UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Título de tesis

Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*)

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Gian Carlos Julcarima Osorio

Asesor:

Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias

Co-asesor:

Dr. Walter Javier Cuadrado Campó

Línea de investigación:

Diseño de Innovación de Productos Agroindustriales

TARMA - PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

Título de tesis

Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*)

Tesis

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial

Autor:

Gian Carlos Julcarima Osorio

Asesor:

Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias

Co-asesor:

Dr. Walter Javier Cuadrado Campó

Línea de investigación:

Diseño de Innovación de Productos Agroindustriales

TARMA - PERÚ

2025

ÍNDICE GENERAL

Caratula ……..…… i

Índice general …….…… iii

Índice de tablas ……...…… v

Índice de figuras ……. vi

Página de jurado ……. vii

Dedicatoria ……. viii

Agradecimientos …… ix

Presentación …… x

Resumen ……. xi

Abstract …….. xii

I.Introducción ……...…….. 1

1.1. Problema ……...…… 2

1.2. Hipótesis ……... 3

1.3. Objetivos ……... 4

II. Marco teórico ……... 4

2.1. Antecedentes ……. 4

2.2. Bases teóricas …… 8

2.2.1. Generalidades …….. 8

2.2.2. Beterraga ……. 10

2.2.3. Secado por aspersión …….. 15

2.3. Definición de términos básicos ……. 16

III. Marco metodológico …… 16

3.1. Tipo y nivel de investigación …… 16

3.1.1. Tipo de investigación …… 16

3.1.2. Nivel de investigación ……... 16

3.1.3. Método de investigación ……... 16

3.2. Diseño de investigación …… 17

3.3. Variables ……... 17

3.4. Operacionalización de variables ……... 17

3.5. Población, muestra y muestreo ……. 17

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 18

3.6.1. Equipos, materiales, instrumentos y reactivos …… 18

3.6.2. Métodos de análisis para la evaluación de las características físicas del encapsulado de residuos de betarraga …….. 20
3.6.3. Métodos de análisis para la evaluación de los compuestos biológicos de encapsulados de residuos de betarraga …… 22
3.6.4. Operaciones para obtener pectina a base de cascara de sandia con asistencia de microondas …….. 25
3.7. Tratamiento estadístico de datos o procesos de argumentación científica …… 26
IV. Resultados …… 26
4.1. Determinación del efecto de los parámetros de operación como temperatura y encapsulante en el rendimiento del encapsulado del residuo de beterraga …… 26
4.2. Caracterización física de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión ……... 28
4.3. Contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión ……... 32
a) Contenido de compuesto fenólico ……...……... 32
b) Contenido total de betalaínas ……. 33
V. Discusión ……. 35
5.1. Análisis del efecto de los parámetros de operación como temperatura y encapsulante en el rendimiento del encapsulado del residuo de beterraga …… 35
5.2. Caracterización física de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión ……... 36
5.3. Contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión ……... 38
VI. Conclusiones …… 40
VII.Recomendaciones……. 41
VIII. Referencias …… 42
Anexos …… 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Composición químico proximal de la betarraga	14
Tabla 2	Variables de estudio y su operacionalización	17
Tabla 3	Equipos utilizados para la obtención de encapsulados	18
Tabla 4	Rendimiento del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	26
Tabla 5	Resultados del Análisis de varianza de rendimiento del encapsulado de residuo de betarraga	27
Tabla 6	Porcentaje de humedad del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	28
Tabla 7	Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de humedad del encapsulado de residuo de betarraga	29
Tabla 8	Porcentaje de Higroscopocidad del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	29
Tabla 9	Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de Higroscopocidad del encapsulado de residuo de betarraga	30
Tabla 10	Porcentaje de solubilidad del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	31
Tabla 11	Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de solubilidad del encapsulado de residuo de betarraga	24
Tabla 12	Contenido de compuesto fenólico del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	32
Tabla 13	Resultados del Análisis de varianza del contenido fenólico del encapsulado de residuo de betarraga	33
Tabla 14	Contenido total de betalaínas del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga	34
Tabla 15	Resultados del Análisis de varianza del contenido total de betalaínas del encapsulado de residuo de betarraga	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Producción de residuos agroindustriales	9
Figura 2	Principales residuos agroindustriales	9
Figura 3	Características morfológicas de la betarraga roja	10
Figura 4	Principales zonas de producción de betarraga	11
Figura 5	Principales componentes presentes en la betarraga roja	12
Figura 6	Principales componentes encontrados en las hojas y tallos de beterraga	13
Figura 7	Estructuras químicas del ácido betalámico betaxantinas y betacianinas	14
Figura 8	Principales compuestos fenólicos	15
Figura 9	Esquema del diseño experiemntal factorial	18
Figura 10	Procedimiento para determinación de pH	21
Figura 11	Procedimiento para determinación de acidez	22
Figura 12	Procedimiento para determinación de humedad	23
Figura 13	Proceso de determinación de compuestos fenólicos	24
Figura 14	Proceso de determinación de betalaínas	25
Figura 15	Diagrama de flujo para obtener encapsulados de residuos de betarraga	26
Figura 16	Rendimiento de encapsulados del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	29
Figura 17	Humedad del polvo encapsulado del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	31
Figura 18	Higroscopocidad del polvo encapsulado del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	32
Figura 19	Solubilidad del polvo encapsulado del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	33
Figura 20	Contenido fenólico del encapsulado de residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	34
Figura 21	Contenido total de betalaínas del encapsulado de residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante	35

Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (Beta vulgaris)

por Gian Carlos Julcarima Osorio

Fecha de entrega: 17-nov-2025 04:43p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega: 2818701283
Nombre del archivo: INFORME_FINAL_DE_TESIS._GIAN.pdf (1.44M)
Total de palabras: 14812
Total de caracteres: 85123

Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (Beta vulgaris)

INFORME DE ORIGINALIDAD

25%	23%	11%	11%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.coursehero.com Fuente de Internet	2%
2	Submitted to Universidad Nacional San Agustin Trabajo del estudiante	2%
3	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
5	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	1%
6	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
7	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1%
8	repositorio.uncp.edu.pe Fuente de Internet	1%
9	repositorio.unaat.edu.pe Fuente de Internet	1%
10	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
11	doi.org Fuente de Internet	<1%
12	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1%
13	issuu.com Fuente de Internet	<1%
	dspace.unitru.edu.pe	

14	Fuente de Internet	<1 %
15	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
16	rinacional.tecnm.mx Fuente de Internet	<1 %
17	1library.co Fuente de Internet	<1 %
18	repositorio.unam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
19	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
20	revistascientificas.una.py Fuente de Internet	<1 %
21	apirepositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
22	www.degruyter.com Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
24	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	<1 %
25	etd.repository.ugm.ac.id Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	risisbi.uqroo.mx Fuente de Internet	<1 %
28	cicy.repositorioinstitucional.mx Fuente de Internet	<1 %
29	literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
30	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

31	Submitted to Universidad Nacional Agraria La Molina Trabajo del estudiante	<1 %
32	Yanzhe Yuan, Mai Nguyen, Yunen Zhang, Isaac Cheah. "The roles of Psychological distance and digital blockchain technology in mitigating consumer reluctance toward alternative proteins", Appetite, 2025 Publicación	<1 %
33	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
34	uptlax.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
35	eprints.uanl.mx Fuente de Internet	<1 %
36	revistas.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	Submitted to Universidad Nacional Abierta y a Distancia, UNAD,UNAD Trabajo del estudiante	<1 %
38	eprints.uklo.edu.mk Fuente de Internet	<1 %
39	files.core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Nacional Agraria de la Selva Trabajo del estudiante	<1 %
41	Submitted to Universidad Nacional Hermilio Valdizan Trabajo del estudiante	<1 %
42	repository.uaeh.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
43	Duenas Zurita, Julia Alicia. "Optimizacion de las condiciones de extraccion de compuestos fenolicos a partir de cascara de uva variedad quebranta (Ica, Peru) empleando tecnicas convencionales y extraccion asistida por	<1 %

ultrasonido", Pontificia Universidad Catolica del Peru - CENTRUM Catolica (Peru), 2021
Publicación

44	repositorio.unac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
45	roderic.uv.es Fuente de Internet	<1 %
46	Submitted to Universidad Privada Boliviana Trabajo del estudiante	<1 %
47	cdigital.uv.mx Fuente de Internet	<1 %
48	digitum.um.es Fuente de Internet	<1 %
49	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
50	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
51	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
52	sedici.unlp.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
53	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
54	repositorio.upa.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	catarina.udlap.mx Fuente de Internet	<1 %
56	repositorio.unat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
57	Submitted to Universidad Tecnica De Ambato-Direccion de Investigacion y Desarrollo , DIDE Trabajo del estudiante	<1 %
58	news.un.org Fuente de Internet	<1 %
59	www.diariousach.cl Fuente de Internet	<1 %

60	Submitted to Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López Trabajo del estudiante	<1 %
61	Submitted to Universidad Abierta para Adultos Trabajo del estudiante	<1 %
62	Submitted to Universidad Central del Este Trabajo del estudiante	<1 %
63	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
64	Submitted to Universidad Tecnologica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
65	link.springer.com Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	Submitted to Aristotle University of Thessaloniki Trabajo del estudiante	<1 %
68	Submitted to Universidad Autónoma de Ciudad Juárez Trabajo del estudiante	<1 %
69	Submitted to Universidad de Costa Rica Trabajo del estudiante	<1 %
70	fgcsic.es Fuente de Internet	<1 %
71	repositorio.uft.edu.br Fuente de Internet	<1 %
72	repositorio.uladech.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
73	revistas.uncp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
74	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
75	Hernandez De Los Rios, Anne Karina. "Gestión de calidad según liderazgo y la motivación de	<1 %

	los docentes en las micro y pequeñas empresas de los centros de educación inicial, distrito de Chimbote, 2018", Universidad Católica los Ángeles de Chimbote (Peru) Publicación	
76	Janaina Sánchez García. "Desarrollo y caracterización de nuevas harinas de lenteja y quinoa fermentadas con Pleurotus ostreatus", Universitat Politecnica de Valencia, 2023 Publicación	<1 %
77	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
78	repositorio.unapiquitos.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
79	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
80	David Asmat-Campos, Meliza Lindsay Rojas, Alberto Claudio Miano, Melina L.M. Cruzado-Bravo et al. "Biosynthesized metal nanoparticles from agro-industrial byproducts applied in the functionalization of bioplastics for use in the blueberry packaging", Composites Part B: Engineering, 2025 Publicación	<1 %
81	doczz.fr Fuente de Internet	<1 %
82	intellectum.unisabana.edu.co Fuente de Internet	<1 %
83	repositorio.tec.mx Fuente de Internet	<1 %
84	repositorio.upao.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
85	repositorio.utn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
86	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
	uvadoc.uva.es	

87	Fuente de Internet	<1 %
88	dgsa.uaeh.edu.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
89	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
90	repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080 Fuente de Internet	<1 %
91	repositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	repositorioinstitucional.buap.mx Fuente de Internet	<1 %
93	repositorioinstitucional.uaslp.mx Fuente de Internet	<1 %
94	sired.udenar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
95	web.www3.unicordoba.edu.co Fuente de Internet	<1 %
96	www.ipcc-nggip.iges.or.jp Fuente de Internet	<1 %
97	"FAO Yearbook. Fishery and Aquaculture Statistics 2019/FAO annuaire. Statistiques des pêches et de l'aquaculture 2019/FAO anuario. Estadísticas de pesca y acuicultura 2019", Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021 Publicación	<1 %
98	Elena Díez Sánchez. "Aprovechamiento de subproductos de zumos de frutos rojos para el diseño de alimentos", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
99	Evelyn-Pamela García-Vera, Manuel Rodrigo Romero-Almeida, Cristian Moreno, María de los Ángeles Robles-Cumbe. "Economía circular con el aprovechamiento de las cáscaras de camarón, como innovación culinaria sostenible", Prohominum, 2025 Publicación	<1 %

100	M Monteforte. "Spatfall of pearl oyster, Pteria sterna (Gould), on experimental collectors at Bahía de La Paz, South Baja California, Mexico", Aquaculture Research, 7/1995 Publicación	<1 %
101	Mohammad Kamruzzaman, Debu Kumar Bhattacharjya, Edris Alam, Md. Rezwanul Karim et al. "Thermochemical and physical characterization of agricultural biomass for sustainable energy in Bangladesh", Energy Reports, 2024 Publicación	<1 %
102	baixardoc.com Fuente de Internet	<1 %
103	documentop.com Fuente de Internet	<1 %
104	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
105	ojs.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
106	repositorio.uiix.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
107	repositorio.unia.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
108	repositorio.unjfsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
109	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
110	revistabiociencias.uan.edu.mx Fuente de Internet	<1 %
111	www.jove.com Fuente de Internet	<1 %
112	www.revistaalfa.org Fuente de Internet	<1 %
113	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %

114	"Proceedings of the 4th Biotechnology World Symposium", Mexican Journal of Biotechnology, 2024 Publicación	<1 %
115	William Senior, Mairin Lemus, Nieves González, Manuel Rey-Méndez, Cesar Lodeiros. "VII FORO IBEROAMERICANO DE LOS RECURSOS MARINOS Y LA ACUICULTURA", Open Science Framework, 2016 Publicación	<1 %
116	agrifoodscience.com Fuente de Internet	<1 %
117	revistas.itm.edu.co Fuente de Internet	<1 %
118	"Circular Bioeconomy Perspectives in Sustainable Bioenergy Production", Springer Science and Business Media LLC, 2024 Publicación	<1 %
119	Leidy Indira Hinestroza Còrdoba. "Aplicación de tecnologías sostenibles para el desarrollo de alimentos nutritivos y saludables dirigidos a mejorar el estado nutricional de la población del departamento del Chocó (Colombia)", Universitat Politecnica de Valencia, 2021 Publicación	<1 %
120	M. Lera, J.F. Ferrer, L. Borrás, N. Martí, J. Serralta, A. Seco. "Mesophilic anaerobic digestion of mixed sludge in CSTR and AnMBR systems: A perspective on microplastics fate", Journal of Environmental Management, 2025 Publicación	<1 %
121	Shumaila Ijaz, Javed Iqbal, Banzeer Ahsan Abbasi, Zakir Ullah et al. "Chapter 9 Bioactive Phytochemicals from Beetroot (Beta vulgaris) By-Products", Springer Science and Business Media LLC, 2025 Publicación	<1 %
122	www.clubensayos.com Fuente de Internet	

<1 %

123 Ziyi Fan, Zhipeng Gao, Yanjiao Fu, Yanfang Liao et al. "Unlocking the Potential of Fruit and Vegetable Waste: Sustainable Biomanufacturing Strategies for Synergistic Nutrient Recovery and High-Value Bioproduct Synthesis", Trends in Food Science & Technology, 2025 <1 %

Publicación

Excluir citas	Activo	Excluir coincidencias	Apagado
Excluir bibliografía	Activo		

A mis queridos padres, que, con amor incondicional, sacrificio y apoyo constante han sido mi cimiento y mi motivación para alcanzar esta meta. Dedico esta tesis, como un pequeño reflejo de todas sus enseñanzas vertidas. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, por su aliento en cada obstáculo y por ser mi ejemplo de lucha y dedicación.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, doy gracias a Dios, por ser mi guía y fortaleza durante todo este proceso. Su infinita sabiduría y amor me dieron la paciencia y perseverancia necesarias para culminar este proyecto, incluso en los momentos más desafiantes.

A mis padres y familiares, expreso mi más profundo agradecimiento por su apoyo incondicional, por sus palabras de aliento y por los sacrificios que hicieron para que yo llegara hasta aquí. Este logro es también el fruto de su esfuerzo y amor.

A mi asesor de tesis, Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias, por su invaluable orientación, paciencia y conocimientos compartidos durante esta investigación. Sus críticas constructivas y consejos fueron fundamentales para el desarrollo y perfeccionamiento de este trabajo.

A mis docentes y profesores, quienes, a lo largo de mi formación académica, sembraron en mí la pasión por el conocimiento y me brindaron las herramientas necesarias para enfrentar este desafío.

A la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, por brindarme una educación de calidad, espacios de crecimiento y las oportunidades que me permitieron alcanzar esta meta.

Finalmente, a todas mis amistades que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de esta investigación, mi sincero agradecimiento. Cada consejo, palabra de ánimo y ayuda recibida hizo posible que hoy este sueño se convierta en realidad.

PRESENTACIÓN

La industria alimentaria genera grandes cantidades de residuos agroindustriales, muchos de los cuales contienen compuestos bioactivos con propiedades antioxidantes, antimicrobianas y antiinflamatorias (Gómez-Maqueo et al., 2020). En particular, la betarraga (*Beta vulgaris*) es un cultivo ampliamente utilizado cuyo procesamiento genera subproductos (hojas, tallos y pulpa residual) ricos en betalaínas, flavonoides y polifenoles (Chhikara et al., 2019). Sin embargo, estos compuestos son sensibles a factores como la luz, el oxígeno y la temperatura, limitando su aplicación directa en alimentos funcionales (Wang et al., 2020).

El aprovechamiento de residuos de betarraga mediante técnicas de encapsulación, como el secado por aspersión, representa una estrategia sostenible para reducir el desperdicio alimentario y agregar valor a subproductos agroindustriales (Gómez-Maqueo et al., 2020). Además, la encapsulación protege los compuestos bioactivos, mejora su estabilidad y permite su incorporación en matrices alimentarias sin perder funcionalidad (Saénz et al., 2022). Esta investigación contribuye a la economía circular y al desarrollo de ingredientes innovadores para la industria alimentaria y nutracéutica.

Este estudio busca caracterizar los compuestos bioactivos presentes en residuos de betarraga, identificando su perfil fenólico y capacidad antioxidante. Así mismo, los resultados de esta tesis proporcionarán información valiosa para el diseño de ingredientes funcionales a partir de subproductos agrícolas, alineándose con los Objetivos de Desarrollo Sostenible - ODS (ONU, 2021) relacionados con la producción y consumo responsables (ODS 12).

RESUMEN

El procesamiento de la betarraga genera residuos ricos en compuestos bioactivos inestables, cuya degradación limita su aprovechamiento, requiriendo técnicas de encapsulación para preservar sus propiedades y valor funcional. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar las características físicas y compuestos bioactivos de encapsulados obtenidos mediante secado por aspersión a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*), con el fin de valorizar estos subproductos agroindustriales como fuente de compuestos bioactivos (fenólicos y betalaínas) y contribuir a la economía circular. El principal objetivo fue evaluar el efecto de parámetros de operación (temperatura: 130°C y 140°C; concentración de encapsulante: 15% y 20% de maltodextrina) sobre el rendimiento, características físicas (humedad, higroscopocidad, solubilidad) y retención de compuestos bioactivos. Mediante un diseño experimental factorial, se procesaron los datos obtenidos del estudio, analizándose las variables, con un nivel de significancia de $\alpha = 0,05$. Los resultados mostraron que la combinación ideal fue 130°C con 20% de encapsulante, logrando: un rendimiento de encapsulado del 15,71%, humedad de 6,88%, baja higroscopocidad (6,42%), alta solubilidad (82,58%), y máxima retención de compuestos fenólicos (1061,33 mg GAE/100g) y betalaínas (6,00 mg/100g). Las características físicas obtenidas (baja humedad e higroscopocidad, y alta solubilidad) respaldan el potencial de estos encapsulados como ingredientes funcionales en la industria alimentaria. Se concluye que el secado por aspersión es una técnica viable para la valorización de residuos de betarraga, al transformar desechos en productos de alto valor agregado con aplicaciones en alimentos funcionales, colorantes naturales o nutracéuticos. Futuras investigaciones podrían explorar escalamiento industrial, estabilidad en almacenamiento y biodisponibilidad de los compuestos encapsulados.

Palabras clave: Encapsulación, secado por aspersión, compuestos bioactivos, y residuos de betarraga.

ABSTRACT

Beet processing generates waste rich in unstable bioactive compounds, whose degradation limits their use, requiring encapsulation techniques to preserve their properties and functional value. The objective of this study was to evaluate the physical characteristics and bioactive compounds of encapsulates obtained by spray drying from beet (Beta vulgaris) waste, in order to valorize these agro-industrial by-products as a source of bioactive compounds (phenolics and betalains) and contribute to the circular economy. The main objective was to evaluate the effect of operating parameters (temperature: 130°C and 140°C; encapsulant concentration: 15% and 20% maltodextrin) on yield, physical characteristics (moisture, hygroscopicity, solubility), and retention of bioactive compounds. Using a factorial experimental design, the waste was processed by spray drying, and the variables were analyzed using standardized techniques and a significance level of 0,05 (α=0,05) in the ANOVA. The results showed that the ideal combination was 130°C with 20% encapsulant, achieving: an encapsulation yield of 15,71%, moisture content of 6,88%, low hygroscopicity (6,42%), high solubility (82,58%), and maximum retention of phenolic compounds (1061,33 mg GAE/100g) and betalains (6,00 mg/100g). The physical characteristics obtained (low moisture and hygroscopicity, and high solubility) support the potential of these encapsulates as functional ingredients in the food industry. It is concluded that spray drying is a viable technique for the valorization of beet waste, transforming waste into high value-added products with applications in functional foods, natural colorants, or nutraceuticals. Future research could explore industrial scaling, storage stability, and bioavailability of the encapsulated compounds.

Keywords: Encapsulation, spray drying, bioactive compounds, and beetroot residues

I.INTRODUCCIÓN

La paradoja de la seguridad alimentaria moderna reside en la generación masiva de residuos agroindustriales, los cuales, lejos de ser simples desechos, constituyen una fuente invaluable de compuestos bioactivos con potencial nutracéutico. Se estima que, a nivel global, aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos para el consumo humano se pierde o desperdicia, representando no solo un grave problema económico y ambiental, sino también una oportunidad desaprovechada para la extracción de valor añadido (FAO, 2011). En este contexto, los subproductos de la betarraga o remolacha (*Beta vulgaris*), predominantemente generados durante el procesamiento para la obtención de jugo, emergen como un recurso particularmente prometedor por su alta concentración de betalaínas, pigmentos hidrosolubles con reconocida actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena (Esquivel et al., 2022).

La Betarraga *(Beta vulgaris)* es un cultivo de importancia global, valorado tanto por su raíz azucarera como por su consumo directo. Sin embargo, su industrialización genera grandes volúmenes de residuos (cáscaras), que típicamente se destinan a alimentación animal o se desechan, contribuyendo a la contaminación ambiental (Wruss et al., 2015). Estos residuos son ricos en betalaínas, compuestos fenólicos y fibras dietéticas. Particularmente, las betalaínas son moléculas termolábiles y sensibles a la luz, el pH y el oxígeno, limitando severamente su aplicación directa como aditivos naturales en matrices alimentarias y reduce su biodisponibilidad (Rodríguez et al., 2016). Para superar estas limitaciones, la tecnología de encapsulación mediante secado por aspersión es una estrategia fundamental. Esta técnica permite transformar un extracto líquido en un polvo seco y estable, atrapando los compuestos bioactivos dentro de una matriz de un material de pared (maltodextrina, goma arábiga o almidones), protegiéndolos de factores degradantes, facilitando su manejo y almacenamiento (Nedović et al., 2011). La caracterización exhaustiva de estos encapsulados es crucial para evaluar la eficiencia del proceso, su estabilidad y su potencial aplicación industrial.

Esta investigación abordó una metodología experimental, en donde se procedió a la encapsulación de los extractos de residuos mediante secado por aspersión, empleando diferentes combinaciones de materiales de pared (maltodextrina) y parámetros de proceso (temperatura de entrada y flujo de alimentación). Los encapsulados obtenidos fueron caracterizados en términos de su rendimiento, higroscopicidad y solubilidad (Tonon et al., 2008).

La presente tesis se estructura en los siguientes capítulos fundamentales. Capítulo I: Introducción: establece el problema de investigación, el objetivo general y específicos, y la justificación e importancia del estudio. El Capítulo II: Marco Teórico profundiza el estado del arte, revisando la composición de la betarraga y sus residuos, los fundamentos de las técnicas de extracción de compuestos bioactivos y los principios de la encapsulación por secado por aspersión. El Capítulo III: Marco Metodológico: detalla exhaustivamente los materiales, reactivos, equipos y los protocolos metodológicos específicos para cada etapa experimental, garantizando la replicabilidad del estudio. El Capítulo IV: Resultados: presenta los hallazgos de manera ordenada y objetiva, utilizando tablas y figuras. Capitulo V Discusión: En este apartado se contrasto los resultados con la literatura científica existente para interpretar su significado e implicancias. Finalmente, el Capítulo VI Conclusiones: sintetiza las contribuciones más relevantes del trabajo, responderá a los objetivos planteados.

1.1. Problema

A nivel mundial, el sector agroindustrial enfrenta el crítico desafío de la generación de residuos orgánicos. La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) estima que aproximadamente un tercio de todos los alimentos producidos para el consumo humano, equivalente a 1300 millones de toneladas anuales, se desperdicia. Estos residuos no solo representan una ineficiencia en la cadena productiva y una pérdida económica, sino también un significativo impacto ambiental debido a su disposición final en rellenos sanitarios. Según el informe elaborado por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - PNUMA, se estima que a nivel mundial se desperdician 1 050 millones de toneladas de alimentos, principalmente frutas y hortalizas; de los cuales, 121,8 millones de toneladas corresponden a América Latina y el Caribe (PNUMA, 2024). En el contexto del Perú, un país destacado por su importante en la producción agroindustrial, cada año se generan una gran cantidad de residuos, siendo los más abundantes, residuos de frutas, hortalizas y tubérculos.

Los residuos agroindustriales son un tipo de biomasa (cáscaras, tallos, semillas), generadas durante la producción, comercialización e industrialización productos agroindustriales (Singh et al., 2021). La deficiencia de aprovechamiento

de estos residuos está generando daños ambientales, económicos y sociales; además, la huella de carbono de estos residuos es significativa, con una acumulación anual de 3 300 millones de toneladas de CO_2 en la atmósfera, poniendo en riesgos nuestro planeta (Capanoglu et al., 2022; Prado-Acebo et al., 2024). No obstante, gran parte de estos residuos presentan potencial para su aprovechamiento, ya que son fuentes de proteínas, fibra, compuestos bioactivos y minerales.

La betarraga, es una hortaliza de amplio consumo en Perú. En 2022, la producción nacional fue de 45 010 toneladas, mientras la producción en Junín y Tarma fueron de 1 478 y 1 044 toneladas, respectivamente (INEI, 2023). Los bulbos de betarraga son utilizados principalmente en la gastronomía, preparación de jugos, extractos y en la elaboración de diversas bebidas, así como en la obtención de colorante natural. Sin embargo, las cáscaras que representan el 40% del total de la planta, terminan siendo desechadas, principalmente debido al desconocimiento de su valor nutricional y bioactivo (Camelo et al., 2024; Goyeneche et al., 2020). Los residuos de las hortalizas contribuyen a la contaminación ambiental durante su descomposición, favorecen la proliferación de insectos y roedores (Saini et al., 2019).

El fenómeno central de esta investigación reside en el alto valor potencial y el bajo aprovechamiento real de los residuos agroindustriales. Teóricamente, los subproductos de la betarraga contienen una alta concentración de compuestos bioactivos, entre los que destacan las betalaínas (betacianinas y betaxantinas), pigmentos hidrosolubles con reconocida actividad antioxidante, antiinflamatoria y anticancerígena (Azeredo, 2009; Ravichandran et al., 2013). No obstante, estos compuestos son inherentemente inestables; su biodisponibilidad y actividad funcional son afectados por factores ambientales como la temperatura, la luz, el pH y el oxígeno durante el procesamiento y almacenamiento. La tecnología de encapsulación por secado por aspersión emerge como una solución teórica a este problema. Este proceso consiste en la atomización de una mezcla líquida en una cámara caliente, resultando encapsulados. La teoría postula que esta técnica puede aislar el núcleo bioactivo del ambiente externo, mejorar su estabilidad, enmascarar sabores indeseables y facilitar su manipulación, permitiendo así transformar un residuo perecedero en un ingrediente estable y de alto valor agregado (Jafari et al., 2008).

Por ello es importante la valorización de los residuos de betarraga, adoptando un enfoque de economía circular, debido a que se han identificado compuestos fenólicos (ácido ferúlico, la vitexina y el sinapaldehído) con potencial para su incorporación en alimentos funcionales (Battistella Lasta et al., 2019). Además, la valorización de estos residuos contribuye a alcanzar los Objetivos 12 y 13 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Producción y Consumo Responsables y Acción por el Clima).

1.2. Hipótesis

1.2.1. Hipótesis general

El proceso de secado por aspersión en residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) permite obtener encapsulados con características físicas estables y una retención significativa de sus compuestos bioactivos.

1.2.2. Hipótesis específicas

H.E.1. Los parámetros de operación del secado por aspersión, específicamente la temperatura de entrada del aire y la concentración del agente encapsulante, tienen un efecto significativo y combinado en el rendimiento del encapsulado de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*).

H.E.2. Los encapsulados de residuos de betarraga obtenidos mediante secado por aspersión presentan características físicas estables como baja higroscopicidad y alta solubilidad, proporcionando estabilidad al producto final.

H.E.3. El proceso de secado por aspersión permite obtener un polvo a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) con un contenido significativo de compuestos fenólicos y betalainas.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Evaluar las características físicas y compuestos bioactivos de encapsulados de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) obtenido mediante secado por aspersión.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de los parámetros de operación como temperatura y encapsulante en el rendimiento del encapsulado del residuo de beterraga.
- Analizar las características físicas de encapsulados de residuos betarraga obtenido mediante secado por aspersión.
- Determinar el contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

De Oliveira et al. (2023) desarrollaron una investigación con el objetivo de caracterizar fisicoquímicamente las raíces, tallos y hojas de la betarraga y evaluar sus efectos sobre el crecimiento y la actividad metabólica de diferentes lactobacilos probióticos. Para esta investigación se utilizaron 3,5 kg de hojas/tallos de betarraga; la metodología incluyó la congelación (-18 °C) de hojas y tallos de betarraga, seguida de liofilización a -55 °C, molienda, tamizado, envasado y almacenamiento a 4 °C para su posterior análisis. Los resultados indicaron que las hojas y tallos de betarraga presentan altos contenidos de fibra soluble (11,10 g/100 g), betalaínas (3,36 g/100 g) y una variedad de compuestos fenólicos, además de mostrar efectos estimulantes y protectores sobre cepas probióticas.

Rodríguez y Rojas (2022) realizaron un estudio enfocado en evaluar el valor nutricional de hojas y tallos de apio, betarraga y brócoli provenientes del mercado mayorista Lo Valledor. Para este estudio emplearon 3 hojas y 3

tallos de cada uno de estos vegetales. La metodología de la investigación incluyó la recolección de las muestras, su desinfección y posterior recorte antes de ser analizadas. Los resultados indicaron que las hojas de betarraga presentaron mayor contenido de proteínas (2,6 g), mientras que las hojas de brócoli destacan por su contenido de fibra dietética (10,4 g). En conclusión, los resultados subrayan el potencial proteico de los residuos de betarraga y coadyuvan al objetivo específico dos de la investigación.

Nutter et al. (2021), quienes, en su investigación buscaron optimizar la extracción de compuestos bioactivos de betarraga mediante la extracción asistida por ultrasonido; para su estudio, utilizaron hojas de betarraga. Se aplicó un diseño Box-Behnken a las variables de estudio como potencia, temperatura y relación liquido-solido (RLS). Los resultados indicaron que, a 90 W, RLS de 1:20, tiempo de extracción de 16 min, se lograron extraer 14,9 mg/g de polifenoles, 949,1 μg/g de betaxantinas y 562,2 μg/ g de betacianinas. En base a los resultados, la investigación concluyó que las hojas de betarraga tienen potencial para convertirse en bioproductos de alto valor.

Goyeneche et al. (2020), en su investigación se propusieron obtener extractos ricos en compuestos fenólicos de hojas de remolacha mediante extracción con CO_2 supercrítico. Para el estudio se utilizaron hojas de betarraga, que posteriormente fueron liofilizadas, molidas y almacenadas. Se aplicó un DCA a las variables de estudio como temperatura de extracción y presión. Los resultados indicaron que, bajo condiciones de 35 °C y 400 bar, se lograron valores de fenólicos totales de 3370,8 μg GAE/g y una capacidad antioxidante de 1454,0 μg TE/g.

Battistella et al. (2019) llevaron a cabo una investigación donde buscaron evaluar los compuestos bioactivos de residuos de remolacha mediante extracción líquida presurizada (PLE), para este estudio emplearon hojas y tallos de betarraga, los cuales se secaron en una estufa de circulación de aire forzado a 45 °C durante 10 h y 24 h respectivamente, luego se molieron en un molino a un diámetro de partícula de 0,258 mm y 0,267 mm. Los

resultados mostraron que la PLE fue eficiente para la extracción de compuestos bioactivos, identificando 33 compuestos fenólicos en las hojas y 24 en los tallos de remolacha concluyendo que compuestos fenólicos de residuos de remolacha presentan alto potencial biológico para la incorporación en productos nutracéuticos. Este estudio está vinculado con el objetivo específico tres de la presente investigación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Loyola (2023) desarrolló una investigación en donde se propuso evaluar los compuestos fenólicos, actividad antioxidante y minerales de las hojas de betarraga. La metodología utilizada en esta investigación incluyó el secado bajo sombra (21 días), molienda, tamizado, disolución 1:12 con alcohol etílico y maceración (15 días). Los resultados mostraron que las hojas de betarraga contenían 1001,4 de ug EAG/g de polifenoles totales, una actividad antioxidante de 0,067 mM de trolox y niveles significativos de minerales. La investigación concluyó que el extracto etanólico de las hojas de betarraga tiene un gran potencial para su aprovechamiento.

Sanchez y Uculmana (2022) en su investigación desarrollada, se plantearon evaluar la influencia del escaldado y secado convectivo sobre el contenido proteico de las hojas de remolacha para su incorporación en galletas, para este estudio se emplearon 3,6 kg de hojas de betarraga. Se aplicó un diseño factorial completo a las variables de estudió como temperatura de secado y concentración de NaCl. Entre los resultados se obtuvo, que a una temperatura de 60 °C y una concentración de 3% NaCl se logró una mejor conservación de las proteínas (30,14%), permitiendo su incorporación en la elaboración galletas en una concentración del 20%. Se concluyó que el secado convectivo y escaldado contribuyen en la conservación de las proteínas.

Espinoza y Ricanqui (2022) en su investigación desarrollada, se plantearon obtener nanoencapsulas de polifenoles residuos de beterraga asistidos por ultrasonido. Para este estudio se utilizaron hojas de la beterraga, se aplicó un diseño de compuesto central a las variables de estudio como tiempo de

extracción y % metanol, mientras que para encapsulación se aplicó diseño factorial fraccionado para optimizar el tiempo de sonicación, pH y % de tripolifosfato y quitosano. Los resultados indicaron que las variables óptimas para extracción se compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron 44,81 min y 74,75% de metanol, obteniendo 319,36 mg EAG y 630,331 mM TE por cada 100 g de muestra; por su parte, se logró la máxima eficiencia de encapsulación a los 0,0031 min, 3,004 de pH y con 0,136 % y 0,2% de quitosano y tripolifosfato respectivamente. La investigación concluye que las nanocapsulas tienen propiedades funcionales para su valorización.

Chuqui y Paucar (2021) realización una investigación, buscando evaluar las características fisicoquímicas, reológicas y funcionales y de la harina de residuos de maracuyá, para este estudio se emplearon cascaras de maracuyá; la metodología utilizada fue escaldo por 4 min, secado a 70 °C, molienda y tamizado. Los resultados indicaron que la harina de cascara de maracuyá presento 5,14 % de proteína, 63,88%. fibra dietética total, 504,7 mg GAE/100g de polifenoles, 1520,4 µmol ET/100g actividad antioxidante y capacidad de retención de agua de 12,93 ml agua retenida/g. En la que concluyeron que los residuos agroindustriales pueden ser utilizados como ingredientes o sustitutos alimentarios, resaltando la importancia de caracterizarlos.

2.2. Bases teóricas

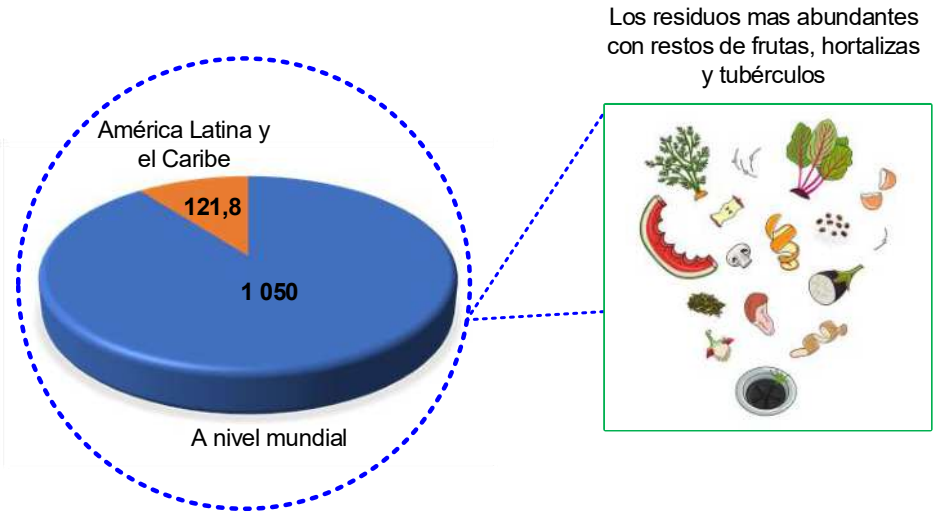
2.2.1. Generalidades

Al año 2050, se estima que la población mundial alcance los 9 700 millones de habitantes; este crecimiento continuo poblacional ha generado un aumento de la demanda de alimentos; en consecuencia, una mayor producción de residuos agroindustriales (Sosa et al., 2023).

En la Figura 1, se observa la producción de residuos agroindustriales más abundantes generados a nivel mundial (1 050 millones de toneladas), y a nivel de América Latina y el Caribe (121,8 millones de toneladas).

Figura 1

Producción de residuos agroindustriales

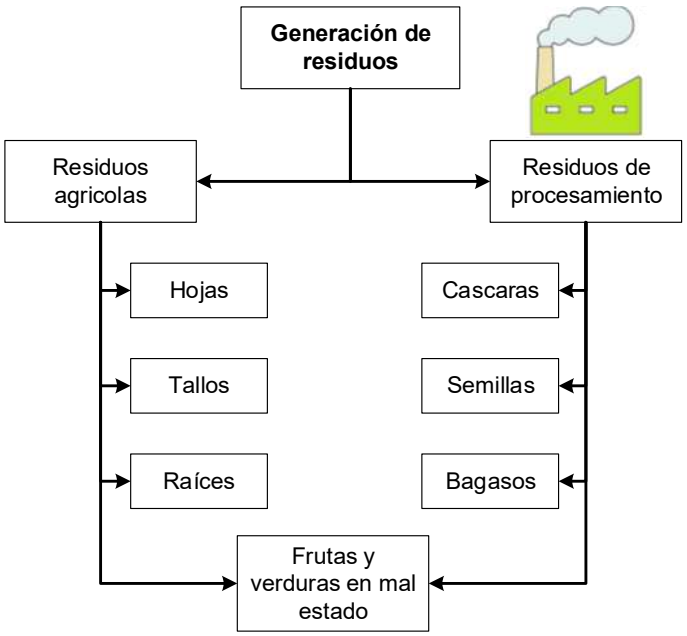


Nota: La figura muestra la producción de residuos agroindustriales en millones de toneladas durante el 2023; PNUMA (2024).

Estos residuos son generados a lo largo de la cadena productiva como cosecha, poscosecha, distribución minorista y procesamiento (Ragoubi et al., 2024); estos residuos no solo generan altos costos sino también contribuyen a la degradación ambiental (Chauhan et al., 2021).

Figura 2

Principales residuos agroindustriales



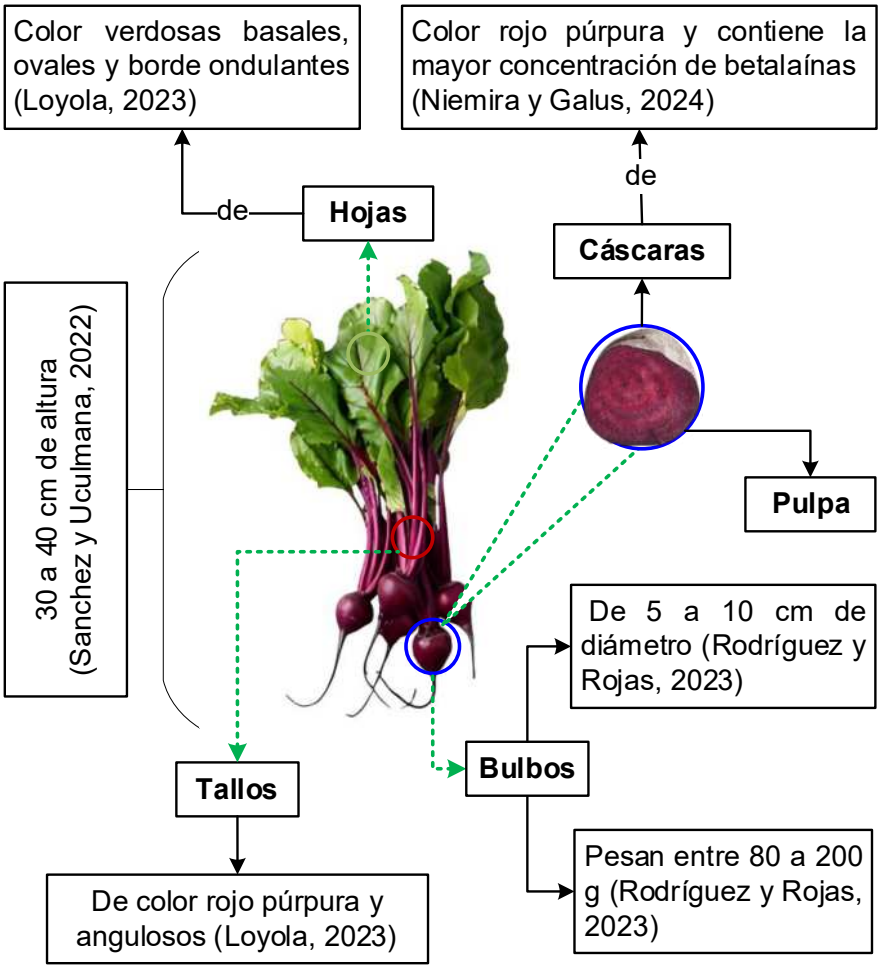
Nota: En la figura 2 se muestra los principales residuos agroindustriales producidos durante la cosecha y el procesamiento; adaptado de Šelo et al. (2021).

Dentro de estos residuos se encuentran las hojas y tallos betarraga los cuales normalmente terminan siendo desechadas, principalmente debido al desconocimiento de su valor nutricional y bioactivo (Camelo et al., 2024).

2.2.2. Beterraga

Figura 3

Características morfológicas de la betarraga roja.



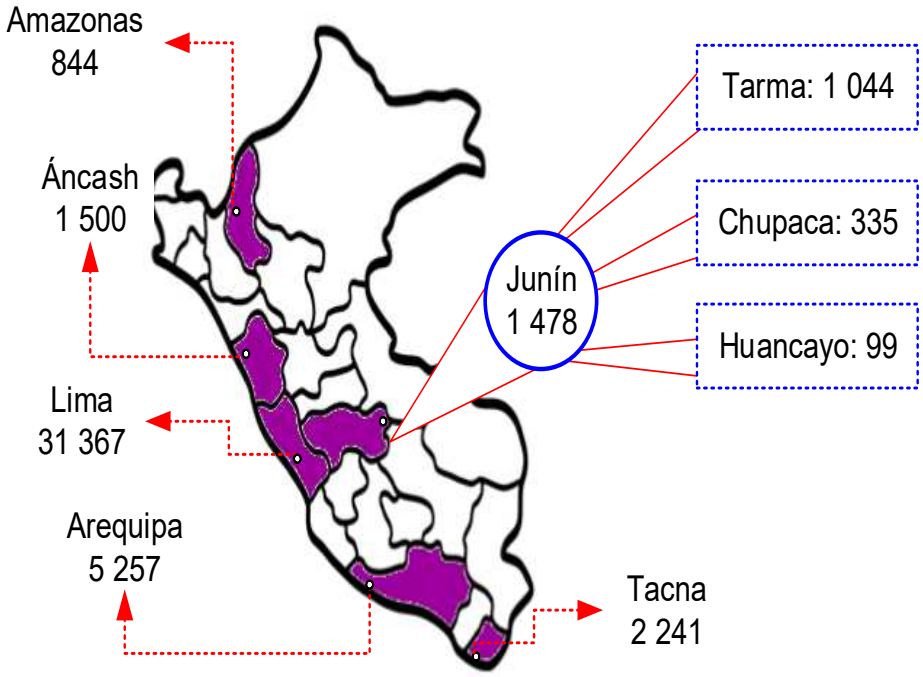
Nota: La figura 3 detalla las características morfológicas de la betarraga.

Producción de betarraga

La betarraga es cultivada principalmente en climas templados (Sentkowska y Pyrzyńska, 2023), registrando una producción a nivel mundial de 42 millones de toneladas en el 2021 (Abdo et al., 2023). En 2022, el Perú reportó una producción anual de 45,010 toneladas de betarraga, en la figura 4, se visualiza que Junín registró una producción de 1,478 toneladas (INEI, 2023).

Figura 4

Principales zonas de producción de betarraga



Nota. La figura 4 muestra los departamentos más destacados en la producción de betarraga, así como las provincias de Junín con mayor producción en el 2022, expresada en toneladas; adaptado del INEI (2023).

Principales usos de la betarraga

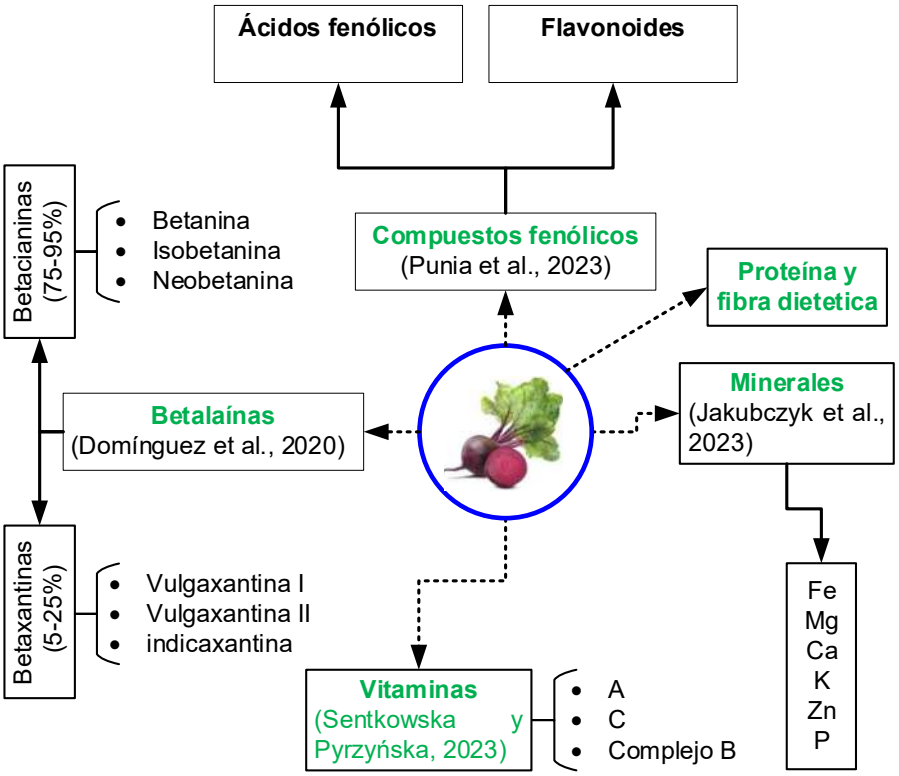
La betarraga es utilizada para diferentes fines como zumos, mermeladas, ensaladas y acompañamientos en la gastronomía (Sentkowska & Pyrzyńska, 2023), y además se utiliza para la producción de colorante alimentario E162 (Igual et al., 2023).

Principales componentes presentes en la betarraga

De acuerdo a las diversas investigaciones realizadas, la betarraga es considerada con un alimento funcional debido a los componentes biológicos y valor nutricional que contiene (Punia et al., 2023).

Figura 5

Principales componentes presentes en la betarraga roja.



Nota: La figura 5 muestra los componentes más importantes encontrados en la betarraga.

En la figura 5, se observa que la betarraga posee compuestos fenolicos, minerales, proteina, fibra dietetica, vitaminas (A,C y compleo B) y betalainas (Betaxantinas y Betacianinas).

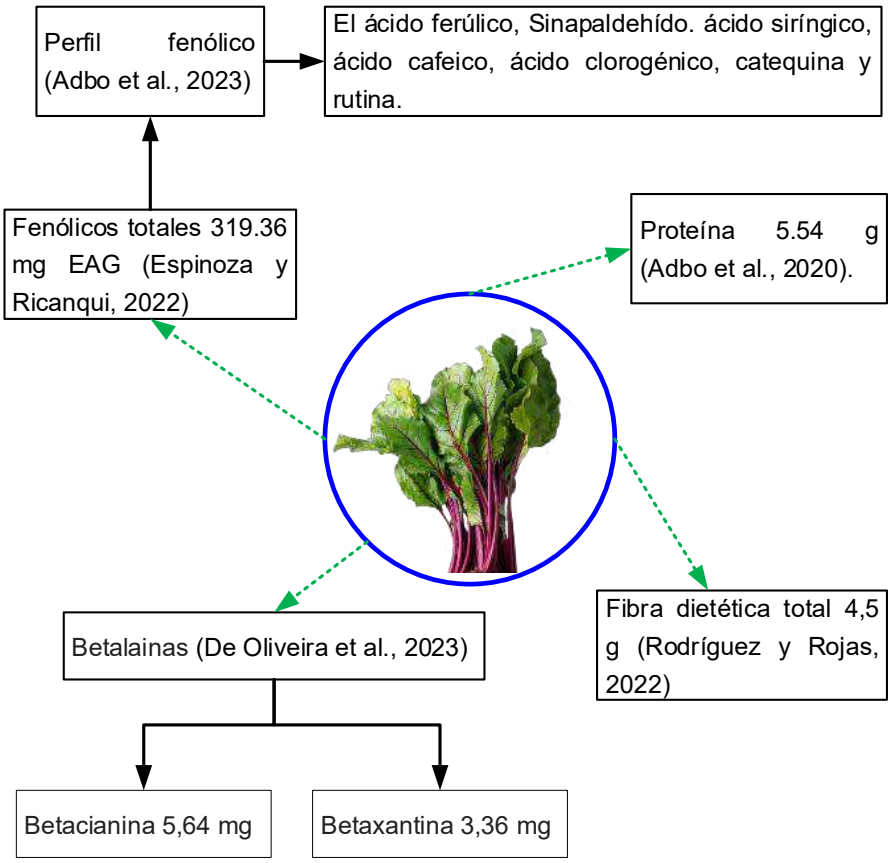
Además, es importante mencionar que el contenido de compuestos bioactivos presentes en la betarraga varía según época de cultivo (Jeon et al., 2023), lugar de procedencia y las tasas de fertilización (Salachas et al., 2022).

Hojas y tallos

Las hojas y tallos representan aproximadamente el 40% del total de la planta (Camelo et al., 2024), generalmente estos componentes suelen ser desechados o en su defecto utilizados como abono orgánico o alimento para animales (Goyeneche et al., 2020), sin embargo, investigaciones recientes han reportado que las hojas y tallos de la betarraga presentan considerables componentes bioactivos (Arend et al., 2022), además de otros componentes como proteína y fibra (De Oliveira et al., 2023). En la figura 6, se observa los componentes reportados en los residuos de la betarraga¸ como los compuestos fenólicos totales (319,36 mg EAG) y betalainas (betacianinas 5,64 mg y betaxantina 3,36 mg).

Figura 6

Principales componentes encontrados en las hojas y tallos de betarraga



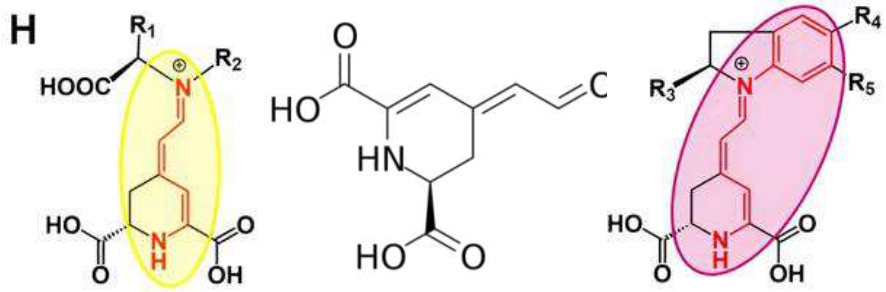
Nota. Los valores mostrados están calculados en base a 100 g de muestra.

Betalaínas

El color rojo púrpura de la betarraga se debe a la presencia de betalaínas que son pigmentos naturales nitrogenados solubles en agua (de Oliveira et al., 2022). Estructuralmente, las betalaínas se dividen en grupos: las betacianinas y betaxantinas (Putradamni & Pramitasari, 2024). Las betacianinas, de color rojo-violeta, son formadas por la condensación de ácido betalámico por medio del ciclo-3,4-dihidroxifenilalanina (ciclo-DOPA) (Sentkowska & Pyrzyńska, 2023), mientras que las betaxantinas, de color amarillo-naranja, resultan de la unión del ácido betalámico con diferentes aminas y aminoácidos (Sokolova et al., 2024). Las primeras representan entre 70 y 95 % de las betalaínas, resultando su amplia aplicabilidad como colorante natural en la industria de alimentos, cosmética y farmacéutica (Sokolova et al., 2024). Es importante destacar que las betalaínas exhiben actividades biológicas como son antioxidantes, antiinflamatorias y antimicrobianas (Sadowska & Bartosz, 2021).

Figura 7.

Estructuras químicas del ácido betalámico betaxantinas y betacianinas



Betaxantinas Ácido betalámico Betacianinas

Nota: La figura 7 muestra la estructura básica del ácido betalámico, betaxantinas y betacianinas de la betarraga; adaptado de Sentkowska y Pyrzyńska (2023).

Características químico proximal de la betarraga. La betarraga presenta características químicas importantes, tal como se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 1

Composición químico proximal de la betarraga

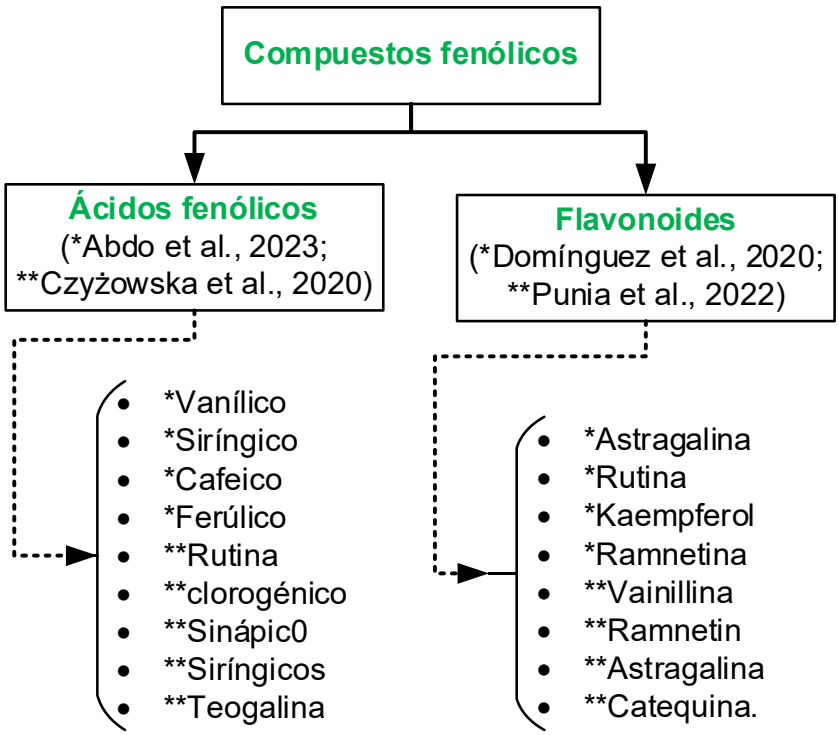
Componente	Pulpa	Cáscaras	Hojas y tallos
Proteína	***4,63 %**	**5,28%	5,54%
Fibra	*1,82 %	**…**	****4,5 %
Grasa	***0,17 %	****1,47%	****3,33%
Carbohidratos	***9,56 %	******6,3%**	******1,1%**
Cenizas	*6,59 %	**7,78%	**…**

Nota: La tabla 1 detalla la composición químico proximal de la betarraga tanto de la pulpa, cascaras, hojas y tallos calculado en base seca; adaptado de *Cool et al. (2022), **Moposita et al. (2023), ***Espinoza y Ricanqui (2022),****de Oliveira et al. (2023).

Compuestos fenólicos. Dentro de los compuestos biológicos que presenta la betarraga se destacan los compuestos fenólicos (Punia et al., 2023), donde diversas investigaciones han reportado una cantidad considerable de ácidos fenólicos (Czyżowska et al., 2020) y flavonoides (Punia et al., 2022).

Figura 8

Principales compuestos fenólicos



Nota: La figura detalla los principales compuestos fenólicos, incluyendo ácidos fenólicos y flavonoides reportados en la betarraga.

2.2.3. Secado por aspersión

El secado por atomización es un método industrial que convierte líquidos en polvos secos. Consiste en pulverizar el líquido en minúsculas gotas que son secadas instantáneamente por una corriente de aire caliente dentro de una cámara. La gran superficie de estas gotas facilita la evaporación del agua y la formación de partículas sólidas. Este proceso es continuo y la eficiencia de secado depende en gran medida de la calidad de la atomización, ya que una mayor superficie de contacto acelera la transferencia de calor y humedad. (Gharsallaoui et al., 2007)

2.3. Definición de términos básicos

- **Características químico proximal.** Se refiere a la composición química básica de un alimento como proteínas, grasas, carbohidratos, fibra, cenizas (Cool et al., 2022).

- **Compuestos bioactivos.** Son sustancias que se encuentran en pequeñas en los alimentos y que poseen actividad biológica (Urrialde et al., 2022).
- **Compuestos fenólicos.** Son un tipo de compuestos biológicos que contiene al menos uno o más grupos hidroxilo (-OH) unidos a ellos. Se caracterizan porque presentan una alta capacidad antioxidante (Sentkowska & Pyrzyńska, 2023).
- **Economía circular.** Es un modelo económico diseñado para reintegrar los residuos agroindustriales en nuevos productos de valor, reduciendo así la contaminación ambiental a través de un sistema de producción circular (Ochoa et al., 2022).

III. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, ya que se manipulo variables para obtener encapsulados, estos servirán como base para su aplicabilidad en la elaboración de productos más adelante (Hernández et al., 2014).

3.1.2. Nivel de investigación

La investigación es explicativa, ya que está orientada a manipular y medir las variables (Hernández & Mendoza, 2018).

3.1.3. Método de investigación

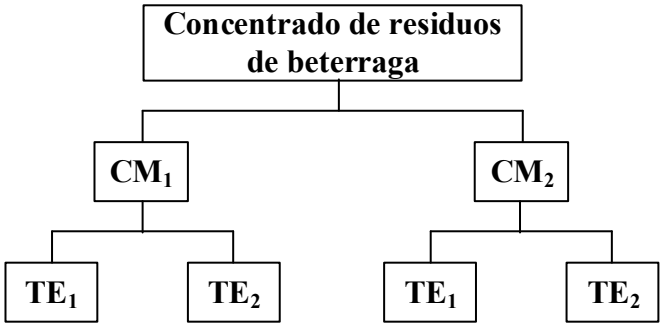
La investigación utilizada fue el método hipotético-deductivo, ya que se plantearon hipótesis sobre las características y los compuestos biológicos de la harina de residuos de betarraga, las cuales fueron validadas experimentalmente (Hernández & Mendoza, 2018).

3.2. Diseño de investigación

La presente investigación se desarrolló bajo el diseño experimental, debido a la manipulación de las variables de estudio (Hernández et al., 2014).

Figura 9

Esquema del diseño experiemntal factorial



Donde:

Concentraciones de maltodextrina: CM_1 = 15 % y CM_2 = 20 %

Temperaturas del aire de entrada: TE_1=130 °C y TE_2=140 °C.

3.3. Variables

3.3.1. Independientes

X1: Secado por aspersión

3.3.2. Dependientes

Y1: Características fisicoquímicas de encapsulados

Y2: Compuestos bioactivos de encapsulados

3.4. Operacionalización de variables

A continuación, se muestra la tabla de operacionalización de las variables de estudio:

Tabla 2

Variables de estudio y su operacionalización

Variables	Definición operativa	Dimensión	Indicadores	Técnica y/o instrumento
Independiente: Secado por aspersión	Técnica de deshidratación rápida que transforma una solución líquida con compuestos bioactivos y agentes encapsulantes en polvo, mediante calor controlado en un equipo spray dryer.	Temperatura	130 - 140°C	Secador por atomización
		Concentración de encapsulante	15 - 20%	
Dependientes: Rendimiento	Proporción de polvo encapsulado obtenido respecto al total de sólidos introducidos en el proceso de secado por aspersión	Porcentaje	%	Cálculo gravimétrico
Características físicas de encapsulados	Propiedades físicas que definen la calidad del polvo encapsulado obtenido, incluyendo su comportamiento frente a la humedad y su capacidad de disolución.	Humedad	%	Método de la estufa
		Higroscopocidad	%	Exposición de la muestra a una atmósfera de humedad y temperatura controlada.
		Solubilidad	%	Determinación gravimétrica de los sólidos disueltos o por medición de turbidez.
Compuestos bioactivos de encapsulados	Concentración de los compuestos fenólicos y betalaínas presentes en el polvo encapsulado, cuantificada mediante espectrofotometría.	Compuestos fenólicos	mg EAG/g	Folin Ciocalteau (Ordoñez et al., 2018).
		Betalaínas	mg/g	Espectrofotometría (Adbo et al., 2023)

3.5. Población, muestra y muestreo

a) **Población:** La población estuvo conformada por los residuos de beterraga, obtenidos de la misma hortaliza, adquirida de los mercados de la provincia de Tarma.

b) **Muestra:** La muestra es un subconjunto de la población (López, 2004). Para el estudio estuvo compuesta por 9 kilogramos de residuos de beterraga, los mismos que cumplían parámetros estándar del mismo color y firmeza.

c) **Muestreo**: El tipo de muestreo fue probabilístico aleatorio simple (López, 2004). Debido a que cada elemento de la población tiene una probabilidad de ser seleccionado para la muestra.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.6.1. Equipos, materiales, instrumentos y reactivos

a) Equipos

Tabla 3

Equipos utilizados para la obtención de encapsulados

Equipo	Marca	Modelo
Liofilizador	Laboao	LFD-10C
Espectrofotómetro	Jenway	6715
Balanza analítica	Kern	AEJ 200-4CM
Molino tipo Wiley	Labotec	MA-360
Molino de martillos	Vulcano	MV 15-45 1/C
Agitador Vortex	Scilogex	SCI-VS
Tamizador	Wstyler	RX-29-16
Estufa de secado	Selecta	2000200
Horno de secado	Taisite	GX65BE
Analizador de humedad	Radwag	RS-232
Potenciómetro	HANNA	HI991001
Congeladora	Haier Biomedical	DW-40L92
Envasadora al vacío	Grondoy	EV28-00049

b) Materiales e instrumentos

- Probeta 25mL, 50mL
- Matraces Erlenmeyer de 125mL y 250mL

- Fiolas 10mL, 50mL, 5000 mL
- Vasos de precipitados 10 mL, 50 mL, 250 mL y 500 mL
- Pipetas volumétricas 1, mL, 5mL y 10mL.
- Micropipetas de 10 µL, 50 µL, 100 µL y 1000 µL.
- Placas Petri
- Crisoles de porcelana
- Tubos de ensayo
- Espátula
- Pinzas de metal y de madera
- Termómetro
- Succionador de pipetas con embolo
- Embudos vidrio
- Gradilla de laboratorio

c) Utensilios y otros

- Bolsa de polietileno alta densidad
- Recipientes de acero inoxidable
- Papel toalla y papel tisú
- Cuchillos no dentados
- Manguera de silicona
- Papel Whatman
- Papel Kraft

d) Materia prima, insumos y reactivos

- Folin Ciocalteau
- Acido Gálico (C7H6O5)
- Carbonato de Sodio (Na2CO3)
- Etanol (C_2H_6O)
- Ácido Cítrico ($C_6H_8O_7$)
- Fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$)
- Ácido clorhídrico (HCl)
- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Ácido sulfúrico (H_2SO_4)
- Agua destilada

f) Materiales y equipos de escritorio

- Marcador indeleble
- Cinta masking
- Engrampador
- Perforador
- Papel bond
- Lapiceros
- Laptop
- Tijera
- Lápiz

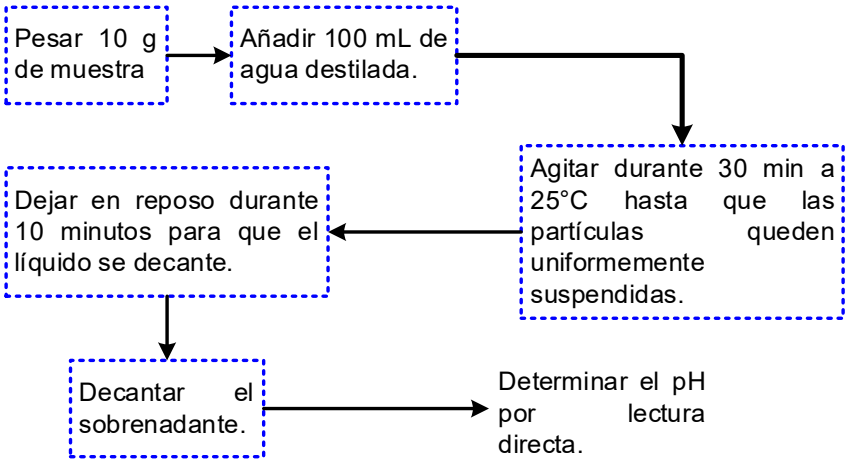
3.6.2. Métodos de análisis para la evaluación de las características físicas del encapsulado de residuos de betarraga.

a) Determinación del pH

Se realizo de acuerdo a los descrito por NTE INEN 526:2012.

Figura 10

Procedimiento para determinación de pH



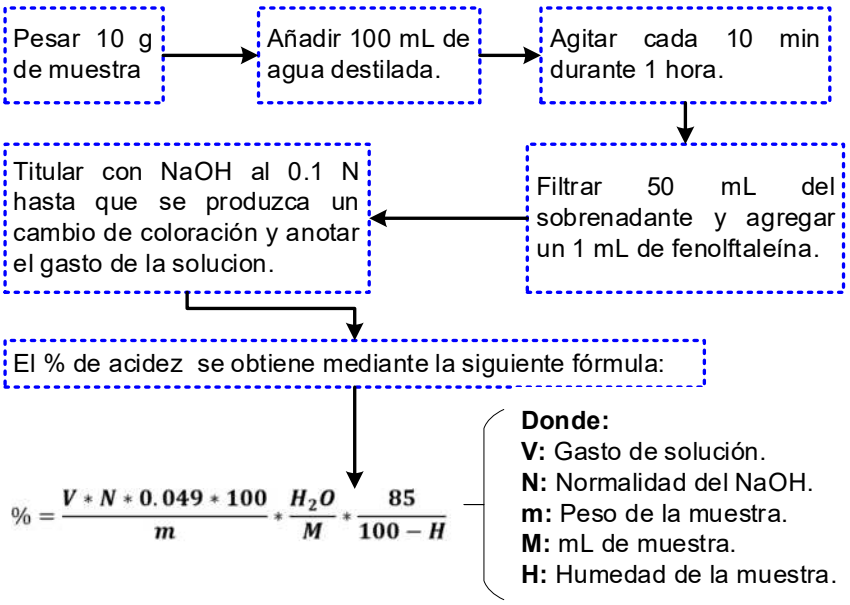
Nota: La figura muestra de procedimiento detallado para determinación de pH en harinas de origen vegetal; adaptado de NTE INEN 526:2012.

b) Determinación de acidez

Se aplico el procedimiento descrito por NTP 205.039.1975.

Figura 11

Procedimiento para determinación de acidez



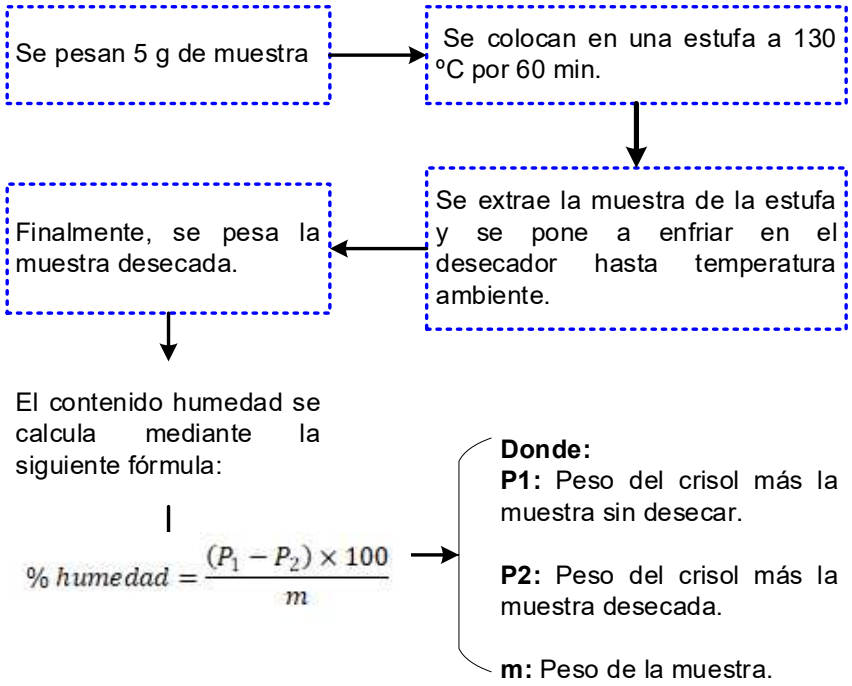
Nota: La figura detalla el procedimiento para determinar la acidez en harinas, expresada como % de NaOH en base seca, adaptado de la NTP 205.039.1975.

c) Determinación de humedad.

Se realizo de acuerdo al procedimiento descrito por NTP 205.037.1975 (revisada el 2016).

Figura 12

Procedimiento para determinación de humedad



Nota: La figura muestra de procedimiento detallado para determinación de la humedad en harinas; adaptado de NTP 205.037.1975

d) Rendimiento

El rendimiento del encapsulado obtenido se determinó mediante la relación porcentual entre el polvo obtenido y los sólidos aportados en la alimentación (Fazaeli et al., 2012).

$$R\ (\%) = \frac{m_p}{m_i} x\ 100$$

Donde:

R (%) =Rendimiento

m_p=Masa (g) de polvo obtenido.

m_i= Masa (g) inicial que entra al atomizador.

e) Higroscopicidad

Para determinar la higroscopicidad se pesó 1 g del polvo en placas Petri, previamente pesadas, por triplicado, y se colocaron en un desecador con solución saturada de NaCl (HR= 75,4%) durante una semana (Cai & Corke, 2000). El calculó se realizó la siguiente ecuación propuesta por Jaya y Das (2004):

$$\boldsymbol{Higroscopicidad}\ (\%) = \frac{\frac{B}{A} + Wi}{1 + \frac{B}{A}}$$

Donde:

A: Cantidad de muestra (g)

B: Cantidad de humedad del polvo antes de exponerse a H.R. (g)

Wi: Incremento de la cantidad de humedad del polvo (g)

f) Solubilidad

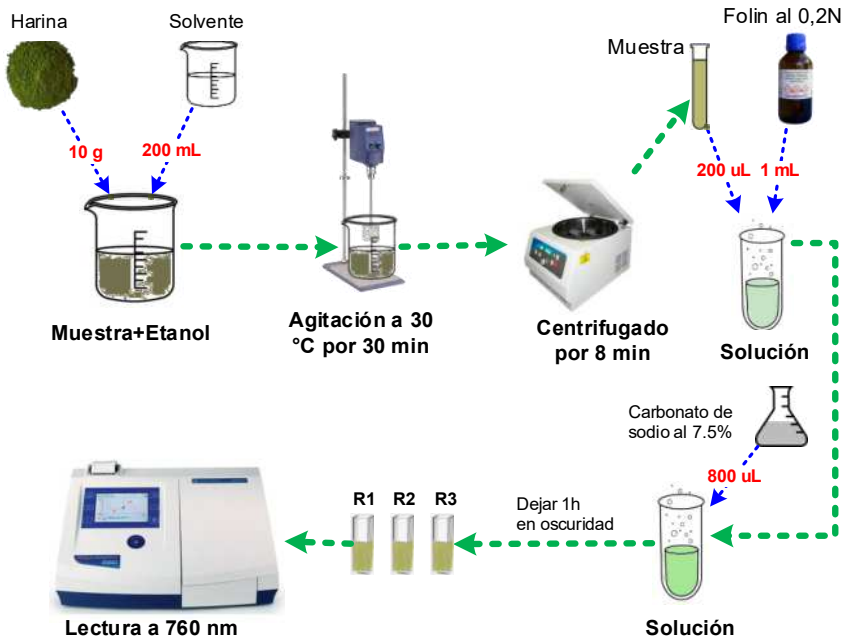
La solubilidad (%) se calculó por diferencia de peso (Cano-Chauca et al., 2005). Para ello, se agregó 1 g del encapsulado en 100 mL de agua destilada, se agitó constante para obtener una dilución total de la muestra, luego se centrifugó a 3 000 rpm durante 5 min. De la solución obtenida se tomó una alícuota de 25 mL del sobrenadante y se pasó a placas Petri, posteriormente fueron puestas a secarse en una estufa a 105 °C durante 5 horas.

3.6.3. Métodos de análisis para la evaluación de los compuestos bioactivos de encapsulados de residuos de betarraga.

a. Determinación de compuestos fenólicos. Se determinó según lo descrito por Abdo et al. (2023), para ello se mezcló 200 µL de extracto con 1 mL de reactivo de Folin-Ciocalteu (0,2 N), luego se añadió 800 µL de carbonato de sodio (7,5%). A continuación, la mezcla se incubó a temperatura ambiente en la oscuridad durante 2 h, para luego medir la absorbancia de la mezcla a 760 nm con un espectrofotómetro. Los compuestos fenólicos totales de la harina de residuos de betarraga se expresaron en mg/g de ácido gálico.

Figura 13

Proceso de determinación de compuestos fenólicos



Nota: La figura describe el proceso para la preparación de la muestra y la determinación de compuestos fenólicos en la harina de residuos de betarraga.

b. Determinaciones de betalaínas. Se determino por espectrofotométrica midiendo la absorbancia de las betacianinas (BC) a 542 nm y las betaxantinas (BX) a 480 nm, según Sokolova et al. (2024). El contenido de betacianinas y betaxantinas se calculó de acuerdo con la siguiente ecuación.

$$\text{BC o BX } (mg/100g) = \frac{A * DF * MW * V}{\in L}$$

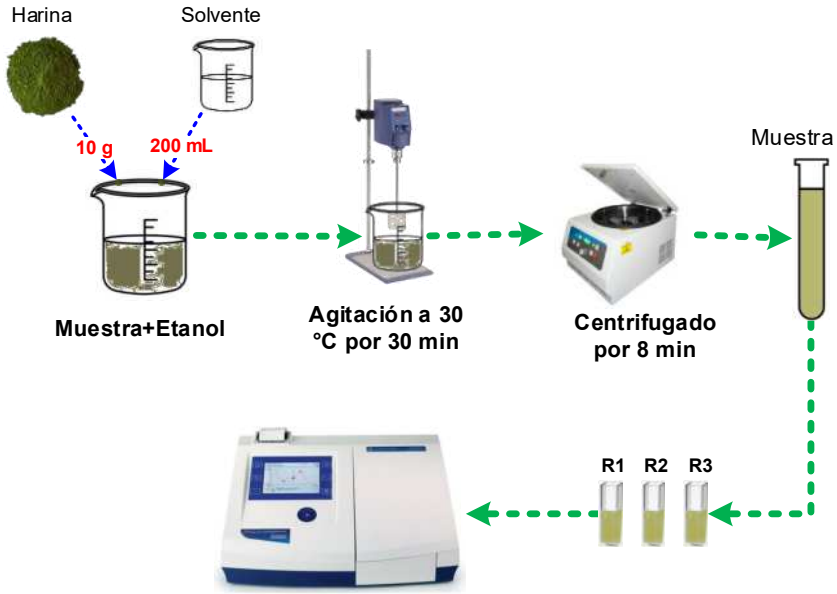
Donde:

A es la absorbancia a un máximo de absorción para BC (λ = 542 nm) o BX (λ = 480 nm); **DF** es el factor de dilución; **MW** es el peso molecular: 550 g/mol para los Bc y 308 g/mol para los Bx; **V** es el volumen de la solución de muestra (ml); **ε** es el coeficiente de extinción molar de 60.000 L/(M × cm) para los Bc y 48.000 L/(M × cm) para los Bx; **L** es la longitud del trayecto de la cubeta (1 cm) y **Wd** es el peso de la muestra (g).

Por tanto, el contenido de betalaínas se obtiene sumando el contenido de Bc y Bx.

Figura 14

Proceso de determinación de betalaínas

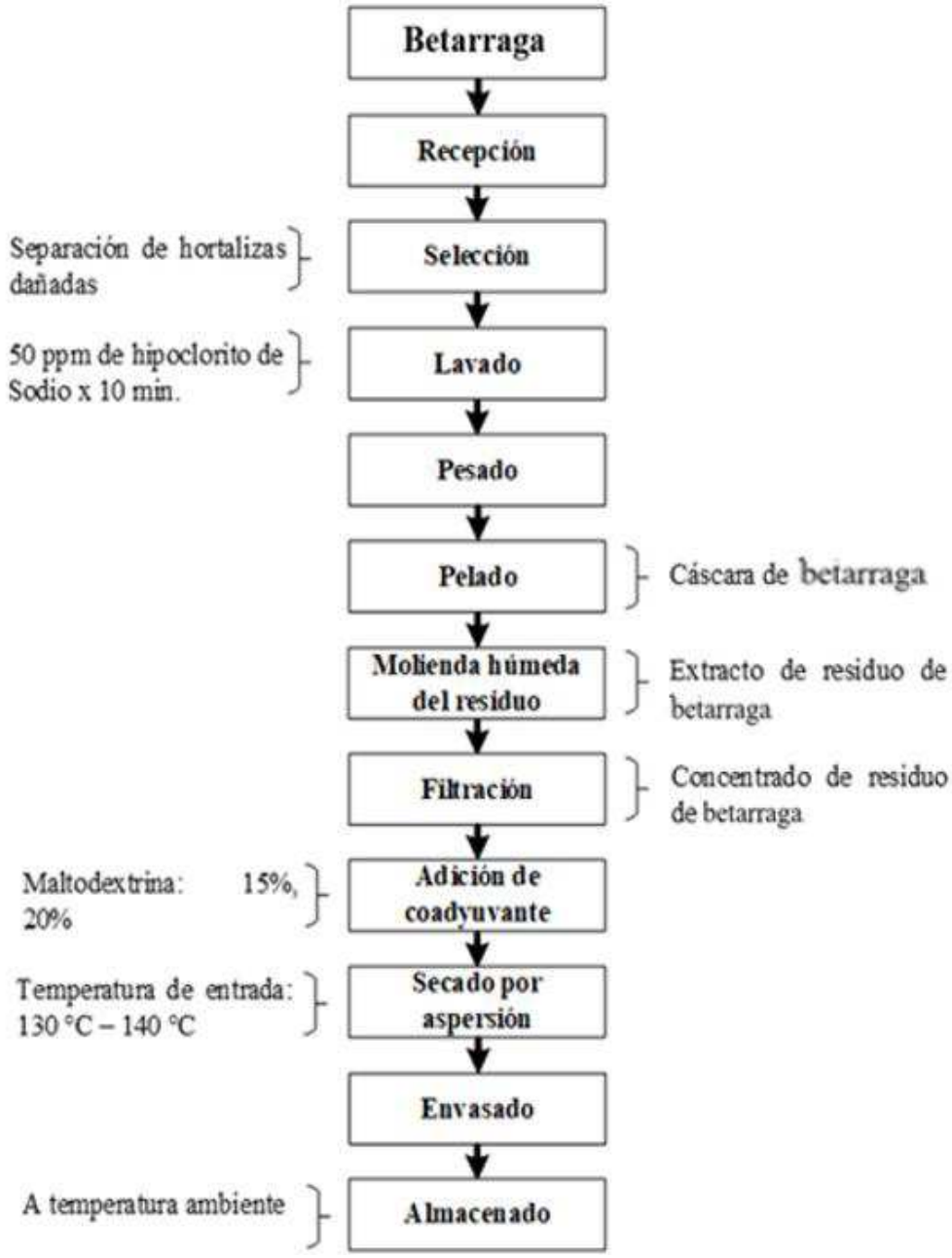


Nota: La figura describe el proceso para la determinación de betacianinas y betaxantinas en la harina de residuos de betarraga.

3.6.4. Operaciones para obtener encapsulados a base de residuos de betarraga

Figura 15

Diagrama de flujo para obtener encapsulados de residuos de betarraga.



3.7. Tratamiento estadístico de datos o procesos de argumentación científica

Para el procesamiento de datos de la presente investigación, se utilizó un diseño factorial para determinar el efecto de dos factores (Temperatura y concentracion de maltodextrina) en el secado por aspersión sobre las caracteristicas y compuestos bioactivos de los encapsulados de residuos de betarraga. Los resultados fueron procesados en un software estadístico R Studio, los mismos que son presentados en tablas y figuras.

IV. RESULTADOS

4.1. Determinación del efecto de los parámetros de operación como temperatura y encapsulante en el rendimiento del encapsulado del residuo de betarraga.

En la tabla 4 se muestran los resultados del rendimiento del encapsulado de residuos de beterraga

Tabla 4

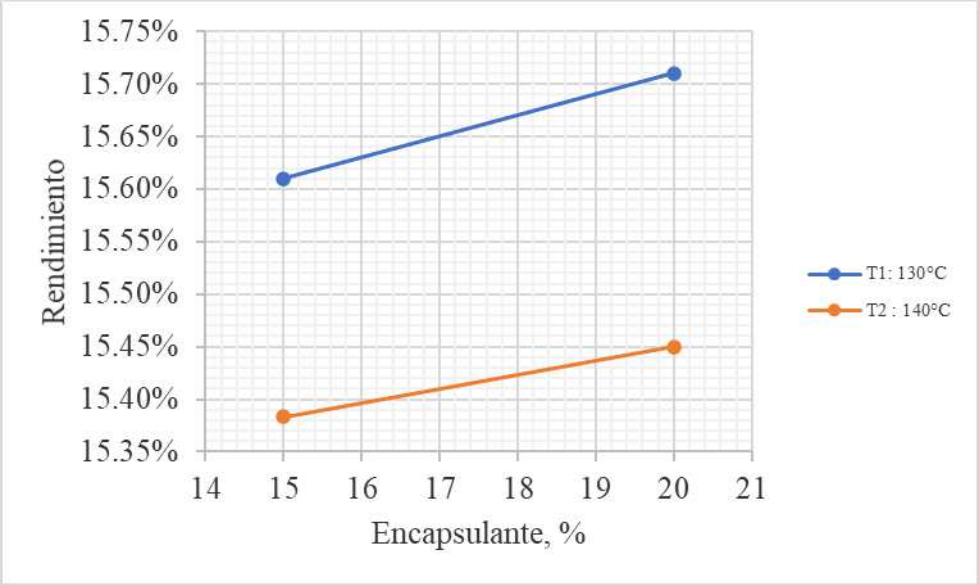
Rendimiento del encapsulado obtenido a partir del residuo de beterraga

Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Rendimiento (%)
TEMC1	130	15	15,61%
TEMC2	140	15	15,38%
TEMC3	130	20	15,71%
TEMC4	140	20	15,45%

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto un mayor rendimiento (15,71 %), esto se obtuvo con los factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 16

Rendimiento de encapsulados del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 5, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus interacciones, es decir, afectan al rendimiento obtenido. La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes.

Tabla 5

Resultados del Análisis de varianza de rendimiento del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	0,177633	0,177633	1332,25	0,000
B: Encapsulante	1	0,020833	0,020833	156,25	0,000
Interacciones	1	0,000833	0,000833	6,25	0,037
A * B	1	0,000833	0,000833	6,25	0,037
Error	8	0,001067	0,000133		
Total	11	0,200367			

4.2. Caracterización física de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.

a) Humedad

Tabla 6

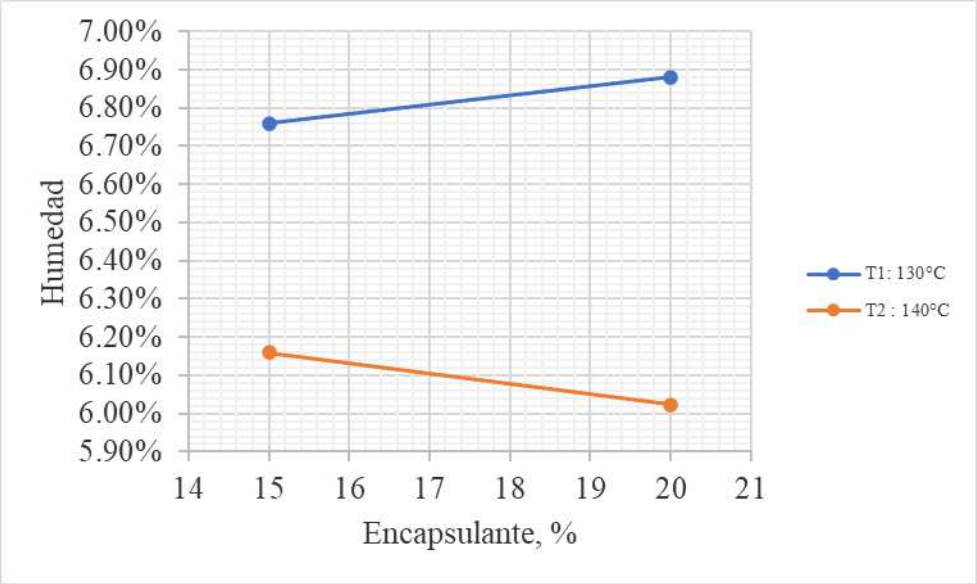
Porcentaje de humedad del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga

Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Humedad (%)
TEMC1	130	15	6,76
TEMC2	140	15	6,16
TEMC3	130	20	6,88
TEMC4	140	20	6,02

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto una mayor humedad (6,88 %), esto se obtuvo con los factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 17

Humedad del polvo encapsulado del residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 7, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus

interacciones, es decir, afectan a la humedad del producto. La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes.

Tabla 7

Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de humedad del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	1,59141	1,59141	4441,14	0,000
B: Encapsulante	1	0,00021	0,00021	0,58	0,468
Interacciones	1	0,04941	0,04941	137,88	0,000
A * B	1	0,04941	0,04941	137,88	0,000
Error	8	0,00287	0,00036		
Total	11	1,64389			

b) Higroscopocidad

Tabla 8

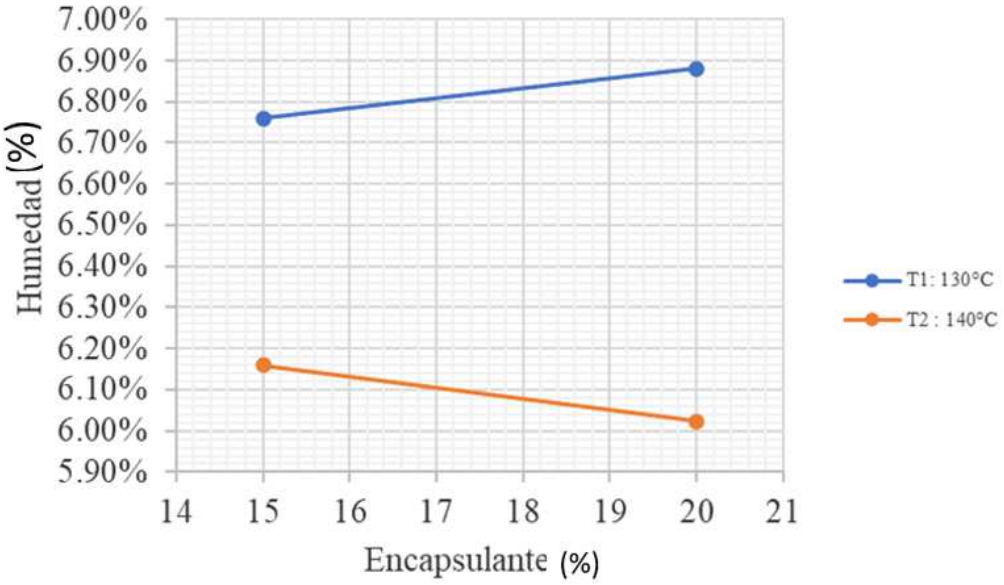
Porcentaje de higroscopocidad del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga

Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Higroscopocidad (%)
TEMC1	130	15	6,53
TEMC2	140	15	8,33
TEMC3	130	20	6,42
TEMC4	140	20	7,93

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto una menor higroscopocidad (6,42 %), esto se obtuvo con los factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 18

Higroscopocidad del polvo encapsulado del residuo de beterraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 9, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus interacciones, es decir, afectan al porcentaje de Higroscopocidad obtenido. La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes.

Tabla 9

Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de Higroscopocidad del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	8,18401	8,18401	10124,55	0,000
B: Encapsulante	1	0,19001	0,19001	235,06	0,000
Interacciones	1	0,06021	0,06021	74,48	0,000
A * B	1	0,06021	0,06021	74,48	0,000
Error	8	0,00647	0,00081		
Total	11	8,44069			

c) Solubilidad

Tabla 10

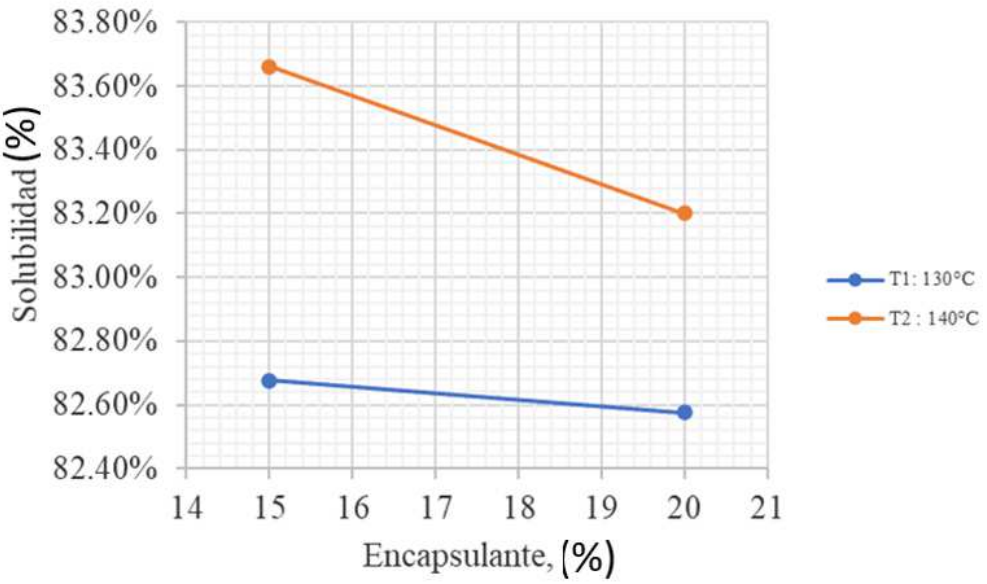
Porcentaje de solubilidad del encapsulado obtenido a partir del residuo de beterraga

Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Solubilidad (%)
TEMC1	130	15	82,68
TEMC2	140	15	83,66
TEMC3	130	20	82,58
TEMC4	140	20	83,20

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto un menor porcentaje de solubilidad (82,58 %), esto se obtuvo con los factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 19

Solubilidad del polvo encapsulado del residuo de beterraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 11, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus interacciones, es decir, afectan al porcentaje de solubilidad obtenido. La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes.

Tabla 11

Resultados del Análisis de varianza del porcentaje de solubilidad del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	1,93603	1,93603	1815,03	0,000
B: Encapsulante	1	0,23520	0,23520	220,50	0,000
Interacciones	1	0,09720	0,09720	91,12	0,000
A * B	1	0,09720	0,09720	91,12	0,000
Error	8	0,00853	0,00107		
Total	11	2,27697			

4.3. Contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.

a) Contenido de compuesto fenólicos

Tabla 12

Contenido de compuesto fenólico del encapsulado obtenido a partir del residuo de beterraga

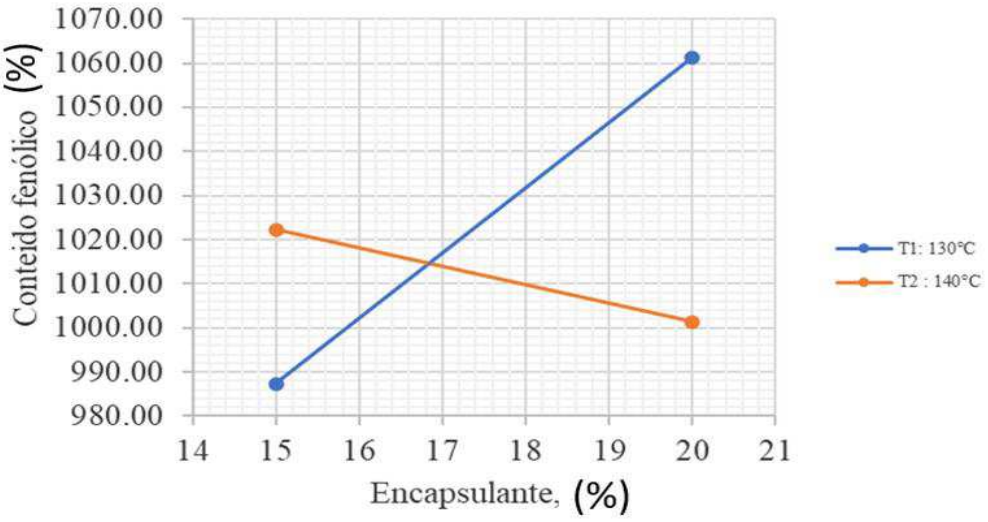
Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Contenido fenólico total (mg de GAE/100g)
TEMC1	130	15	987,33
TEMC2	140	15	1022,33
TEMC3	130	20	1061,33
TEMC4	140	20	1001,33

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto un mayor contenido fenólico total (1061,33 mg de GAE/100g), esto se obtuvo con los

factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 20

Contenido fenólico del encapsulado de residuo de beterraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 13, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus interacciones, es decir, afectan al contenido fenólico obtenido. La prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), no detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes de encapsulante.

Tabla 13

Resultados del Análisis de varianza del contenido fenólico del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	468,7	468,75	12,39	0,008
B: Encapsulante	1	2106,8	2106,85	55,69	0,000
Interacciones	1	6768,7	6768,7	178,91	0,000
A * B	1	6768,7	6768,7	178,91	0,000
Error	8	302,7	37,83		
Total	11	9646,9			

b) Contenido total de betalaínas

Tabla 14

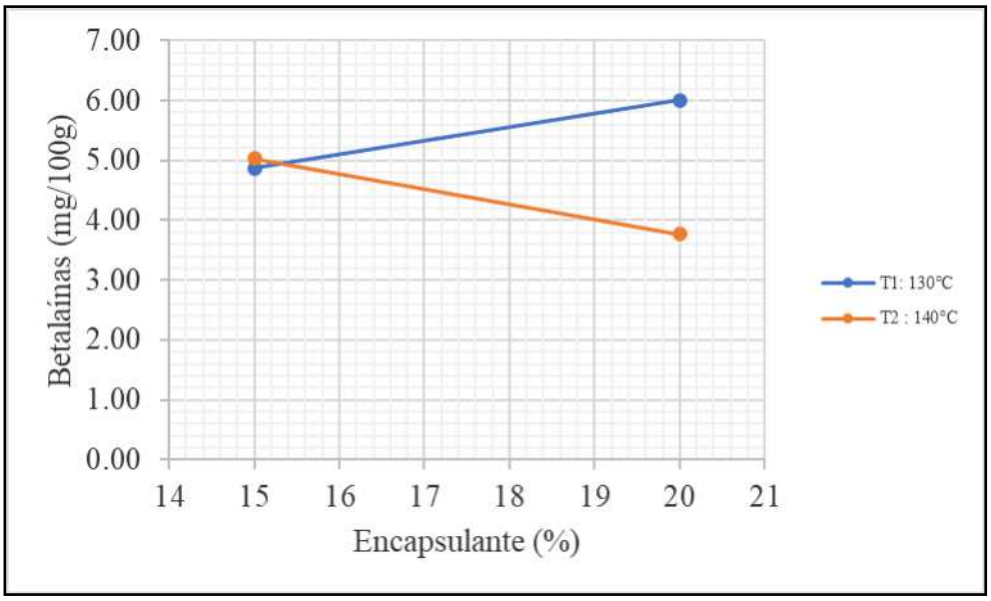
Contenido total de betalaínas del encapsulado obtenido a partir del residuo de betarraga

Tratamiento	Temperatura (°C)	Encapsulante (%)	Contenido total de betalaínas (mg/100g)
TEMC1	130	15	4,87
TEMC2	140	15	5,03
TEMC3	130	20	6,00
TEMC4	140	20	3,77

De los resultados se observa que el tratamiento TEMC3 reporto un mayor contenido total de betalaínas (6,00 mg/100g), esto se obtuvo con los factores de temperatura (130°C) y de porcentaje de encapsulante (20%) de maltodextrina.

Figura 21

Contenido total de betalaínas del encapsulado de residuo de betarraga en función a la temperatura y porcentaje de encapsulante



Los resultados analizados mediante análisis de varianza - ANVA con un nivel de significancia del 5 %, mostrados en la Tabla 15, se indica que existen diferencias estadísticas significativas en los factores, temperatura (A), encapsulante (B) y sus interacciones, es decir, afectan al contenido total de betalainas obtenido. La

prueba de significación de Tukey al 5 % (Anexo 3), no detectó diferencias significativas entre las medias a distintas temperaturas y diferentes porcentajes de encapsulante.

Tabla 15

Resultados del Análisis de varianza del contenido total de betalaínas del encapsulado de residuo de beterraga

Fuente	GL	SC Ajuste	MC Ajuste	Valor F	Valor p
A: Temperatura	1	3,20333	3,20333	58,24	0,000
B: Encapsulante	1	0,01333	0,01333	0,24	0,636
Interacciones	1	4,32000	4,32000	78,55	0,000
A * B	1	4,32000	4,32000	78,55	0,000
Error	8	0,44000	0,05500		
Total	11	7,97667			

V. DISCUSIÓN

5.1. Análisis del efecto de los parámetros de operación como temperatura y encapsulante en el rendimiento del encapsulado del residuo de betarraga,

Los resultados obtenidos en la tabla 4 indican que el rendimiento del encapsulado varía entre 15,38% y 15,71% bajo diferentes condiciones de temperatura y concentración de encapsulante. Se obtuvo mejores resultados con una temperatura de 130°C y una concentración de encapsulante del 20% (TEMC3: 15,71%). Esto se debe a que temperaturas más bajas y mayor cantidad de encapsulante favorecen la retención de compuestos bioactivos durante el secado por aspersión, minimizando su degradación térmica (Fang & Bhandari, 2010).

Los resultados son consistentes con investigaciones que reportan rendimientos similares en encapsulados de compuestos bioactivos. La encapsulación de antocianinas de beterraga mediante secado por aspersión, obtuvo un rendimiento del 16,2% utilizando maltodextrina como encapsulante al 20% a una temperatura de 125 °C (Mahdavi et al., 2014). Las pequeñas diferencias en los valores podrían atribuirse a variaciones en la composición del residuo o al tipo de encapsulante empleado.

Por otro lado, trabajos como de Robert et al. (2015) destacan que temperaturas superiores a 140 °C pueden reducir el rendimiento debido a la degradación

térmica de los compuestos fenólicos. Esto respalda los resultados observados en este estudio, donde los tratamientos TEMC2 y TEMC4 (140°C) mostraron rendimientos ligeramente inferiores en comparación con sus contrapartes a 130°C. La investigación resalta el potencial de los residuos de betarraga como fuente sostenible de compuestos bioactivos, alineándose con los principios de economía circular (Galanakis, 2012).

5.2. Caracterización física de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.

Respecto a las características físicas obtenidas se realizó las comparaciones y diferencias con investigaciones similares:

a. Humedad

Los resultados del porcentaje de humedad en los encapsulados obtenidos a partir de residuos de beterraga muestran valores entre 6,02% y 6,88%, indicando que las condiciones de procesamiento influyen en la retención de agua. El análisis de varianza revela que la temperatura (Factor A) tiene un efecto altamente significativo, esto confirma su impacto crítico en la reducción de la humedad. El estudio realizado indica que a una temperatura de 140°C (TEMC2 y TEMC4), observa una disminución en la humedad (6,16% y 6,02%, respectivamente) en comparación con 130 °C (6,76% y 6,88%). Esto se debe a que temperaturas más altas promueven una evaporación más eficiente del agua durante el secado por aspersión (Ratti, 2013).

Un estudio realizado sobre las antocianinas de arándano, se reportó que temperaturas superiores a 140°C redujeron la humedad residual a menos del 6%, pero también aumentaron la degradación térmica de compuestos bioactivos (Ferrari et al., 2013). Esto respalda la necesidad de equilibrar la eficiencia del secado con la preservación de nutrientes.

Así mismo, Tonon et al. (2010) en su estudio realizado sobre la encapsulación de aceites esenciales con maltodextrina mostraron que concentraciones de encapsulante superiores al 20% no necesariamente mejoran la estabilidad higroscópica. La falta de significancia del Factor B sugiere que, para residuos de beterraga, el encapsulante no es determinante en el control de humedad, sino más bien la temperatura.

b. Higroscopocidad

Los resultados de higroscopocidad muestran un rango entre 6,42% y 8,33%, indicando que los encapsulados presentan una moderada tendencia a absorber humedad ambiental. Se observa un claro efecto de la temperatura, donde los tratamientos a 140°C (TEMC2 y TEMC4) presentaron mayor higroscopocidad (8,33% y 7,93% respectivamente) comparado con los tratamientos a 130°C (6,53% y 6,42%). Este incremento se debe a cambios estructurales en la matriz del encapsulante inducidos por la mayor temperatura de secado, generando una estructura más porosa que favorece la absorción de agua (Ratti, 2013).

El porcentaje de encapsulante muestra un efecto menos marcado, aunque se observa una ligera reducción en la higroscopocidad al aumentar del 15% al 20% de encapsulante, particularmente a 130°C (de 6,53% a 6,42%). Esto sugiere que mayores concentraciones de encapsulante podrían mejorar la barrera contra la humedad, posiblemente por una matriz de encapsulación más compacta (Gharsallaoui et al., 2007).

En un estudio con polifenoles de arándano, Tonon et al. (2010) reportaron que temperaturas más altas de secado (150°C y 120°C) incrementaron la higroscopocidad de los polvos en aproximadamente dos puntos porcentuales, atribuyéndolo a una mayor porosidad de partícula. Similarmente, Ferrari et al. (2013) encontraron que maltodextrinas con mayor DE producían polvos más higroscópicos.

Sin embargo, contrastan parcialmente con los resultados de Saénz et al. (2009) en encapsulación de betalaínas, donde la higroscopocidad disminuyó al aumentar la temperatura, esto explica que por diferencias en la composición de la materia prima o el tipo de encapsulante utilizado. Esta discrepancia resalta la importancia de optimizar los parámetros de proceso para cada sistema específico.

c. Solubilidad

Los resultados de solubilidad muestran valores elevados y consistentes, entre 82,58% y 83,66%, indicando que los encapsulados poseen excelentes propiedades de disolución en agua. Los tratamientos a 140°C (TEMC2: 83,66% y TEMC4: 83,20%) presentaron ligeramente mayor solubilidad que sus contrapartes a 130°C (TEMC1: 82,68% y TEMC3: 82,58%). Esto se debe a

que temperaturas más altas promueven una mayor desnaturalización de componentes estructurales, facilitando la interacción con el agua (Fang & Bhandari, 2010).

Por otro lado, la concentración de encapsulante mostró un impacto mínimo, con diferencias menores al 0,5% entre formulaciones con 15% y 20%. Esto sugiere que, en el rango estudiado, la cantidad de encapsulante no es determinante para la solubilidad (Jafari et al., 2008).

Según Robert et al. (2015) obtuvieron solubilidades del 80-85% para antocianinas encapsuladas con maltodextrina, similar a los resultados encontrados. Destacaron que temperaturas entre 130-150 °C optimizan la solubilidad sin comprometer la estabilidad de los bioactivos.

5.3. Contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.

a. Contenido de compuestos fenólicos

Los resultados muestran un contenido de fenoles totales entre 987,33 y 1061,33 mg GAE/100g. Sobre el efecto del encapsulante, se indica que el aumento al 20% de encapsulante (TEMC3, TEMC1) mostró un incremento significativo (7,5%) en la retención de fenoles (1061,33; 987,33 mg GAE/100g), sugiriendo que mayor concentración de matriz protectora reduce la degradación térmica (Fang & Bhandari, 2010). Sin embargo, este efecto se revierte a 140°C (TEMC4: 1001,33 mg GAE/100g), indicando una compleja interacción temperatura-encapsulante; es decir, al incremento de encapsulante a su vez de temperatura afecta de manera negativa en la composicion de contenio fenolico, debido a que mayor temperatura afecta la capacidad del material encapsulante en la rtecion del compuesto.

Con respecto, a la consistencia en retención, los valores obtenidos (987-1061 mg GAE/100g) son superiores a los reportados por Robert et al. (2015) para betalaínas encapsuladas (850 - 950 mg GAE/100g), esto es debido a las diferencias en los residuos utilizados o método de extracción. Dentro de otro marco, Ferrari et al. (2013) observaron similar comportamiento no lineal, donde 140°C fue óptimo para bajas concentraciones de encapsulante, pero perjudicial con altas concentraciones, coincidiendo con los resultados.

b. Contenido total de betalaínas

Los resultados del contenido de betalaínas muestran un comportamiento complejo en función de los parámetros de encapsulación: A 130°C, el aumento del 15% al 20% de encapsulante incrementó el contenido de betalaínas de 4,87 a 6,00 mg/100g (23,2% de aumento). Con 15% de encapsulante, el aumento de temperatura mejora levemente la retención (4,87 a 5,03 mg/100g),

Los valores obtenidos (3,77 – 6,00 mg/100g) presentan interesantes relaciones con otras investigaciones, como Azeredo (2009) quien reportó contenidos de 4,5 – 6,5 mg/100g en encapsulados similares; dentro del mismo orden de ideas, Castellar et al. (2003) observaron que mayor a 135°C causa degradación acelerada de betalaínas.

VI. CONCLUSIONES

- Los parámetros como la temperatura (130°C) y concentración de encapsulante (15%), en el proceso de secado por aspersión tienen un impacto significativo en el rendimiento (15,71±0,01%) del encapsulado a partir de residuos de betarraga.

- Las características físicas del encapsulado a partir de residuos de betarraga, indican que a 130°C con 20% de encapsulante representa una combinación eficiente para equilibrar baja humedad (6,88±0,02%), adecuada higroscopocidad (6,42±0,021%) y alta solubilidad (82,58±0,025%).

- Los residuos de betarraga son una fuente valiosa de compuestos bioactivos; la máxima retención de compuestos fenólicos (1061,33 ± 3,055 mg GAE/100g) se logró con 130°C y 20% de encapsulante, y de betalaínas (6,00 ± 0,200 mg/100g).

VII.RECOMENDACIONES

- Para lograr mejores rendimientos en la obtención de encapsulados se debe evaluar el efecto de otros encapsulantes (goma arábiga, alginatos) en combinación con maltodextrina.
- Analizar la microestructura de los encapsulados (porosidad, tamaño de partícula) mediante microscopía electrónica para correlacionarla con las propiedades físicas (higroscopocidad y solubilidad).
- Validar el desempeño de los encapsulados en matrices alimentarias reales (yogur, bebidas, panificación) para asegurar su funcionalidad, así mismo, determinar la viabilidad técnica y económica del proceso a nivel industrial.

VIII. REFERENCIAS

Abdo, E. M., Mansour, H. M. M., Darwish, A. M. G., El-Sohaimy, S. A., Gomaa, M. A. E., Shaltout, O. E., & Allam, M. G. (2023). Beetroot Stalk Extract as a Functional Colorant for Stirred Yogurt Beverages: Effect on Nutritional Value and Stability during Storage. Fermentation, 9(10), 878. https://doi.org/10.3390/FERMENTATION9100878/S1

Adeleke, O., Agboola, A. O., Ogunro, O. B., Iyobhebhe, M., Elebiyo, T. C., Rotimi, D. E., Ayeni, J. F., Ojo, A. B., Odugbemi, A. I., Egieyeh, S. A., & Oluba, O. M. (2023). Beet leaf (beta vulgaris L.) extract attenuates iron-induced testicular toxicity: Experimental and computational approach. Heliyon, 9(7), e17700. https://doi.org/10.1016/J.HELIYON.2023.E17700

Alza, A., & Aurora, Y. (2019). Efecto del secado en bandeja, liofilización y secado solar en la capacidad antioxidante de la harina de brácteas de alcachofa (Cynara scolymus) var. green globe y var. imperial star.

Arend, G. D., Almeida, É. S., Byruchko, R. T., Pinto, M. E. G., da Cruz, A. B., Verruck, S., Di Luccio, M., & Rezzadori, K. (2022). Gravitational and microwave-assisted multi-stages block freeze concentration process to obtain enriched concentrated beet (Beta vulgaris L.) by-products extract: bioactive compounds and simulated gastrointestinal profile. Food and Bioproducts Processing, 133, 77–86. https://doi.org/10.1016/J.FBP.2022.03.004

Arslan, A., & Alibaş, İ. (2024). Assessing the effects of different drying methods and minimal processing on the sustainability of the organic food quality. Innovative Food Science & Emerging Technologies, 94, 103681. https://doi.org/10.1016/J.IFSET.2024.103681

Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability - a review. *International Journal of Food Science & Technology, 44*(12), 2365-2376.

Azeredo, H. M. C. (2009). Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review. *International Journal of Food Science & Technology, 44*(12), 2365–2376. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x

Battistella Lasta, H. F., Lentz, L., Gonçalves Rodrigues, L. G., Mezzomo, N., Vitali, L., & Salvador Ferreira, S. R. (2019). Pressurized liquid extraction applied for

the recovery of phenolic compounds from beetroot waste. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, 21, 101353. https://doi.org/10.1016/J.BCAB.2019.101353

Bhandari, B. R., & Howes, T. (1999). Implication of glass transition for the drying and stability of dried foods. *Journal of Food Engineering, 40*(1-2), 71-79. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(99)00039-4

Cai, Y. Z., & Corke, H. (2000). Production and properties of spray-dried Amaranthus betacyanin pigments. Journal of Food Science, 65(7), 1248–1252. https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2000.tb10273.x

Camelo-Silva, C., Mota e Souza, B., Vicente, R., Arend, G. D., Sanches, M. A. R., Barreto, P. L. M., Ambrosi, A., Verruck, S., & Di Luccio, M. (2024). Polyfunctional sugar-free white chocolate fortified with Lacticaseibacillus rhamnosus GG co-encapsulated with beet residue extract (Beta vulgaris L.). Food Research International, 179, 114016. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2024.114016

Cano-Chauca, M., Stringheta, P. C., Ramos, A. M., & Cal-Vidal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. Innovative Food Science and Emerging Technologies, 6(4), 420–428. https://doi.org/10.1016/j.ifset.2005.05.003

Capanoglu, E., Nemli, E., & Tomas-Barberan, F. (2022). Novel Approaches in the Valorization of Agricultural Wastes and Their Applications. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 70(23), 6787–6804. https://doi.org/10.1021/ACS.JAFC.1C07104/ASSET/IMAGES/LARGE/JF1C07104_0001.JPEG

Castellar, M. R., Obón, J. M., Alacid, M., & Fernández-López, J. A. (2003). Color properties and stability of betacyanins from Opuntia fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *51*(9), 2772-2776. https://doi.org/10.1021/jf021045h

Castellar, R., Obón, J. M., Alacid, M., & Fernández-López, J. A. (2003). Color properties and stability of betacyanins from Opuntia fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51*(9), 2772-2776.

Chauhan, C., Dhir, A., Akram, M. U., & Salo, J. (2021). Food loss and waste in food supply chains. A systematic literature review and framework development

approach. Journal of Cleaner Production, 295, 126438. https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2021.126438

Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). *Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review*. Food Chemistry, 272, 192-200. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022

Chuqui-Diestra, S. R., & Paucar-Menacho, L. M. (2021). Caracterización fisicoquímica, funcional y reológica de harina de cáscara de maracuyá (Passiflora edulis SIMS). TAYACAJA, 4(2), 103–110. https://doi.org/10.46908/tayacaja.v4i2.177

Cool, M., Alexandra, A., Zambrano, V., Abelardo, P., Solórzano, T., Viviana, M., Sánchez, S., Hernán, J., Nevárez, C., & José, G. (2022). Efecto de pigmentos aislados de remolacha (Beta vulgaris) y zapallo (Cucurbita maxima) en la elaboración de un botón de cerdo. Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, 6(1), 2273–2289. https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V6I1.1650

Czyżowska, A., Siemianowska, K., Śniadowska, M., & Nowak, A. (2020). Bioactive Compounds and Microbial Quality of Stored Fermented Red Beetroots and Red Beetroot Juice. Polish Journal of Food and Nutrition Sciences, 70(1), 35–44. https://doi.org/10.31883/PJFNS/116611

De Oliveira Filho, J. G., Bertolo, M. R. V., Rodrigues, M. Á. V., Silva, G. da C., de Mendonça, G. M. N., Bogusz Junior, S., Ferreira, M. D., & Egea, M. B. (2022). Recent advances in the development of smart, active, and bioactive biodegradable biopolymer-based films containing betalains. Food Chemistry, 390, 133149. https://doi.org/10.1016/J.FOODCHEM.2022.133149

Espinoza, A., & Ricanqui, E. (2022). Nanoencapsulación por gelificación iónica de polifenoles a partir de hojas de beterraga (Beta vulgaris L.) asistidas por ultrasonido. http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/8303

Esquivel, P., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2022). Pigment pattern and composition in Beta vulgaris L. roots: A review. *Journal of Food Composition and Analysis*, *105*, 104223. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104223

Fang, Z., & Bhandari, B. (2010). Encapsulation of polyphenols—A review. *Trends in Food Science & Technology, 21*(10), 510-523. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2010.08.003

FAO. (2011). *Global food losses and food waste – Extent, causes and prevention*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2019). *El estado mundial de la agricultura y la alimentación. Progresos en la lucha contra la pérdida y el desperdicio de alimentos*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. http://www.fao.org/3/ca6030es/ca6030es.pdf

Fazaeli, M., Emam-Djomeh, Z., Kalbasi-Ashtari, A., & Omid, M. (2012). Effect of process conditions and carrier concentration for improving drying yield and other quality attributes of spray dried black mulberry (Morus nigra) juice. International Journal Of Food Engineering, 8(1), 1-20. https://doi.org/10.1515/1556-3758.2023

Ferrari, C. C., Germer, S. P. M., & Alvim, I. D. (2013). Influence of carrier agents on the physicochemical properties of blackberry powder produced by spray drying. *International Journal of Food Science & Technology, 48*(6), 1237-1245. https://doi.org/10.1111/ijfs.12080

Galanakis, C. M. (2012). Recovery of high added-value components from food wastes: Conventional, emerging technologies and commercialized applications. *Trends in Food Science & Technology, 26*(2), 68-87. https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.03.003

Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International, 40*(9), 1107-1121. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2007.07.004

Gómez-Maqueo, A., García-Cayuela, T., & Cano, M. P. (2020). *Release of beetroot (Beta vulgaris) encapsulated compounds under simulated gastrointestinal digestion and colonic fermentation*. LWT, 127, 109388. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109388

Goyeneche, R., Di Scala, K., Ramirez, C. L., & Fanovich, M. A. (2020). Recovery of bioactive compounds from beetroot leaves by supercritical CO2 extraction as a promising bioresource. The Journal of Supercritical Fluids, 155, 104658. https://doi.org/10.1016/J.SUPFLU.2019.104658

Herbach, K. M., Stintzing, F. C., & Carle, R. (2006). Betalain stability and degradation - structural and chromatic aspects. *Journal of Food Science, 71*(4), R41-R50.

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., María del Pilar Baptista Lucio, D., & Méndez Valencia Christian Paulina Mendoza Torres, S. (2014). Metodología de la investigación.

Hernández, R., & Mendoza, C. P. (2018). Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta.

Igual, M., Moreau, F., García-Segovia, P., & Martínez-Monzó, J. (2023). Valorization of Beetroot By-Products for Producing Value-Added Third Generation Snacks. Foods 2023, Vol. 12, Page 176, 12(1), 176. https://doi.org/10.3390/FOODS12010176

INEI. (2023a). Compendio-estadistico-Peru-2023.

INEI. (2023b). Junín: Compendio Estadístico 2023. https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/5468931-compendio-estadistico-junin-2023

Jafari, S. M., Assadpoor, E., He, Y., & Bhandari, B. (2008). Encapsulation efficiency of food flavours and oils during spray drying. Drying Technology, 26(7), 816–835. https://doi.org/10.1080/07373930802135972

Jafari, S. M., et al. (2008). Re-coalescence of emulsion droplets during high-energy emulsification. *Food Hydrocolloids, 22*(7), 1191-1202.

Jaya, S., & Das, H. (2004). Effect of maltodextrin, glycerol monostearate and tricalcium phosphate on vacuum dried mango powder properties. Journal of Food Engineering, 63(2), 125–134. https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00135-3

Jeon, K. W., Yu, J. H., Kim, J. S., Boo, K. H., & Kim, C. S. (2023). El tiempo de cultivo afecta las propiedades fisicoquímicas de diferentes variedades de remolacha roja (Beta vulgaris L.). Revista de La Sociedad Coreana de Ciencia de Los Alimentos y Nutrición, 52(8), 798–804. https://doi.org/10.3746/jkfn.2023.52.8.798

Jurčević Šangut, I., Pavličević, L., & Šamec, D. (2024). Influence of Air Drying, Freeze Drying and Oven Drying on the Biflavone Content in Yellow Ginkgo (Ginkgo biloba L.) Leaves. Applied Sciences 2024, Vol. 14, Page 2330, 14(6), 2330. https://doi.org/10.3390/APP14062330

Kanner, J., Harel, S., & Granit, R. (2001). Betalains - A new class of dietary cationized antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49*(11), 5178-5185.

López, Pe. (2004). Población, muestra y muestreo. Punto Cero, 09(08), 69-74. Recuperado en 21 de septiembre de 2025, de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-02762004000100012&lng=es&tlng=es.

Loyola, E. (2023). Evaluación de la actividad antioxidante in vitro y contenido de minerales en el extracto etanólico de las hojas de Beta vulgaris L. (beterraga).

Mahdavi, S. A., Jafari, S. M., Ghorbani, M., & Assadpoor, E. (2014). Spray-drying microencapsulation of anthocyanins by natural biopolymers: A review. *Drying Technology, 32*(5), 509-518. https://doi.org/10.1080/07373937.2013.839562

Modesto Ochoa Flórez, E., Francisco de Paula Santander Ocaña Ocaña, U., Enrique Suárez Quiñones, Á., & Braillan Alberto Sierra Ortíz, C. (2022). Desafíos y oportunidades de la Economía Circular en la industria alimenticia: Evolución teórica hacía la sostenibilidad. Mundo FESC, 12(S3), 43–61. https://doi.org/10.61799/2216-0388.1298

Moposita, D., Moposita, D., Mejía, A. B., Dávalos, G., & Escobar, J. (2023). Bebida a base de productos infrautilizados de zanahoria (daucus carota), remolacha (beta vulgaris) y mora (rubus glaucus) por liofilización. Polo Del Conocimiento, 8(3), 961–974. https://doi.org/10.23857/pc.v8i3.5356

Nedović, V., Kalusevic, A., Manojlovic, V., Levic, S., & Bugarski, B. (2011). An overview of encapsulation technologies for food applications. *Procedia Food Science*, *1*, 1806-1815. https://doi.org/10.1016/j.profoo.2011.09.265

Nutter, J., Fernandez, M. V., Jagus, R. J., & Agüero, M. V. (2021). Development of an aqueous ultrasound-assisted extraction process of bioactive compounds from beet leaves: a proposal for reducing losses and increasing biomass utilization. Journal of the Science of Food and Agriculture, 101(5), 1989–1997. https://doi.org/10.1002/JSFA.10815

Nwankwo, C. S., Okpomor, E. O., Dibagar, N., Wodecki, M., Zwierz, W., & Figiel, A. (2023). Recent Developments in the Hybridization of the Freeze-Drying Technique in Food Dehydration: A Review on Chemical and Sensory Qualities. Foods 2023, Vol. 12, Page 3437, 12(18), 3437. https://doi.org/10.3390/FOODS12183437

ONU. (2021). *Objetivos de Desarrollo Sostenible 12: Producción y consumo responsables*. https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/sustainable-consumption-production/

Prado-Acebo, I., Cubero-Cardoso, J., Lu-Chau, T. A., & Eibes, G. (2024). Integral multi-valorization of agro-industrial wastes: A review. Waste Management, 183, 42–52. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2024.05.001

Punia Bangar, S., Sharma, N., Sanwal, N., Lorenzo, J. M., & Sahu, J. K. (2022). Bioactive potential of beetroot (Beta vulgaris). Food Research International, 158, 111556. https://doi.org/10.1016/J.FOODRES.2022.111556

Putradamni, A. M., & Pramitasari, R. (2024). Formula optimization, physicochemical characterization, and sensory evaluation of beetroot-based blended frozen dessert. Food Chemistry Advances, 4, 100672. https://doi.org/10.1016/J.FOCHA.2024.100672

Ragoubi, M., Becquart, F., de C Carnaval, L. S., Jaiswal, A. K., & Jaiswal, S. (2024). Agro-Food Waste Valorization for Sustainable Bio-Based Packaging. Journal of Composites Science 2024, Vol. 8, Page 41, 8(2), 41. https://doi.org/10.3390/JCS8020041

Ratti, C. (2013). Freeze drying for food powder production. En Elsevier eBooks (pp. 57-84). https://doi.org/10.1533/9780857098672.1.57

Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A. A., Gabr, A. M. M., Kastell, A., Riedel, H., ... & Smetanska, I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International, 50*(2), 670-675.

Ravichandran, K., Saw, N. M. M. T., Mohdaly, A. A. A., Gabr, A. M. M., Kastell, A., Riedel, H., Cai, Z., Knorr, D., & Smetanska, I. (2013). Impact of processing of red beet on betalain content and antioxidant activity. *Food Research International, 50*(2), 670–675. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2011.07.002

Robert, P., Fredes, C., & García, P. (2015). The encapsulation of anthocyanins from berry-type fruits: Trends and challenges. *Molecules, 20*(6), 10907-10919. https://doi.org/10.3390/molecules200610907

Robert, P., Gorena, T., Romero, N., Sepulveda, E., Chavez, J., & Saenz, C. (2010). Encapsulation of polyphenols and anthocyanins from pomegranate (Punica granatum) by spray drying. *International Journal of Food Science & Technology, 45*(7), 1386-1394.

Rodas, J. (2020). Caracterización de propiedades fisicoquímicas y funcionales de un producto en polvo a partir de la hoja de quinua (*Chenopodium quinoa*). Universidad Señor de Sipán.

Rodríguez, L. T., Méndez, M. A., & Morales, D. (2016). Betalains: Properties and applications. In *Handbook on Natural Pigments in Food and Beverages* (pp. 201-222). Woodhead Publishing. https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100371-8.00010-6

Rodríguez, X., & Rojas, F. (2022). Valor nutricional de hojas y tallos de brócoli, apio y betarraga disponibles en un mercado mayorista de Santiago de Chile. Memorias Del Instituto de Investigaciones En Ciencias de La Salud, 20(3), 97–107. https://doi.org/10.18004/MEM.IICS/1812-9528/2022.020.03.97

Sadowska, I., & Bartosz, G. (2021). Biological Properties and Applications of Betalains. Molecules 2021, Vol. 26, Page 2520, 26(9), 2520. https://doi.org/10.3390/MOLECULES26092520

Saénz, C., Tapia, S., Chávez, J., & Robert, P. (2009). Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (Opuntia ficus-indica). *Food Chemistry, 114*(2), 616-622. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.09.095

Saénz, C., Tapia, S., Chávez, J., & Robert, P. (2022). *Microencapsulation by spray drying of bioactive compounds from cactus pear (Opuntia ficus-indica)*. Food Chemistry, 366, 130616. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130616

Saini, A., Panesar, P. S., & Bera, M. B. (2019). Valorization of fruits and vegetables waste through green extraction of bioactive compounds and their nanoemulsions-based delivery system. Bioresources and Bioprocessing, 6(1), 1–12. https://doi.org/10.1186/S40643-019-0261-9/TABLES/3

Salachas, G., Giannakopoulos, E., Hela, D., Papasavvas, A., Savvas, D., & Deligiannakis, I. (2022). Enhancing bioactive compounds accumulation in red beet (Beta Vulgaris L.) plants by managing N nutrition. The identification of the 'critical' zone as a cultivation technique. Plant Physiology and Biochemistry, 188, 21–30. https://doi.org/10.1016/J.PLAPHY.2022.08.003

Sanchez Ayala, T. M., & Uculmana Navarro, C. G. M. (2022). Evaluación del efecto del escaldado y secado convectivo del nivel proteico de las hojas de remolacha (Beta Vulgaris) para su aplicación en galletas. http://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/7377

Šelo, G., Planinić, M., Tišma, M., Tomas, S., Koceva Komlenić, D., & Bucić-Kojić, A. (2021). A Comprehensive Review on Valorization of Agro-Food Industrial Residues by Solid-State Fermentation. Foods 2021, Vol. 10, Page 927, 10(5), 927. https://doi.org/10.3390/FOODS10050927

Sentkowska, A., & Pyrzyńska, K. (2023). Old-Fashioned, but Still a Superfood—Red Beets as a Rich Source of Bioactive Compounds. Applied Sciences 2023, Vol. 13, Page 7445, 13(13), 7445. https://doi.org/10.3390/APP13137445

Shivanna, S. K., Naik N, L., & Rao, P. S. (2024). Impact of drying techniques on the composition, physicochemical attributes, antioxidant capacity, antidiabetic potential, and ACE inhibition properties of Moringa oleifera pod pulp powder. South African Journal of Botany, 165, 405–416. https://doi.org/10.1016/J.SAJB.2024.01.008

Singh, R., Das, R., Sangwan, S., Rohatgi, B., Khanam, R., Peera, S. K. P. G., Das, S., Lyngdoh, Y. A., Langyan, S., Shukla, A., Shrivastava, M., & Misra, S. (2021). Utilisation of agro-industrial waste for sustainable green production: a review. Environmental Sustainability 2021 4:4, 4(4), 619–636. https://doi.org/10.1007/S42398-021-00200-X

Sokolova, D. V., Shvachko, N. A., Mikhailova, A. S., Popov, V. S., Solovyeva, A. E., & Khlestkina, E. K. (2024). Characterization of Betalain Content and Antioxidant Activity Variation Dynamics in Table Beets (Beta vulgaris L.) with Differently Colored Roots. Agronomy, 14(5), 999. https://doi.org/10.3390/AGRONOMY14050999/S1

Sosa-Martínez, J. D., Montañez, J., Contreras-Esquivel, J. C., Balagurusamy, N., Gadi, S. K., & Morales-Oyervides, L. (2023). Agroindustrial and food processing residues valorization for solid-state fermentation processes: A case for optimizing the co-production of hydrolytic enzymes. Journal of Environmental Management, 347, 119067. https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2023.119067

Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2008). Influence of process conditions on the physicochemical properties of açai (*Euterpe oleraceae Mart*.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engineering*, *88*(3), 411-418. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.02.029

Tonon, R. V., Brabet, C., & Hubinger, M. D. (2010). Anthocyanin stability and antioxidant activity of spray-dried açai (*Euterpe oleracea* Mart.) juice produced with different carrier agents. *Food Research International, 43*(3), 907-914. https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.12.013

United Nations Environment Programme. (2024). Think Eat Save Tracking Progress to Halve Global Food Waste. https://www.unep.org/resources/publication/food-waste-index-report-2024

Urrialde, R., Gómez Cifuentes, A., Pintos, B., Gómez-Garay, M. A., Cifuentes, B., Urrialde, R., Gómez-Cifuentes, A., Pintos, B., Gómez-Garay, M. A., & Cifuentes, B. (2022). Bioactive compounds from plants. Development of new or novel food. Nutrición Hospitalaria, 39(SPE3), 8–11. https://doi.org/10.20960/nh.04302

Wang, J. R., Wu, X. Y., Cui, C. B., & Bi, J. F. (2024). Effect of osmotic dehydration combined with vacuum freeze-drying treatment on characteristic aroma components of peach slices. Food Chemistry: X, 22, 101337. https://doi.org/10.1016/J.FOCHX.2024.101337

Wang, T., Liu, L., Rakhmanova, A., Wang, X., Shan, Y., Yi, Y., Liu, B., Zhou, Y., & Lü, X. (2020). Stability of bioactive compounds and in vitro gastrointestinal digestion of red beetroot jam: Effect of processing and storage. *Food Bioscience*, *38*, 100788. https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100788

Wruss, J., Waldenberger, G., Huemer, S., Uygun, P., Lanzerstorfer, P., Müller, U., ... & Weghuber, J. (2015). Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. *Journal of Food Composition and Analysis*, *42*, 46-55. https://doi.org/10.1016/j.jfca.2015.03.005

Yao, J., Chen, W., & Fan, K. (2023). Novel Efficient Physical Technologies for Enhancing Freeze Drying of Fruits and Vegetables: A Review. Foods 2023, Vol. 12, Page 4321, 12(23), 4321. https://doi.org/10.3390/FOODS12234321

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*)

PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES	METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN
Problema general	**Objetivo general**	**Hipótesis general**	**Independiente**	
¿Cuáles serán las características físicas y compuestos bioactivos de encapsulados de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) obtenido mediante secado por aspersión?	Evaluar las características físicas y compuestos bioactivos de encapsulados de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) obtenido mediante secado por aspersión.	El proceso de secado por aspersión en residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) permite obtener encapsulados con características físicas estables y una retención significativa de sus compuestos bioactivos.	Secado por aspersión	**Tipo: Aplicada**
Problemas específicos	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**	**Dependiente**	**Nivel: Explicativo**
¿Cuáles son los parámetros óptimos para la obtención de encapsulados de residuos de betarraga mediante secado por aspersión?	Determinar los parámetros óptimos para la obtención de encapsulados de residuos de betarraga mediante secado por aspersión.	Los parámetros de operación del secado por aspersión, específicamente la temperatura de entrada del aire y la concentración del agente encapsulante, tienen un efecto significativo y combinado en el rendimiento del encapsulado de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*).	Características físicas	**Método: Hipotético-deductivo**
¿Cuáles serán las características físicas de encapsulados de residuos betarraga mediante secado por aspersión?	Analizar las características físicas de encapsulados de residuos betarraga obtenido mediante secado por aspersión.	Los encapsulados de residuos de betarraga obtenidos mediante secado por aspersión presentan características físicas estables como baja higroscopicidad y alta solubilidad, proporcionando estabilidad al producto final.		**Diseño:** Experimental
¿Cuál será el contenido de compuestos fenólicos y betalaínas en encapsulados de residuos de betarraga mediante secado por aspersión?	Determinar el contenido de compuestos fenólicos y betalaínas de encapsulados de residuos de betarraga obtenido mediante secado por aspersión.	El proceso de secado por aspersión permite obtener un polvo a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*) con un contenido significativo de compuestos fenólicos y betalainas.	Compuestos fenólicos y betalaínas	**Población:** Residuos de betarraga. **Muestra: 9** kg de residuos de betarraga.

Anexo 2. Obtención de encapsulados de residuo de beterraga

Figura 1

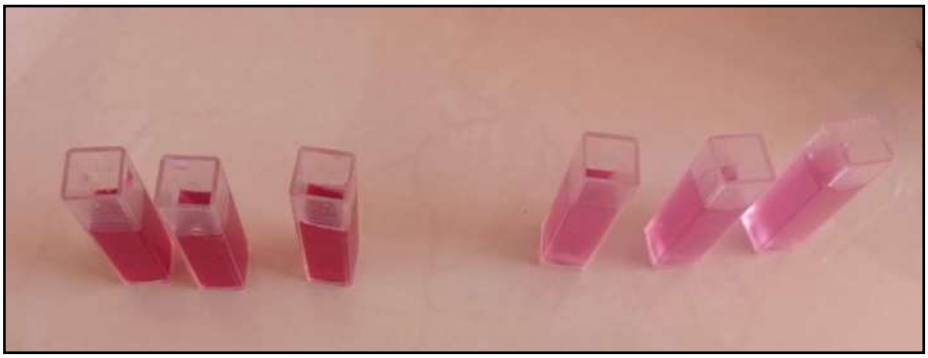
Materia prima.

Figura 2

Calibración del espectrofotómetro

Figura 3

Muestras para medir las betalainas del residuo de beterraga.



Anexo 3. Comparaciones de Tukey

Comparaciones para Rendimiento

Comparaciones por parejas de Tukey: Rendimiento - Temperatura

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
130	6	15.6600	A
140	6	15.4167	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Rendimiento - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
20	6	15.5800	A
15	6	15.4967	B

Comparaciones para Humedad

Comparaciones por parejas de Tukey: Humedad - Temperatura

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
130	6	6.82000	A
140	6	6.09167	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Humedad - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
15	6	6.46000	A
20	6	6.45167	A

Comparaciones para Higroscopocidad

Comparaciones por parejas de Tukey: Higroscopocidad - Temperatura

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
140	6	8.13000	A
130	6	6.47833	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Higroscopocidad - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
15	6	7.43000	A
20	6	7.17833	B

Comparaciones para Solubilidad

Comparaciones por parejas de Tukey: Solubilidad - Temperatura

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
140	6	83.4300	A
130	6	82.6267	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Solubilidad - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
15	6	83.1683	A
20	6	82.8883	B

Comparaciones para Contenido fenólico

Comparaciones por parejas de Tukey: Contenido fenólico - Temperatura
Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
130	6	1024.33	A
140	6	1011.83	A

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.
Comparaciones por parejas de Tukey: Contenido fenólico - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
20	6	1031.33	A
15	6	1004.83	A

Comparaciones para Betalaínas

Comparaciones por parejas de Tukey: Betalaínas - Temperatura

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Temperatura	N	Media	Agrupación
130	6	5.43333	A
140	6	4.40000	B

Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Comparaciones por parejas de Tukey: Betalaínas - Encapsulante

Agrupar información utilizando el método de Tukey y una confianza de 95%

Encapsulante	N	Media	Agrupación
15	6	4.95000	A
20	6	4.88333	A

Resolución de Coordinación de Facultad N° 025-2024-UNAAT/FI

Tarma, 18 de noviembre de 2024

VISTO:

PROVEÍDO N° 0213-UNAAT/C-FI, INFORME 010-2024-UNAAT-P/EPIA-RJMY, INFORME N° 012-2024-UNAAT-P/EPIA-WJCC, MEMORANDO N° 021-2024-UNAAT/C-FI, MEMORANDO N° 020-2024-UNAAT/C-FI, INFORME N° 0011-2024-UNAAT/P-VPA-FI-UI, PROVEIDO N° 0181-UNAAT/C-FI, SOLICITUD DE BACHILLER;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, la Ley Universitaria, Ley N° 30220, en su Art. 8° establece que, el Estado reconoce la autonomía universitaria. La autonomía inherente a las universidades se ejerce de conformidad con lo establecido en la Constitución, la presente ley y demás normas aplicables. Esta autonomía se manifiesta en los siguientes regímenes: Normativo, de Gobierno, Académico, Administrativo y Económico;

Que, el artículo 54 de la Ley Universitaria precisa de la autonomía de las Facultades que, las Facultades son las unidades de organización académica, profesional, de investigación y de gestión. Están integradas por docentes, estudiantes y graduados. Tienen autonomía académica, de investigación, administrativa y económica, y académico en los asuntos de su competencia;

Que, la Novena Disposición Complementaria del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad que hará las veces de Decano de Facultad;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0357-2023-UNAAT, de fecha 14 de diciembre de 2023, se resuelve designar al docente ordinario Walter Javier Cuadrado Campó como Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 02 de enero al 30 de junio de 2024;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT, de fecha 09 de agosto de 2024, se resuelve otorgar al Coordinador de la Facultad de Ingeniería … emitir acto resolutivo, enmarcado en las atribuciones de Decano de la Facultad, establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0278-2024-UNAAT, de fecha 04 de setiembre de 2024, se resuelve designar al docente ordinario Henry Juan Javier Ninahuaman como Secretario Docente de la Facultad de Ingeniería;

Que, a través de la Resolución de Facultad N° 0014-2024-UNAAT/FI, de fecha 03 de setiembre de 2024, se aprueba la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

Que, a través del PROVEÍDO N° 0181-2024-UNAAT/C-FI, el Coordinador de la Facultad de Ingeniería solicita al responsable de la Unidad de Investigación la emisión del informe de evaluación y propuesta de asesor y coasesor del proyecto de tesis, motivado por la solicitud del Bachiller Gian Carlos Julcarima Osorio, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial;

Que, a través del INFORME N° 0011-2024-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el Responsable de la Unidad de Investigación concluye que el proyecto de tesis cumple con lo establecido en el item 1.2 de la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería, además propone la designación del Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias en calidad de asesor y al Dr. Walter Javier Cuadrado Campó en calidad de coasesor para el proyecto de tesis intitulado: Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de beterraga (*Beta vulgaris*);

Que, mediante el MEMORANDO N° 020-2024-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como co-asesor de proyecto de Tesis al Dr. Walter Javier Cuadrado Campó.

Que, mediante el MEMORANDO N° 021-2024-UNAAT/C-FI el Coordinador de la Facultad de Ingeniería, solicita la aceptación como asesor de proyecto de Tesis al Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias;

Que, a través del INFORME N° 012-2024-UNAAT-P/EPIA-WJCC, el co-asesor da la aceptación y compromiso de co-asesoramiento de tesis;

Que, a través del INFORME N° 010-2024-UNAAT-P/EPIA-RJMY, el asesor da la aceptación y compromiso de asesoramiento de tesis;

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería, con PROVEÍDO N° 0213-UNAAT/C-FI, dispone la emisión de la presente Resolución que designa al Asesor y co-asesor del Proyecto de Tesis intitulado: "Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de beterraga (*Beta vulgaris*)";

Que, en cumplimiento del Artículo 8° de la Directiva para la Obtención del Titulo Profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, en cumplimiento del Artículo 63° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, de conformidad con el Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220, los artículos 45 y 47 del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR al **Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias** como **Asesor** y al **Dr. Walter Javier Cuadrado Campó** como **Co-asesor** del Proyecto de tesis titulado: **"Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de beterraga (*Beta vulgaris*)"**, presentado por el Bachiller Gian Carlos Julcarima Osorio, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial - UNAAT.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y ARCHÍVESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Walter Javier Cuadrado Campó
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Henry Juan Javier Ninahuaman
SECRETARIO DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 002-2025-UNAAT/FI

Tarma, 03 de marzo de 2025

VISTO:

PROVEÍDO 020-UNAAT/C-FI, INFORME N° 001-2025-UNAAT-P/EPIA-RJMY, SOLICITUD, y;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con una vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de (dos) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconforma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henriquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0249-2024-UNAAT, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0427-2024-UNAAT, de fecha 26 de diciembre de 2024, se resuelve encargar a Larry Oscar Chañi Paucar, profesor Principal ordinario las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de enero al 30 de junio de 2025;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a Gina De La Cruz Calderón, docente ordinaria como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la facultad establecidas en la Ley universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT.

Que, mediante la Resolución de Coordinación de Facultad N° 025-2024-UNAAT/FI, de fecha 18 de noviembre de 2024, se designa al Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias como Asesor y al Dr. Walter Javier Cuadrado Campó como Co-asesor del Proyecto de Tesis titulado: "Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de beterraga (*Beta vulgaris*)";

Que, mediante solicitud de fecha 03 de enero de 2025, el bachiller Gian Carlos Julcarima Osorio solicita la aprobación y autorización de ejecución del proyecto de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el INFORME N° 001-2025-UNAAT-P/EPIA-RJMY, presentado el 2 de enero de 2025, el asesor del proyecto de tesis APRUEBA el Proyecto de Tesis titulado: "Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de beterraga (*Beta vulgaris*)";

Que, en consecuencia, el Coordinador de Facultad de Ingeniería con Proveído 020-UNAAT/C-FI, fecha 11 de febrero de 2025, dispone la emisión de la Resolución que aprueba y autoriza la ejecución del Proyecto de Tesis en mención;

Que, de acuerdo con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto Modificado de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0249-2024-UNAAT, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- APROBAR y **AUTORIZAR** la ejecución del Proyecto de tesis titulado: **"CARACTERIZACIÓN DE ENCAPSULADOS MEDIANTE SECADO POR ASPERSIÓN DE COMPUESTOS BIOACTIVOS A PARTIR DE RESIDUOS DE BETERRAGA (*Beta vulgaris*)"**, presentado por el Bachiller Gian Carlos Julcarima Osorio, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

ARTÍCULO SEGUNDO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional y Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dr. Larry Oscar Chañi Paucar
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Mg. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA

Creada Por Ley N° 29652 y Ley N° 30139

FACULTAD DE INGENIERÍA

RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN DE FACULTAD N° 053-2025-UNAAT/FI

Tarma, 21 de agosto de 2025

VISTO:

PROVEÍDO N° 266/UNAAT/C-FI, INFORME N° 027-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, OFICIO N° 0326-2025-UNAAT/C-FI, SOLICITUD;

CONSIDERANDO:

Que, según Ley N° 29652, modificada por la Ley N° 30139, se creó la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, como persona jurídica de derecho público; sin fines de lucro, con autonomía académica, económica, normativa y administrativa, conforme a ley;

Que, mediante Resolución del Consejo Directivo N° 142-2018-SUNEDU/CD, de 18 de octubre de 2018, la Superintendencia Nacional de Educación Superior Universitaria resolvió otorgar la licencia institucional a la UNAAT, para ofrecer el servicio educativo superior universitario, con vigencia de seis (06) años; la misma que fue modificada con Resolución del Consejo Directivo N° 061-2022-SUNEDU/CD, de fecha 17 de junio de 2022, en el extremo de reconocer la creación de (dos) locales y el cambio de locación;

Que, el artículo 29 de la Ley N° 30220, Ley Universitaria, establece que, aprobada la ley de creación de una universidad pública, el Ministerio de Educación constituye una Comisión Organizadora y que el proceso de constitución de una universidad concluye con la designación de sus autoridades, dentro de los plazos establecidos por el Ministerio de Educación;

Que, con Resolución Viceministerial N° 008-2023-MINEDU, de fecha 11 de enero de 2023, se reconforma la Comisión Organizadora de la UNAAT, integrada por los académicos Dra. Milagro Rosario Henriquez Suárez, como Presidenta; Dr. Ángel Almidón Elescano como Vicepresidente Académico y Dr. David Elí Salazar Espinoza como Vicepresidente de Investigación;

Que, la Octava Disposición Complementaria del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, estipula que, en tanto no se constituyan los órganos de gobierno se puede designar un Coordinador de Facultad de manera provisional que hará las veces de Decano de Facultad; cumpliendo así con el Documento Normativo denominado "Disposiciones para la constitución y funcionamiento de las comisiones organizadoras de las universidades públicas en proceso de constitución" aprobaba mediante Resolución Viceministerial N° 244-2021-MINEDU, de fecha 27 de julio de 2021;

Que, en ese contexto, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0225-2025-UNAAT, de fecha 24 de junio de 2025, se resuelve encargar al Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez, profesor Asociado ordinario, las funciones de Coordinador de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT, del 01 de julio hasta el 30 de setiembre de 2025;

Que, con Resolución de Comisión Organizadora N° 0241-2024-UNAAT de fecha 09 de agosto de 2024 se otorga al Coordinador de la facultad Ingeniería de la UNAAT, la facultad de emitir acto resolutivo enmarcadas en las atribuciones de Decano de la Facultad establecidas en la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la UNAAT;

Que, mediante la Resolución de Comisión Organizadora N° 0010-2025-UNAAT, de fecha 09 de enero de 2025, se resuelve designar a la docente Gina De La Cruz Calderón, como Secretaria Docente de la Facultad de Ingeniería de la UNAAT a partir del 10 de enero de 2025;

Que, a través de la Resolución de Facultad N° 0014-2024-UNAAT/FI, de fecha 03 de setiembre de 2024, se aprueba la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma;

Que, mediante el reglamento de grados y títulos de la UNAAT aprobado con RCO Nº 0227-2024-UNAAT, en el CAPITULO IX ESTRUCTURA Y PROCEDIMIENTO DEL INFORME DE TESIS, Artículo 32, la coordinación de Facultad, designa al jurado con acto resolutivo;

Que, mediante SOLICITUD, el Bach. Gian Carlos Julcarima Osorio, solicita al Coordinador de la Facultad de Ingeniería la designación de jurado evaluador para el informe de tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con OFICIO Nº 0326-2025-UNAAT/C-FI, el Coordinador de Facultad remite al responsable de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, la tesis: "Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta Vulgaris*)" para su informe y propuesta de jurado evaluador;

Que, con INFORME Nº 027-2025-UNAAT/P-VPA-FI-UI, el responsable de la Unidad de Investigación remite el informe y propuesta de jurado evaluador de tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agroindustrial;

Que, con el proveído Nº 266/UNAAT/C-FI, se remite al SECRETARIO DOCENTE el expediente en cuestión para su atención con resolución de Facultad y notificación correspondiente;

Que, conforme al Artículo 8° de la Directiva para la obtención del título profesional de Ingeniero Agroindustrial de la Facultad de Ingeniería, aprobado con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT, y;

Que, en cumplimiento con el Artículo 30° del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma aprobado con Resolución de Comisión Organizadora N° 0227-2024-UNAAT;

Que, en virtud del Artículo 68° de la Ley Universitaria N° 30220 y los artículos 45° y 47° del Estatuto de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma, y en cumplimiento de las normas institucionales;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO.- DESIGNAR a los docentes ordinarios en calidad de Jurado Evaluador de acuerdo al siguiente detalle:

Dr. Henry Juan Javier Ninahuaman	Presidente
Mg. Nora Rodriguez Cangalaya	Secretario
MSc. Carmen Liz Sandra Solis Malaga	Vocal
Mg. Kenny Ruben Montalvo Morales	Accesitario

De la tesis **"**Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta Vulgaris*)**"**, presentado por el Bach. Gian Carlos Julcarima Osorio, de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

ARTÍCULO SEGUNDO.- REMITIR a los docentes designados como jurado evaluador, el informe de tesis, para su revisión y emisión del informe de evaluación con un plazo no mayor a 15 días hábiles a partir de la fecha, para continuar con el proceso de levantamiento de observaciones y emisión del informe favorable de la tesis para la sustentación, tal como se detalla en la Directiva para la Obtención del Título Profesional de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma.

ARTÍCULO TERCERO.- NOTIFICAR a la Alta Dirección, Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional, Departamento Académico de Ingeniería Agroindustrial e interesados para su conocimiento y demás fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y PUBLÍQUESE.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
COORDINACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Mg. Elmer Robert Torres Gutiérrez
COORDINADOR DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA (e)

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
FACULTAD DE INGENIERÍA
SECRETARÍA DOCENTE

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA ALTOANDINA DE TARMA
Dra. Gina De La Cruz Calderón
SECRETARIA DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 004-EPIA-FI-2025

En la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma Huancucro N° 2092, Acobamba, a los 05 días del mes de Noviembre del año 2025, siendo las 10:10 a.m. horas, en el Auditorio "Dantón Hidalgo Valverde" de la UNAAT, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados con Resolución de Coordinación de Facultad N° 053-2025-UNAAT/FI de fecha 21 de agosto de 2025.

Miembros del Jurado Evaluador:

Presidente : Dr. Henry Juan Javier Ninahuaman
Secretario : Mg. Nora Rodriguez Cangalaya
Vocal : MSc.Carmen Liz Sandra Solis Malaga

Con la finalidad de llevar a cabo el acto académico de sustentación de tesis: **"Caracterización de encapsulado mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (Beta vulgaris)"**, para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial, aprobado mediante Resolución de Coordinación de Facultad N° 076-2025-UNAAT/FI, de fecha 31 de octubre de 2025, donde se programa lugar, fecha y hora para el mencionado acto.

Sustentante(s):

Bach. **Gian Carlos Julcarima Osorio**
Asesor: Dr. Rafael Julian Malpartida Yapias
Coasesor: Dr. Walter Javier Cuadrado Campo

Concluida la exposición y absueltas las preguntas, los miembros del Jurado Evaluador procedieron con la deliberación asignando la calificación siguiente:

Escala valorativa:

Excelente		Bueno	X	Regular		Deficiente	

Resultado final.

Aprobado	X	Desaprobado		Por:	Unanimidad

Para constancia se expide la presente Acta, en la ciudad de Tarma a los 05 días del mes de Noviembre 2025.

Dr. Henry Juan Javier Ninahuaman Presidente	Mg Nora Rodriguez Cangalaya Secretario	MSc.Carmen Liz Sandra Solis Malaga Vocal

CONSTANCIA DE SIMILITUD

N° 004-FI-UI-2025

El responsable de la Unidad de investigación, hace constar mediante la presente, que la tesis titulada:

"Caracterización de encapsulados mediante secado por aspersión de compuestos bioactivos a partir de residuos de betarraga (*Beta vulgaris*)"

Autora : Bach. Gian Carlos Julcarima Osorio

Facultad : Ingeniería

Escuela profesional : Ingeniería Agroindustrial

Asesor : Dr. Rafael Julián Malpartida Yapias

Co-asesor : Dr. Walter Javier Cuadrado Campó

Fue analizada por el software anti plagio TURNITIN bajo los siguientes criterios:

CRITERIOS DE SOFTWARE	DESICIÓN DE CONFIGURACIÓN DE ANÁLISIS
Excluye citas	X
Excluye Bibliografía	X
Excluye cadenas hasta … palabras.	-
Otros criterios (Especificar)	-

Luego de la evaluación el documento presenta un porcentaje de similitud de 25 %

Por tanto, de acuerdo con el reglamento de grados y títulos de la Universidad Nacional Autónoma Altoandina de Tarma y la Directiva para la elaboración, presentación y sustentación de Tesis en la Facultad de Ingeniería aprobada con Resolución de Coordinación de Facultad N° 028-2024-CFI-UNAAT. Se declara la presente Tesis con un índice de similitud APROBADO.

Observaciones: Ninguna.

En señal de conformidad y verificación firma y sella la presente constancia.

Tarma, 19 de noviembre de 2025

Dr. Walter Javier Cuadrado Campó
Responsable de la Unidad de Investigación

W.J.C.C./U.I.
Cc
Archivo