicio contratado.

3.2. Materiales

Insumos

- Hojas frescas de arándano azul
- Hojas secas de guanábana
- Maltodextrina (DE 12)

Reactivos

- Agua destilada
- DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidracilo)
- Trolox
- Quercetina
- Reactivo Folin Ciocalteu
- Etanol
- Metanol
- Carbonato de sodio

Equipos y utensilios

- Balanza analítica
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Balanza de humedad
- Micropipetas de 100 µL, 200 µL y 1000 µL
- Puntas pipetas
- Gradillas
- Tubos de ensayo
- Vasos de precipitados
- Probetas
- Tamizador de 0.60 nm
- Espátula cuchara
- Bolsas de polietileno transparente de 500 g
- Sellador térmico
- Deshidratador
- Licuadora (Oster®)
- Equipo de Secado por Atomización

3.3. Diseño experimental

En este estudio se empleó un diseño completo al azar (DCA) conformado por 5 tratamientos, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Diseño experimental

Hojas secas	Extractos frescos	Extractos reconstituidos
G AA	G AA G30/70AA G50/50AA G70/30AA	G AA G30/70AA G50/50AA G70/30AA

G: Guanábana, AA: Arándano azul

3.4. Acondicionamiento de materia prima

A continuación, se describen las etapas para el acondicionamiento de las hojas de guanábana (secas) y arándano (frescas).

a. Recolección

Se adquirieron presentaciones comerciales de las hojas de guanábana, mientras que las hojas de arándano fueron procedentes de plantaciones del norte del país (Lambayeque), teniendo como requisitos: hojas grandes, verdes, enteras y de buen estado. Luego fueron envasadas herméticamente hasta el lugar de estudio.

b. Selección

Se seleccionó 120 g. de muestra en 10 bolsas de polietileno para cada tratamiento por repetición.

c. Lavado

Para el lavado se utilizó agua destilada con el fin de eliminar los residuos sólidos que estas contengan.

Figura 3. Lavado de hojas frescas de arándano

d. Secado

Para esta etapa se pesó 120 g. de muestra previamente lavada, luego se colocó en bandejas de acero inoxidable y se deshidrató a 50 ºC por 30 min con ventilación constante.

Figura 4. Secado de hojas frescas de guanábana y arándano azul

e. Molienda

Una vez obtenida la muestra seca, se realizó una molienda mecánica en licuadora hasta obtener un polvo homogéneo.

f. Almacenamiento

Las muestras se almacenaron al vacío en bolsas de polietileno previamente esterilizadas con luz UV.

A B

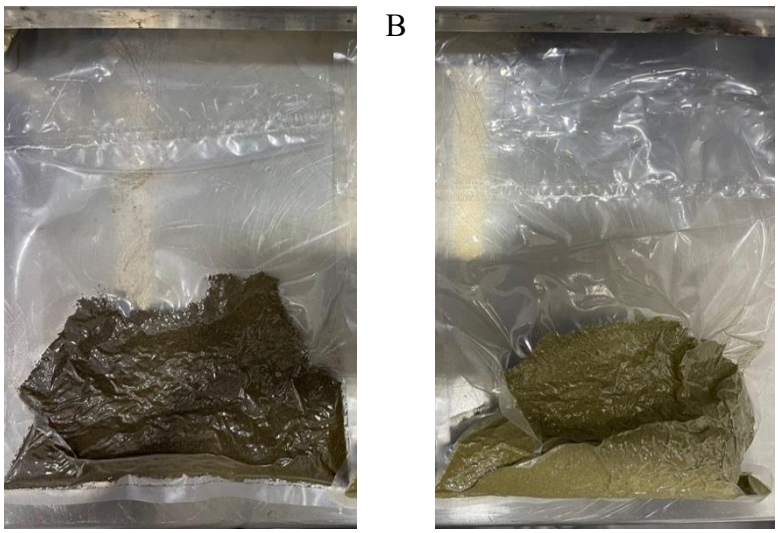


Figura 5. Almacenamiento al vacío de hojas de arándano (A) y guanábana (B) secas y molidas

3.5. Caracterización de materia prima

3.5.1. Composición químico proximal

Se realizó el análisis químico proximal de las hojas secas de guanábana y arándano azul, en un laboratorio externo; los análisis realizados fueron humedad, carbohidratos, ceniza,

grasa, fibra cruda y proteína de acuerdo con los métodos indicados en la Tabla 9. El informe del ensayo detallado puede ser visualizado en los Anexos 1 y 2.

3.5.2. Determinación de compuestos fenólicos totales

Para la cuantificación de compuestos fenólicos en las hojas secas de guanábana y arándano se utilizó el método de Folin – Ciocalteu, de acuerdo con el procedimiento de Slinkard & Singleton (1977) descrito por Ces (2016). Para ello se realizaron 3 extracciones sucesivas a partir de 3 g de hojas secas con 50 mL de etanol (70 %), empleando un agitador magnético a 30 °C a 500 rpm durante 30 min. Posteriormente se procedió a centrifugar el extracto (2500 rpm x 10 min) previo a su análisis.

Se mezclaron 100 µL del sobrenadante con 2,5 mL de reactivo de Folin – Ciocalteu (MERK®, Alemania), disuelto diez veces. Posteriormente, se añadió a cada tubo 2 mL de Na_2CO_3 (MALLINCKRODT®) al 7 %, y se enrasó con agua destilada hasta 6 mL. Los tubos fueron dejados durante 30 minutos en oscuridad; periodo después del cual se realizó la lectura de la absorbancia a 760 nm empleando un espectrofotómetro UV-VIS (THERMO SCIENTIFIC® modelo GENESIS 10S). La concentración se calculó a partir de una curva de calibración empleando volúmenes crecientes (100 – 500 µL) de Quercetina (0.1 mg/mL), véase Figura 6.

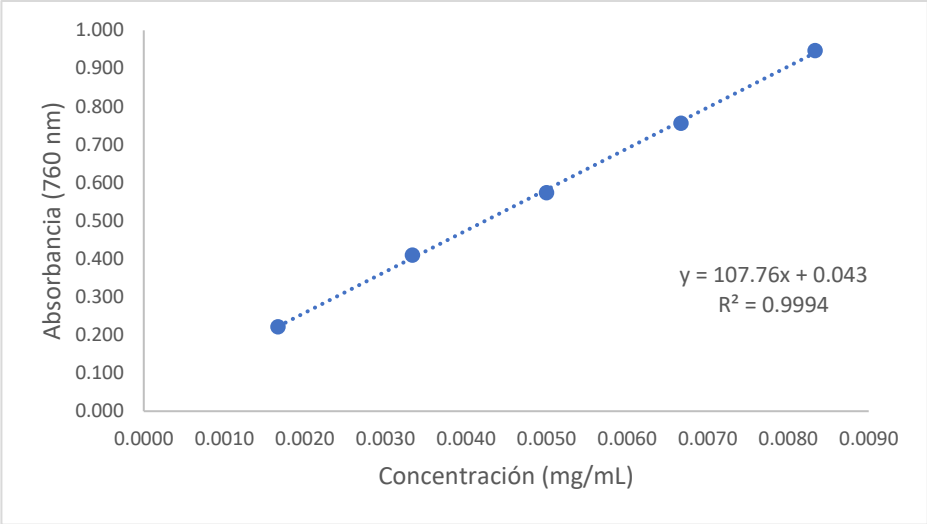


Figura 6. Curva de calibración para determinación de compuestos fenólicos

3.5.3. Determinación de capacidad antioxidante total

Se preparó una solución del compuesto DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) al 0,1 mM empleando metanol al 70 %. Para la curva de calibración se preparó una solución stock al 1 mM disolviendo 2,503 mg de ácido 6-hidroxi-2,5,7,8- tetrametilcromo-2- carboxílico 97 % (Trolox), en 10 mL de metanol, luego se prepararon diluciones a concentraciones crecientes en el rango de 0,005 y 0,03 mM. Se tomaron 2900 µL del reactivo de DPPH a temperatura ambiente y se le adicionó 100 µL de las diluciones de Trolox, esta mezcla se dejó en reposo 30 min en la oscuridad, y se leyó la absorbancia a 517 nm. La actividad antioxidante de las muestras se midió de igual forma que en los patrones y los resultados fueron expresados en mM Trolox/mL (Guija *et al.*, 2015).

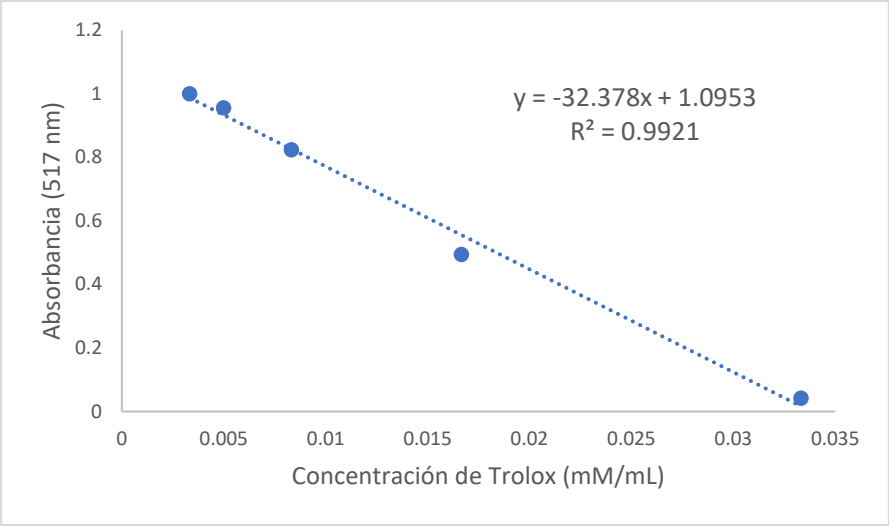


Figura 7. Curva de calibración de Trolox para la determinación de capacidad antioxidante por el método DPPH

3.6. Elaboración de los extractos

En una balanza de precisión (HENKEL®) se pesó 7 g de las hojas secas de guanábana y arándano azul en matraces de 250 mL respectivamente, luego se agregó 252 mL de agua destilada conservando una relación 1:21 (p/v), según el procedimiento descrito por Jordan (2019). Posteriormente las mezclas se colocaron en baño María (Digital Water Bath HH-6 Premiere) a 70 ºC por 30 min. Finalizado el tiempo se aplicó un shock térmico con baño de hielo y se filtró usando una fibra sintética. Luego se realizó un centrifugado a 3500 rpm por 20 minutos, posteriormente se filtró el sobrenadante empleando papel de filtro Nº 5 (WHATMAN®). Los extractos filtrados se mezclaron siguiendo las combinaciones presentadas en la Tabla 8.

Tabla 8. Proporciones para la mezcla de extractos

Tratamientos	Extractos	
	Hojas de guanábana	**Hojas de arándano azul**
1	-	100%
2	100%	-
3	30%	70%
4	50%	50%
5	70%	30%

3.7. Microencapsulación de los extractos mediante secado por aspersión

3.7.1. Preparación de la mezcla

Se prepararon mezclas de los extractos con maltodextrina al 10% (p/p). Luego se agitó con la ayuda de un mixer a 5000 rpm por 5 minutos hasta la disolución del polímero.

3.7.2. Proceso de atomización

La microencapsulación de los extractos se realizó empleando un equipo Spray Dryer, utilizando un flujo de aire de 6,0 m/s. La mezcla se alimentó a la cámara de secado con una bomba peristáltica a razón de 7,5 mL/min y un caudal del aspirador del 100% (capacidad máxima). La temperatura de entrada y salida fue 160 y 80 °C respectivamente, de acuerdo con los tratamientos mostrados en la Tabla 8. Los polvos obtenidos se envasaron en bolsas al vacío y se almacenaron a en un lugar seco a temperatura ambiente.

3.8. Determinación de capacidad antioxidante de los extractos

3.8.1. Extractos frescos

Se mezcló 100 µL de los tratamientos 1, 2, 3, 4 y 5 (Tabla 8) compuestos por la mezcla de extractos de guanábana y arándano azul, con 2900 µL de la solución DPPH en tubos de ensayo (15 mL) y se dejó reaccionar a temperatura ambiente en oscuridad por 30 min, al término de los cuales se procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm.

3.8.2. Extractos reconstituidos

Los extractos microencapsulados fueron reconstituidos con agua destilada (1:25) mediante agitación con un mixer a 5000 rpm durante 5 minutos. Se mezcló 100 µL de los extractos reconstituidos con 2900 mL de la solución DPPH (2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo) en tubos de ensayo de 15 mL y se dejó reaccionar a temperatura ambiente por 30 minutos en oscuridad; posteriormente se procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 517 nm (Chang *et al.*, 2003).

3.9. Determinación de compuestos fenólicos de los extractos

3.9.1. Extractos frescos y reconstituidos

Se mezcló 100 µL de los tratamientos 1, 2, 3, 4, 5 y 6 (Tabla 8) del extracto de guanábana y arándano azul, en un tubo de ensayo de 15 mL con 2500 µL de la solución Folin, 2000 µL de Carbonato de Sodio y enrasó con agua destilada hasta 6000 µL, se dejó reaccionar

durante 30 minutos en ausencia de luz a temperatura ambiente, seguidamente se procedió a medir la absorbancia de la mezcla a 760 nm (Singleton & Rossi, 1965).

3.10. Caracterización de las microcápsulas

3.10.1. Humedad

La humedad de los extractos microencapsulados fue determinada a partir de 1 g de muestra, empleando una balanza de humedad (AND MX-50, Japón).

3.10.2. Color

El color de los extractos microencapsulados se midió a través de los parámetros de color (luminosidad, y las coordenadas a y b) de la escala CIELab empleando un dispositivo móvil (iPhone 12) a través de la aplicación Carolina RGB Colorimeter. Previo al análisis se realizó una calibración sobre una placa blanca de porcelana (R:255, G:255, B:255) a 42 cm del lente e iluminación (111 lx) ubicada a 70 cm del objetivo, este ensayo se realizó por triplicado (Ciaccheri *et al.*, 2023).

3.10.3. Morfología

La morfología de las microcápsulas se analizó mediante un microscopio óptico (MICROS AUSTRIA® modelo MC100LED) a una magnificación de 200x; previamente las muestras se colocaron en un portamuestras de vidrio y fueron teñidas con Lugol (Ostrózka-Cieslik, 2022).

3.10.4. Determinación del porcentaje de inhibición (IC50)

El IC50 se determinó a partir de la gráfica del porcentaje de inhibición y corresponde a la concentración en la que se neutraliza el 50 % de los radicales libres del DPPH. La capacidad antioxidante se expresó como porcentaje de inhibición, calculado mediante la Ecuación 1 (Pistia-Brueggeman & Hollingsworth, 2001), los resultados se expresaron en mg equivalente de Trolox/g de las muestras, para lo cual se utilizó una curva de calibración lineal de Trolox (y = -32,378x + 1,0953) en concentraciones de 0,025–0,25 mg/mL y una linealidad de R^2 = 0,9921.

$$\%\ de\ inhibición = \frac{(A_0 - A_m)}{(A_0)} \times 100$$ ……..……. Ecuación 1

Donde:

A_0 = Absorbancia del control

A_m = Absorbancia de la muestra

3.11. Procesamiento y análisis de datos

Los datos procedentes de la determinación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante se realizaron por triplicado, y fueron evaluados por análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de comparación múltiple utilizando el método de Tukey al 95% de confianza para identificar diferencias significativas entre los tratamientos, estos análisis se ejecutaron empleando el paquete estadístico STATGRAPHICS CENTURION 19 (versión de prueba).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición químico proximal y características fisicoquímicas de las hojas secas de guanábana y arándano azul

En la Tabla 9 se compara la composición química de las hojas de guanábana y arándano, ambas son fuentes ricas en nutrientes, especialmente fibra y antioxidantes, los cuales son beneficiosos para la salud. Sin embargo, presentan algunas diferencias significativas. Las hojas de guanábana sobresalen por su mayor contenido de proteína, fibra y capacidad antioxidante total, mientras que las hojas de arándano tienen una concentración de compuestos fenólicos superior.

Tabla 9. Composición químico proximal y características fisicoquímicas de las hojas secas de guanábana y arándano azul

Componente	Hojas de Guanábana	Hojas de Arándano
Humedad (%)	8,89 ± 0,18	10,88 ± 0,03
Proteína (g)	10,43	9,42
Grasa (g)	4,43	4,38
Carbohidratos (g)	67,19	66,97
Fibra (g)	19,75	16,44
Ceniza (g)	9,06	8,35
Energía total (Kcal)	351	345
Compuestos fenólicos totales (mgQE/g)	60,77 ± 0,94	74,97 ± 1,42
Capacidad antioxidante (mMTE/g)	22,33	11,96
Capacidad antioxidante (mgTE/g)	6,13	3,36

El contenido de humedad de hojas de guanábana (8,89 %) y cenizas (9,06 %) se encuentra dentro de los valores normales para hojas secas de *Annona muricata* L. Un estudio

realizado por Vergara *et al.* (2018), reportó valores inferiores de humedad (7,09 ± 0,07) y cenizas (8,43 ± 0,21) para hojas de guanábana respectivamente; por el contrario, Vit *et al.* (2014) reportó porcentajes similares de humedad de 9,87 ± 0,01, mientras que los valores de cenizas y proteínas fueron de 7,17 ± 0,01 y 13,92 ± 0,20 respectivamente, cercanos al del presente estudio.

La capacidad antioxidante de las hojas de guanábana y hojas de arándano fue de 22,33 y 11,96 (mM TE/g) respectivamente. De acuerdo con un estudio realizado por Choi *et al.* (2023) se reportaron valores de 17,22 – 28,48 (mM TE/g) en variedades de hojas de *Hydrangea macrophylla* L. Cabe señalar que los resultados de capacidad antioxidante son dependientes de condiciones empleadas durante la extracción como el tipo de solvente, temperatura, relación sólido:líquido, entre otros. Por ejemplo, Minaya (2019) evaluó la capacidad antioxidante de hojas secas de arándano azul empleando tres métodos de extracción distintos, encontrando valores desde 128,54 a 1147,95 mM TE/g.

4.2. Contenido de compuestos fenólicos totales y capacidad antioxidante de las hojas secas de arándano azul y guanábana

4.2.1. Contenido de compuestos fenólicos totales

El contenido de compuestos fenólicos totales de las hojas secas de guanábana y arándano se visualizan en la Tabla 9, la literatura normalmente expresa estos valores en equivalentes de ácido gálico; sin embargo, existen otros estándares de referencia como la quercetina. De acuerdo con los resultados se observa que las hojas de arándano contienen más compuestos fenólicos que las hojas de guanábana. El estudio de Cayra (2019) obtuvo 22,09 ± 24,07 (mg GAE/100 g) para hojas de guanábana, empleando como solvente de

extracción etanol (90 %) en un baño de ultrasonido por 20 min., ejecutando condiciones similares a este estudio. Por el contrario, Porta (2022) tuvo como resultado 372,97 (mg GAE/100 g) utilizando metanol al 80 % durante 24 horas de maceración en refrigeración, evidenciando que los resultados están sujetos a las condiciones utilizadas en cada estudio.

Para hojas de arándano, Stefănescu *et al.* (2020) obtuvo como resultado valores mínimos de 10,520 (mg GAE/100 g) y un valor máximo de 15,583 (mg GAE/100 g) en materia seca de hojas empleando para la extracción una mezcla hidroalcohólica al 40% en un baño de ultrasonido a 24 ºC; el estudio señala que dichos valores están sujetos a la temporada de recolección de las hojas y la variedad de la especie.

4.2.2. Capacidad antioxidante

La capacidad antioxidante de las hojas secas de guanábana y arándano se visualizan también en la Tabla 9; de acuerdo con los resultados se observa que las hojas de guanábana presentan mayor capacidad antioxidante que las hojas de arándano. Evidenciando lo expuesto, el estudio de Cayra (2019) quien evaluó los parámetros de secado de las hojas de guanábana obtuvo 69,78 ± 78,17 (µmol TE/g), siendo este último un valor similar al del presente estudio.

La capacidad antioxidante de las hojas de arándano azul (Tabla 9), tuvo como resultado 11,96 (mM TE/g). Este valor es inferior a lo reportado por Páscoa *et al.* (2019) quienes registraron valores de 124,8 ± 2,5 (mM TE/g) el más optimo y 22,6 ± 0,7 (mM TE/g) el más bajo, para hojas recolectadas en distintas estaciones.

4.3. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos frescos de arándano azul y guanábana

4.3.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos frescos

El contenido de compuestos fenólicos en los extractos acuosos varió entre 38,53 – 44,83 (mg QE/100mL), correspondientes a los extractos de hojas de arándano y hojas de guanábana respectivamente. De acuerdo con Jordan (2018), se reporta un contenido de compuestos fenólicos de 136,2 (mg AGE/100mL) de extracto, usando como referencia ácido gálico. Cabe señalar que la variabilidad en los valores depende del método de extracción empleado, variables del proceso (ejemplo: temperatura, tiempo, entre otros), tipo de solvente y relación materia prima:solvente (Díaz *et al.*, 2017).

4.3.2. Capacidad antioxidante en los extractos frescos

La capacidad antioxidante de los extractos frescos varió entre 90,68 ± 2,63 y 100,49 ± 7,22 (mM/100 mL) correspondientes a los extractos de hojas de arándano y guanábana, mientras que para los extractos reconstituidos fluctuó entre 55,71 – 71,09 (mM/100 mL) de acuerdo los tratamientos evaluados, evidenciando la superioridad de las hojas de guanábana.

4.4. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos microencapsulados

4.4.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos microencapsulados

El contenido de compuestos fenólicos en los extractos microencapsulados varió entre 235,14 ± 6,52 y 346,60 ± 3,96 (mg QE/g), correspondientes a los extractos de hojas de arándano y hojas de guanábana respectivamente. Un estudio de Jovic *et al.* (2023), utilizando como referencia el mismo método de extracción empleado y variables del proceso para hojas de *Pistacia lentiscus*, reportó un contenido de compuestos fenólicos de 67,93 ± 10,91 (mg GAE/g) de extracto microencapsulado. Por el contrario, Akther *et al.* (2023) reportó 0,336 (mg GAE/g) correspondiente a pulpa de mango secada por atomización. Esta heterogeneidad de resultados evidencia que el contenido de compuestos fenólicos varía según el recurso vegetal empleado, así como la parte de la planta que da origen al extracto.

4.4.2. Capacidad antioxidante en extractos microencapsulados

La capacidad antioxidante del extracto microencapsulado fue 17,77 ± 0,13 y 13,93 ± 0,96 (mM TE/g) para hojas de guanábana y hojas de arándano respectivamente (Tabla 10). Al respecto, Peanparkdee *et al.* (2015), obtuvieron resultados entre 14,0 – 16,7 (mg TE/g microcápsula) correspondientes a hojas de mulberry (*Morus alba* L.) siendo similares a este estudio. En general, el contenido la capacidad antioxidante del género Vaccinium comparten dicha similitud.

Tabla 10. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos microencapsulados

Tratamiento	Compuestos fenólicos (mg QE/g)	Capacidad antioxidante	
		(mM TE/g)	(mg TE/g)
1 (G)	346,60 ± 3,96	17,77 ± 0,13	4,45 ± 0,03
2 (AA)	235,14 ± 6,52	13,93 ± 0,26	3,52 ± 0,06
3 (G30/70AA)	292,16 ± 10,79	15,50 ± 1,27	3,89 ± 0,32
4 (G50/50AA)	271,86 ± 15,13	14,80 ± 0,31	3,70 ± 0,08
5 (G70/30AA)	301,67 ± 13,61	17,53 ± 0,08	4,39 ± 0,02

G: Guanábana, AA: Arándano azul

Akther *et al.* (2023) reportó 1,104 (mg TE/g) utilizando como referencia el mismo método de extracción empleado y variables del proceso para pulpa de mango secada por atomización, cabe señalar que en dicho estudio se empleó maltodextrina (≈5 %). Por otro lado, Picco *et al.* (2023) encapsularon compuestos fitoquímicos (cannabidiol y cannabigerol) procedentes de *Cannabis sativa* L. alcanzando valores de 23,7 ± 1,5 y 28,4 ± 1,2 (mg TE/g). De igual manera estos resultados reflejan que la capacidad antioxidante es dependiente de los metabolitos presentes en los extractos a encapsular.

Asimismo, existen estudios que reportan la capacidad antioxidante en mM. Prueba de ello es el estudio de Do Nascimento Remígio *et al.* (2022), quienes hallaron valores de 30,87 – 39,01 (mM/100 g), valores inferiores a la presente investigación debido a la naturaleza de la materia prima (*Bauhinia ungulata* L. *var. obtusifolia*), lo cual queda demostrado en un estudio Balderrama *et al.* (2020) donde se reporta un contenido de 297 (mM/100 g) de extracto seco empleando hojas de guanábana. Por el contrario, Jovic *et al.* (2023)

reportaron 2,24 (mM TE/100 g) utilizando como referencia el mismo método de extracción empleado y variables del proceso para hojas de *Pistacia lentiscus*.

4.5. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos reconstituidos

4.5.1. Contenido de compuestos fenólicos de extractos reconstituidos

El contenido de compuesto fenólicos en los extractos microencapsulados reconstituidos varió entre 13,86 ± 0,16 y 38,53 ± 3,06 (mg QE/100 mL), correspondientes a los extractos de hojas de guanábana y hojas de arándano respectivamente. De acuerdo con Costa Ferreira *et al.* (2022) se reporta un valor de 26,1 (mg GAE/100 mL) del extracto microencapsulado de *Astrocaryum vulgare* reconstituido usando una mezcla de 2 mL de metanol, ácido acético y agua (50:8:42). Por el contrario, Li *et al.* (2018) reportaron un valor de 115,6 (mg GAE/100 mL) de extracto microencapsulado de *Prunus salicina Lindl.* reconstituido usando una mezcla de etanol (61 %).

En contraste con otros estudios, Çílek (2012) encontró un contenido de 456,5 miligramos de ácido gálico equivalente por cada 100 mililitros en extractos microencapsulados de *Prunus cerasus* L. reconstituidos con una mezcla de etanol y agua en partes iguales.

Un estudio de Cereceres-Aragón *et al.* (2018) sugieren que la ingesta de compuestos fenólicos en la población adulta mayor varía considerablemente, oscilando entre 280 ± 130 mg/día y 2,771 ± 1,552 mg/día. Estudios sugieren que un consumo diario de 322 ± 153 mg/día a 2,861 mg/día de estos compuestos podría brindar protección frente a

enfermedades crónicas no transmisibles como las enfermedades cardiovasculares, el síndrome metabólico y la diabetes en este grupo poblacional.

4.5.2. Capacidad antioxidante en extractos reconstituidos

La capacidad antioxidante de los extractos microencapsulados reconstituidos de hojas de guanábana y hojas de arándano varió entre 71,09 ± 0,52 y 55,71 ± 1,03 (mM TE/100 mL), respectivamente. Lo anterior evidencia la superioridad del extracto de guanábana en comparación a las hojas de arándano posterior al proceso de atomización. En la Tabla 11 se muestran los resultados obtenidos para los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos frescos y reconstituidos de las hojas de *Annona muricata* y *Vaccinium corymbosum.*

Tabla 11. Contenido de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante de los extractos reconstituidos

Tratamiento	**Compuestos fenólicos (mg QE/100 mL)**		**Capacidad antioxidante (mM TE/100 mL)**	
	Extracto fresco	**Extracto reconstituido**	**Extracto fresco**	**Extracto reconstituido**
1 (G)	44,83 ± 2,18	13,86 ± 0,16	100,49 ± 7,22	71,09 ± 0,52
2 (AA)	38,53 ± 3,06	9,41 ± 0,26	90,68 ± 2,63	55,71 ± 1,03
3 (G30/70AA)	40,27 ± 1,75	10,87 ± 0,61	93,57 ± 2,83	59,19 ± 1,24
4 (G50/50AA)	42,52 ± 0,47	11,69 ± 0,43	97,66 ± 5,07	62,01 ± 5,10
5 (G70/30AA)	44,27 ± 0,48	12,07 ± 0,54	98,63 ± 6,49	70,12 ± 0,33

4.6. Características fisicoquímicas de los extractos microencapsulados

4.6.1. Humedad

La humedad de los extractos microencapsulados se presenta en la Tabla 12; se observa que los valores fluctuaron entre 7,15 y 7,68 %. Respecto a estos resultados, Lingua *et al.* (2020) reportaron humedades entre 3,4 – 4,6 % para extractos de arándano encapsulados con MD (20 – 30 %), siendo inferiores a este estudio. Por el contrario, un estudio realizado por Airouyuwa & Kaewmanee (2019) reportó valores entre 5,21 – 8,61 % para extractos de moringa encapsulados con proteínas aisladas. En general, el contenido de humedad es una de las características físicas más importantes de los polvos, debido a la estabilidad microbiológica de los futuros productos (Kuzmanovic *et al.,* 2015). También la humedad cumple un rol importante de acuerdo al uso posterior que se le quiera dar al polvo microencapsulado.

Tabla 12. Porcentaje de humedad de los extractos microencapsulados

Tratamiento	Humedad (%)
1 (G)	7,56 ± 0,04
2 (AA)	7,22 ± 0,02
3 (G30/70AA)	7,68 ± 0,04
4 (G50/50AA)	7,53 ± 0,04
5 (G70/30AA)	7,15 ± 0,19

La humedad juega un papel crucial en la calidad y estabilidad de un extracto microencapsulado, influyendo en diversos aspectos como propiedades organolépticas, vida útil y principalmente la degradación y permeabilidad del material encapsulado, esto último influyendo en la liberación del compuesto activo. Se ha evidenciado que existe una relación en la velocidad de absorción, encontrando que a menor tamaño de las particulas existe mayor absorción de humedad (Stoklosa *et al.*, 2012).

4.6.2. Color

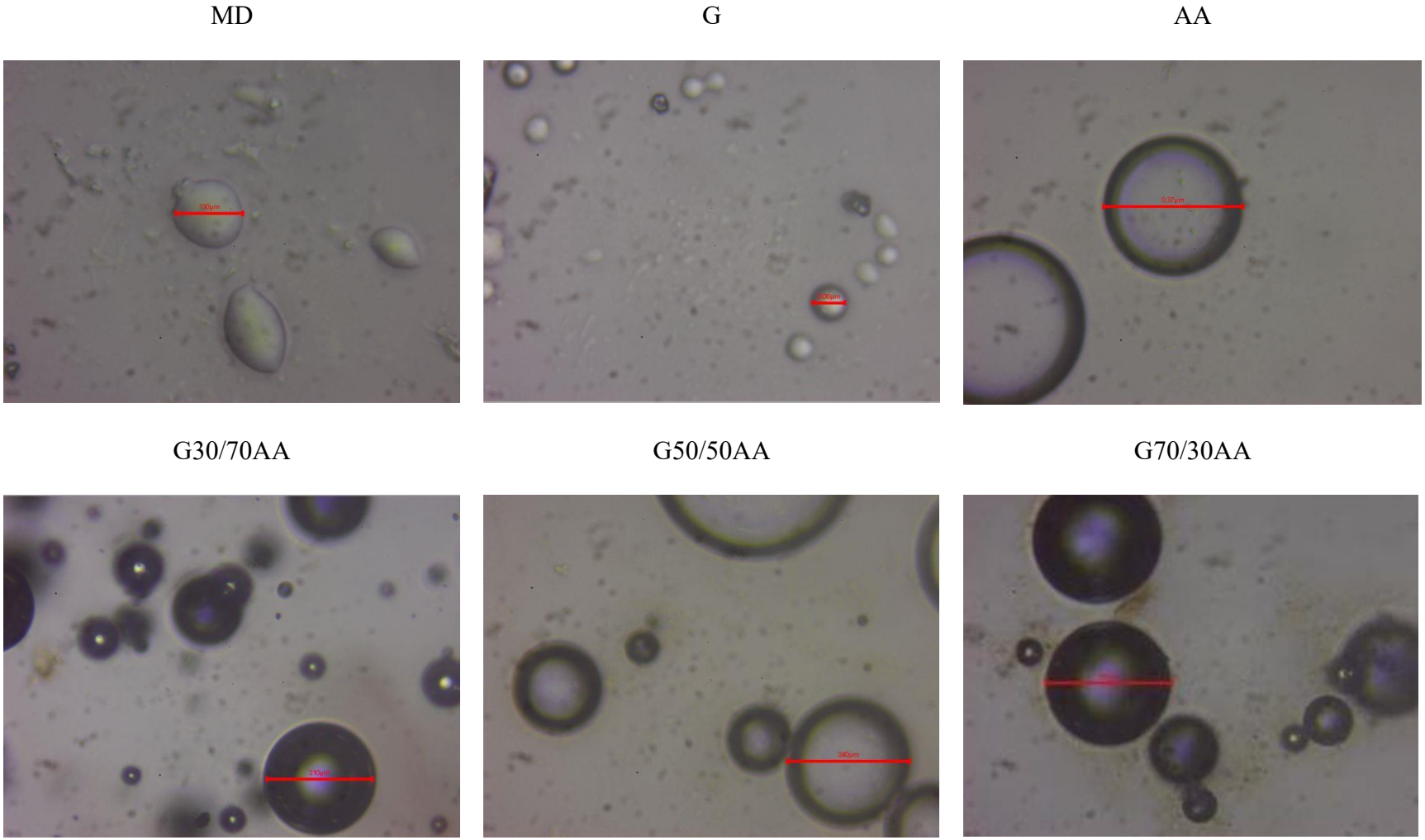
Los resultados del análisis de color en escala CIELab se presentan en la Tabla 13. Se aprecia que tonalidades características de los extractos de hojas de guanábana y arándanos; sin embargo, a raíz de su combinación, se manifiestan diversas tonalidades de gris y beige, destacando los microencapsulados se vuelven más oscuros a medida que aumenta la proporción de extracto de guanábana. La saturación y el tono también aumentan a medida que el color se oscurece (Tabla 13). El color es usualmente empleado como un indicador indirecto de la eficiencia de encapsulación, dado que mientras más oscuro es el polvo, la eficiencia de encapsulación es más baja.

4.6.3. Morfología

El análisis visual permitió evidenciar a la maltodextrina como el agente encapsulante óptimo para lograr la esfericidad y heterogeneidad de las micropartículas. De acuerdo con los tamaños encontrados (0,08 a 240 µm) para los extractos de hojas de guanábana y arándanos se determinó que las partículas se encuentran dentro de un tamaño característico (5 a 150 µm), evidenciado por Teixeira da Silva *et al.* (2014) para polvos microencapsulados.

Tabla 13. Colorimetría de los extractos microencapsulados

	GG	**AA**	**G30/70AA**	**G50/50AA**	**G70/30AA**
Aspecto					
L^*	91,40 ± 0,20	88,07 ± 0,35	82,57 ± 1,19	86,80 ± 0,50	86,00 ± 0,27
a^*	-0,17 ± 0,78	-1,55 ± 0,00	-0,17 ± 1,44	-2,36 ± 0,60	-2,40 ± 0,27
b^*	7,77 ± 0,55	13,74 ± 0,02	15,70 ± 0,93	12,58 ± 0,65	13,11 ± 0,29



MD = Maltodextrina, G = Extracto de guanábana microencapsulado, AA = Extracto de arándano microencapsulado, G30/70AA = Extracto de guanábana y arándano microencapsulado (30%/70%), G50/50AA = Extracto de guanábana y arándano microencapsulado (50%/50%) y G70/30AA = Extracto de guanábana y arándano microencapsulado (70%/30%).

Figura 8. Morfología de los extractos microencapsulados

4.7. Características fisicoquímicas del extracto optimizado

Las características fisicoquímicas del extracto optimizado se muestran en la Tabla 14; se observa que los valores de pH para el extracto fresco y el extracto con MD alcanzaron 6,1 y 5,8 respectivamente, similar a un análisis realizado por Vergara *et al.* (2018) quien tuvo valores de 6,00 ± 0,02 para extracto acuoso de *Annona muricata* L. Asimismo, el valor porcentual de sólidos solubles y sólidos totales del extracto fresco en comparación con el extracto con MD aumentó considerablemente.

Tabla 14. Características fisicoquímicas del extracto optimizado

Parámetro	Extracto fresco	Extracto con MD
pH	6,1	5,8
Solidos solubles (ºBrix)	ND	9
Solidos totales (%)	0,78	12,03

ND: No detectado

4.8. Porcentaje de inhibición (IC 50)

El contenido de compuestos fenólicos en las microcápsulas varió significativamente entre los tratamientos (Tabla 10). La mezcla de hojas guanábana y arándano (G70/30AA) tenía un contenido de compuestos fenólicos más alto siendo 18,98 mg/mL. Los resultados de IC50 son proporcionales al contenido de compuestos fenólicos en los polvos, lo que sugiere que estos metabolitos tienen un papel importante en la determinación de la capacidad antioxidante en el extracto. Para un mayor contenido de compuestos fenólicos se requieren menos miligramos de polvo para inhibir el 50 % de los radicales libres de modo que el contenido inicial de compuestos fenólicos en la mezcla a encapsular tendrá

una relación directa con la actividad antioxidante de la microcápsula obtenida después del secado.

El estudio de capacidad antioxidante de la mezcla de las hojas de guanábana y arándano (70/30) presentó porcentajes de inhibición entre 17,21 – 62,86 %, siendo 613,6 µg/mL la concentración equivalente al IC 50. En base a este hallazgo se calculó el IC 50 para los otros tratamientos encontrando valores de 605,31 µg/mL; 772,18 µg/mL; 693,96 µg/mL y 726,78 µg/mL para los tratamientos 1 (G), 2 (AA), 3 (G30/700AA) y 4 (G50/50AA), respectivamente.

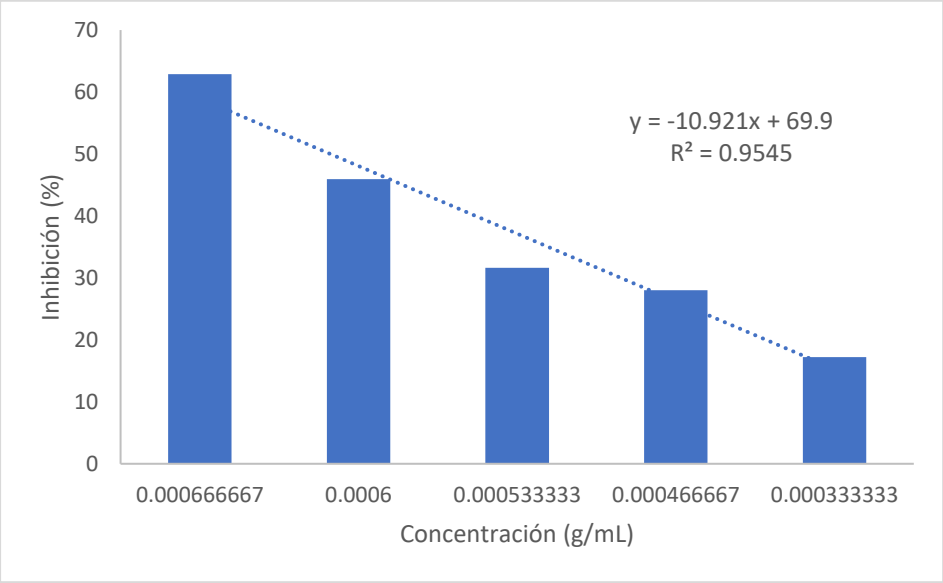


Figura 9. Curva de inhibición para IC 50

Ladesta Millinia *et al.* (2024), obtuvo un valor IC 50 de 3397,55 µg TE/mL para extracto microencapsulado de *Hibiscus sabdariffa* L. lo cual indica poca capacidad antioxidante. Un estudio de Zuhroh *et al.* (2021) reportó un valor IC 50 de 491,67 µg TE/mL para extracto microencapsulado de *N. sativa y C. caudatus K.*, dicho estudio empleó la misma metodología de la presente investigación. En contraste con este estudio, Costa Ferreira *et*

al. (2022), obtuvieron un valor IC 50 de 24,12 µg TE/mL para extracto microencapsulado de *Astrocaryum vulgare Mart.* lo cual indica mayor capacidad antioxidante.

Según Zhang *et al.* (2015), la capacidad antioxidante se atribuye a la suma de vitamina C, E, compuestos fenólicos, entre otros fitoquímicos, para neutralizar radicales libres y evitar el daño oxidativo en las células.

En relación con lo mencionado anteriormente, Díaz *et al.* (2017) compararon el estrés oxidativo (EO) y la capacidad total antioxidante (CTA) en 14 atletas de balonmano, se dividieron en dos grupos (ingesta de jugo de zarzamora y placebo) y se midió en cuatro momentos: reposo, precompetencia, al finalizar y 24 horas después. Tras una semana tomando zarzamora, el EO disminuyó significativamente antes de competir, mientras que el grupo placebo solo mostró aumentos en la CTA antes y al terminar la competencia, lo que indica que una dieta rica en antioxidantes atenúa el EO en el periodo previo a la competición. Dicho estudio fue realizado con ensayos d-ROMs (Derivatives-Reactive Oxygen Metabolites) y PAT (Plasma Antioxidant Test).

Los resultados obtenidos en el presente estudio indican que la microencapsulación mediante atomización es una técnica viable para estabilizar los compuestos fitoquímicos responsables de la bioactividad de las hojas de guanábana y arándano, lo cual facilita su incorporación en formulaciones con fines terapéuticos.

V. CONCLUSIONES

- La composición proximal de ambas hojas fue similar, destacando un mayor valor de humedad para las hojas de arándano (10,88 %) y mayor contenido de fibra para las hojas de guanábana (19,75 %). Además, las hojas de arándano presentaron un mayor contenido de compuestos fenólicos (74,97 mg QE/g) en comparación a las hojas de guanábana (60,77 mg QE/g); no obstante estas últimas exhiben una capacidad antioxidante significativamente superior (22,23 mM TE/g) asociado a la presencia de otros metabolitos.
- El secado por atomización a 160 ºC empleando maltodextrina al 10% permitió la encapsulación de los extractos de hojas de guanábana y arándano, siendo la combinación de G70/30AA aquella que presentó mayor contenido de compuestos fenolicos (301,67 mg QE/g) y capacidad antioxidante (17,53 mM TE/g), con un IC50 equivalente a 613 μg/mL.
- La microencapsulación de extractos de hojas de guanabana y arandano mediante secado por atomización asegura la conservación de compuestos bioactivos, lo que facilita su futura incorporación en formulaciones con fines terapéuticos o nutricionales.

VI. RECOMENDACIONES

- Realizar un estudio para evaluar el efecto de diferentes temperaturas de atomizado en la conservación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante.
- Identificar los compuestos responsables de la caramelización del extracto de hojas de arándano durante el proceso de atomización.
- Explorar la microencapsulación del extracto optimizado empleando otros agentes encapsulantes, como goma arábiga, goma xantana, almidones modificados, alginatos, entre otros.
- Realizar un análisis cualitativo mediante HPLC para identificar los compuestos fenólicos presentes en los extractos de hojas de guanábana y arándano, al igual que la mezcla optimizada (antes y luego de su atomización).
- Realizar ensayos *in vitro* para evaluar la bioactividad de los extractos microencapsulados usando cultivos celulares.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, G., Zepeda, L., García, L., López, U., Aguilera, S., & Montalvo, E. (2022). Contenido de acetogeninas a partir de semillas del fruto de guanábana (Annona muricata L.): Evaluación de diferentes condiciones de extracción. *Biotecnia*, *24*(2), 12-19. https://doi.org/10.18633/biotecnia.v24i2.1453

Aires, A., Carvalho, R., Matos, M., Carnide, V., Silva, A. P., & Gonçalves, B. (2017). Variation of chemical constituents, antioxidant activity, and endogenous plant hormones throughout different ripening stages of highbush blueberry (Vaccinium corymbosum L.) cultivars produced in centre of Portugal. *Revista de bioquímica de alimentos*, *41*(6). https://doi.org/10.1111/jfbc.12414

Airouyuwa, J. O., & Kaewmanee, T. (2019). Microencapsulation of Moringa oleifera leaf extracts with vegetable protein as wall materials. *Food science and technology international = Ciencia y tecnologia de los alimentos internacional*, *25*(6), 533-543. https://doi.org/10.1177/1082013219842469

Akther, S., Sultana, J., Badsha, R., Rahman, M., Buddha, G., & Alim, A. (2023). Drying methods effect on bioactive compounds, phenolic profile, and antioxidant capacity of mango powder. *Journal of King Saud University-Science*, *35*(1), 102370. https://doi.org/10.1016/j.jksus.2022.102370

Anuragi, H., Dhaduk, H., Kumar, S., Dhruve, J., Parekh, M., & Sakure, A. (2016). Molecular diversity of Annona species and proximate fruit composition of selected genotypes. *3 Biotech*, *6*(2), 204. https://doi.org/10.1007/s13205-016-0520-9

Arroyo, J., Martínez, J., Ronceros, G., Palomino, R., Aníbal, V., Bonilla, P., Palomino, C., & Mariano, Q. (2009). Efecto hipoglicemiante coadyuvante del extracto

etanólico de hojas de Annona muricata en pacientes con diabetes tipo 2 bajo tratamiento de glibenclamida. *Anales de la Facultad de Medicina*, *70*(3), 163-167. http://www.scielo.org.pe/pdf/afm/v70n3/a02v70n3.pdf

Balderrama, A. P., Silva, N., Gálvez, J. C., Ruíz, S., Chaidez, C., & Morán, E. (2020). Antiviral, Antioxidant, and Antihemolytic Effect of Annona muricata L. Leaves Extracts. *Plants*, *9*(12), 1650. https://doi.org/10.3390/plants9121650

Benzie, I., & Strain, J. (1996). The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of "Antioxidant Power": The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, *239*(1), 70-76. https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292

Blois, M. (1958). *Antioxidant Determinations by the Use of a Stable Free Radical*. *181*(4617), 1199-1200. http://dx.doi.org/10.1038/1811199a0

Castro, J., Baquero, L., & Narváez, C. (2006). CATALASA, PEROXIDASA Y POLIFENOLOXIDASA DE PITAYA AMARILLA (Acanthocereus pitajaya). *Revista Colombiana de Química*, *35*(1), 91-101. https://www.redalyc.org/pdf/3090/309026667004.pdf

Cayra, D. (2019). *Optimización de los parámetros de secado de hojas de guanábana (Annona muricata L.) sobre el contenido de polifenoles y capacidad antioxidante* [UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN]. http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/2122

Cereceres-Aragón, A., Rodrigo-García, J., Álvarez-Parrilla, E., & Rodríguez-Tadeo, A. (2018). Ingestión de compuestos fenólicos en población adulta mayor. *Nutrición Hospitalaria*, *36*(2), 470-478. https://dx.doi.org/10.20960/nh.2171

Ces, A. (2016). *Evaluación de la actividad antioxidante de frambuesas comerciales* [Universidade da Coruña]. https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/17458/CesMartinez_Alejandro_TFG_2016.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Chang, F., Liaw, C., Lin, C., Chou, C., Chiu, H., & Wu, Y. (2003). New adjacent bis-tetrahydrofuran annonaceous acetogenins from Annona muricata. *Planta medica*, *69*(3), 241-246. https://doi.org/10.1055/s-2003-38485

Chiorcea, A., Enache, T., De Souza Gil, E., & Oliveira-Brett, A. (2020). Natural phenolic antioxidants electrochemistry: Towards a new food science methodology. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, *19*(4), 1680-1726. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12566

Choi, Y.-M., Jeon, S.-H., Her, M., & Yim, S.-H. (2023). Correlation of antioxidant and radical scavenging activity in Hydrangea macrophylla L. extract from various cultivars. *Food Science and Technology*, *43*(e00019). https://doi.org/10.5327/fst.00019%20

Ciaccheri, L., Adinolfi, B., Mencaglia, A., & Mignani, A. (2023). Smartphone-Enabled Colorimetry. *Sensors*, *23*(1), 5559. https://doi.org/10.3390/s23125559

ÇİLEK, B. (2012). *MICROENCAPSULATION OF PHENOLIC COMPOUNDS EXTRACTED FROM SOUR CHERRY (Prunus cerasus L.) POMACE* [MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY]. http://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12614748/index.pdf

Coronado, M., Vega y León, S., Gutierréz, R., Vázquez, M., & Radilla, C. (2015). Antioxidantes: Perspectiva actual para la salud humana. *Revista chilena de nutrición*, *42*(2), 206-212. http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182015000200014

Costa Ferreira, L. M. de M., Rocha Pereira, R., Carvalho-Guimarães, F. B. de, Soares do Nascimento Remígio, M., Ramos Barbosa, W. L., Ribeiro-Costa, R. M., & Carréra Silva-Júnior, J. O. (2022). Microencapsulation by Spray Drying and Antioxidant Activity of Phenolic Compounds from Tucuma Coproduct (Astrocaryum vulgare Mart.) Almonds. *Polymers*, *14*(14), 2905. https://doi.org/10.3390/polym14142905

Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*. Columbia University Press.

da Silva Júnior, M. E., Araújo, M. V. R. L., Martins, A. C. S., dos Santos Lima, M., da Silva, F. L. H., Converti, A., & Maciel, M. I. S. (2023). Microencapsulation by spray-drying and freeze-drying of extract of phenolic compounds obtained from ciriguela peel. *Scientific Reports*, *13*(1), 15222. https://doi.org/10.1038/s41598-023-40390-4

De la Rosa, X., Hernández, J., García, I., Morales, J., & Quiroz, J. (2022). Antocianinas, propiedades funcionales y potenciales aplicaciones terapéuticas. *Revista Boliviana de Química*, *39*(5), 155-163. https://doi.org/10.34098/2078-3949.39.5.1

Denzoin, L., Soraci, A., & Tapia, M. (2013). Homeostasis del glutatión. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, *47*(3), 529-539. https://www.redalyc.org/pdf/535/53529349007.pdf

Díaz, Y., Torres, L., Serna, J., & Sotelo, L. (2017). Efecto de la Encapsulación en Secado por Atomización de Biocomponentes de Pitahaya Amarilla con Interés Funcional. *Información tecnológica*, *28*(6), 23-24. http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000600004

do Nascimento Remígio, M. S., Santa Brígida da Silva, A., Rossi, A., & Ramos Barbosa, W. L. (2022). Bauhinia ungulata L.: Medicinal Utilization, Botanical Aspects, Biological Properties and Chemical Constitution Reported in the Literature. *Pharmacognosy Reviews*, *17*(33), 144-153. https://doi.org/10.5530/097627870192

Eid, N., Enani, S., Walton, G., Corona, G., Costabile, A., Gibson, G., Rowland, I., & Spencer, J. (2014). The impact of date palm fruits and their component polyphenols, on gut microbial ecology, bacterial metabolites and colon cancer cell

proliferation. *Journal of nutritional science*, *3*(e46). https://doi.org/10.1017/jns.2014.16

Esquivel-González, B., Ochoa Martínez, L., & Rutiaga-Quiñones, O. (2015). MICROENCAPSULACIÓN MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, *16*(2), 180-192. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006

Fadaeinasab, M., Nikzad, S., Mohan, G., Mohd Ali, H., Zorofchian Moghadamtousi, S., & Abdul Kadir, H. (2015). Annona muricata (Annonaceae): A Review of Its Traditional Uses, Isolated Acetogenins and Biological Activities. *International journal of molecular sciences*, *16*(7), 15625-15658. https://doi.org/10.3390/ijms160715625

Fofana, S., Keita, A., Balde, S., Ziyaev, R., & Aripova, S. (2012). Alkaloids from leaves of Annona muricata. *Chemistry of Natural Compounds*, *48*(4), 714-714. https://doi.org/10.1007/s10600-012-0363-5

Garcia, J. (2010). *Guía de cultivo orientaciones para el cultivo del arándano. Proyecto de cooperación "Nuevos Horizontes"* (p. 32). Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino.

Garcia, J., Periago, M., Vidal, M., & Cantos, E. (2002). Evaluación de las propiedades antioxidantes en concentrados de uva y frutas rojas. *Anales de Veterinaria de Murcia*, *18*, 103-114. https://revistas.um.es/analesvet/article/view/16651

Gebhardt, S., Lemar, L., Pehrsson, P., Exler, J., Haytowitz, D., Showell, B., Nickle, M., Thomas, R., Patterson, K., Bhagwat, S., & Holden, J. (2010). *USDA national nutrient database for standard reference. Release 23*. http://www.ars.usda.gov/nutrientdata

Gomez, N., & Jimenez, M. (2014). Metodos de secado de emulsiones en alimentarias. *Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos*, *8*(2), 23-33.

Goula, A., & Adamopoulos, K. (2004). Influence of spray drying conditions on residue accumulation-simulation using CFD. *Drying Technology*, *22*(5), 1107-1128. https://doi.org/10.1081/DRT-120038583

Gozzi, M. (2011). *VARIABILIDAD DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE EXTRACTOS FOLIARES DE ARÁNDANO VACCINIUM ASHEI OBTENIDOS EN DIFERENTES CONDICIONES DE EXTRACCIÓN* [Universidad Nacional de San Martín]. https://www.unsam.edu.ar/institutos/incalin/repositorio/Maestria/MartaGozzi.pdf

Guija, E., Inocente, M. Á., Ponce, J., & Zarzosa, E. (2015). Evaluación de la técnica 2,2-Difenil-1-Picrilhidrazilo (DPPH) para determinar capacidad antioxidante. *Horizonte Médico*, *15*(1), 57-60. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-558X2015000100008&lng=es&tlng=es.

Hernández, I. (2024). *Evaluación del Efecto de la Administración de Glutatión Liposomal Sobre la Actividad de Glutatión Peroxidasa en Ratas Wistar Macho* [Universidad Autónoma Metropolitana]. https://repositorio.xoc.uam.mx/jspui/handle/123456789/47933

Hirata, A., Murakami, Y., Shoji, M., Kadoma, Y., & Fujisawa, S. (2005). Kinetics of radical-scavenging activity of hesperetin and hesperidin and their inhibitory activity on COX-2 expression. *Anticancer research*, *25*(5), 3367-3374. https://ar.iiarjournals.org/content/25/5/3367.long

Jordan, O. (2018). Microstructure of Annona muricata L. Leaves Extract Microcapsules Linked to Physical and Chemical Characteristics. *Journal of Encapsulation and Adsorption Sciences*, *8*(3), 178-193. https://doi.org/10.4236/jeas.2018.83009

Jordan, O. (2019). *MICROENCAPSULACIÓN DE EXTRACTO DE HOJAS DE GUANÁBANA (Annona muricata L.)* [Universidad Nacional Agraria La Molina]. http://45.231.83.156/handle/20.500.12996/4249

Jovic, T., Elez, I., Culina, P., Pedisic, S., Dobroslavic, E., Cegledi, E., Dragovic-Uzelac, V., & Zoric, Z. (2023). *The Effect of Spray-Drying Conditions on the Characteristics of Powdered Pistacia lentiscus Leaf Extract*. *11*(4), 1229. https://doi.org/10.3390/pr11041229

Juurlink, B., Azouz, H., Aldalati, A., AlTinawi, B., & Ganguly, P. (2014). Hydroxybenzoic acid isomers and the cardiovascular system. *Nutrition Journal*, *13*(63). https://doi.org/10.1186/1475-2891-13-63

Kim, G., Zeng, L., Alali, F., Rogers, L., Wu, F., Sastrodihardjo, S., & McLaughlin, J. (1998). Muricoreacin and murihexocin C, mono-tetrahydrofuran acetogenins, from the leaves of Annona muricata. *Phytochemistry*, *49*(2), 565-571. https://doi.org/10.1016/s0031-9422(98)00172-1

Kraujalyte, V., Venskutonis, P. R., Pukalskas, A., Cesonienė, L., & Daubaras, R. (2015). Antioxidant properties, phenolic composition and potentiometric sensor array evaluation of commercial and new blueberry (Vaccinium corymbosum) and bog blueberry (Vaccinium uliginosum) genotypes. *Food chemistry*, *188*, 583-590. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.031

KUZMANOVIC, B., JEFFERSON, A., & VOGELEY, K. (2015). Self-specific Optimism Bias in Belief Updating Is Associated with High Trait Optimism. *Journal of Behavioral Decision Making*, *28*(3), 281-293. https://doi.org/10.1002/bdm.1849

Ladesta Millinia, B., Mashithah, D., Nawatila, R., & Kartini, K. (2024). Microencapsulation of roselle (Hibiscus sabdariffa L.) anthocyanins: Effects of maltodextrin and trehalose matrix on selected physicochemical properties and antioxidant activities of spray-dried powder. *Food science & nutrition*, *10*(1), 191-203. https://doi.org/10.1002/fsn3.2659

Leiva, S., Gayoso, C., & Chang, L. (2018). Annona muricata L. "guanábana" (Annonaceae), una fruta utilizada como alimento en el Perú prehispánico. *Arnaldoa*, *25*(1), 127-140. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.251.25108

Li, Y., Tang, B., Chen, J., & Lai, P. (2018). Microencapsulation of plum (Prunus salicina Lindl.) phenolics by spray drying technology and storage stability. *Food Science and Technology*, *38*(3). https://doi.org/10.1590/1678-457X.09817

Lingua, M., Salomón, V., Baroni, M., Blajman, J., Maldonado, L., & Páez, R. (2021). Effect of Spray Drying on the Microencapsulation of the Blueberry Natural Antioxidants. *Proceedings*, *70*(1), 26. https://doi.org/10.3390/foods_2020-07683

Liogier, A. (1974). *Diccionario Botánico de Nombres Vulgares*. https://repositorio.unphu.edu.do/handle/123456789/207

Liu, N., Yang, H. L., Wang, P., Cheng Lu, Y., Yang, Y. J., Wang, L., & Lee, S. C. (2016). Functional proteomic analysis revels that the ethanol extract of Annona muricata L. induces liver cancer cell apoptosis through endoplasmic reticulum stress pathway. *Journal of ethnopharmacology*, *2*(189), 210-217. https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.05.045

Lobos, G., Retamales, J., Hancock, J., Flore, J., Cobo, N., & Alejandro, D. P. (2011). Spectral irradiance, gas exchange characteristics and leaf traits of Vaccinium corymbosum L. 'Elliott' grown under photo-selective nets. *Environmental and Experimental Botany*, *72*, 142-149. https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2011.09.006

Lopez, P., & Mach, N. (2012). Efecto del consumo de astaxantina en la salud. *Revista española de nutrición comunitaria*, *18*(3). http://hdl.handle.net/10609/19841

Lushchak, V. (2012). Glutathione Homeostasis and Functions: Potential Targets for Medical Interventions. *Journal of Amino Acids*, *736837*. https://doi.org/10.1155/2012/736837

Lutz, M. (2013). Biodisponibilidad de compuestos bioactivos en alimentos. *Perspectivas en Nutrición Humana*, *15*(2), 217-226. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0124-41082013000200008&lng=en&tlng=es

Matioli, G., & Rodriguez-Amaya, D. (2003). Microencapsulação do licopeno com ciclodextrinas. *Food Sci. Technol (Campinas)*, *23*, 102-105. https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000400019

Méndez, L. (2020). *Manual de prácticas de Análisis de Alimentos*. https://www.uv.mx/qfb/files/2020/09/Manual-Analisis-de-Alimentos-1.pdf

Mesa, P. (2015). *Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivadores de arándano (Vaccinium corymbosum L. x V. darowii) plantados en guasca Cundinamarca* [Universidad Militar Nueva Granada]. https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/adef1274-78fa-4037-8a6c-b8bc87243f55/content

Mezhericher, M., Levy, A., & Borde, I. (2012). Three-Dimensional Spray-Drying Model Based on Comprehensive Formulation of Drying Kinetics. *Drying Technology*, *30*(11-12), 1256-1273. https://doi.org/10.1080/07373937.2012.686136

Minaya, G. (2019). *CAPACIDAD ANTIOXIDANTE Y CONTENIDO DE POLIFENOLES TOTALES DEL EXTRACTO METANÓLICO Y ACUOSO DE LAS HOJAS DE Vaccinium corymbosum (Arándano azul)* [Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote]. https://hdl.handle.net/20.500.13032/35441

Mishra, K., Ojha, H., & Chaudhury, N. (2012). Estimation of antiradical properties of antioxidants using DPPH assay: Critical review and results. *Food Chemistry*, *130*(4), 1036-1043. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.07.127

Nieto, R. (2021). *EFECTO ANALGÉSICO DEL EXTRACTO ETANÓLICO DE LAS HOJAS DE Annona muricata (guanábana) EN RATONES ALBINOS* [Universidad Privada Norbert Wiener]. https://repositorio.uwiener.edu.pe/entities/publication/aeb01283-1e5a-4859-a523-d7621234900f

Osorio, C., Acevedo, B., Hillebrand, S., Carriazo, J., Winterhalter, P., & Morales, A. (2010). Microencapsulation by Spray-Drying of Anthocyanin Pigments from Corozo (Bactris guineensis) Fruit. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *58*(11), 6977-6985. https://doi.org/10.1021/jf100536g

Ostrózka-Cieslik, A. (2022). The Potential of Pharmaceutical Hydrogels in the Formulation of Topical Administration Hormone Drugs. *Polymers*, *14*(16), 3307. https://doi.org/10.3390/polym14163307

Palomares, J. (2010). *Los frutos del bosque o pequeños frutos en la cornisa cantábrica: El arándano*.

Páscoa, R. N. M. J., Gomes, M. J., & Sousa, C. (2019). Antioxidant Activity of Blueberry (Vaccinium spp.) Cultivar Leaves: Differences Across the Vegetative Stage and the Application of Near Infrared Spectroscopy. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *24*(21), 3900. https://doi.org/10.3390/molecules24213900

Peanparkdee, M., Iwamoto, S., Borompichaichartkul, C., Duangmal, K., & Yamauchi, R. (2016). Microencapsulation of bioactive compounds from mulberry (Morus alba L.) leaf extracts by protein–polysaccharide interactions. *International Journal of Food Science and Technology*, *51*(3), 649-655. https://doi.org/10.1111/ijfs.13032

Pérez, H. (2006). Nutracéuticos: Componente emergente para el beneficio de la salud. *ICIDCA. Sobre los Derivados de la Caña de Azúcar*, *XL*(3), 20-28. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223120665003

Perez, V., D'Annunzio, V., Labonia, C., Rey Deutsch, A., & Gelpi, R. (2013). La tiorredoxina-1 no atenúa la disfunción ventricular postisquémica a pesar de disminuir el tamaño del infarto. *Revista Argentina de Cardiología*, *81*(3), 216-218. http://dx.doi.org/10.7775/rac.es.v81.i3.2616

Picazo, C., Padilla, A., McDonagh, B., Matallana, E., Bárcena, J., & Aranda, A. (2023). La regulación del metabolismo, la respuesta al estrés y la actividad de sod1 por las tiorredoxinas citosólicas en la levadura depende de la fase de crecimiento. *Avances en la investigación redox*, *9*, 100081. https://doi.org/10.1016/j.arres.2023.100081

Picco, A., Segale, L., Miletto, I., Pollastro, F., Aprile, S., Locatelli, M., Bari, E., Torre, M. L., & Giovannelli, L. (2023). Spray-Dried Powder Containing Cannabigerol: A New Extemporaneous Emulgel for Topical Administration. *Administration. Pharmaceutics*, *15*(12), 2747. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15122747

Pistia-Brueggeman, G., & Hollingsworth, R. I. (2001). A preparation and screening strategy for glycosidase inhibitors. *Tetrahedron*, *57*, 8773-8778. https://doi.org/10.1016/S0040-4020(01)00877-8

Pokorny, M., Sheley, R., Zabinski, C., Engel, R., Svejcar, T., & Borkowski, J. (2005). Plant Functional Group Diversity as a Mechanism for Invasion Resistance. *Restoration Ecology*, *13*(3), 448-459. https://digitalcommons.unl.edu/usdaarsfacpub/456/?utm_source=digitalcommons.unl.edu%2Fusdaarsfacpub%2F456&utm_medium=PDF&utm_campaign=PDFCoverPages

Poma, E., Requis, E., Gordillo, G., & Fuertes, C. (2011). ESTUDIO FITOQUÍMICO Y ACTIVIDAD ANTIINFLAMATORIA DE LA Annona muricata L. (GUANÁBANA) DE CUZCO. *Ciencia e Investigación*, *14*(2), 29-33. https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/ciencia/v14_n2/pdf/a06v14n2.pdf

Porta, J. (2022). *EXTRACCIÓN Y CUANTIFICACIÓN DE POLIFENOLES TOTALES DE LAS HOJAS DE GUANÁBANA (Annona muricata)* [UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7696/T010_70242732_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rasouli, H., Hosein, M., & Khodarahmi, R. (2017). Polyphenols and their benefits: A review. *International Journal of Food Properties*, 1700-1741. https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1354017

Reyes, M., Gómez-Sánchez, I., & Espinoza, C. (2017). *Tablas peruanas de compisición de los alimentos*.

Rieser, O. (1993). Palladium-Catalyzed, Enantioselective Allylic Substitutions. *Angewandte Chemie International Edition in English*, *32*(4), 547-549. https://doi.org/10.1002/anie.199305471

Ríos-Aguirre, S., & Gil-Garzón, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersión de compuestos bioactivos en diversas matrices: Una revisión. *TecnoLógicas*, *24*(51), 206-229. https://doi.org/10.22430/22565337.1836

Rosero, M. (2012). *DESARROLLO DE UNA JALEA DE GUANÁBANA (ANNONA MURICATA L.) CON POLIDEXTROSA* [UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO]. https://repositorio.unas.edu.pe/server/api/core/bitstreams/88ef85d3-0c81-42dd-b3de-23f53705ac80/content

Saavedra, J., & Távara, C. (2017). *MICROENCAPSULACIÓN Y SU EFECTO EN LA RETENCIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LA MASHUA (TROPAEOLUM TUBEROSUM) SECADA POR ATOMIZACIÓN-LAMBAYEQUE 2014.* [Universidad Señor de Sipán]. https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/4113/Saavedra%20-%20T%c3%a1vara.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Salazar-González, C., Vergara-Balderas, F. T., & Guerrero-Beltrán, J. A. (2009). *Evaluación de agentes antioxidantes de un extracto de flor de jamaica microencapsulado* [Universidad de las Américas Puebla]. https://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lia/salazar_g_c/

Schlie, M., Gonzalez, A., & Luna, L. (2009). Las acetogeninas de Annonaceae: Efecto antiproliferativo en líneas celulares neoplásicas. *Boletín Latinoamericano y del Caribe de Plantas Medicinales y Aromáticas*, *8*(4), 245-257.

Seclén, S., Baracco, R., & Mohanna, S. (2006). Antioxidantes en poblaciones adultas del nivel del mar y de grandes alturas: Actividad de la superóxido dismutasa. *Revista Medica Herediana*, *17*(1), 04-07. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1018-130X2006000100002&lng=es&tlng=es

Siccha, A., & Lock de Ugaz, O. (1995). *SECADO POR ATOMIZACIÓN (SPRAY DRYER).* *9*(1), 39-48. https://revistas.pucp.edu.pe/index.php/quimica/article/view/8354

Soler, A. (2009). *Estudio de la capacidad antioxidante y la biodisponibilidad de los compuestos fenólicos del aceite de oliva. Primeras etapas en el Desarrollo de un aceite de oliva functional.* [Universitat de Lleida]. https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/8394/Tasc1de1.pdf?sequence=1&isAll

Stefănescu, B.-E., Călinoiu, L. F., Ranga, F., Fetea, F., Mocan, A., Vodnar, D. C., & Crisan, G. (2020). The Chemical and Biological Profiles of Leaves from Commercial Blueberry Varieties. *Plants (Basel, Switzerland)*, *9*(9), 1193. https://doi.org/10.3390/plants9091193

Stoklosa, A., Lipasek, R., Taylor, L., & Mauer, L. (2012). Effects of storage conditions, formulation, and particle size on moisture sorption and flowability of powders: A study of deliquescent ingredient blends. *Food Research International*, *49*(2), 783-791. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.09.034

Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I., & Murphy, A. (2014). *Plant Physiology & Development* (6.ª ed.).

Taverna, M., Marie, A., Mira, J., & Guidet. (2013). Specific antioxidant properties of human serum albumin. *Annals of intensive care*, *3*(1), 4. https://doi.org/10.1186/2110-5820-3-4

Teixeira da Silva, P., Martins, L., Ragagnin de Menezes, C., Tasch Holkem, A., Schwan, C., Wigmann, E., de Oliveira, J., & de Bona da Silva, C. (2014). Microencapsulation: Concepts, mechanisms, methods and some applications in food technology. *Ciencia rural*, *44*(7), 1304-1311. http://dx.doi.org/10.1590/0103-8478cr20130971

Teixeira, J., Gaspar, A., Garrido, E., Garrido, J., & Borges, F. (2013). Hydroxycinnamic acid antioxidants: An electrochemical overview. *BioMed research international*, 251754. https://doi.org/10.1155/2013/251754

Valencia-Avilés, E., Ignacio-Figueroa, I., Sosa-Martínez, E., Bartolomé-Camacho, M., Martínez-Florez, H., & García-Pérez, M. (2017). Polifenoles: Propiedades antioxidantes y toxicológicas. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas*, *16*, 29. http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/29781

Vergara, A., Karín, P., Morales, C., Castro, O., Pizarro, P., & Díaz, J. (2018). OBTENCIÓN DE EXTRACTOS DE HOJAS DE Annona muricata L. (GUANÁBANA) INDUCIDOS POR SU EFECTO INHIBIDOR DE LA CORROSIÓN. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, *84*(1), 119-132. https://doi.org/10.37761/rsqp.v84i1.173

Vidal, L., Avello, M., Loyola, C., Campos, J., Aqueveque, P., Dungan, S., Galotto, M., & Guarda, A. (2013). Microencapsulation of maqui (Aristotelia chilensis Molina Stuntz) leaf extracts to preserve and control antioxidant properties. *Chilean journal of agricultural research*, *73*(1), 17-23. https://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392013000100003

Viña, S., & Ringuelet, J. (2013). *PRODUCTOS NATURALES VEGETALES*. http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27885

Vit, P., Santiago, B., & Perez, E. (2014). Composición química y actividad antioxidante de pulpa, hoja y semilla de guanábana Annona muricata L. Interciencia. *Interciencia*, *39*(5), 350-353. https://www.redalyc.org/pdf/339/33930879008.pdf

Vivanco, J., Cosio, E., Loyola, V., & Flores, H. (2005). *Mecanismos químicos de defensa en las plantas*. *341*, 68-75. https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/vivanco-et-al-2005.pdf

Williams, G., Stothart, C., Hahn, D., Stephens, J., Craig, J., & Hodson, E. (2023). Cranberries for preventing urinary tract infections. *The Cochrane database of systematic reviews*, *4*(4), CD001321. https://doi.org/10.1002/14651858.CD001321.pub6

Wu, F., Gu, Z.-M., Zeng, L., Zhao, G.-X., Zhang, Y., & McLaughlin, J. (1995). TWO NEW CYTOTOXIC MONOTETRAHYDROFURAN ANNONACEOUS ACETOGENINS, ANNOMURICINS A AND B, FROM THE LEAVES OF

ANNONA MURICATA. *Journal of natural products*, *58*(6), 830-836. https://doi.org/10.1021/np50120a002

Xu, Q., Li, B., Wang, D., Luo, L., Liu, G., & Zhou, Y. (2019). Microencapsulation and Stability Analysis of Blueberry Anthocyanins. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *252*(5), 052133. https://doi.org/10.1088/1755-1315/252/5/052133

Yiallouris, A., Stephanou, A., & Patrikios, I. (2015). Graviola: A systematic review on its anticancer properties. *American Journal of Cancer Prevention*, *3*(6), 128-131. https://doi.org/10.12691/ajcp-3-6-5

Zeng, L., Wu, F., Oberlies, N., McLaughlin, J., & Sastrodihadjo, S. (1996). Five new monotetrahydrofuran ring acetogenins from the leaves of Annona muricata. *Journal of Natural Products*, *59*(11), 1035-1042. https://doi.org/10.1021/np960447e

Zhang, Y.-J., Gan, R.-Y., Li, S., Zhou, Y., Li, A.-N., Xu, D.-P., & Li, H.-B. (2015). Antioxidant Phytochemicals for the Prevention and Treatment of Chronic Diseases. *Molecules (Basel, Switzerland)*, *20*(12), 21138-21156. https://doi.org/10.3390/molecules201219753

Zuhroh, N., Ningsih, Z., & Safitri, A. (2021). An Insight of Co-Encapsulation Nigella sativa and Cosmos caudatus Kunth Extracts as Anti-Inflammatory Agent Through In Silico Study. *Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi*, *24*(5), 152-160. https://doi.org/10.14710/jksa.24.5.152-160

VIII. ANEXOS

- Anexo 1. Análisis Químico Proximal de las hojas de guanábana

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL

Laboratorio de Análisis de Alimentos-LAA

INFORME DE ENSAYO N° 000043 - 2024

Cliente	:	Alejandro Gerónimo Jesús Tapia Ibargüen
Domicilio legal	:	Av. Manuel Vargas 146 - Rímac
Producto declarado	:	Hojas secas de guanábana molidas
Procedencia de la muestra	:	Muestra proporcionada por el cliente
Cantidad recibida	:	Una muestra con 44.62 g
Presentación	:	Bolsa cerrada
Orden de trabajo	:	OT-010-01
Fecha de recepción	:	2024-02-28
Fecha de análisis	:	Del 2024-02-28 al 2024-03-06

RESULTADOS:

Laboratorio de Fisicoquímica

Identificación	Ensayo	Unidad	Resultado
Hojas secas de guanábana molidas OT-010-01	1. Cenizas	g/100 g	9,06
	2. Grasa	g/100 g	4,43
	3. Proteínas	g/100 g N x 6,25	10,43
	4. Fibra cruda	g/100 g	19,75
	5. Carbohidratos	g/100 g	67,19
	Energía Total	kcal/100 g	351
	kcal Carbohidratos	kcal/100 g	269
	kcal Proteínas	kcal/100 g	42
	kcal Grasa	kcal/100 g	40

MÉTODOS:

1. AOAC 930.05. Chapter 3. 22nd, Edition 2023. Ash of plants.
2. AOAC 930.09. Chapter 3. 22nd, Edition 2023. Ether Extract of plants. Gravimetric method
3. AOAC 2001.11. Edition 2023. Protein (crude) in Animal feed, forage (plant tissue), grain, and oil seeds. Block Digestion method using copper catalyst and steam distillation into Boric acid.
4. AOCS-BA 684. 7ma Edition 2017 Crude Fiber in Oilseed By Products (Usando fibra cerámica)
5. MS-IIN Collazos 1993

OBSERVACIONES:

1. --- -

ADVERTENCIA:

1.- Está prohibida la reproducción del presente informe sin la autorización del IIN.
2.- Los resultados son válidos sólo para la muestra y cantidad recibida en el Laboratorio de Análisis de Alimentos.
3.-El laboratorio no se responsabiliza cuando la información es proporcionada por el cliente y pueda afectar la validez de los resultados.
4.- El presente informe No es un documento de Conformidad.

La Molina, 2024-03-08

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL

FLORES SALMON YHONY OMAR
INSTITUTO DE INVESTIGACION NUTRICIONAL
JEFE DE LABORATORIODEALIMENTOS
oflores@iin.sld.pe
Fecha: 12/03/2024 12:17
Firmado con www.tocapu.pe

www.iin.sld.pe Síguenos: 51 (1) 349 6023 Av. La Molina 1885, La Molina

LAB-F14, Versión 03, Fecha: 14-02-2023 Página **1** de **1**

- **Anexo 2. Análisis Químico Proximal de las hojas de arándano**

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL

Laboratorio de Análisis de Alimentos-LAA

INFORME DE ENSAYO N° 000044 - 2024

Cliente	:	Alejandro Gerónimo Jesús Tapia Ibargüen
Domicilio legal	:	Av. Manuel Vargas 146 - Rímac
Producto declarado	:	Hojas secas de arándano azul molidas
Procedencia de la muestra	:	Muestra proporcionada por el cliente
Cantidad recibida	:	Una muestra con 52.32 g
Presentación	:	Bolsa cerrada
Orden de trabajo	:	OT-010-02
Fecha de recepción	:	2024-02-28
Fecha de análisis	:	Del 2024-02-28 al 2024-03-06

RESULTADOS:

Laboratorio de Fisicoquímica

Identificación	Ensayo	Unidad	Resultado
Hojas secas de arándano azul molidas OT-010-02	1. Cenizas	g/100 g	8,35
	2. Grasa	g/100 g	4,38
	3. Proteínas	g/100 g N x 6,25	9,42
	4. Fibra cruda	g/100 g	16,44
	5. Carbohidratos	g/100 g	66,97
	Energía Total	kcal/100 g	345
	kcal Carbohidratos	kcal/100 g	268
	kcal Proteínas	kcal/100 g	38
	kcal Grasa	kcal/100 g	39

MÉTODOS:

1. AOAC 930.05. Chapter 3. 22nd Edition 2023. Ash of plants.
2. AOAC 930.09. Chapter 3. 22nd Edition 2023. Ether Extract of plants. Gravimetric method
3. AOAC 2001.11. Edition 2023. Protein (crude) in Animal feed, forage (plant tissue), grain, and oil seeds Block Digestion method using copper catalyst and steam distillation into Boric acid.
4. AOCS-BA 684. 7ma Edition 2017 Crude Fiber in Oilseed by Products (Usando fibra cerámica)
5. MS-IIN Collazos 1993

OBSERVACIONES:
1.- ----

ADVERTENCIA:
1.- Está prohibida la reproducción del presente informe sin la autorización del IIN.
2.- Los resultados son válidos sólo para la muestra y cantidad recibida en el Laboratorio de Análisis de Alimentos.
3.-El laboratorio no se responsabiliza cuando la información es proporcionada por el cliente y pueda afectar la validez de los resultados.
4.- El presente informe No es un documento de Conformidad.

La Molina, 2024-03-08

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN NUTRICIONAL
FLORES SALMON YHONY OMAR
INSTITUTO DE INVESTIGACION NUTRICIONAL
JEFE DE LABORATORIODEALIMENTOS
oflores@iin.sld.pe
Fecha: 12/03/2024 12:18
Firmado con www.tocapu.pe

- **Anexo 3. Protocolo de extracción**

- **Preparación del radical DPPH.** Se pesó 4 mg del radical DPPH en un matraz aforado previamente tarado y protegido contra la luz. Se disolvió en 100 mL de metanol al 70%. La solucion se colocó en una centrifuga durante 15 minutos con la finalidad de lograr una adecuada disolución, posteriormente se comprobó que esté a una absorbancia de 517nm.
- **Preparación del Trolox.** Se preparó una solución stock 1 mM disolviendo 2,503 mg de ácido 6-hidroxi-2,5,7,8- tetrametilcromo-2- carboxílico 97% (Trolox), en 10 mL de metanol, luego se prepararon diluciones con rangos de concentración entre 0,5 y 0,03 mM como, con el fin de realizar la curva de calibración. Como blanco de calibración del equipo se empleó metanol.
- **Preparación de la curva de calibración.** Para la determinación de la curva de calibración, se adiciono 2,9 mL de la solución de DPPH en una cubeta y se midió su absorbancia a 517 nm y luego se adicionó 1 mM, 0,5 mM, 0,25 mM, 0,125 mM y 0,1 mM de las diluciones de Trolox, se agitó vigorosamente y se mantuvo en la oscuridad por 30 minutos a temperatura ambiente, para después realizar la lectura en un espectrofotómetro a 517 nm.
- **Capacidad antioxidante.** Para la medición de la capacidad antioxidante del extracto microencapsulado de hojas de guanábana y arándano azul se procedió a diluir 4gr de las mezclas en 100 mL de agua destilada.

- **Anexo 4. Atomizador**

- **Anexo 5. Elaboración de los extractos**

- **Anexo 6. Extractos mezclados**

- **Anexo 7. Extractos reconstituidos**

- **Anexo 8. Extractos antes del filtrado**

- **Anexo 9. Centrífuga**

- **Anexo 10. Hojas secas de arándano azul**

- **Anexo 11. Hojas secas de guanábana**

- **Anexo 12. Secado de las hojas frescas**