

UNIVERSIDAD NACIONAL JOSE MARIA ARGUEDAS
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGROINDUSTRIAL



Presentado por:

Br. LIZETH MILAGROS FLORES POZO

**EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y
PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA
NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE
UN CLON DE PAPA NATIVA**

Asesor:

Dr. CARLOS ALBERTO LIGARDA SAMANEZ

Co-asesor:

Mag. HENRY PALOMINO RINCÓN

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AGROINDUSTRIAL**

**ANDAHUAYLAS – APURIMAC – PERÚ
2024**



APROBACION DEL ASESOR

Quién suscribe:
Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez
por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Lizeth Milagros Flores pozo ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas 29 de abril de 2024


Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez

Asesor


Lizeth Milagros Flores Pozo
Tesista



APROBACION DEL CO-ASESOR

Quién suscribe:

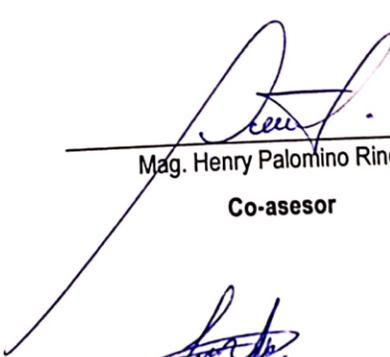
Mag. Henry Palomino Rincón

por la presente:

CERTIFICA,

Que, la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial, Lizeth Milagros Flores pozo ha culminado satisfactoriamente el informe final de tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA", para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas 29 de abril de 2024.



Mag. Henry Palomino Rincón

Co-asesor



Lizeth Milagros Flores Pozo

Tesista



FACULTAD DE INGENIERIA

ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

En la Av. 28 de julio N° 1103 del Local Académico SL02 (Santa Rosa) en el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional José María Arguedas ubicado en el distrito de Talavera de la Reyna de la Provincia de Andahuaylas, siendo las 09:00 horas del día jueves 02 de mayo del año 2024, se reunieron los docentes: Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco, Mag. Dianeth Buleje Campos, M.Sc. Fredy Taípe Pardo, en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACIÓN DE EXTRACTOS FENÓLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA", cuya autora es la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial LIZETH MILAGROS FLORES POZO, el asesor Dr.Carlos Alberto Ligarda Samanez y el Co-asesor Mag.Henry Palomino Rincón., con el propósito de proceder a la sustentación y defensa de dicha tesis.

Luego de la sustentación y defensa de la tesis, el Jurado Evaluador ACORDÓ: APROBAR por UNANIMIDAD a la Bachiller en Ingeniería Agroindustrial LIZETH MILAGROS FLORES POZO, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Table with 3 columns: Nota escala vigesimal (Numeros, Letras), and Mención. Handwritten values: 19, DIECINUEVE, EXCELENTE.

En señal de conformidad, se procedió a la firma de la presente acta en 03 ejemplares.

Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco
Presidente del Jurado Evaluador

Mag. Dianeth Buleje Campos
Primer Miembro del Jurado Evaluador

M.Sc. Fredy Taípe Pardo
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



Anexo 31

APROBACIÓN DEL JURADO DICTAMINADOR

El trabajo de tesis “EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACIÓN DE EXTRACTOS FENÓLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA”; para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL, ha sido evaluada por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco.

PRIMER MIEMBRO: Mag. Dianeth Buleje Campos.

SEGUNDO MIEMBRO: M.Sc. Fredy Taipe Pardo.

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 2 del mes de mayo de 2024.

Andahuaylas 09 de mayo de 2024

Dra. Betsy Suri Ramos Pacheco

PRESIDENTE DEL JURADO DICTAMINADOR

Mag. Dianeth Buleje Campos

PRIMER MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

M.Sc. Fredy Taipe Pardo

SEGUNDO MIEMBRO DEL JURADO DICTAMINADOR

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe asesor del trabajo de investigación/Tesis, titulada “EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA” presentado por la **Br. Lizeth Milagros Flores Pozo**, con DNI N° **70948099** de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniera Agroindustrial**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **11% de similitud general**.

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte del software firmado.

Andahuaylas 9 de mayo del 2024


.....
Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez
Asesor de tesis
N° DNI: 31190926
ORCID: 0000-0001-7519-8355

Se adjunta:

1. Reporte firmado, generado por el software

INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Co-asesor del trabajo de investigación/Tesis, titulada **“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA”** presentado por la **Br. Lizeth Milagros Flores Pozo**, con DNI N° 70948099 de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniera Agroindustrial**.

Informo que el documento ha sido sometido a revisión de originalidad, utilizando el software de control de similitud y detección de plagio Turnitin, conforme al reglamento vigente, verificándose un porcentaje de **11% de similitud general**.

Por tanto, en mi condición de Co-asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto el reporte del software firmado.

Andahuaylas 9 de mayo del 2024



Mag. Henry Palomino Rincón

Co-asesor de tesis

N° DNI: 31188314

ORCID: 0000-0002-4174-9961

Se adjunta:

1. Reporte firmado, generado por el software



Universidad Nacional José María Arguedas

Identidad y Excelencia para el Trabajo Productivo y el Desarrollo

Unidad de Investigación de la Facultad Ingeniería
C012-2024

Andahuaylas, 20 de mayo de 2024

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería, expide la:

Constancia

De porcentaje de similitud (11%) según el software Turnitin, al informe final de investigación: Efecto de la temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon papa nativa. Presentado por el Bach. Lizeth Milagros Flores Pozo cuyo asesor es el Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanéz y coasesor Mag. Henry Palomino Rincón

.....
Dra. María del Carmen Delgado Laime
Presidente de la Unidad de Investigación de la
Facultad de Ingeniería

.....
MSc. Fidelia Tapia Tadeo
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

.....
M.Sc./Richard Carrión Abollaneda
Miembro de la
Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería

C.c
Archivo.

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PA PA NATIVA

AUTOR

LIZETH MILAGROS FLORES POZO

RECuento DE PALABRAS

26204 Words

RECuento DE CARACTERES

141451 Characters

RECuento DE PÁGINAS

127 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

54.8MB

FECHA DE ENTREGA

May 8, 2024 8:36 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

May 8, 2024 8:38 AM GMT-5

● **11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Dr. Carlos Alberto Elgarza Samaniez
DOCENTE DAITA



UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Mag. Henry Palomino Rincón
DOCENTE
Lizeth Milagros
Flores Pozo
70448099

Resumen

● 11% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.unajma.edu.pe Internet	4%
2	secgen.unajma.edu.pe Internet	1%
3	hdl.handle.net Internet	1%
4	tesis.ucsm.edu.pe Internet	<1%
5	repositorio.unicartagena.edu.co Internet	<1%
6	researchgate.net Internet	<1%
7	mdpi.com Internet	<1%
8	documents.mx Internet	<1%


 UNIVERSIDAD NACIONAL
 JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanes
 DOCENTE DAITA


 UNIVERSIDAD NACIONAL
 JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
Mag. Henry Palomino Rincón
 DOCENTE
Lizeth Milagros Flores
 P020
 70948099
 Descripción general de fuentes

Reporte de similitud

9	repositorio.ucv.edu.pe Internet	<1%
10	repositorio.lamolina.edu.pe Internet	<1%
11	alicia.concytec.gob.pe Internet	<1%
12	repositorio.unheval.edu.pe Internet	<1%
13	grafiati.com Internet	<1%
14	journals.eanso.org Internet	<1%
15	shyuanye.com Internet	<1%
16	dspace.upv.es Internet	<1%
17	pdfcookie.com Internet	<1%
18	1library.co Internet	<1%
19	renati.sunedu.gob.pe Internet	<1%
20	onlinelibrary.wiley.com Internet	<1%


 UNIVERSIDAD NACIONAL
 JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
 Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanes
 DOCENTE DAITA


 UNIVERSIDAD NACIONAL
 JOSÉ MARÍA ARGUEDAS
 Mag. Henry Palomino Rincón
 DOCENTE

Lizeth Milagros Flores
 Poro
 Descripción general de fuentes
 70948099

Reporte de similitud

21	doczz.es Internet	<1%
22	edoc.tips Internet	<1%
23	repositorio.ute.edu.ec Internet	<1%
24	Jorge García Ivars. "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE MEMBRAN..." Crossref posted content	<1%
25	cybertesis.unmsm.edu.pe Internet	<1%
26	docplayer.es Internet	<1%


UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Dr. Carlos Alberto Ugarte Salazar
DOCENTE DAITA


UNIVERSIDAD NACIONAL
JOSE MARIA ARGUEDAS
Mag. Henry Palomino Rincón
DOCENTE


Lizeth Milagros
Flores Pozo
70948099

Descripción general de fuentes

DEDICATORIA

A Dios por haberme colocado en cada lugar correcto para lograr mi realización personal y profesional.

A mis abuelitos Zoila y Leoncio que formaron gran parte de mi vida y gracias a ellos soy la persona de hoy en día.

Y por último a mi mamá por brindarme su amor y soporte incondicional.

Lizeth.

AGRADECIMIENTOS

- A la Universidad Nacional José María Arguedas en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por acogerme cálidamente en sus aulas y los laboratorios durante los cinco años de estudio.
- A mi asesor de tesis Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, quien me encaminó desde el momento cero en la realización de este proyecto, estando al pendiente brindándome información, paciencia y despejándome dudas.
- A mi Co-asesor de tesis, Mag. Henry Palomino Rincón, quien me ayudó en todo el ámbito de la materia prima, brindándome tiempo y experiencias que enriquecieron mi proyecto.
- A la MSc. Elibet Moscoso Moscoso, especialista del Laboratorio de Investigación de Nanotecnología en Alimentos (LINA), por la paciencia y ayuda en la realización de mis pruebas en el laboratorio.
- A mis jurados evaluadores, por sus acotaciones para la mejora de este proyecto.
- A la empresa SEMPAL S.R.I. en especial al señor José Palomino Flores, quien me brindo la materia prima necesaria para la elaboración de esta investigación.
- Al Ing. Ladislao Palomino Flores, quien me brindó valiosa información en campo y explicó a mayor profundidad temas referidos a mi investigación.
- A mis tíos Ada y Atilio por acogerme como una hija desde mi llegada a Andahuaylas para estudiar.
- A mis padres por el apoyo incondicional durante todo mi paso por la universidad y por cada objetivo que me trazo.
- A mis amigos Rodrigo, Isaías, Leydi y Thamirys, por hacer más duraderas y excepcionales las experiencias tanto académicas como sociales y por estar siempre para mí para hacerme sentir como en casa.
- A mis docentes que contribuyeron en mi formación como Ingeniera Agroindustrial, abriéndome los ojos y haciéndome ver lo hermosa que es esta carrera.
- Y, por último, agradecerme, por creer en mí, por hacer este trabajo y no renunciar.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTOS	iii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	16
1.1. Situación problemática	16
1.2. Formulación del problema	17
1.2.2. Problema general	17
1.2.3. Problemas específicos	17
1.3. Justificación de la investigación	17
1.4. Objetivos de la investigación	18
1.4.1. Objetivo general	18
1.4.2. Objetivos específicos	19
1.5. Formulación de hipótesis	19
1.5.1. Hipótesis general	19
1.5.2. Hipótesis específicas	19
CAPITULO II: ANTECEDENTES	20
2.1. Antecedentes Internacionales:	20
2.2. Antecedentes Nacionales:	22
CAPITULO III: MARCO TEÓRICO	26
1.6. Bases teóricas	26
1.6.1. La papa nativa	26
1.6.2. Conservación in situ y ex situ de la papa nativa	26
1.6.3. Clonación	27
1.6.4. La reproducción asexual o clonación en las plantas	27

1.6.5. La multiplicación vegetativa	28
1.6.6. Clonación in vitro	28
1.6.7. Etapas de la clonación in vitro.....	29
1.6.8. Clon de papa:	29
1.6.9. Encapsulación:	30
1.6.10. Nano encapsulación.....	31
1.6.11. Secado por aspersion	32
1.6.12. Encapsulantes.....	32
1.6.13. Almidón de quinua.....	34
1.6.14. Composición química del almidón de quinua.....	34
1.6.15. Goma Arábica de Acacia Senegal.....	35
1.6.16. Goma Arábica	36
1.6.17. Componentes bioactivos	36
1.6.18. Compuestos fenólicos	36
1.6.19. Flavonoides presentes en los alimentos.....	37
1.6.20. Antocianinas.....	38
1.6.21. Capacidad antioxidante	39
1.6.22. Efectos de los compuestos fenólicos y antioxidantes en la salud	39
1.6.23. Actividad de agua (Aw)	40
1.6.24. Humedad.....	41
1.6.25. Microscopia electrónica de barrido (SEM)	41
1.6.26. Tamaño de partícula	41
1.7. Marco conceptual.....	42
1.7.1. Nanoencapsulación	42
1.7.2. Clon de papa nativa	42
1.7.3. Almidón de quinoa	42
1.7.4. Goma arábica	42

1.7.5. Compuestos fenólicos.....	43
1.7.6. Flavonoides	43
1.7.7. Antocianinas	43
1.7.8. Actividad antioxidante	43
1.7.9. Aw	43
1.7.10. Humedad.....	44
1.7.11. Tamaño de partícula	44
CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION	45
4.1. Lugar de ejecución.....	45
4.2. Identificación de variables	45
4.3. Materiales, instrumentos, equipos y reactivos	45
4.4. Población y muestra.....	48
4.4.1. Población.....	48
4.4.2. Muestra.....	48
4.5. Tipo de investigación	48
4.6. Metodología experimental	49
4.6.1. Metodología para la obtención del extracto:.....	49
4.6.2. Metodología para la preparación de muestra a nanoencapsular:	51
4.7. Métodos de análisis para las variables dependientes.....	53
4.7.1. Propiedades químicas	53
4.7.1.1 Preparación del extracto de la muestra para compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante:	53
4.7.1.1.1 Determinación de los compuestos fenólicos totales.	54
4.7.1.1.2 Determinación de flavonoides totales.....	55
4.7.1.1.3 Determinación de la capacidad antioxidante.	56
4.7.1.2 Determinación de antocianinas totales.....	57
4.7.1.3 Determinación de la actividad de agua.....	59

4.7.1.4	Determinación de humedad.....	60
4.7.2	Propiedades estructurales.	60
4.7.2.1	Determinación de tamaño de partícula.	60
4.7.2.2	Determinación de microfotografías mediante el (SEM).....	60
4.8	Diseño experimental	61
4.8.1	Análisis de datos.....	62
CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES		64
5.1.	Contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, antocianinas totales, capacidad antioxidante, actividad de agua y humedad.	64
5.1.1.	Compuestos fenólicos totales.	64
5.1.2.	Flavonoides totales.	66
5.1.3.	Antocianinas totales.	69
5.1.4.	Capacidad antioxidante.....	71
5.1.5.	Actividad de agua (Aw).	74
5.1.6.	Humedad en los nanoencapsulados.	76
5.2.	Resultados del tamaño de partícula y micrografías estructurales.....	78
5.2.1.	Tamaño de partícula.	78
5.2.2.	Microfotografías estructurales.	81
CAPITULO VI: CONCLUSIONES		84
RECOMENDACIONES		85
REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS		86
ANEXOS... ..		92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de la clonación.	27
Figura 2. Formas de reproducción asexual.	28
Figura 3. Representación gráfica de la clonación de papa.	30
Figura 4. Estructura lateral y frontal de capsulas.....	31
Figura 5. Nanoencapsulación.....	32
Figura 6. Estructuras de los compuestos fenólicos.....	37
Figura 7. Estructuras químicas de subclases de flavonoides.....	38
Figura 8. Estructura química general de la antocianina.	39
Figura 9. Actividad de agua en los alimentos.	40
Figura 10. Representación gráfica de los tamaños.....	42
Figura 11. Flujograma para la obtención del extracto.	50
Figura 12. Flujograma para la obtención de nanoencapsulados de Kulli papa.	52
Figura 13. Resumen gráfico del estudio.	53
Figura 14. Superficie de respuesta y efectos para compuestos fenólicos totales.	66
Figura 15. Superficie de respuesta y efectos para flavonoides totales.	68
Figura 16. Superficie de respuesta e interacciones para antocianinas totales.....	71
Figura 17. Superficie de respuestas y efectos para capacidad antioxidante.....	73
Figura 18. Superficie de respuesta y efectos para actividad de agua.	75
Figura 19. Superficie de respuesta y efectos para humedad.	78
Figura 20. Superficie de respuesta y efectos para tamaño de partícula.....	80
Figura 21. Micrografías de los nanoencapsulados.	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clases de materiales de pared.....	33
Tabla 2. Composición química el almidón de quinua.	35
Tabla 3. Variables independientes y dependientes.	45
Tabla 4. Materiales.	46
Tabla 5. Instrumentos y equipos.....	47
Tabla 6. Reactivos.....	48
Tabla 7. Matriz para el diseño experimental del tipo 2 ²	61
Tabla 8. Compuestos fenólicos totales de los nanoencapsulados.	64
Tabla 9. Análisis de varianza (ANOVA) para compuestos fenólicos totales.	65
Tabla 10. Flavonoides totales de los nanoencapsulados.	67
Tabla 11. Análisis de Varianza para Flavonoides.	68
Tabla 12. Antocianinas totales de los nanoencapsulados.	69
Tabla 13. Análisis de Varianza para Antocianinas.	70
Tabla 14. Capacidad antioxidante de los nanoencapsulados.....	72
Tabla 15. Análisis de varianza para capacidad antioxidante.	73
Tabla 16. Actividad de agua (Aw) de los nanoencapsulados.	74
Tabla 17. Análisis de Varianza para AW.....	75
Tabla 18. Humedad (%) de los nanoencapsulados.....	76
Tabla 19. Análisis de Varianza para Humedad.	77
Tabla 20. Tamaño de partícula de los nanoencapsulados.	79
Tabla 21. Análisis de Varianza para T. de partícula.	80

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. ANOVA y prueba de rangos múltiples para los compuestos fenólicos totales de los nanoencapsulados.	93
Anexo 2. ANOVA y prueba de rangos múltiples para Flavonoides totales de los nanoencapsulados.	96
Anexo 3. ANOVA y prueba de rangos múltiples para las Antocianinas totales de los nanoencapsulados.	99
Anexo 4. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Capacidad Antioxidante de los nanoencapsulados.	102
Anexo 5. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Actividad de agua (Aw) de los nanoencapsulados.	105
Anexo 6. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Humedad (%) de los nanoencapsulados.	108
Anexo 7. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el Tamaño de partícula de los nanoencapsulados.	111
Anexo 8. Matriz de diseño experimental.	114
Anexo 9. Fotografía del campo de cultivo del clon de papa nativa Kulli papa.	115
Anexo 10. Fotografía de la cosecha del clon de papa nativa Kulli papa.	115
Anexo 11. Fotografía de la obtención de extracto.	116
Anexo 12. Fotografía de la filtración del extracto.	116
Anexo 13. Fotografías de la Concentración de extracto.	117
Anexo 14. Fotografía del extracto almacenado.	117
Anexo 15. Fotografías de la preparación de extracto para encapsular.	118
Anexo 16. Fotografías del proceso de nanoencapsulación del extracto.	118
Anexo 17. Fotografías de nanoencapsulados de Kulli papa obtenidos.	119
Anexo 18. Fotografías del proceso de cuantificación de compuestos fenólicos totales.	120
Anexo 19. Fotografías del proceso de cuantificación de flavonoides totales.	120
Anexo 20. Fotografía de la obtención de los pH de 1.0 y 4.0.	121
Anexo 21. Fotografías de la preparación de muestra para la cuantificación de antocianinas totales.	121
Anexo 22. Fotografías del proceso de cuantificación de antocianinas totales.	122
Anexo 23. Fotografías del proceso de cuantificación de capacidad antioxidante.	123

Anexo 24. Fotografías de medición de humedad.	123
Anexo 25. Fotografías de la medición de Actividad de agua (Aw).	124
Anexo 26. Fotografía de la medición del tamaño de partícula en el Zetasizer ZSU 310.	124
Anexo 27. Microscopio electrónico de barrido (SEM)	125
Anexo 28. Matriz de consistencia.....	126

ABREVIATURAS, SIMBOLOS Y UNIDADES

A_w : Actividad de agua
Abs: absorbancia
B: intercepto de la curva
M: pendiente de la curva
V: volumen
mL: mililitros
Fd: factor de dilución
Wma: peso de la muestra
g: gramos
AGE: equivalente de ácido gálico
ET: equivalente Trólox
C3G: cianidin 3 glucosido
 μ l: microlitro
nm: nanómetro
mg: miligramo
uv: ultravioleta
PM: peso molecular
Min: minutos
°C: grados celsius
%Hbs: porcentaje de humedad en base seca
%e: porcentaje de encapsulante
DPPH: radical libre 2,2 difenil-1-picrilhidrazilo
INIA: Instituto nacional de innovación agraria
T1: Tratamiento 1
T2: Tratamiento 2
T3: Tratamiento 3
T4: Tratamiento 4

RESUMEN

La papa nativa es un alimento valioso por su contenido de macronutrientes importantes y compuestos bioactivos, que contribuyen en la insuficiencia alimentaria y en la prevención de enfermedades cardíacas, cancerígenas y el envejecimiento celular.

El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la temperatura de entrada (96–116°C) y el porcentaje de encapsulante (15-25%), en la nanoencapsulación mediante el secado por aspersión de los compuestos fenólicos del clon de papa nativa Kulli papa, usando almidón de quinua y goma arábiga como encapsulantes en cuatro tratamientos (T1, T2, T3 y T4).

Obteniendo como resultados, que los compuestos fenólicos se encontraron entre 4.61 a 5.50 mg AGE/g b.s, los flavonoides totales entre 0.910 a 1.315 mg de quercetina/g en b.s, las antocianinas totales entre 0.914 a 2.318 mg de C3G/g b.s, la capacidad antioxidante entre 48.98 a 185.50 μmol de ET/g b.s, la actividad de agua presentó valores bajos entre 0.406 a 0.478, la humedad entre 10.72 a 14.29 %, y en el caso del tamaño de partícula se obtuvo un rango de 289.6 a 535.8 nm, con tendencias a formas esféricas con irregularidades. En tal sentido se vió que la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante presentaron efecto significativo sobre las variables analizadas, siendo así que el tratamiento a 116°C con 15% de encapsulante fue el más beneficioso convirtiéndolo en un aditivo prometedor para la industria alimentaria.

Palabras clave: Clon de papa nativa, nanoencapsulado, compuestos fenólicos, antocianinas, capacidad antioxidante.

ABSTRACT

Native potatoes are a valuable food due to its content of important macronutrients and bioactive compounds, which contribute to dietary insufficiency and the prevention of heart diseases, cancer, and cellular aging.

The objective of this research was to assess the effect of the inlet temperature (96–116°C) and the percentage of encapsulant (15-25%), in nanoencapsulation by spray drying of the phenolic compounds of the native potato clone Kulli potato, using quinoa starch and gum arabic as encapsulants in four treatments (T1, T2, T3 and T4).

Obtaining as results that the phenolic compounds were found between 4.61 to 5.50 mg AGE/g d.m, total flavonoids between 0.910 to 1.315 mg quercetin/g in d.m, total anthocyanins between 0.914 to 2.318 mg C3G/g d.m, antioxidant capacity between 48.98 to 185.50 $\mu\text{mol TE/g d.m}$, water activity presented low values between 0.406 to 0.478, humidity between 10.72 to 14.29%, and in the case of particle size a range of 289.6 and 535.8 nm was obtained with tendencies towards spherical shapes with irregularities. In that sences, was seen inlet temperature and percentage of encapsulant displayed significant effects on the variables analyzed, as a result the treatment at 116°C with 15% encapsulant was the most beneficial, making it a promising additive for the food industry.

Keywords: *Native potato clone, nanoencapsulated, phenolic compounds, anthocyanins, antioxidant capacity.*

INTRODUCCIÓN

Hoy en día se ha estado viendo una tendencia en los mercados hacia el desarrollo y por ende la comercialización de productos innovadores y funcionales los cuales se deben destacar por su calidad, componentes y también se valora que sean naturales, es decir que no contengan muchos aditivos químicos o artificiales que dañan nuestra salud. En este contexto, el producto natural que está adquiriendo más versatilidad para implementarlo en muchos productos son las papas nativas y por ende los clones pigmentados que se obtienen de ellas, los cuales son los que poseen mayor contenido de compuestos bioactivos como los flavonoides, antocianinas y capacidad antioxidante. El objetivo fue evaluar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos del clon de papa nativa kulli papa ya que posee buena cantidad de compuestos fenólicos que son provechosos para la salud. Logrando de esa manera tener resultados que se compararon con otros autores tanto nacionales como internacionales

Esta presente investigación se dividió en VI capítulos, empezando por el capítulo I, que está enfocado en la situación problemática, formulación del problema, justificación, objetivos e hipótesis de investigación que hace posible ver y por ende buscar diversas alternativas para solucionar el problema; en el capítulo II se encuentra una diversa recopilación de diversos antecedentes similares al tema en investigación, los cuales son importantes ya que sirven para la comparación de resultados; en el capítulo III está la raíz de la investigación ya que se encuentran todas las bases teóricas importantes para el entendimiento de esta investigación ; en el capítulo IV se encuentran, el lugar de ejecución, identificación de variables, materiales, instrumentos, equipos, usados, de igual forma se encuentra la población y muestra, unidad de análisis, tipo de investigación y el tronco de la investigación que son las diversas metodologías que se emplearon; en el capítulo V se encuentran los frutos de la investigación , es decir los resultados obtenidos y las discusiones realizadas para cada variable de respuesta, que son los compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, antocianinas totales, capacidad antioxidante, actividad de agua, humedad y tamaño de partícula.

Por último, se tiene el capítulo VI donde se encuentran las conclusiones brindadas como respuesta a los objetivos planteados, además de ello están las recomendaciones para optimizar algunos procedimientos futuros, bibliografías y los anexos de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO I: PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Situación problemática

En la región de Apurímac, la agricultura es la principal actividad y según las estadísticas agrícolas recientes, el cultivo de mayor superficie con 20,000 has es la papa (Fonseca et al., 2014), dentro de la cual se destaca la papa nativa que se diferencia por presentar un mejor nivel nutricional a comparación de las papas comerciales, ya que las papas nativas son un resultado de un proceso de acondicionamiento, selección y conservación. Así mismo este sector agricultor se encuentra bajo muchas amenazas climáticas y de plagas por lo que una de las estrategias para contrarrestar estas amenazas es el mejoramiento genético, desarrollando así clones resistentes y tolerantes a diversos factores; como otros clones con mayor concentración de micronutrientes, potencial antioxidante y con pulpas pigmentadas, volviendo a estos clones como un producto que ayudará de cierto modo en la inseguridad alimentaria y en la prevención de enfermedades.(Tirado, 2014).

En este sentido para esta investigación se hizo uso de clones de papa nativa que están en descarte, es decir de 3ra y 4ta categoría ya que las de 1ra y 2da categoría son utilizadas para el procesamiento de otros productos como son los chips. Además de ello estos clones están dentro de la 6ta y 7ma generación por el contenido de compuestos bioactivos naturales que poseen, entre ellos se encuentran a los compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas, etc., los cuales son muy beneficiosos para la salud, pero a la vez sensibles a diversos factores como la temperatura, la luz y al oxígeno, presentando colores no deseados por la oxidación y su mínima biodisponibilidad, (Fuenzalida, 2008). Estos compuestos además de brindar una coloración natural a los alimentos también ayudan a contrarrestar en parte la reducción de diversas enfermedades cardíacas, el cáncer, la diabetes, mejora la agudeza visual y potencia la función cognitiva; enfermedades que han cobrado fuerza y presencia a lo largo del tiempo en la vida de las personas (Reyes y Cisneros, 2007). Los tres primeros en gran medida por adoptar dietas basadas en alimentos procesados, descuidando la alimentación natural, mientras que los dos últimos por el uso excesivo de la tecnología, problema que se agrandó con la llegada de la pandemia por el virus covid-19.

Es por ello que, con el objetivo de garantizar la calidad de los alimentos, facilitar la manipulación y controlar de forma deliberada estas propiedades funcionales, se observó un aumento significativo en la aplicación de la técnica de encapsulación. Esta técnica

cada vez es más prevalente ya que hace posible que estas propiedades se usen como aditivo en alimentos, basándose en retener los ingredientes activos en pequeñas capsulas, en este caso de tamaño nanométrico. Además de ello esta técnica de nano encapsulación empaqueta las nanopartículas en los distintos estados de la materia conociéndolas como núcleo o activo dentro de una matriz haciendo posible la formación de nanocápsulas, (Wei et al., 2021).

Este proceso de nanoencapsulación se realiza con atención en la selección de diversos factores como son los materiales encapsulantes óptimos, teniendo en cuenta la temperatura y la exposición a la luz. Estos parámetros son fundamentales para asegurar la calidad y estabilidad de los productos, convirtiéndolos en opciones funcionales y nutraceuticas, (Velásquez y Velezmoro, 2022).

Basándome en la información previa, la presente investigación tiene como finalidad la evaluación del efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos.

1.2. Formulación del problema

1.2.2. Problema general

- ¿Cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa?

1.2.3. Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa?
- ¿Cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa?

1.3. Justificación de la investigación

La papa nativa (*Solanum tuberosum* ssp.) de pulpa pigmentada, presente en la sierra del Perú, se destaca como uno de los cultivos más importantes gracias a su gran biodiversidad. Esta característica no solo la hace valorada en la agroindustria, sino que también en la gastronomía. Los clones pigmentados, en particular, han ganado

reconocimiento como un alimento benéfico debido a su alto contenido de carotenoides y polifenoles conocidos por sus propiedades antioxidantes.

El centro internacional de la papa (CIP) y el Instituto Nacional de innovación Agraria (INIA) han desempeñado un papel importante en el mejoramiento genético de estas variedades. con características nutritivas y organolépticas mejoradas, lo que contribuye al mercado; ya que anteriormente el consumo de estos productos estaba más ligado a la lucha contra la hambruna y pobreza de diversas zonas. Sin embargo, ahora ya se están posicionando como productos de alto valor (Tirado, 2014).

Son varios los estudios de compuestos bioactivos que se vienen haciendo con el pasar de los años, para que así se pueda aprovechar el efecto preventivo que tiene ante las diversas enfermedades cardiacas, cancerígenas y visuales; incorporándolos a los diversos productos repotenciando así su valor.

Además de ello es importante trabajar con productos de nuestra zona, ya que es una gran herencia de nuestros antepasados, logrando así su conservación e incentivando su consumo. Mencionando a la vez que se ha estado dando un trabajo importante de recuperación de la papa nativa, descubriendo variedades resilientes al cambio climático, y resistentes a las enfermedades y plagas (PRODERN, 2018).

Respecto a la justificación metodológica es importante mencionar que, se toma un clon de papa nativa de descarte para este proyecto, ya que en su composición estos clones ya contienen un gran contenido de compuestos fenólicos, los mismos que se desean nanoencapsular; para así reducir el uso de conservantes, grasas, etc. Y al mismo tiempo mejorar sabores, texturas y dando una mejor aceptación en el paladar (Banožić et al., 2020), todo ello englobándolo en que su consumo contrae diferentes beneficios ya mencionados anteriormente.

Es por ello que esta investigación se plantea como una alternativa para preservar los compuestos bioactivos, ofreciendo una forma de aprovechamiento de este tubérculo, desarrollando nuevos derivados y contribuyendo con nuevos alcances para proyectos emergentes y empresarios del rubro alimentario que usan este producto como materia prima transformándolos e incorporándolos en diversos productos, promoviendo así una innovación netamente ligada a la carrera de ingeniería agroindustrial.

1.4. Objetivos de la investigación

1.4.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.

1.4.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.
- Determinar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.

1.5. Formulación de hipótesis

1.5.1. Hipótesis general

- La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante influyen en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.

1.5.2. Hipótesis específicas

- La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante influyen en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.
- La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante influyen en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.

CAPITULO II: ANTECEDENTES

2.1. Antecedentes Internacionales:

Salgado, (2020), en su investigación de la microencapsulación de compuestos polifenólicos en la industria alimentaria y farmacéutica, encontró en sus resultados que las principales técnicas de encapsulación para polifenoles son el secado por aspersion, la extrusion, la coacervacion, la liofilizacion y la gelificacion ionica, empleando como materiales de recubrimiento principalmente y en forma general los polimeros sinteticos y polimeros de biomateriales tales como carbohidratos, lipidos y proteinas de origen animal y vegetal. Entre los factores que afectan el tamaño de las micropartículas y la eficiencia de encapsulación (EE%) están las diferentes técnicas de microencapsulación, el material de recubrimiento utilizado y la concentración de este, la temperatura, el pH, entre otros. Finalmente, para el estudio del comportamiento de liberación de las micropartículas se utilizan el procedimiento especificado por la USP (farmacopea norteamericana), agitacion de viales, diálisis, celdas de franz, entre otros, donde las micropartículas son incubadas en el medio y se determina su liberación con el tiempo.

Palomino G. et al., (2009), realizaron su investigación, determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados, con el propósito de comparar la calidad de un extracto etanólico de propóleo de diversos lugares de Colombia, obteniendo así el contenido de compuestos fenólicos entre 22.11 ± 0.54 y 75.22 ± 1.35 mg AGE/g para el contenido de flavonoides entre 4.75 ± 0.01 y 34.50 ± 0.07 mg de quercetina/g, capacidad antioxidante por DPPH entre 33.9 ± 9.7 y 324.6 ± 15.0 μ mol TE/g.

Zapata et al., (2014), en la investigación optimización de la extracción de antocianinas de arándanos, por los beneficios potenciales para la salud por su actividad antioxidante y su utilización como colorante natural en la industria alimentaria. En esta investigación analizaron la influencia de variables del proceso de extracción sólido-líquido de antocianinas de arándanos. Así, obtuvieron una combinación de variables que maximizó su recuperación: etanol acidificado con ácido cítrico al 1% como solvente de extracción, proporción materia prima/solvente 1:3 kg/kg, temperatura 36 ± 1 °C y tiempo de extracción 2 h. A partir de la caracterización del extracto obtenido se obtuvo que la concentración de antocianinas totales fue de 879.0 ± 12.9 mg cianidina-3-glucósido/100 ml, el contenido de fenoles totales de 1424 ± 67 mg AGE/100 ml y la actividad antioxidante por ABTS de 5730 ± 103 y por DPPH de 4872 ± 124 mg EAA/100 ml.

Rosales et al., (2023), en la investigación condiciones óptimas para la microencapsulación de extracto de antocianina en almidón de malanga: Caracterización fisicoquímica y bioaccesibilidad en condiciones gastrointestinales lo desarrollaron con el propósito de encontrar las condiciones óptimas para la encapsulación del extracto de antocianina utilizando almidón de tara para aumentar la retención de compuestos activos, el rendimiento de secado, la actividad antioxidante, la estabilidad y la bioaccesibilidad. En este caso realizó una microencapsulación en un secador por aspersión poniendo en práctica el método RSM observando que la concentración del almidón y la temperatura de entrada al 125°C, forman inmediatamente una costra superficial como resultado de la aceleración de la velocidad de secado en las gotas, evitando así la pérdida de calor; con lo que obtuvieron microcápsulas con una concentración de sólidos de 20.9%, el rendimiento del 70.1%, contenido de humedad del 5.2%, A_w de 0.211, contenido de compuestos fenólicos de 797.8 mg AGE/g, antocianinas de 469.4 mg CE3G/g, y capacidad antioxidante en ABTS 116.2 mg AAE/g y DPPH 104.4 mg AAE/g mencionando que la temperatura de entrada, el porcentaje del núcleo y la concentración de los materiales de pared son primordiales para la protección y viabilidad de los compuestos bioactivos ya encapsulados.

Aguilar et al., (2020), en la investigación elaboraron nanopartículas de extractos polifenólicos de *teobroma cacao* L. (cacao) y *Justicia spicigera* (muicle). Haciendo uso para determinar los fenoles totales del reactivo Folin-Ciocalteu y la actividad antioxidante por medio de ensayos de DPPH (2,2-difenil-2-picrilhidrazilo) y FRAP (reducción férrica / poder antioxidante). Para la nanoencapsulación usaron como pared a la pectina y aislado de proteína de suero. Obteniendo, así como resultados que sus nanopartículas tomaron una morfología esférica homogénea con un tamaño de 500 nm, el método DPPH para evaluar la prevalencia de la capacidad inhibitoria de radicales libres de los extractos nanoencapsulados, indicaron que las eficiencias de carga para las nanopartículas cargadas con ambos extractos fueron aproximadamente del 56.53 % y 41.38 %.

Ríos, (2021), en su investigación obtención de microcápsulas de mucilago de café mediante secado por aspersión usando almidón de plátano modificado químicamente y maltodextrina que realizó con el objetivo de obtener capsulas por secado por aspersión, obtuvo valores de 0.19 ± 0.01 de actividad de agua y 5444.35 μmol trolox/g de capacidad antioxidante en base seca después del secado por aspersión.

Polanía et al., (2023), en la investigación titulada encapsulación de extractos de cascara de piña mediante gelación ionotrópica usando almidón de maíz exopolisacarido de *weissella confusa* y alginato de sodio como material de pared, evaluaron los compuestos fenólicos de

los encapsulados presentando un contenido de humedad entre 7.10 y 10.45%, una solubilidad de $53.06 \pm 0.54\%$ humectabilidad de 31.46 ± 2.02 , el contenido de compuestos fenólicos totales de 232.55 ± 2.07 mg AGE/g bs y el contenido de capacidad antioxidante por el método de DPPH de 45.64 ± 0.9 μ m TE/mg.

Cristina et al., (2020), en la investigación nanopartículas a base de albúmina sérica bovina que contienen la rutina flavonoide producida mediante nanosecado por aspersión; analizaron diferentes características basadas en el tamaño de partícula, distribución de tamaño, morfología y potencial zeta, obteniendo así resultados que de acuerdo a los parámetros temperatura de entrada de 100°C a 35 mbar, desarrollaron al nanoencapsular partículas esféricas con un tamaño de 316 nm, basados en el potencial zeta de -32mV con 32 % de eficiencia, demostrando así ser adecuado para la producción para la producción de nanopartículas con buen contenido de rutina potenciado en actividad antioxidante.

2.2. Antecedentes Nacionales:

Mamani y Arias, (2011), desarrollaron la investigación con el objetivo de determinar el contenido de antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa nativa del género Solanum de pulpa azul (clon 304239) y roja (clon 303851). En donde obtuvieron como resultado para el caso del contenido de antocianina con un pH de 3.0 y 4.0 y con solventes de acetona y etanol que hay una diferencia significativa en el pH para el clon 304239 teniendo 0.8044 mg C3G/g MF mientras que para el clon 303851 vieron un contenido de 0.1683 mg C3G/g MF, en el caso de los polifenoles totales fueron de 1.836 y 1.082 mg ácido gálico/ g MF para el clon 304239 y clon 303851 respectivamente. También determinaron la capacidad antioxidante a una concentración inhibitoria del 50% (ICSO%), donde el clon 304239 (27.52 ug/ml) mostró menor concentración que el clon 303851 (76.15 ug/ml), dado que cuanto menor es el valor de ICSO mayor es el poder antioxidante.

Cerrón, (2012), en su investigación titulada evaluación del efecto del tipo de cocción en el contenido de antocianinas y capacidad antioxidante en papa nativa cuchipelo lo desarrollo con el propósito de evaluar el efecto de la cocción de papa nativa sobre las antocianinas y la capacidad antioxidante. Donde para determinar el contenido de antocianinas utilizó el método pH diferencial, obteniendo de la muestra cruda 117.48 mg pelargonidina-3-glucósido/ 100 g de papa, para el caso de la capacidad antioxidante utilizo el método DPPH, donde obtuvo 270.95 μ mol TE / ml de solución, para los compuestos fenólicos totales por el método (2,2-diphenil-1-picrilhidrazil) obtuvo 682.89 μ g de ácido clorogénico / 100 g de muestra (bs).

Moscoso, (2014), en su investigación determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de cinco clones de papa nativa (*Solanum tuberosum*) y del puré deshidratado. Obtuvo valores de los clones de papa de capacidad antioxidante entre 1738.68 – 3554.44 µg ET/ g muestra en b.s, compuestos fenólicos totales entre 17025.32 – 27563.68 mg Equivalente de ácido gálico/100 g de muestra b.s, antocianinas totales de 194.73 y 1154.37 mg/ 100 g muestra b.s.

Rodríguez, (2021), en su investigación compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto *Spondias dulcis parkinson* “mango ciruelo”, lo desarrollo con el propósito de determinar el contenido de los compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto “mango ciruelo” proveniente del departamento de piura (perú). Para lo cual elaboró un extracto hidroalcohólico a una proporción de 1:1 de pulpa y etanol al 80%. Para el contenido de compuestos fenólicos, usó el método de Fólin ciocalteu y para la capacidad antioxidante a través del método del 2,2 – difenil –1– picrilhidrazilo (DPPH). Obteniendo así que en el caso de los compuestos fenólicos encontró un contenido de 18.226 ± 1.314 mg AGE/100g de muestra fresca, mientras que para la capacidad antioxidante fue correspondiente a una concentración del extracto hidroalcohólico de spondias dulcis parkinson para neutralizar el 50% del radical DPPH (ic50) correspondiente a 1981.403 ug/ml del extracto equivalentes.

Figueroa y Calixto, (2021), en su investigación, efecto de la cocción y digestión invitro, en las propiedades antioxidantes en cascara y pulpa de mashua negra (*Tropaeolum tuberosum*), obtuvieron valores en pulpa de compuestos fenólicos de 1.63 ± 0.01 mg AGE/g; antocianinas de 51.92 ± 3.88 mg C3G/g y capacidad antioxidante por DPPH de 2437.86 ± 81.31 µg ET/g. por otro lado los valores que obtuvieron para la cascara fue 4.13 ± 0.08 mg AGE/g de compuestos fenólicos; 260.08 ± 18.62 mg C3G/g de antocianinas totales y 3750.56 ± 251.13 µg ET/g de capacidad antioxidante.

Mogrovejo y Isique, (2021), en su investigación obtención y determinación de compuestos bioactivos de papas nativas pigmentadas de la región altoandina del Perú, determinaron las antocianinas por el método pH diferencial, los polifenoles por el método de Fólin-ciocalteu, y para los polifenoles totales lo obtuvo por el método de Fólin-ciocalteu estos oscilaron entre “1.52 mg AGE/100g” en la variedad 51188.12 a “15.32 mg AGE/100g” en la variedad 511778.5, ambas muestras fueron sin liofilizar y de 3.39 mg AGE/100g en la variedad 511110.1 a 18.78 mg AGE/100g en la variedad 511106.92, ambas muestras fueron liofilizadas. Las antocianinas por el método de pH diferencial, mostraron resultados entre “2.21mg C3G/100g en la variedad 511640.18 a “18.56 mg C3G/100g” en la variedad 511114.08a, ambas muestras fueron sin liofilizar y de 0.29 mg C3G/100g en la variedad

511640.18 a 12.29 mg C3G/100g en la variedad 511106.65, ambas muestras fueron liofilizadas. Teniendo como resultados que sus muestras al ser clones de papas nativas ya mejoradas presentan muy buena cantidad de polifenoles y antocianinas ya que al liofilizarlas los componentes de cada clon no se ven muy afectadas, por lo contrario respondieron mejor que las muestras no liofilizadas que presentaron cierta afectación propio del ambiente, es por ello según esta investigación concluyen enfatizando que los clones de estas papas nativas son una gran fuente de antioxidantes y esto se caracteriza por tener colores variados tales como azul, rojo, púrpura, violeta, los cuales al incorporarse a la dieta contribuiría con la salud y el bienestar del organismo, disminuyendo el riesgo de enfermedades degenerativas y aumentaría la protección contra la acción nociva de alimentos no saludables. Velásquez y Velezmore, (2022), desarrollaron un trabajo de investigación con el propósito de optimizar las condiciones en el secado por aspersión de extractos fenólicos microencapsulados con anhídrido octenil succínico (OSA) de mashua morada. Dichos extractos los secó por un método de aspersión usando también almidones nativos y OSA de oca amarilla, rosa y olluco amarillo (140°C, 4% de almidón). Para las condiciones de secado por aspersión optimizadas utilizaron un diseño giratorio compuesto central (CCRD), utilizando una proporción de encapsulante del almidón de oca rosa de 2 % y con una temperatura de entrada de 160°C. Ya que en estos parámetros el almidón contribuyó maximizando el contenido de los compuestos fenólicos totales (1.96 y 7.84 mg/g) y la capacidad antioxidante (18.07 y 47.83 $\mu\text{mol TE/g}$), minimizando a la par la actividad del agua (0.27 y 0.44). Los compuestos fenólicos están protegidos a una temperatura alta por la gelatinización del almidón, la capacidad antioxidante alta se atribuye a un nivel de temperatura alta con una proporción de encapsulante baja, mientras que una baja capacidad antioxidante se atribuye a una temperatura baja con proporción de encapsulante alto por el efecto de la dilución, y la actividad de agua baja se atribuye a una temperatura alta, mientras que a una temperatura baja aumenta la A_w , es decir una temperatura alta reduce la densidad del polvo y una mayor proporción de encapsulante permite gran cantidad de moléculas de agua en el encapsulado.

Ligarda et al., (2023), en la investigación Nanoencapsulación de extractos fenólicos de clones nativos de papa (*Solanum tuberosum Spp. andígena*) mediante secado por aspersión. Optimizaron la nanoencapsulación mediante el secado por aspersión, específicamente de los compuestos bioactivos que contiene un clon 1 de papa nativa. Obteniendo que el tratamiento óptimo fue a 120°C con 141 L/h de flujo de aire, dichos parámetros lograron maximizar el rendimiento de la encapsulación obteniendo valores que oscilaron entre 66.28

a 74.28%, de los compuestos fenólicos totales de 4.19 a 5.43 mg AGE/g , flavonoides totales de 0.6 a 2.18 mg de quercetina/g, capacidad antioxidante por DPPH de 1.11 a 28,38 $\mu\text{mol TE/g}$ y la eficiencia de encapsulación de 68.93 a 89.26%, pero por otro lado minimizaron la actividad de agua obteniendo parámetros que oscilaron de 0.35 a 0.45, humedad de 2.45 a 3.21% e higroscopicidad de 7.82 a 12.26%. en el caso del tamaño, este presentó nanopartículas esféricas de tamaño que estuvieron en el rango de 133.09 -165.13 nm, viendo así que una de las ventajas al realizar la nano encapsulación es ver que se pueden encapsular un alto contenido de compuestos bioactivos.

CAPITULO III: MARCO TEÓRICO

1.6. Bases teóricas

1.6.1. La papa nativa

En nuestro país existe una rica biodiversidad de la papa mayormente en la región andina con un 96%, pero también está presente en 19 de las 24 regiones, alimentando a 730,000 familias la cual se inició a domesticarla hace 7,000 años ac, ya que es un producto que conserva sus recursos y por ello actualmente dejan un legado muy importante. Además, que posee mucha diversidad desde la forma hasta las texturas, colores y sabores lo que le hace máspreciado y más demandado. Pero aún no son muy estudiadas sus propiedades nutricionales, por ello no son muy conocidas (Fonseca et al., 2014). El centro internacional de la papa (CIP) mantiene en custodia 4732 variedades, de las cuales 2700 corresponden al Perú.

Según Quispe, (2013), las papas nativas, poseen un nivel nutricional más elevado que las variedades que se producen a escala comercial, es por ello que los consumidores buscan más alimentos sanos, originales y que sean producidos de manera sostenible y responsable.

Esta rica biodiversidad constituye desde hace cuarenta años la fuente primordial para la generación de nuevas variedades resistentes a enfermedades severas y en la actualidad las variedades nativas son la base para la generación de variedades con concentraciones altas de vitamina c, de micronutrientes esenciales (hierro y zinc) y de antioxidantes (compuestos fenólicos y otros). Este material es una importante base para responder a la inseguridad alimentaria, el déficit nutricional y contribuir a la prevención de ciertas enfermedades crónicas.

1.6.2. Conservación in situ y ex situ de la papa nativa

Para tener una buena conservación de este producto existen dos tipos según PRODERN, (2018) las cuales son:

Ex situ la cual es la conservación de las especies, pero fuera de sus hábitats naturales como los jardines botánicos o bancos de germoplasma que guardan semillas, esta conservación se realiza por especialistas en la materia, por ser muy delicado.

Por otro lado, está la conservación in situ el cual es mantener las especies en su propio hábitat natural, esta forma es muy efectiva para conservar diferentes variedades de papa nativa, manejando paralelamente un sistema más sostenible de los terrenos. Esta

conservación logra mantener mucha diversidad en el lugar de origen haciendo más específico el trabajo y alineado a una sola materia con la ayuda de la innovación, pero también con métodos tradicionales.

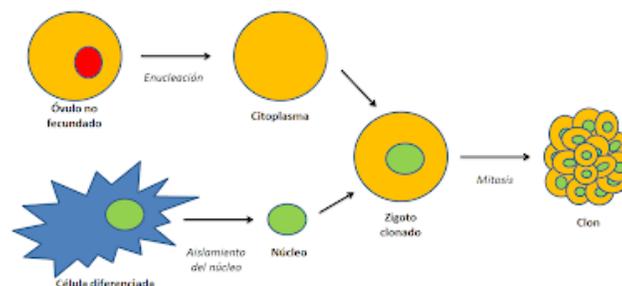
Al ser este segundo método el más eficiente para las papas nativas según PRODERN, (2018), se pueden presentar más de un beneficio siendo estos:

- Presentar mayores posibilidades de conservar variedades.
- Mantener vigente los conocimientos y prácticas tradicionales.
- Conservar y mantener la capacidad del terreno y del ecosistema.
- Conservar la agrobiodiversidad para repotenciar y proteger la identidad cultural.

1.6.3. Clonación

Viene a ser un procedimiento de obtención de varios individuos genéticamente homogéneos a partir de uno por medio de la reproducción asexual. El concepto se aplica en la ciencia moderna tanto molecular como celular. Actualmente es una herramienta muy poderosa que ya viene a ser aplicada en la medicina, en usos industriales, en animales y en plantas (Ambesi, 2000).

Figura 1. Representación gráfica de la clonación.



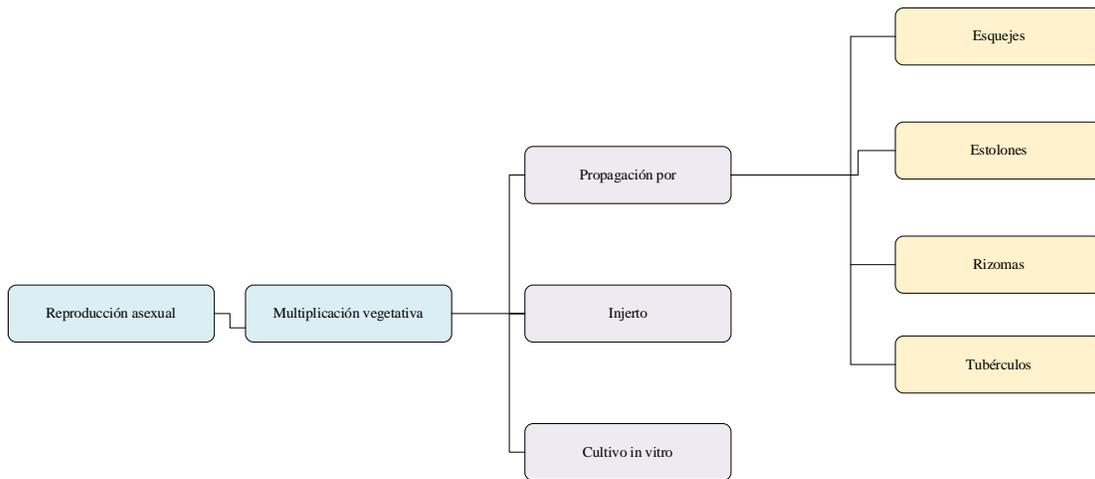
Fuente: Cienciazubiri, (2013)

1.6.4. La reproducción asexual o clonación en las plantas

La clonación de plantas existe hace miles de años. Los agricultores y floricultores la practican desde hace muchos años para la producción de plantas ornamentales y alimenticias que son copias del progenitor.

El siguiente esquema resume las variadas formas que puede utilizar el hombre para reproducir asexualmente una planta y obtener copias idénticas o clones:

Figura 2. Formas de reproducción asexual.



Fuente: Echenique et al., (2004)

1.6.5. La multiplicación vegetativa

Según Echenique et al., (2004), la multiplicación o propagación vegetativa es posible ya que cada una de las células de un vegetal, posee la capacidad de multiplicarse, diferenciarse y generar un nuevo individuo idéntico al original, a esta se le conoce como toti potencialidad. La multiplicación se produce a partir de las partes vegetativas de la planta, como las yemas, hojas, raíces o tallos que conservan la potencialidad de multiplicarse para generar nuevos tallos y raíces a partir de un grupo de pocas células. La germinación vegetativa comprende desde procedimientos sencillos, como la propagación por gajos o segmentos de plantas, hasta procedimientos más complejos como es el cultivo de tejidos in vitro.

1.6.6. Clonación *in vitro*

El cultivo in vitro posee muchas formas de introducir, multiplicar y regenerar, partiendo de material vegetal o animal en condiciones controladas y asépticas. Esto se basa en aislar una porción de la planta llamada explanto y darle a este mismo de forma artificial las condiciones apropiadas que se desee y así potenciar sus propiedades generando una planta nueva. Estas técnicas se desarrollan en el laboratorio en recipientes de vidrio es por ello el nombre de in vitro, en condiciones higiénicas para evitar contaminaciones. Las plantas se desarrollan en un medio de cultivo que está compuesto por macronutrientes, micronutrientes, gelificantes y compuestos orgánicos

tales como hidratos de carbono, vitaminas, aminoácidos y reguladores del crecimiento (Ambesi, 2000).

1.6.7. Etapas de la clonación *in vitro*

Se plantea el siguiente procedimiento:

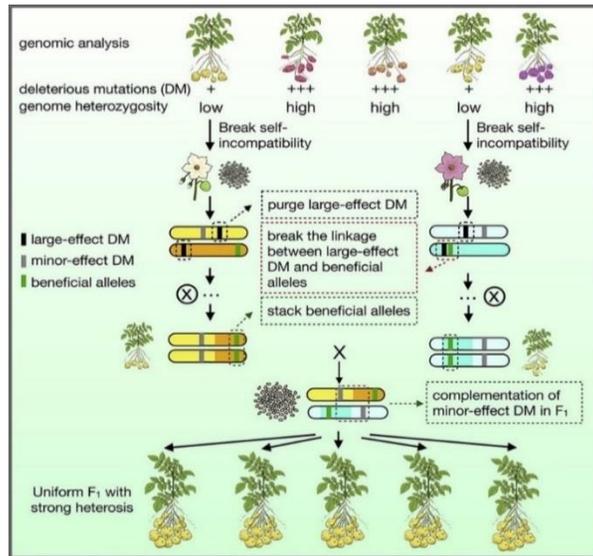
- 1) Elección:** selección de la planta o del tejido donante de explantos.
- 2) Establecimiento:** desinfección de los explantos (generalmente con hipoclorito de sodio) y su posterior adaptación al medio artificial de modo de inducir callo, brote, raíz o embrión somático, según se desee.
- 3) Multiplicación:** generar una masa vegetal suficiente para la regeneración del número de plantas necesarias.
- 4) Enraizamiento:** formación de raíces con el fin de convertir los brotes o embriones somáticos en plántulas completas.
- 5) Rusticación:** aclimatación de las plántulas obtenidas *in vitro* a las condiciones medioambientales *ex vitro* (suelo o algún sustrato inerte).

1.6.8. Clon de papa:

Para obtener una buena selección clonal primero se tiene muchas variaciones del mismo principio, para luego elegir una semilla de alta calidad y multiplicarlo cada clon por separado, para que así se pueda distinguir cualquier enfermedad o imperfección que se presente en cada clon.

Cabe mencionar que un clon comprende según Bryan, (1981), que son todos los descendientes derivados asexualmente de un individuo ya sea por cortes o bulbos, siendo así que son todas las plantas derivadas del tubérculo seleccionado, siendo un clon uniforme con características genéticas importantes.

Figura 3. Representación gráfica de la clonación de papa.



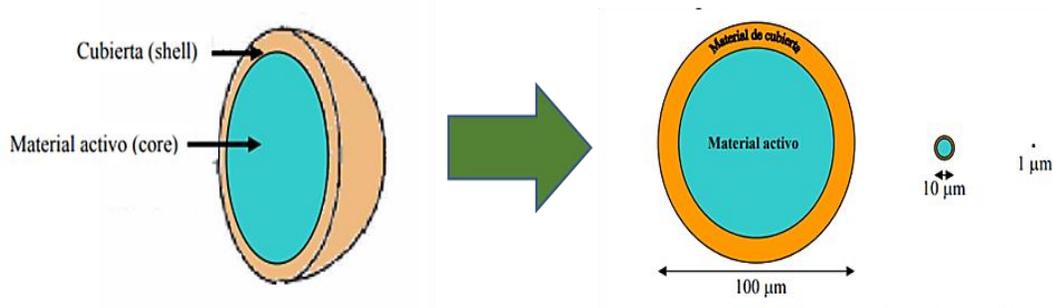
Fuente: Chunzhi, (2021)

Los clones con pulpa pigmentada poseen un alto contenido de compuestos entre ellos se encuentran los carotenoides y polifenoles los cuales son grandes antioxidantes naturales, beneficiosos por sus propiedades que ayudan con diversas enfermedades, por sus nutrientes y por su pigmentación; considerándolo así como un buen producto beneficioso para la salud (Tirado, 2014).

1.6.9. Encapsulación:

La encapsulación es una técnica por la que la materia en cualquiera de sus estados es envuelta con una capa polimérica, formándose así una capsula la cual hace posible que se extienda más la vida útil del producto cuidando su composición. Esta técnica se divide en dos ya que se pueden dar procesos tanto químicos como mecánicos dependiendo del producto y la obtención del mayor porcentaje de rendimiento (Huertas, 2011).

Figura 4. Estructura lateral y frontal de capsulas.



Fuente: Lozano, (2009)

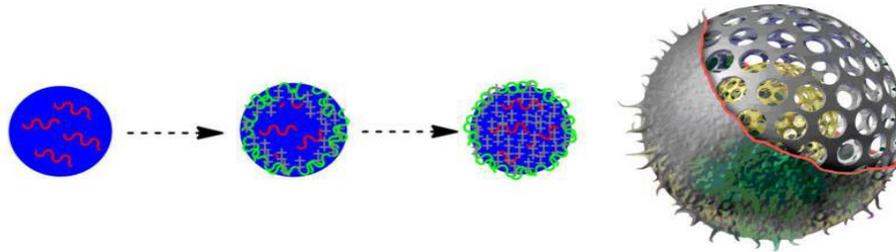
1.6.10. Nano encapsulación

Es un procedimiento que se basa en captar agentes bioactivos en materiales de soporte con dimensiones a nano escala. Al igual que es el proceso de capturar partículas extremadamente pequeñas en un recubrimiento o matriz; es decir, es una técnica que atrapa pequeñas partículas o gotitas de sólido, líquido o gas dentro de otra sustancia (Niu et al., 2018).

De igual manera se puede decir que es el envasado de activos a través de un agente encapsulante como polímeros, consiguiendo características y propiedades desiguales de su escala mayor para su liberación posterior, bajo condiciones controladas y establecidas que contribuyen al incremento de la vida útil de diferentes productos y facilita su manipulación al transformar materiales líquidos a formas sólidas (Ledezma et al., 2020).

A parte de ello, Sifuentes, (2020) determina que la nano encapsulación se define como el atrapamiento de ingredientes activos en cápsulas de tamaño nanométrico; además, comprende la tecnología de empaquetar nanopartículas sólidas, líquidas o gaseosas, también conocidas como núcleo o activo, dentro de un material secundario llamado matriz o cubierta, para formar nano cápsulas.

Figura 5. Nanoencapsulación.



Fuente: Sifuentes, (2020)

1.6.11. Secado por aspersión

El principio del secado por aspersión consiste en la obtención de un polvo seco por medio de la atomización de una solución, emulsión o suspensión en una corriente de aire caliente en una cámara de secado, en la cual el agua se evapora instantáneamente, lo que permite que el material activo presente en la solución, emulsión o suspensión se nano encapsule o quede protegido por una película del polímero elegido como nano encapsulante (Kalusevic et al., 2017)

El aire caliente introducido alcanza una temperatura que oscila entre 100 y 200 °C. A pesar de la temperatura relativamente alta del aire, las gotas del líquido atomizado se calientan solo hasta 40 °C debido a la corta duración del secado (fracciones de segundo), lo que evita la degradación del producto, ya que a pesar del aporte de aire caliente, este sustrae calor por la vaporización del disolvente (López, 2010).

Los principales encapsulantes utilizados son, almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, sacarosa, dextrina, ciclodextrinas, carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosa; gomas arábica, mezquite, guar, alginato de sodio, carragenina; lípidos y proteínas (gelatina, proteína de soya, caseinatos, suero de leche, zeína, gluten, caseína) (Hernández, 2010). Los encapsulantes deben tener la capacidad de proporcionar una emulsión estable durante el proceso de secado por aspersión y tener muy buenas propiedades de formación de película para proveer una capa que proteja al ingrediente activo de la oxidación (Kalusevic et al., 2017).

1.6.12. Encapsulantes

Para la encapsulación es necesario un recubrimiento, cápsula, pared o matriz para cada partícula en el estado que esté, es decir de forma individual, dándoles protección al centro, corazón o núcleo contra los diversos factores (luz, pH, humedad, etc.), que

puedan afectarlos por tener la propiedad de ser semipermeable. Este material de pared puede ser simple, de múltiples centros, de forma regular e irregular esférica, multicompuesta tanto del mismo material como de diferentes (Sandoval et al., 2011). Es primordial al encapsular priorizar la selección de la matriz para obtener un recubrimiento bueno, es por ello que se deben reunir diferentes características como mínima viscosidad frente a concentraciones elevadas, poca higroscopicidad, alta capacidad de emulsificar y estabilizar el núcleo sin provocarle reacciones negativas y sea factible para todo el proceso que implica la aplicación, condiciones de almacenamiento y su proceso de liberación en diferentes productos alimentarios (Sandoval et al., 2011).

Estos materiales pueden ser tanto polímeros sintéticos como naturales los cuales se pueden mezclar entre ellos tales como los que se muestran en la tabla 1 que se muestra a continuación:

Tabla 1. Clases de materiales de pared.

Clases de material de recubrimiento	Tipos específicos	Definición
Carbohidratos	Sacarosa, jarabe de maíz, ciclodextrinas.	Son muy empleados en la encapsulación, especialmente en el secado por aspersión para insumos alimenticios, dándoles soporte (Madene y Jacquot, 2006).
	Maltodextrina.	Provenientes de los almidones por hidrolisis acida o enzimática, es una buena matriz para encapsular por ser efectiva y de un costo más bajo (Madene y Jacquot, 2006).
	Almidón.	Son muy usados en la industria alimentaria, destacando entre los más importantes, el de trigo, papa, maíz, quinoa, oca, arroz (Madene y Jacquot, 2006).
Gomas	Arábica, alginato de sodio, agar, carragenina.	Son insípidas, pero si se usa de una manera incorrecta puede causar defectos en el sabor, fuera de ello presenta las características deseadas para la encapsulación (Madene y Jacquot, 2006).

Proteínas	Gluteína, caseína, albumina, gelatina.	Al ser hidrocoloides son muy utilizados específicamente en la microencapsulación por sus propiedades emulsificantes, de formación, solubles y biodegradables (Huertas, 2011).
Antioxidantes	Vitaminas A, D, E, K y carotenos.	Pueden ser usadas en diferentes tecnologías de encapsulación al ser liposolubles e hidrosolubles (Huertas, 2011).
Lípidos	Cera, parafina, mono y diglicéridos, aceites, lecitinas.	Son muy buenos en la formación de películas, teniendo la capacidad de cubrir uniformemente (Huertas, 2011).

1.6.13. Almidón de quinua

El consumo de la quinua en todo el mundo ha cobrado mucha aceptación por su gran valor nutricional y por poseer una gran variedad y genética que aporta en la seguridad alimentaria. Teniendo como gran componente con un 70% de materia seca al almidón, tomando un papel muy importante en las propiedades funcionales que posee este grano y que es capaz de aportar a los diversos productos en los que se utilicen, este almidón posee menor contenido de amilosa y mayor cantidad de amilopectina a comparación con otros almidones (Li y Zhu, 2018). Son estas características las cuales llamaron la atención para incluirlos en investigaciones alimentarias y por ende en industrias alimentarias como agente espesante, ligante y estabilizante, por sus propiedades físico-químicas y funcionales (Li y Zhu, 2018; Maza Idone, 2020).

1.6.14. Composición química del almidón de quinua

En la industria alimentaria es muy usado como un ingrediente primordial el almidón ya que el costo de este es bajo y se puede emplear en distintas elaboraciones tales como estabilizantes, emulsificantes, ligantes y como agente de pared. Este almidón se encuentra dentro de los carbohidratos que se encuentran en los granos entre 58 a 68%. Además de ello es una buena alternativa para reemplazar los demás almidones que ya están químicamente modificados (Arzapalo et al., 2015). Los gránulos de almidón poseen forma irregular con un tamaño más pequeño a comparación de los granos de un almidón común (Zárate, 2019).

Tabla 2. Composición química el almidón de quinua.

Variedad - Blanca Junín	(Arzapalo et al., 2015)	(Zárate, 2019)
Proteína	0.31	13.5
Carbohidratos	90.96	60.31
Lípidos	5.66	7.11
Fibra	3.13	5.28

Dentro del grano de quinua y por ende dentro del almidón, existe un amplio espectro de flavonoides, este contenido depende mucho de la variedad de la quinua y la coloración que presente, ya que en otras variedades se pueden encontrar otros compuestos, haciéndolas más ricas nutricionalmente, ya que su consumo contribuye en la salud y bienestar de los consumidores, reduciendo el riesgo de padecer de enfermedades crónicas como la diabetes, cáncer, cardiovasculares, neurodegenerativas, etc (Koch, 2019).

1.6.15. Goma Arábiga de *Acacia Senegal*

Dentro de las principales gomas de importancia económica a nivel mundial se encuentra aquella producida por la planta de *Acacia senegal*, conocida como Goma arábiga. En conjunto con la *Acacia seyal*, que produce la Goma talha, constituyen la fuente de producción de lo que generalmente se conoce como goma arábiga. Esta última es la más demandada debido a sus diversas propiedades y su precio (FAO, 1999). Estas especies tienen origen en África, específicamente entre el trópico de Cádiz y el Ecuador. Adquieren la goma arábiga a través de un proceso llamado gomosis, que es una respuesta a las heridas artificiales en la corteza o la invasión microbiana (Simas et al., 2010). Antiguamente, la cosecha de la goma arábiga se realizaba de forma manual. Sin embargo, en los últimos años, se ha implementado el uso de instrumentos que permiten retirar la goma sin tocarla directamente. Esta modernización tiene como objetivo evitar pérdidas de calidad durante el proceso de recolección (FAO, 2010). Esta goma de *Acacia senegal* está formada en mayor proporción de carbohidratos conteniendo 85% y en menor proporción proteínas con 4% (Qi et al., 1991).

1.6.16. Goma Arábica

Es un producto natural biodegradable, obtenido de la Acacia de Senegal, heteropolisacárido de gran peso molecular ya que está formado por una cadena de D-galactosas por medio de enlaces B 1.4 y 1.6. Gracias a las diversas características que presenta en su estructura presenta una actividad anfifílica, esto quiere decir que absorbe en ambientes lipofílicas y es un buen protector coloidal, es por ello que forma buenas capsulas y películas (Cárdenas & Huaman, 2015).

1.6.17. Componentes bioactivos

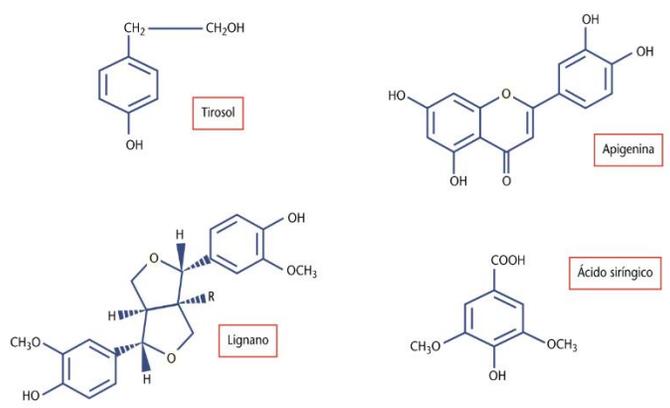
Estos vienen surgiendo como componentes clave e importantes de los alimentos alineados al estado saludable y la prevención de enfermedades. Ya que, así como la población envejece y se vuelve menos activa físicamente, incrementan las enfermedades no transmisibles. Es por ello que estos son considerados como una alternativa muy interesante. Esto se ve cada vez más potenciado por la mayor necesidad de productos naturales por parte de los consumidores, que demandan soluciones sostenibles para la mejora de la calidad de vida centradas en una nutrición personalizada (Sifuentes, 2020).

1.6.18. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son moléculas que tienen uno o más grupos hidroxilo unidos a un anillo aromático. Junto con las vitaminas, los compuestos fenólicos se consideran importantes antioxidantes en la dieta. Los compuestos fenólicos juegan una serie de funciones metabólicas en las plantas, en el crecimiento, reproducción, y en la protección contra patógenos externos como la radiación UV, los depredadores y el estrés. Ellos son responsables del color y las características sensoriales de las plantas y alimentos, por ejemplo, la astringencia de frutas y hortalizas (Peñarrieta J et al., 2014).

Los compuestos fenólicos están presentes en frutas, vegetales y granos. Estudios epidemiológicos han sugerido que estos compuestos, entre los que se encuentran las antocianinas, podrían tener un efecto protector contra muchas enfermedades degenerativas al proporcionar al cuerpo una protección antioxidante. Dietas ricas en antioxidantes están asociadas con un menor riesgo de padecer patologías cardiovasculares, neurodegenerativas, cáncer e incluso el envejecimiento, todas ellas vinculadas al estrés oxidativo (Zapata et al., 2014).

Figura 6. Estructuras de los compuestos fenólicos



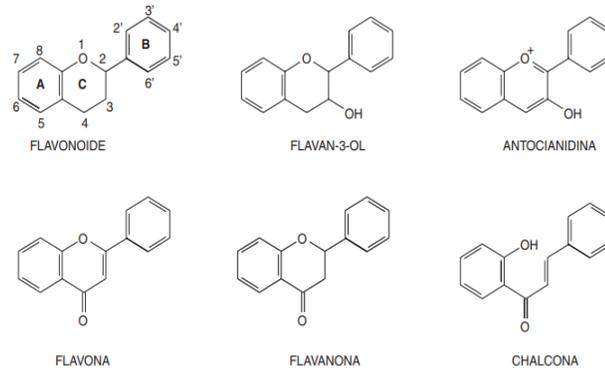
Fuente: Creus, (2004)

1.6.19. Flavonoides presentes en los alimentos

Los flavonoides son un tipo particular de los polifenoles presentes en plantas, y son los compuestos responsables del color de las flores y frutas. Este término viene del latín "flavus", que significa amarillo, ya que muchos flavonoides purificados son de color amarillo. La estructura química típica de flavonoides consta de tres anillos: benzopirano 2-fenil, un anillo dihidroxilados fenólicos en las posiciones 5 y 7, un segundo anillo fenólico generalmente mono-hidroxilado, orto-dihidroxilados o vic-trihidroxilados, que también pueden contener grupos metoxi (O-CH₃) como sustituyentes y el anillo c, que puede ser un anillo heterocíclicos con oxígeno pirano, pirylium o de forma pirona (Peñarrieta J et al., 2014).

Los flavonoides forman parte de los compuestos fenólicos y están dentro de la fotosensibilización y de la transferencia de energía logrando regular diversas reacciones, controles y defensas contra infecciones. Estos flavonoides brindan diversas propiedades antiinflamatorias, antioxidantes, antialérgicas, antivirales, hepatoprotectoras y anti carcinogénicas. Esta actividad que posee el flavonoide puede servir como un blanco en diversas terapias ya sean cardiovasculares como epidemiológicas. Por otro lado, también se pueden usar como quelantes de metales, por ser antioxidante rompedores de cadena, ya que al finalizar la cadena de formación de especies donan o aceptan un átomo de hidrogeno y un electrón (Tenorio et al., 2006).

Figura 7. Estructuras químicas de subclases de flavonoides.



Fuente: Tenorio López et al., (2006)

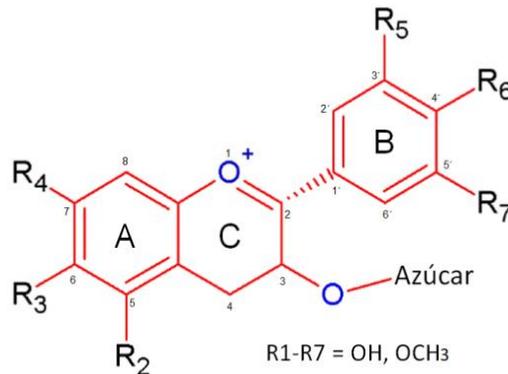
1.6.20. Antocianinas

Las antocianinas se encuentran ampliamente en alimentos de origen vegetal, las antocianidinas, son responsables de la coloración de los frutos y flores. Junto con los taninos, y los antocianos son responsables del color rojo de los vinos añejos. Las antocianinas son utilizadas en la industria de alimentos como colorantes naturales, y se enumeran en el Codex alimentarius bajo el código e169. Debido a su capacidad antioxidante, las antocianinas y antocianidinas se asocian como compuestos beneficiosos para la salud. Por ejemplo, su consumo se ha asociado con la prevención de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como la enfermedad cardíaca coronaria y el cáncer (Peñarrieta J et al., 2014).

Las antocianinas son responsables del color atractivo de muchas frutas y verduras. Su intenso color rojo-púrpura es una fuente atractiva de colorante de alimentos naturales para la industria alimentaria y textil, constituyendo una alternativa a los colorantes alimentarios sintéticos (Zapata et al., 2014).

El carácter polar de la molécula de antocianina permite su solubilidad en variados solventes, tales como alcoholes, acetona y agua. Su estabilidad es afectada fácilmente por modificaciones estructurales con grupos hidroxilo, metoxilo, glucósidos y grupos acilos, además de factores como la temperatura y la luz (Garzón, 2008).

Figura 8. Estructura química general de la antocianina.



Fuente: Zeiger y Taiz, (2009)

1.6.21. Capacidad antioxidante

Es la capacidad que tiene un compuesto para poder neutralizar diferentes efectos de los radicales libres que son dañinos. Los antioxidantes pueden ser definidos como sustancias capaces de retardar la tasa de oxidación en un material oxidable (Johnson, 1975).

De acuerdo con lo mencionado por Corrales et al., (2012), la oxidación de las macromoléculas biológicas, lípidos, proteínas, carbohidratos y ADN en diferentes tejidos y órganos puede generar un daño irreversible que, si es muy extenso, produce la enfermedad y lleva incluso a la muerte celular. Sucede por la acción de los radicales libres, moléculas altamente reactivas que tienen un electrón desapareado en sus órbitas externas, y que provienen de diversas y numerosas fuentes tanto internas como externas al organismo. Los radicales libres oxidan las macromoléculas cuando les quitan electrones para así quedar ellos mismos estables, con sus electrones en pares, en un proceso oxidativo que constituye una cadena y que es, en sí mismo dañino.

1.6.22. Efectos de los compuestos fenólicos y antioxidantes en la salud

Los antioxidantes, como carotenoides, vitamina c, vitamina e, y compuestos polifenólicos, en especial los flavonoides y antocianinas juegan un papel muy importante en la defensa contra el cáncer. Muchos estudios hechos a los compuestos polifenólicos y especialmente los flavonoides dentro de estos a las antocianinas demuestran su capacidad antioxidante y su significativa contribución en la dieta, así

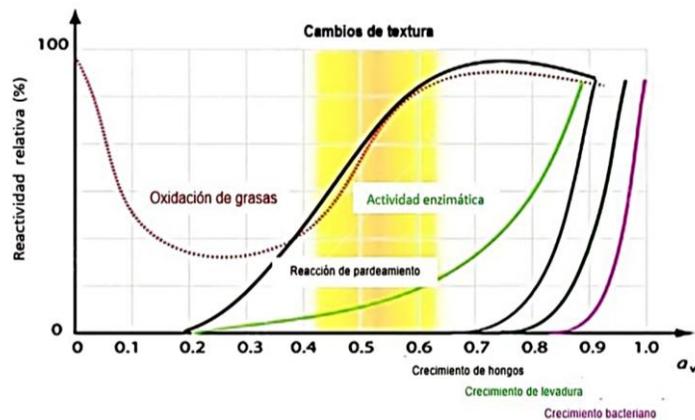
como su efecto en la prevención de diversas enfermedades tales como las cardiovasculares, cancerígenas y enfermedades neurológicas, (Fernando & Cisneros, 2007).

1.6.23. Actividad de agua (A_w)

La actividad del agua (A_w) se define formalmente como la presión parcial de vapor de agua en equilibrio con el alimento dividido por la presión parcial de vapor de agua en condiciones estándar, (presión de vapor parcial del agua pura a la misma temperatura) (Cardona, 2019).

Es decir que es un indicador que está en relación con el contenido de agua tanto disponible como ligada al soluto de un alimento. Viene a ser importante para la vida útil que pueda tener el alimento ya que el agua hace más rápido el crecimiento microbiano por ser su fuente de vida, a la par se aumenta la actividad química y por ende la actividad enzimática que son factores que afectarían la calidad. Este parámetro al medirlo brinda valores entre 0 y 1 y si está más cerca del 0, más complicada es la actividad biológica, presentándose más conservable y de vida útil más larga. Básicamente esa es la razón por la cual existen diversos métodos de conservación de alimentos basados en reducir la actividad de agua ya sea la deshidratación, liofilización, adición de sales o azúcares, la evaporación o congelación, procesamientos que influyen de cierta manera en las propiedades organolépticas. Viendo así que la a_w tiene un gran efecto en la calidad y seguridad del alimento (Cardona, 2019).

Figura 9. Actividad de agua en los alimentos.



Fuente: Vilgis, (2015)

1.6.24. Humedad

El porcentaje de humedad o la cantidad de esta, se refiere a la cantidad de agua que hay en un alimento, viene a ser un procedimiento de análisis fundamental y también uno de los más difíciles para poder obtener datos precisos. Por ello también es que este valor es de suma importancia económica tanto para los fabricantes de alimentos como para los compradores por un lado por la seguridad y calidad y por otro lado por que el agua es decir la humedad resulta buen relleno económico; para lo cual también se debe tener en cuenta que el contenido de humedad del alimento es el que define que método se usará (Bradley Jr, 2010).

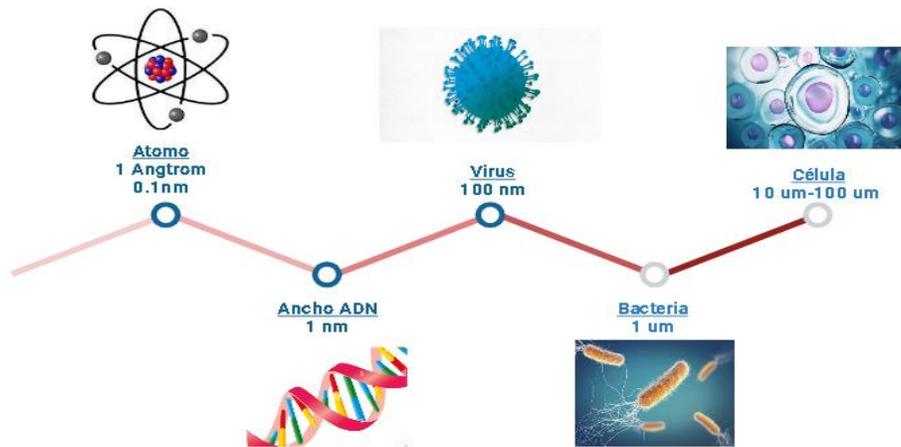
1.6.25. Microscopia electrónica de barrido (SEM)

El microscopio electrónico de barrido es un método el cual hace posible la observación directa y caracterización de distintos materiales y superficies, brindando de esta manera una referencia de la morfología del material evaluado (Dimas, 2011). Esta observación es posible por las diversas resoluciones que posee este microscopio la cual llega a escala nanométrica obteniendo así micrografías en foco (Ipohorski, 2011). Y también es posible por el escaneo de un haz de alta energía en donde los electrones al relacionarse con los átomos de la muestra producen un vestigio que tiene la información sobre la topografía, composición y conductividad eléctrica de esta misma (Dimas, 2011).

1.6.26. Tamaño de partícula

Al pasar de los años surgen diversas innovaciones en la nanotecnología, ya que el uso de esta tecnología implica una gran intervención en los distintos problemas y necesidades de las personas. Es así que ya se están incluyendo en la industria considerándose, así como el motor de una próxima revolución industrial. Esto viene a darse por que normalmente el tamaño más pequeño de los materiales va desde micrómetros o micras (μm) a cientos de milímetros y los materiales trabajados con esta tecnología nueva es en un tamaño nanométrico es decir son entre cien y mil veces más pequeños. Por ello al decir microcápsula debe asignarse a partículas que sus tamaños van desde $1 \mu\text{m}$ a $5000 \mu\text{m}$, mientras que las partículas que tienen un tamaño menor a $1 \mu\text{m}$ (1000 nm) ya se le denomina nanocápsulas, influyendo también en las diversas propiedades físicas y químicas (Villar y Bonilla , 2015).

Figura 10. Representación gráfica de los tamaños.



1.7. Marco conceptual

1.7.1. Nanoencapsulación

La nanoencapsulación representa estrategias adecuadas para numerosas aplicaciones (la fortificación de alimentos, la mejora de propiedades organolépticas, incrementos de la vida útil del alimento, trazabilidad en productos agropecuarios y desarrollo de nuevos productos), con un conocimiento claro y transparente respecto al impacto para la salud, seguridad y medio ambiente (Valdiviezo et al., 2017).

1.7.2. Clon de papa nativa

Los clones de papa nativa son variedades estables, de alto rendimiento comercial y calidad para el procesamiento y con propiedades benéficas nutricionales que son más demandados por los consumidores de hoy en día (Tirado et al., 2020).

1.7.3. Almidón de quinoa

El almidón de quinoa en los últimos años aumentó su uso para muchas aplicaciones alimentarias, así como emulsificante, en la realización de películas y en la encapsulación de diversos insumos alimentarios (Li y Zhu, 2018).

1.7.4. Goma arábiga

Esta goma Arábica es un polímero natural biodegradable que se utiliza mayormente como matriz para la encapsulación de enzimas ya que da la protección necesaria frente a

diversos factores como la temperatura y el pH, para alargar la vida útil (Madene y Jacquot, 2006).

1.7.5. Compuestos fenólicos

Los compuestos fenólicos son sustancias con uno o más anillos aromáticos (benceno) y, al menos, un sustituyente hidroxilo. Si en el benceno se sustituye un hidrógeno por un hidroxilo se obtiene un fenol, nombre popular del hidroxibenceno, unido a estructuras aromáticas o alifáticas. Únicamente, algunos compuestos fenólicos de la familia de los ácidos fenoles no son polifenoles, sino monofenoles, (Huaman, 2017).

1.7.6. Flavonoides

Los flavonoides corresponden al grupo de los compuestos fenólicos dentro de los cuales existe un rango de sustancias coloreadas. La categorización de los flavonoides se realiza con base en sus variaciones estructurales, los más significativos son las flavonas, isoflavonas, flavonoles y antocianinas (Iglesias, 2009). En 1997, de ugaz demostró que estos compuestos tienen buena solubilidad en agua y etanol, debido a que cuentan con la presencia de grupos aromáticos conjugados, tienen una intensa absorción en la región ultravioleta y visible del espectro, (Zeiger y Taiz, 2009).

1.7.7. Antocianinas

Las antocianinas constituyen un subgrupo perteneciente a los flavonoides, siendo estos partes de los compuestos fenólicos. Las antocianinas son un grupo de pigmentos hidrosolubles distribuidos en el mundo de las plantas y frutos, y por ende son las responsables de otorgar una gran gama de colores en las plantas, aquí encontramos pigmentos azul, púrpura, violeta, magenta, rojo y naranja (Ipanaqué, 2016).

1.7.8. Actividad antioxidante

“El término antioxidante hace referencia a cualquier sustancia que, estando presente a una concentración más baja comparada con la de un sustrato oxidable, es capaz de retrasar o prevenir la oxidación de dicho sustrato. Los radicales libres se definen como especies químicas que poseen uno o más electrones desapareados, lo cual las hace altamente inestables y reactivas” (Halliwell y Whiteman, 2004).

1.7.9. Aw

La actividad de agua desempeña un papel importante como indicador de la vida útil de los alimentos al almacenarlos, ejerciendo una influencia en la calidad que estos pueden presentar. La disminución de la actividad de agua retarda el crecimiento de

microorganismos, contribuyendo así en la preservación de los productos alimentarios (Belitz et al., 2009).

1.7.10. Humedad

La humedad es un factor de calidad en la conservación de algunos productos y afecta a la estabilidad de estos mismos (Bradley Jr, 2010).

1.7.11. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula para el término de microcápsula son para aquellas que poseen un tamaño que va desde 1 μm a 5000 μm , en cambio para las partículas que son inferiores a 1 μm , son denominadas nanocápsulas (Espinosa y García, 2017).

CAPITULO IV: METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

4.1. Lugar de ejecución

La presente investigación se llevó a cabo en el Laboratorio de Investigación de Nanotecnología de Alimentos (LINA) y en el Laboratorio de Investigación en Materiales para el Tratamiento de Aguas y Alimentos (LIMTA), de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), ubicada en la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial, localidad de Santa Rosa, Av. 28 de julio N° 1103, del distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas, departamento de Apurímac.

4.2. Identificación de variables

En la Tabla 3, se visualizan las variables independientes y dependientes.

Tabla 3. *Variables independientes y dependientes.*

Independientes	Dependientes
	Químicas
	Compuestos fenólicos totales
	Flavonoides totales
Temperatura	Antocianinas totales
	Capacidad antioxidante
Porcentaje de encapsulante	Actividad del agua
	Humedad
	Estructurales
	Tamaño de partícula
	Morfología

4.3. Materiales, instrumentos, equipos y reactivos

La lista de los materiales, instrumentos, equipos y reactivos que fueron necesarios en la ejecución de esta investigación se mencionan a continuación en las tablas 4, 5 y 6 respectivamente.

Tabla 4. Materiales.

N°	Material	Cantidad
1	Cuchillo	01 unidad
2	Mortero y pilón	01 unidad
3	Probetas de 100 ml	03 unidad
4	Probetas de 50 ml	02 unidad
5	Probetas de 10 ml	02 unidad
6	Vaso de precipitado de 50 ml	08 unidad
7	Vaso de precipitado 100 ml	04 unidad
8	Vaso de precipitado de 250 ml	04 unidad
9	Vaso de precipitado de 500 ml	01 unidad
10	Placas Petri	06 unidad
11	Embudos de vidrio	06 unidad
12	Tubos fálcon de 15 ml	04 unidad
13	Tubos fálcon de 50 ml	08 unidad
14	Tubos de ensayo	42 unidad
15	Lunas de reloj	08 unidad
16	Fiola de 25 ml	01 unidad
17	Fiola de 100 ml	01 unidad
18	Fiola de 250 ml	02 unidad
19	Fiola de 500 ml	01 unidad
20	Fiola de 1000 ml	01 unidad
21	Pizetas	03 unidad
22	Frasco ámbar de 500 ml	02 unidad
23	Frasco ámbar de 250 ml	01 unidad
24	Micro pipeta automatizada de 10-100 µl	01 unidad
25	Micro pipeta automatizada de 100-1000 µl	01 unidad
26	Micro pipeta automatizada de 1000-5000 µl	01 unidad
27	Micro espátulas de acero inoxidable	04 unidad
28	Cinta de carbono	04 circunferencias
29	Papel filtro	01 paquete
30	Papel aluminio x 8 metros.	01 rollo

31	Papel tissue	02 paquetes
32	Espátulas de caucho	03 unidades
34	Film	01 metro
35	Rotulador	01 unidad
36	Gradilla para tubos fálcon	01 unidad
37	Gradilla para tubos de ensayo	01 unidad
38	Guantes quirúrgicos	02 paquetes

Tabla 5. *Instrumentos y equipos.*

N°	Material	Cantidad	Marca
1	Balanza analítica	01 unidad	PIONER (OHAUS)
2	Refrigeradora	01 unidad	LG
3	Estufa al vacío	01 unidad	Brinder
4	Estufa de secado	01 unidad	Binder
5	Agitadores magnéticos	05 unidades	CAT (M6)
6	Nano Spray Dryer	01 unidad	B-90 BUCHI
7	Espectrofotómetro UV	01 unidad	Thermo scientific GENESYS 150
8	Colorímetro de mesa	01 unidad	Konica Minolta
9	Centrifuga refrigerada	01 unidad	BIORIDGE
10	Vortex	01 unidad	ISOLAB
11	Medidor de actividad de agua	01 unidad	Rotronic Suiza HP23-AW-ASET
12	ZETASIZER LAB	01 unidad	Malvern
13	Microscopio electrónico de barrido (SEM)	01 unidad	Prisma E (Thermo Fisher, Massachusetts, USA)
14	Ultra-Turrax Homogeneizer HS-30E	01 unidad	DAIHAN Scientific

Tabla 6. Reactivos

N°	Material	Cantidad
1	Etanol de 96°	01 litro
2	Agua pH 3	500 ml
3	Metanol	01 litro
4	Cloruro de aluminio (AlCl ₃)	2 g.
5	Carbonato de sodio (Na ₂ CO ₃)	1 g.
6	Reactivo de Folin-Ciocalteu	10 ml.
8	Radical libre DPPH (2,2-difenil-1-picrihidrazil)	12 mg.
9	Cloruro de potasio (KCl)	1 g.
10	Ácido clorhídrico	20 ml.
11	Acetato sódico (CH ₂ CO ₂ Na*3H ₂ O)	55 g.
12	Agua ultra pura	4 litros.

4.4. Población y muestra

4.4.1. Población

Para la población se consideró a la totalidad de los nanoencapsulados obtenidos del clon de papa nativa (Kulli papa), provenientes del campo experimental que posee la empresa SEMPAL S.R.I. (13°38'43.0"S, 73°18'24.4"W, and 3550 msnm) ubicados en el centro poblado de Champacocha del distrito de San Jerónimo provincia de Andahuaylas.

4.4.2. Muestra

La muestra a utilizar comprende a la cantidad de cada uno de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que fueron usados para cada análisis. Realizando un muestreo no probabilístico intencional a juicio del investigador.

4.5. Tipo de investigación

Para este trabajo de investigación su tipo fue:

Aplicada

Ya que se desea resolver las diversas problemáticas planteadas, consolidar conocimientos para así enriquecerlos más (Tam et al., 2008).

Experimental

Por el hecho de que estuvo en constante manipulación la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante al nanoencapsular (Tam et al., 2008).

Prospectiva

Puesto que este nanoencapsulado en un futuro sea un aditivo potencial para nuevos productos (Hernandez et al., 2006).

4.6. Metodología experimental

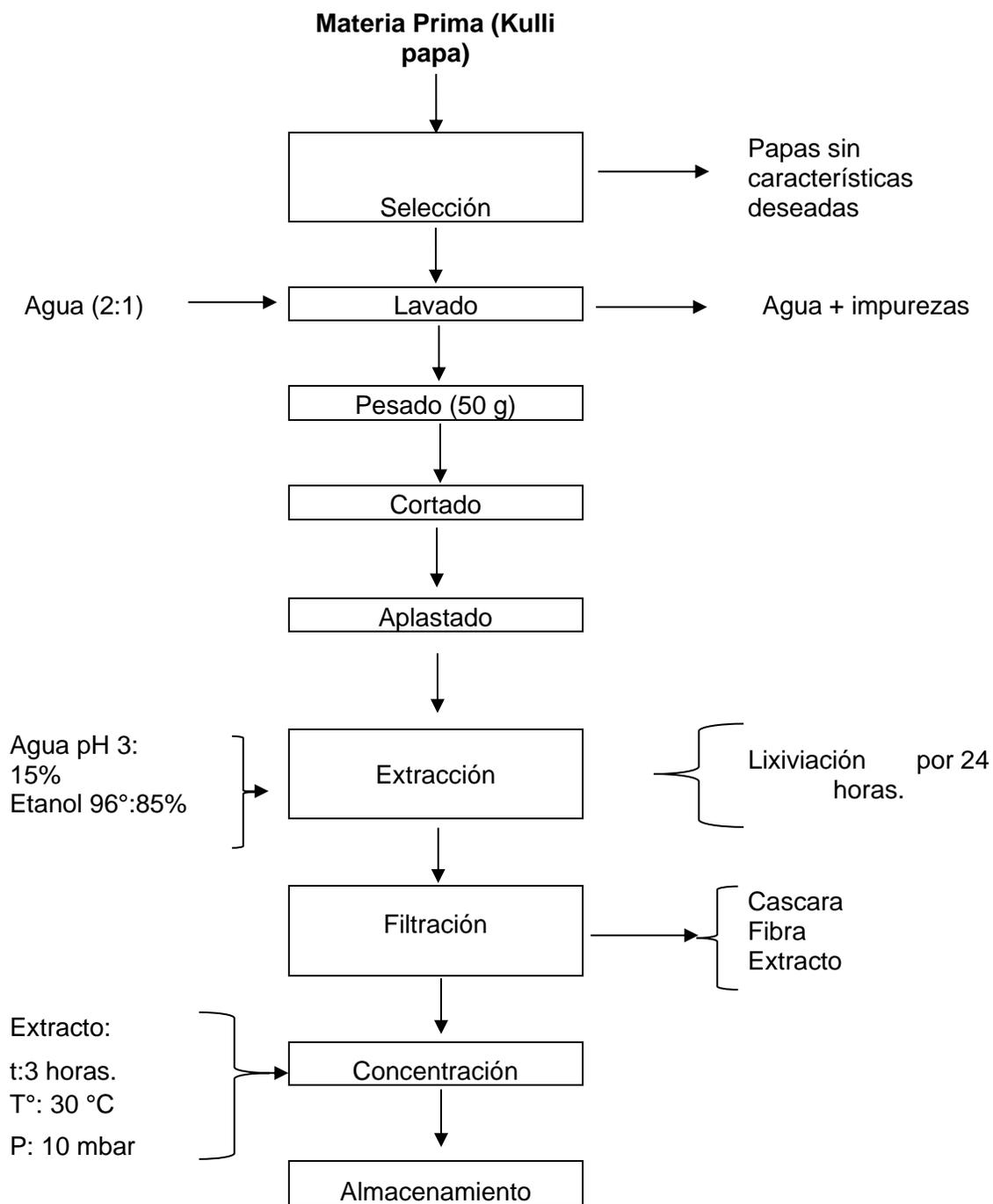
Para obtener los cuatro tratamientos nanoencapsulados, se realizó la metodología descrita por Velásquez y Velezmoro, (2022), con algunas modificaciones, los cuales se representan gráficamente en la Figura 13:

4.6.1. Metodología para la obtención del extracto: Para la preparación, se siguieron distintos procesos mostrados en la Figura 11 y descritos a continuación:

- **Selección:** Este proceso se hace con la finalidad de sacar aquellas papas que no tienen las características que se desea tanto físicas como microbiológicas.
- **Lavado:** En este caso la muestra con la que se trabajó que viene a ser la kulli papa, se lava con un aproximado de 4 litros de agua con el objetivo de quitar impurezas.
- **Pesado:** Se pesó 50 g .de la muestra de kulli papa.
- **Cortado:** Teniendo la muestra limpia y pesada se prosiguió a cortarlas en formas irregulares de aproximadamente 1 cm para adquirir mayor uniformidad y hacer más fácil el siguiente proceso.
- **Aplastado:** Las muestras cortadas se pasaron a un mortero y con la ayuda del pilón se aplastaron para obtener en mayor cantidad y concentración el extracto.
- **Extracción:** Las muestras ya aplastadas se colocaron en un vaso precipitado forrado con papel aluminio y a este se agregó 85 ml de etanol de 96° con 15 ml de agua con pH 3; con la ayuda de una espátula se removió para combinar el soluto con los solventes, se tapó con film y papel aluminio el vaso dejándolo en reposo por un periodo de 24 horas, en la refrigeradora.
- **Filtración:** Pasadas las 24 horas. Se filtró, echando el contenido del vaso a probetas forradas con papel aluminio que ya están con embudos de vidrio y papeles filtros, obteniendo el líquido deseado, fibra y cascara.
- **Concentración:** El contenido de las probetas se vertió en placas Petri y se llevaron a la estufa de vacío por un tiempo de 3 horas a 30 ° C y una presión de 10 mbar, para que la muestra pueda expulsar la mayor cantidad de etanol, adquiera mayor concentración en los compuestos bioactivos y en la coloración. Obteniendo así 45 ml de extracto concentrado.

- **Almacenamiento:** Se pasó el extracto final a tubos falcón forrados con papel aluminio por ser nuestra muestra sensible a la luz. Para finalmente almacenarlo.

Figura 11. Flujoograma para la obtención del extracto.



Fuente: Velásquez y Velezmoro, (2022)

4.6.2. Metodología para la preparación de muestra a nanoencapsular:

Se muestra en la Figura 12 y a continuación se describen los procesos seguidos:

- **Pesado:** En una balanza analítica, utilizando un vaso precipitado de 100 ml se pesó en seco 6 g. de almidón de quinoa (60%) y 4 g. de goma arábica (40%), dando una totalidad de 10 g.
- **Mezclado:** Con el uso de una espátula se procedió a mezclar los dos materiales de pared obteniendo así el encapsulante que luego fue usado en la preparación de los cuatro tratamientos.
- **Pesado por tratamiento:** En este segundo pesado; de los 10 g. de encapsulante que se tuvo, se pesó 1.5 g. para el tratamiento 1 (T1), 1.5 g. para el tratamiento 2 (T2), 2.5g. para el tratamiento 3 (T3) y 2.5 g. para el tratamiento 4 (T4).
- **Agitado:** Se tomó el peso de cada tratamiento en un vaso precipitado de 50 ml y a este se le agregó 10 ml de agua ultrapura y se dejó en agitación por 24 horas. El agitado del encapsulante para cada tratamiento se hizo teniendo en cuenta que cada tratamiento pasaba por un periodo de 2 días en el Nano Spray Dryer.
- **Preparación de muestra:** En un vaso precipitado forrado con papel aluminio se procede a echar 10 ml del extracto almacenado, 10 ml del encapsulante y 60 ml de agua con pH 3, dejándolo en agitación al lado del equipo.
- **Atomizado:** Se realizó en el Nano Spray Dryer; a una temperatura de 96°C para el primer y tercer tratamiento (T1 y T3) y a una temperatura de 116°C para el segundo y cuarto tratamiento (T2 y T4), por un periodo de 48 horas para cada uno.
A parte del porcentaje de encapsulante y temperatura, las demás condiciones de nanoencapsulación, para todos los tratamientos fueron las mismas.
- **Almacenamiento:** Los nanoencapsulados de cada tratamiento se colocaron en tubos fálcon de 15 ml forrados con papel aluminio para proteger la muestra de la luz y debidamente rotulados.

Figura 12. Flujograma para la obtención de nanoencapsulados de Kulli papa.

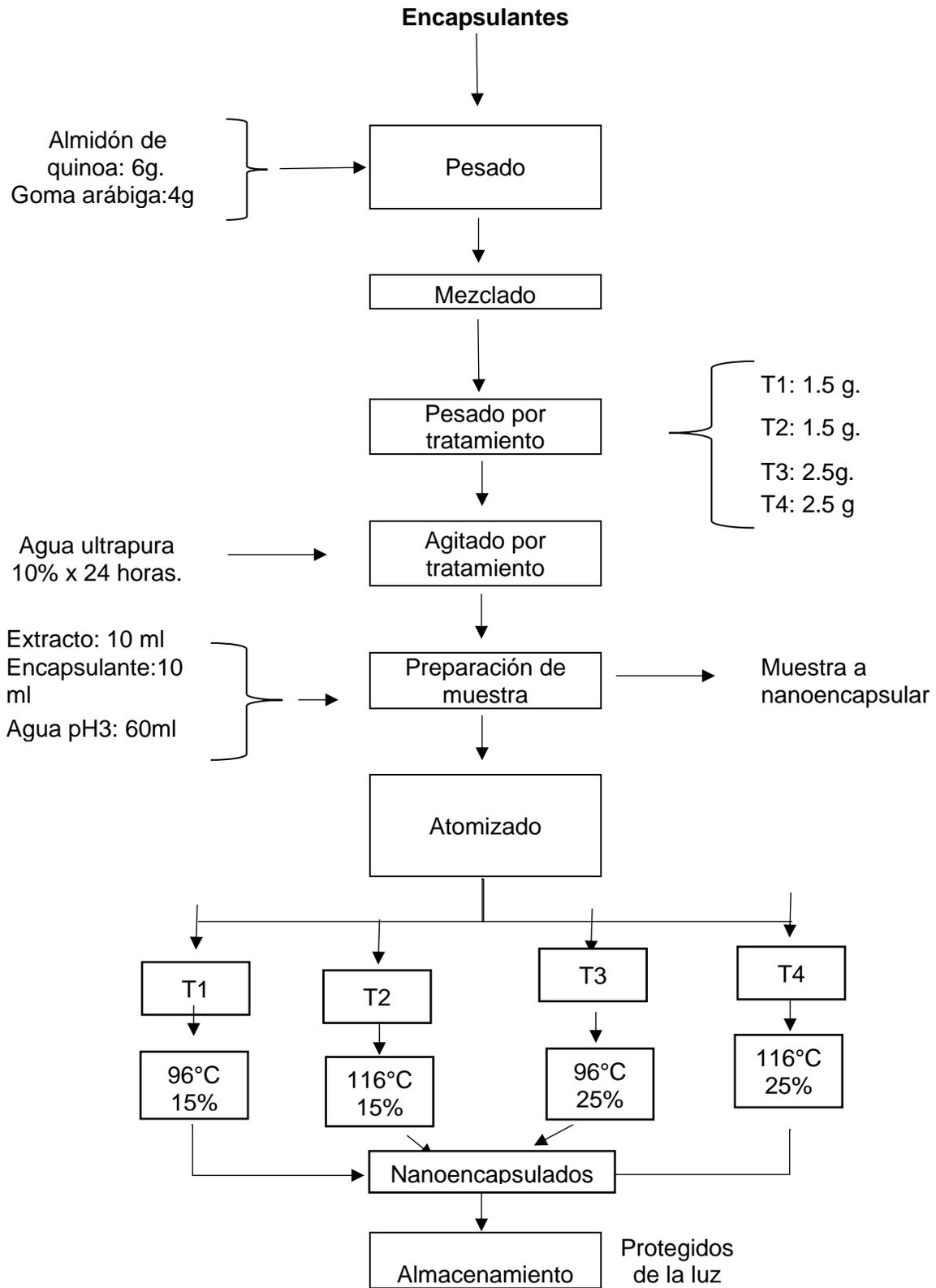
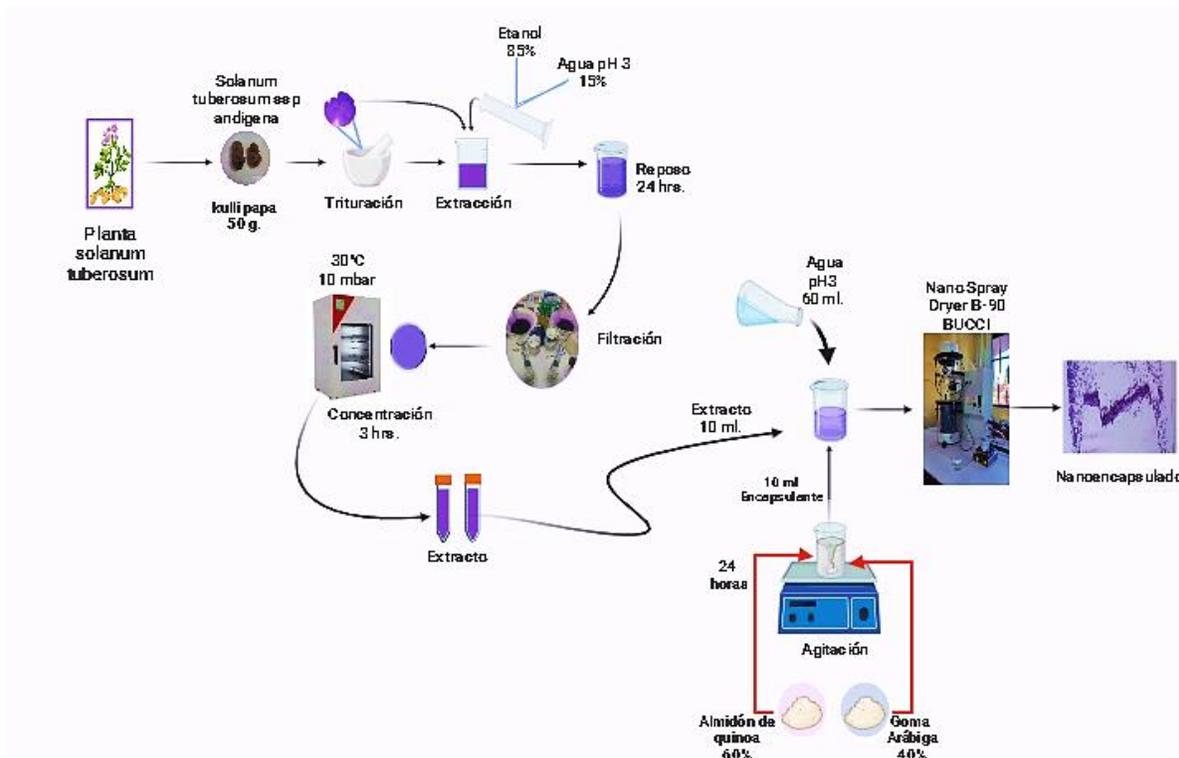


Figura 13. Resumen gráfico del estudio.



4.7. Métodos de análisis para las variables dependientes

4.7.1. Propiedades químicas

4.7.1.1 Preparación del extracto de la muestra para compuestos fenólicos, flavonoides totales y capacidad antioxidante:

Para la preparación de los extractos:

- Se diluyó 0.15 g. de muestra de cada uno de los tratamientos con 15 ml de metanol al 80%. en vasos de precipitado forrados con papel aluminio para proteger la muestra y se agitó por una hora.
- Ya diluido, se retiró el magneto y finalmente se forró cada uno de los vasos con film y papel aluminio dejándolos en reposo por 24 horas.
- Las muestras ya reposadas se vertieron en tubos fálcon forrados y se llevaron a centrifugar por 7 minutos a 3850 rpm.

- Por último, se retiraron los tubos de la centrifuga y se colocaron en una gradilla, guardándolos en frio, listos para los análisis posteriores.

4.7.1.1.1 Determinación de los compuestos fenólicos totales.

Para la determinación de estos compuestos se utilizó el método de Fólín-Ciocalteu adaptado por Singleton et al., (1999). Este método se basa en la oxidación de estos compuestos por acción de un reactivo llamado Fólín. La oxidación de los fenoles, presentes en la muestra, causa la aparición de una coloración azul que presenta un máximo de absorción.

Para lograr la cuantificación de los compuestos fenólicos, se hicieron preparaciones de reactivos como:

Preparación solución de carbonato de sodio (Na_2CO_3) al 20%

El cual consistió en pesar 0.2 g de Na_2CO_3 anhidrido, para luego pasarla a una fiola y aforarla con 10 mL de agua ultrapura, guardándolo a temperatura ambiente.

Preparación de la solución de Fólín Ciocalteu al 0.25 N

Se midió en una probeta graduada 6.25 mL del reactivo concentrado de Folin-Ciocalteu 2.0 N, para luego pasarla a una fiola de 50 mL forrada con papel aluminio y se aforó con agua ultrapura, almacenándola en frio, teniendo en cuenta que la duración no es mayor a una semana.

Preparación de los extractos

- Teniendo ya las dos preparaciones se prosigue a preparar la muestra, para lo cual se forran con papel de aluminio 12 tubos de ensayo ya que cada tratamiento se midió por triplicado.
- Usando las micropipetas se coloca en cada tubo 900 μl de muestra de los tubos fálcon, 2400 μl de agua ultrapura, 150 μl de Na_2CO_3 y 300 μl de Fólín. Para el caso del blanco se preparó con agua ultrapura en lugar de la muestra y las demás condiciones fueron las mismas. Dejándolas reaccionar por 10 minutos.
- El blanco sirvió para calibrar el espectrofotómetro y luego se midieron las absorbancias de los tratamientos y sus réplicas a 755 nm.

Cálculos:

- El contenido de los compuestos fenólicos totales se calculó a través de una curva estándar de solución de ácido gálico como patrón, es por ello que los resultados se

expresaron en mg de ácido gálico equivalente (AGE) /g de muestra en base seca (b.s).

- La ecuación de la curva estándar usada para la cuantificación de compuestos fenólicos se presenta a continuación:

$$y = a * Abs + b \dots\dots\dots (1)$$

Siendo:

- y: mg AGE/ ml
- Abs: Absorbancia a 755 nm.

Dado que los resultados se desearon en mg de ácido gálico equivalente (AGE) /g de muestra en b.s, se procedió a usar la siguiente ecuación:

$$\frac{mg\ AGE}{g} = \left\{ \left[\frac{(Abs+b)}{m} \right] * V * FD \right\} / Wma = A \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

- Abs: absorbancia de la muestra 725 nm
- b: intercepto de la curva
- m: pendiente de la curva
- V: volumen final de la muestra (ml)
- FD: factor de dilución
- Wma: peso de la muestra(g)
- AGE: equivalente a ácido gálico

4.7.1.1.2 Determinación de flavonoides totales.

Para la determinación del contenido de flavonoides en los cuatro tratamientos evaluados, se usó el método descrito por Maksimović et al., (2005), con algunas modificaciones:

- Se preparó etanol al 70% y metanol al 80%, ya teniendo los reactivos mencionados anteriormente, se preparó cloruro de aluminio (AlCl₃) al 5 % para lo cual se pesó 1.25 g. de este y se diluyó en una fiola de 25 ml con etanol al 70%.
- Se forraron 12 tubos de ensayo con papel aluminio para poder proteger la muestra de la luz y se hicieron las lecturas del contenido de flavonoides de las muestras, agregando en cada tubo 90 µl de muestra, 1.91 ml de metanol al 80%, 0.1 ml de AlCl₃ y por último 2.9 ml de metanol al 80%, dejándolo reposar por 10 minutos y por último llevándolos al espectrofotómetro para la lectura de las absorbancias a 425 nm.

- Para el caso del blanco fue a las mismas condiciones y cantidades, con la diferencia que se reemplazó la muestra con metanol al 80%.

Cálculos:

- Ya teniendo las absorbancias, se cuantificaron los flavonoides mediante la curva estándar de solución de quercetina como patrón, es así que los resultados se expresaron en mg de quercetina/g a partir de la siguiente ecuación:

$$y = Ax - b \dots\dots\dots (3)$$

Siendo:

- y: Absorbancia a 425 nm.
- x: concentración de quercetina (mg/ml)

Puesto que se desearon tener los resultados en mg de quercetina/g b.s se realizó la siguiente ecuación:

$$\text{Contenido de flavonoides totales} = \left\{ x * \left[\frac{V}{W_{ma}} \right] \right\} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

- X: Concentración de flavonoides totales en mg/ml
- V: volumen final de la muestra (ml)
- W_{ma}: peso de la muestra(g)

4.7.1.1.3 Determinación de la capacidad antioxidante.

Para la determinación de la capacidad antioxidante de los nanoencapsulados se utilizó la metodología desarrollada por (Brand-Williams et al., 1995), de espectrofotometría UV-visible, en la técnica del reactivo de DPPH.

Preparación de la solución madre de DPPH

Esta solución madre de DPPH se preparó pesando 12 mg. de DPPH la cual con la ayuda de un vórtex se diluyó con metanol al 80 % en una fiola de 50 ml forrada con papel aluminio para su protección de la luz y se almacenó en frío por un tiempo de 24 horas.

Solución diluida de DPPH

Para la preparación de la solución diluida, en un frasco ámbar se vierten 25 ml de la solución madre y se llevó a medir la absorbancia en el espectrofotómetro usando como blanco metanol al 80 %. Al ver que la absorbancia de la solución madre era muy alta se fue diluyendo la solución madre del frasco con metanol al 80% hasta que la lectura de la

absorbancia de la solución diluida sea de $1,1 \pm 0,02$ a una longitud de onda de 515 nm, conservando esta solución diluida por no más de una semana.

Preparación de muestra

- Se agregó 150 µl del extracto de la muestra y 2850 µl del DPPH diluido a 13 tubos de ensayo forrados con papel aluminio dejándolos por 15 minutos para hacer su lectura.
- A la par se prepararon dos blancos, el primero fue metanol al 80% y el segundo de 150 µl de metanol al 80% con 2850 µl del DPPH diluido.
- Pasado el tiempo de reacción (tiempo en que los compuestos bioactivos logren capturar los radicales libres) se prosigue con la lectura a una longitud de onda de 515 nm.

Cálculos:

- La capacidad antioxidante se calculó a través de una curva estándar de Trolox, obteniendo así los resultados expresados en µg de Trolox equivalente/ g de muestra b.s.
- La ecuación de la curva estándar usada para la cuantificación de compuestos fenólicos se presenta a continuación:

$$Trolox Eq. = \left\{ \left[(bX) * (0.25) * \frac{ml extracto}{gr.muestra} \right] * Fd \right\} \dots\dots\dots (5)$$

Donde:

- Trolox Eq.: µg de Equivalente Trolox / g de muestra
- bx: Dato proveniente de la curva estándar, siendo X: la variación de las absorbancias (Abs blanco – Abs muestra) a 515 nm, ecuación perteneciente de la gráfica de la curva estándar.
- 0.25: obtenido del peso molecular de Trolox (0.25 µg Trolox = 1 micro molar Trolox), usado para expresar Trolox en µg.
- Fd: factor de dilución

4.7.1.2 Determinación de antocianinas totales.

Para la cuantificación del contenido de antocianinas se usó la metodología empleada por (Giusti y Wrolstad, 2001). Mediante el método del pH diferencial, con algunas modificaciones:

En esta metodología las muestras fueron analizadas con dos tipos de buffers, uno de cloruro de potasio (KCl) de pH=1 y el otro de acetato de sodio (CH₃COONa) de pH=4,5,

dado que a estas condiciones las estructuras de las antocianinas se transforman por la diferencia en los espectros de absorbancias, medidas en el espectrofotómetro UV-Visible.

Preparación del buffer pH=1 (Cloruro de potasio 0.025 M)

Se pesó 0.93 g. de cloruro de potasio, para luego diluirlo en una fiola de 500 ml con 400 ml de agua ultrapura. Se midió el pH y se prosiguió a ajustar este pH a 1.0 usando ácido clorhídrico (HCl) en una cantidad de 25 ml. Para luego terminar de aforar la fiola con agua ultra pura y verterlo a un frasco ámbar para almacenarlo en frío.

Preparación del buffer pH=4,5 (Acetato de sodio 0.4 M)

Para la preparación de este segundo buffer se diluyó en una fiola de 1000 ml, 54.43 g. de acetato de sodio ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) con 960 ml de agua ultrapura y del mismo modo que con el primer buffer, se midió el pH y se prosiguió a ajustarlo con ácido clorhídrico hasta llegar a pH 4.5, una vez aforado se vertió a un frasco ámbar y se almacenó en frío.

Preparación de muestras por el método Giusti y Wrolstad

- Se preparó la solución extractora, que consistió en mezclar en una probeta de 100 ml, 85 ml de etanol de 96° con 15 ml de ácido clorhídrico.
- Luego en cuatro vasos de precipitado forrados con papel aluminio, se pesaron 0.15 g. de muestra de cada tratamiento y a cada uno de estos vasos se vertieron 20 ml de la solución extractora.
- Posteriormente se llevaron a disolver con la ayuda de agitadores magnéticos por 1 hora. Pasado el tiempo, se retiraron los magnetos, se cubrieron los vasos y se dejaron macerar los extractos por 24 horas, hasta lograr que el solvente se sature. Pasado el tiempo de maceración se centrifugaron las muestras por 7 minutos a 3850 rpm.
- Se determinó el factor de dilución óptimo para cada tratamiento empleando el buffer de pH= 1(KCl) a una absorbancia de 515 nm, donde se buscó que las absorbancias primordialmente estén en el rango de 0.4 a 0.6 A. obteniendo así las cantidades a emplear.
- En total se usaron 24 tubos forrados para la protección de las muestras, de los cuales en 12 de ellos para la preparación con el buffer de pH= 1, se pusieron para el tratamiento 1 y 2 (T1 y T2), 1 ml de extracto con 1 ml de pH=1 y para los otros dos tratamientos (T3 y T4), se pusieron 3 ml de extracto con 1 ml de pH=1
- En los otros 12 tubos, se hizo para la preparación con el buffer de pH=4,5, en donde se emplearon las mismas cantidades mencionadas anteriormente con la diferencia

que se reemplazó al pH=1 con el pH= 4.5. las cantidades son según lo que se equilibró para el factor de dilución.

- Se dejó reposar por 15 minutos y se prosiguió con la medida de las absorbancias de cada muestra en el espectrofotómetro por barrido a una longitud de onda de 500 y 700 nm, usando como blanco agua ultra pura.

Cálculos:

- Para el cálculo de la concentración de antocianinas primero se empleó la siguiente ecuación para obtener la absorbancia final:

$$A = (A_{\lambda max} - A_{\lambda 700})_{pH 1.0} - (A_{\lambda max} - A_{\lambda 700})_{pH 4.5} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

- $A_{\lambda max}$ = Pico más alto de antocianina a pH 1 y pH 4,5 (500 nm)
- $A_{\lambda 700}$ = Absorbancia mínima leída a 700 nm, para pH 1 y pH 4,5

Teniendo la absorbancia final se prosiguió con el cálculo de pigmentos monomericos, empleando la siguiente ecuacion, expresando el resultado en cianidina-3-glucósido/g.:

$$Antocianinas\ monomericas\ \left(\frac{mg}{100g}\right) = \left(\frac{A}{\epsilon * 1}\right) * PM * Fd * \left(\frac{V}{Wma}\right) \dots\dots\dots(7)$$

Donde:

- A: Absorbancia
- PM: peso molecular de la cianidina-3-glucósido (449.2 g/mol)
- Fd: Factor de dilución (suma de volúmenes hallados/volumen de muestra hallada)
- V: Volumen final en L.
- Wma: peso de la muestra en g.
- ϵ : Coeficiente de extinción molar de cianidina-3-glucósido (26900 l*cm⁻¹*mol⁻¹)

4.7.1.3 Determinación de la actividad de agua.

En cuatro placas pequeñas se colocaron las muestras en toda la superficie y se rotularon. Ya teniendo cada tratamiento se colocó en el medidor de actividad de agua Rotronic Suiza HP23-AW-ASET a una temperatura ambiente.

4.7.1.4 Determinación de humedad.

Se determinó la humedad siguiendo lo descrito por (García y Fernández, 2012), que se basa en la diferencia de peso entre la muestra inicial y final, para lo cual:

- En lunas de reloj se pesaron 0.15 g. de muestra del nanoencapsulado de los cuatro tratamientos con sus réplicas y se introdujeron a la estufa de convección forzada por 24 horas a 105°C.
- Pasado el tiempo se sacaron una por una las lunas de reloj, anotando sus pesos finales

$$\%Hbs = \frac{m1-m2}{m1} * 100 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

- %Hbs= porcentaje de humedad en base seca
- m1= masa inicial
- m2=masa final

4.7.2 Propiedades estructurales.

4.7.2.1 Determinación de tamaño de partícula.

Para poder caracterizar las nanopartículas se realizó en solución acuosa, descrito por Ligarda et al., (2023), con algunas modificaciones:

- Para ello en un vaso de precipitado de 50 ml se realizó una dispersión de los nanoencapsulados en agua, para luego pasarlos por el sonicador por un tiempo de 30 segundos. Pasado el tiempo, la muestra sonicada se llevó a centrifugar por 2 minutos a 3850 rpm. Teniendo ya la muestra se procedió a poner en la celda de medición DTS002 del Zetasizer ZSU310, a temperatura de 25°C.

4.7.2.2 Determinación de microfotografías mediante el (SEM).

Para obtener las micrografías de los nanoencapsulados del clon Kulli papa, se usó el microscopio electrónico de barrido (SEM) a un aumento de 5000x con un voltaje de aceleración de 30kv. Para lo cual se colocó la muestra nanoencapsulada sobre una cinta de carbono microscópico por sus buenas propiedades conductivas, luego las muestras se introdujeron en el microscopio y finalmente se procedió a visualizarlas.

4.8 Diseño experimental

Para este trabajo de investigación se realizó un diseño experimental de tipo 2^k , siendo su diseño uno factorial 2^2 el cual estudia el efecto en dos factores en este caso la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante, teniendo así dos niveles en cada uno, esta familia de diseños resulta de mayor impacto en las investigaciones por su eficacia y variabilidad, obteniendo así un tamaño entre 4 y 32 tratamientos, (Gutiérrez y De la Vara, 2008).

Se tuvo como variables de entrada o independientes a la temperatura y al porcentaje de encapsulante y como variables de salida o dependientes las cuales se analizaron a los cuatro tratamientos, Compuestos fenólicos totales, Flavonoides, Antocianinas, Capacidad antioxidante, Actividad del agua, Humedad y Tamaño de partícula.

Teniendo ya los tratamientos establecidos y las variables dependientes, se prosiguió a realizar una matriz del diseño experimental presentada en la Tabla 7, para así tener más ordenados los resultados obtenidos.

Tabla 7. Matriz para el diseño experimental del tipo 2^2 .

Tratamientos	Temperatura de entrada (°C)	Porcentaje de encapsulante (%)	Propiedades químicas (Compuestos fenólicos, Flavonoides, Antocianinas, Capacidad antioxidante, Actividad del agua, Humedad)	Propiedades estructurales (Tamaño de partícula Morfología)
T - 1	T1	P1	R1,1	R1,1
			R1,2	R1,2
			R1,3	R1,3
T - 2	T2	P1	R2,1	R2,1
			R2,2	R2,2
			R2,3	R2,3
T - 3	T1	P2	R3,1	R3,1
			R3,2	R3,2
			R3,3	R3,3
T - 4	T2	P2	R4,1	R4,1
			R4,2	R4,2
			R4,3	R4,3

Donde:

T-1, T-2, T-3 y T- 4, son referidos a los 4 tratamientos.

T1, temperatura de secado a 96°C.

T2, temperatura de secado a 116°C.

P1, porcentaje de encapsulante de almidón de quinoa con goma arábica (15%).

P2, porcentaje de encapsulante de almidón de quinoa con goma arábica (25%).

4.8.1 Análisis de datos

Por otro lado, para poder afirmar y comprobar que los efectos calculados aportan en la explicación del comportamiento de las respuestas; para ello se hizo una prueba estadística de análisis de varianza es decir un ANOVA, en donde se compararon los tratamientos teniendo como criterio el $p\text{-value} > 0.05$, mostrando las diferencias significativas que pueden existir, por esa razón las hipótesis estadísticas fueron:

$$H_0: t_1=t_2=t_3=t_4=0$$

$$H_A: t_i \neq 0; \text{ para algún } i \neq j$$

Donde:

H_0 : No hay diferencia significativa a diferente temperatura de secado ni a diferente porcentaje de encapsulante de los tratamientos.

H_A : Si hay diferencia significativa a diferente temperatura de secado y a diferente porcentaje de encapsulante de los tratamientos.

En el marco de este trabajo se desarrolló un análisis de varianza de doble factor, es decir bifactorial, en el cual se hizo uso de un nivel de significancia del 5% para así probar las hipótesis nulas para A, B y AB, mismas que se mencionan a continuación:

H_{0A} : La variación en la temperatura de secado no muestra cambios significativos en las propiedades químicas ni estructurales de los nanoencapsulados del clon Kulli papa.

H_{0B} : La variación en el porcentaje de encapsulante no muestra cambios significativos en las propiedades químicas ni estructurales de los nanoencapsulados del clon Kulli papa.

H_{0AB} : La interacción entre la temperatura de secado y el porcentaje de encapsulante no presenta efectos significativos en las propiedades químicas ni estructurales de los nanoencapsulados del clon Kulli papa.

Asimismo, se desarrolló la prueba de Fisher con un 95 % de variabilidad. Todos los cálculos se pueden realizar de forma manual, pero resulta más práctico, rápido y dinámico por las diversas opciones, gráficas y tablas que presenta, realizarlos con un software especializado en temas estadísticos, en este caso para esta investigación se utilizaron los softwares estadísticos Excel 2022, STATGRAPHICS Centurión XVI.I y Minitab 15.

CAPITULO V: RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1. Contenido de compuestos fenólicos totales, flavonoides totales, antocianinas totales, capacidad antioxidante, actividad de agua y humedad.

5.1.1. Compuestos fenólicos totales.

Los compuestos fenólicos totales están enlazados con la capacidad que tienen estos de capturar radicales libres, de los cuales los valores se expresaron en mg equivalente de ácido gálico sobre gramos de muestra en base seca.

En la Tabla 8 se muestran los resultados del contenido de compuestos fenólicos totales, donde se ve que los cuatro tratamientos de nanoencapsulados evaluados T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%) y T4 (116°C y 25%), evidencian diferencia significativa (P-value<0.05), presentando así valores que oscilaron entre 4.61 a 5.50 mg AGE/g en base seca.

En lo que respecta al coeficiente de variabilidad, se registraron valores bajos al 5%, dando a conocer que los datos no presentan dispersiones por ende son muy homogéneos (Posada, 2016).

Tabla 8. *Compuestos fenólicos totales de los nanoencapsulados.*

Tratamientos	Compuestos fenólicos totales mg AGE / g (b.s)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	5.49	\pm	0.02	0.42	A
T2	5.50	\pm	0.06	0.99	A
T3	4.61	\pm	0.16	3.45	B
T4	4.88	\pm	0.21	4.20	C

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 1.

Para esta propiedad, se observó que el T2 presentó el mayor valor, con 5.50 mg AGE/g en base seca, seguido del T1 con 5.49 mg AGE/g en base seca. Los valores disminuyen en el T4 con 4.88 mg AGE/g en base seca y finalmente, el T3 con 4.61 mg AGE/g en base seca. Estos resultados muestran una relación interesante entre ellos. Además cabe resaltar que son similares a los valores obtenidos por Ligarda et al., (2023) en su estudio sobre la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa mediante secado por aspersión, donde obtuvieron valores de compuestos fenólicos totales de 4.19 a 5.43 mg GAE/g a temperaturas similares.

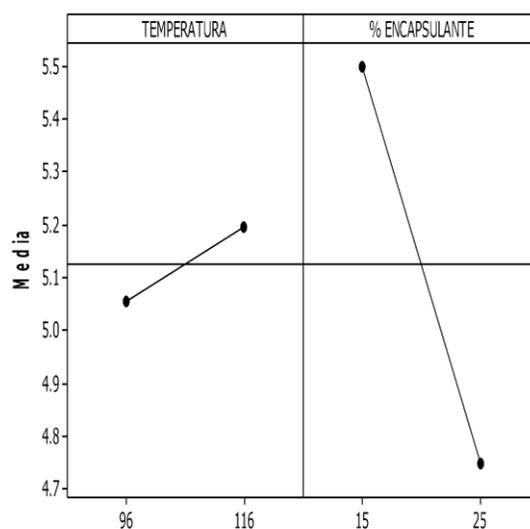
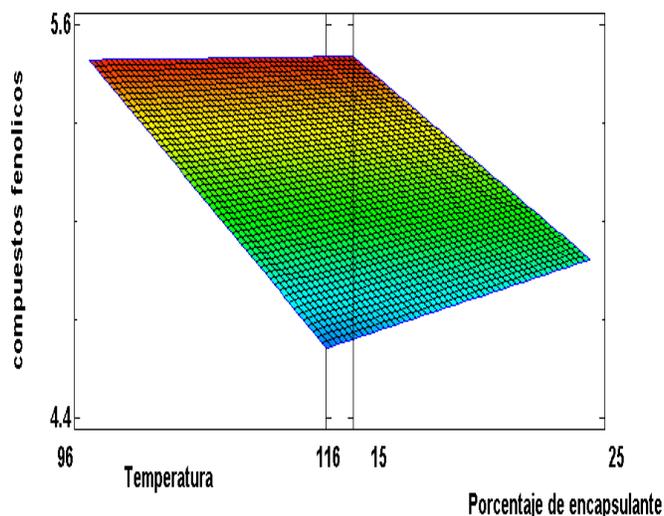
Así mismo, los valores obtenidos en esta investigación muestran cierta relación con los resultados de Velásquez y Velezmoro, (2022), quienes en su investigación obtuvieron valores de compuestos fenólicos totales de 1.96 a 7.84 mg GAE/g, pero que también presentan valores más altos por el hecho de que en dicha investigación utilizaron para encapsular los compuestos fenólicos de la mashua morada el almidón de oca rosa, el cual junto con la temperatura de entrada de 120°C contribuyeron maximizando el contenido de los compuestos fenólicos totales. Por otro lado, se ve que, en la obtención del extracto, se logra una mayor concentración de compuestos fenólicos. Esto se evidencia al compararlo con lo obtenido por Juli y Arias, (2011), quienes en su investigación de clones de papa nativa de pulpa azul obtuvieron entre 1.836 a 1.082 mg ácido gálico/ g mf. Asimismo, los resultados difieren de los que obtuvieron (Mogrovejo y Isique, 2021), quienes en su investigación de compuestos bioactivos de papas nativas pigmentadas, obtuvieron compuestos fenólicos totales de 3.39 mg AGE/100g de materia liofilizada. En comparación, los valores de los nanoencapsulados que se obtuvieron en esta investigación resultaron ser mayores.

En cuanto al análisis de varianza (Tabla 9), se pudo ver que solo el porcentaje de encapsulante tuvo efecto significativo ante el contenido de compuestos fenólicos totales por presentar un valor-P de 0.0001 y por ende no hubo interacciones.

Tabla 9. *Análisis de varianza (ANOVA) para compuestos fenólicos totales.*

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.1545
B: Porcentaje de encapsulante	0.0001
AB	0.1829

Figura 14. Superficie de respuesta y efectos para compuestos fenólicos totales.



a)

b)

En la Figura 15.a se muestra la superficie de respuesta presentando valores de compuestos fenólicos totales entre 4.4 a 5.6 mg AGE/g (b.s), con lo que se pudo dar una conclusión a posteriori que, al incrementar la temperatura, mejora la reserva de fenoles totales. Por otro lado, para una mayor credibilidad se muestra una gráfica de efectos (Figura 15.b), donde se muestra que a una concentración de encapsulante mínimo (15%) se tiene mayor concentración de fenoles totales, relacionando este comportamiento en cierta parte, al proceso de encapsulación a temperaturas elevadas, tal y como menciona Velásquez y Velezmoro, (2022). Ya que, en este proceso, hay una formación inmediata de una costra protectora alrededor de los compuestos, la cual actúa como una barrera que preserva los compuestos fenólicos gracias a la gelatinización del almidón y también se atribuye a la aceleración de la velocidad de secado en las gotas, evitando así la pérdida de calor (Rosales et al., 2023).

5.1.2. Flavonoides totales.

Los flavonoides totales están enlazados con la acción protectora o antioxidante por la acción de sustancias químicas que estos contienen, expresándolos en unidades de mg de quercetina sobre gramos de muestra en base seca.

En la Tabla 10 se muestran los resultados para el contenido de flavonoides totales, donde se observó que los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1(96°C y 15%),

T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116°C y 25%), evidenciaron diferencia significativa ($P\text{-value} < 0.05$), obteniendo así valores que oscilaron entre 0.910 a 1.315 mg de quercetina/g en base seca.

Para el coeficiente de variabilidad, se registraron valores bajos al 20%, dando a conocer que los datos muestran homogeneidad (Posada, 2016).

Tabla 10. Flavonoides totales de los nanoencapsulados.

Tratamientos	Flavonoides totales mg de quercetina / g (b.s)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	0.91	\pm	0.00	0.00	A
T2	1.12	\pm	0.21	18.73	A
T3	1.09	\pm	0.00	0.00	A
T4	1.32	\pm	0.21	15.63	B

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 2.

Para esta variable de respuesta, se observó que el T4 presentó el valor más alto con 1.32 mg de quercetina/g en base seca, seguido por el T2 con 1.12 mg de quercetina/g en base seca. Con valores más bajos está el T3 con 1.09 mg de quercetina/g en base seca y finalmente el T1 presentó 0.91 mg de quercetina/g en base seca. Los valores obtenidos en esta investigación, muestran cierta relación con los obtenidos por Ligarda et al., (2023) en su investigación sobre la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa mediante secado por aspersión, ya que en dicha investigación presentó valores de flavonoides totales en el rango de 0.6 a 2.18 mg de quercetina/g a distintas temperaturas. Sin embargo, a temperaturas similares a las utilizadas en este proyecto, se presentó un contenido de flavonoides de 0.85 a 1.20 mg de quercetina/g.

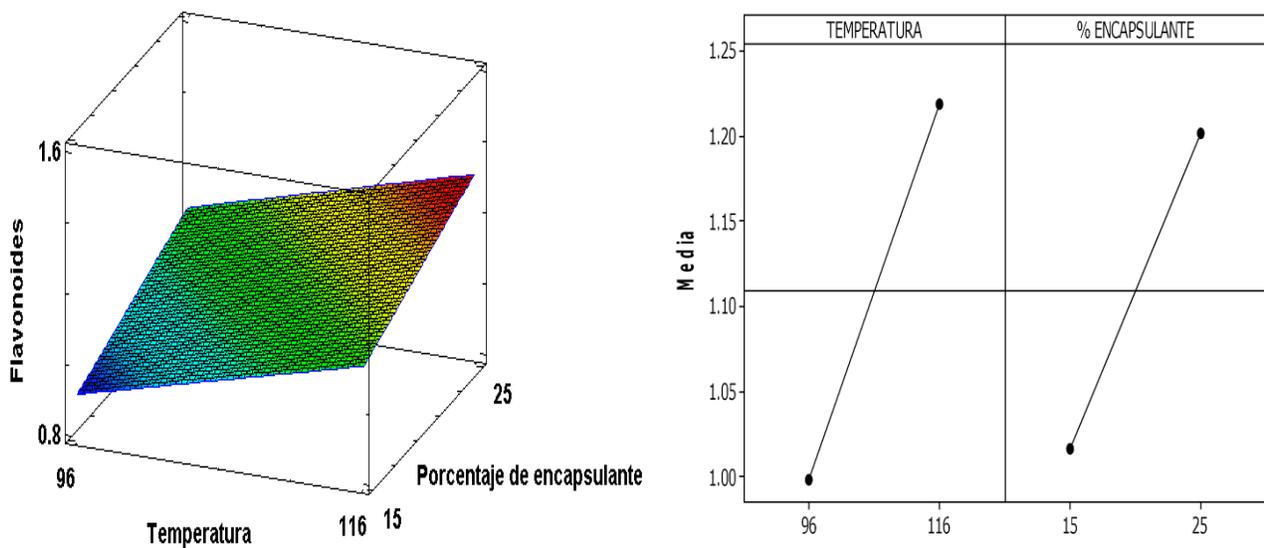
Esta diferencia viene a darse por el tipo de encapsulante, ya que en este caso se utilizó goma arábica y el almidón de quinua el cual presenta cierto contenido de flavonoides haciendo que esta sea más rica nutricionalmente (Koch, 2019) y como mencionó Velásquez y Velezmoro, (2022), existen ciertos parámetros como es la temperatura alta, en donde el almidón contribuye maximizando y protegiendo el contenido de flavonoides totales. Por ello se ve que el valor máximo obtenido fue a 116°C de temperatura con 25% de encapsulante.

En cuanto al análisis de varianza presentado en la Tabla 11, se vió que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante presentaron efectos ante el contenido de flavonoides por presentar el valor-P de 0.0191 y 0.0369 respectivamente, sin presentar interacciones.

Tabla 11. Análisis de Varianza para Flavonoides.

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.0191
B: Porcentaje de encapsulante	0.0369
AB	0.9210

Figura 15. Superficie de respuesta y efectos para flavonoides totales.



a)

b)

En la Figura 16.a se muestra la superficie de respuesta, presentando valores de flavonoides totales entre 0.8 a 1.6 mg de quercetina/g (b.s), logrando a partir de ello dar la conclusión que al incrementar la temperatura existe una mayor concentración de flavonoides totales. Por otro lado, para mayor fiabilidad se muestra una gráfica de efectos (Figura 16.b), donde se muestra que, a una concentración de encapsulante alta (25%) y a una temperatura alta (116°C), se posee un contenido mayor de flavonoides totales, debido a que en la encapsulación a temperaturas altas existe una gelatinización del almidón, el cual en este caso al trabajar con el mayor porcentaje brinda cierto contenido de flavonoides al nanoencapsulado, por contener el almidón de quinua

dentro de sus componentes un porcentaje de flavonoides (Koch, 2019), es por ello que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante, tienen un efecto positivo para la cantidad de flavonoides totales.

5.1.3. Antocianinas totales.

Las antocianinas totales, están enlazadas con la capacidad de neutralizar la formación de radicales libre, expresando los valores obtenidos en mg de C3G sobre gramos de muestra en base seca.

En la Tabla 12 se muestran los resultados para el contenido de antocianinas totales de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116°C y 25%), mostrando diferencia significativa (P-value<0.05), obteniendo así valores que oscilaron entre 0.91 a 2.32 mg de C3G/g en base seca.

El coeficiente de variabilidad presentó valores menores a 15%, mostrando que los datos muestran homogeneidad (Posada, 2016).

Tabla 12. Antocianinas totales de los nanoencapsulados.

Tratamientos	Antocianinas totales mg de C3G / g (b.s)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	1.89	\pm	0.02	0.92	A
T2	2.32	\pm	0.02	0.87	B
T3	0.91	\pm	0.06	5.97	C
T4	0.92	\pm	0.12	12.72	C

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 3.

Para esta propiedad, se vió que el mayor valor presentó el T2 con 2.32 mg C3G/g base seca, seguido por el T1 con 1.89 mg C3G/g base seca. Los valores bajan en el T4 con 0.92 mg C3G/g base seca y por último el T3 con 0.91 mg C3G/g base seca. Los valores obtenidos en esta investigación son menores a los que obtuvo Rosales et al., (2023), en su investigación condiciones óptimas para la microencapsulación de extracto de antocianina en almidón de malanga: Caracterización fisicoquímica y bioaccesibilidad en condiciones gastrointestinales presentando 469,4 mg CE3G/g de antocianinas totales, por otro lado dan a conocer cierta relación y superan a los obtenidos por Mogrovejo y Isique, (2021), en la obtención y determinación de compuestos bioactivos de papas nativas pigmentadas ya que presentaron

valores de antocianinas totales de 2.21 mg C3G/100 g en la variedad 511640.18 sin liofilizar y por otro lado 0.29 mg C3G/100 g de la variedad 511640.18 liofilizada.

Así mismo Juli y Arias, (2011) al determinar el contenido de antocianinas usando pH de 3.0 y 4.0, polifenoles totales y capacidad antioxidante de dos clones de papa tanto de pulpa azul como roja obtuvieron un contenido de antocianinas totales de 0.8044 mg Cy-3-glu/ g y 0.1683 mg Cy-3-glu/ g mf respectivamente, resultando ser menores a lo obtenido en esta investigación. Estos hallazgos sugieren parcialmente que el porcentaje y el tipo de encapsulante, más la diferencia de pH utilizado son factores determinantes. Además, se observa que al nanoencapsular los compuestos bioactivos concentrados hay un incremento del contenido de antocianinas.

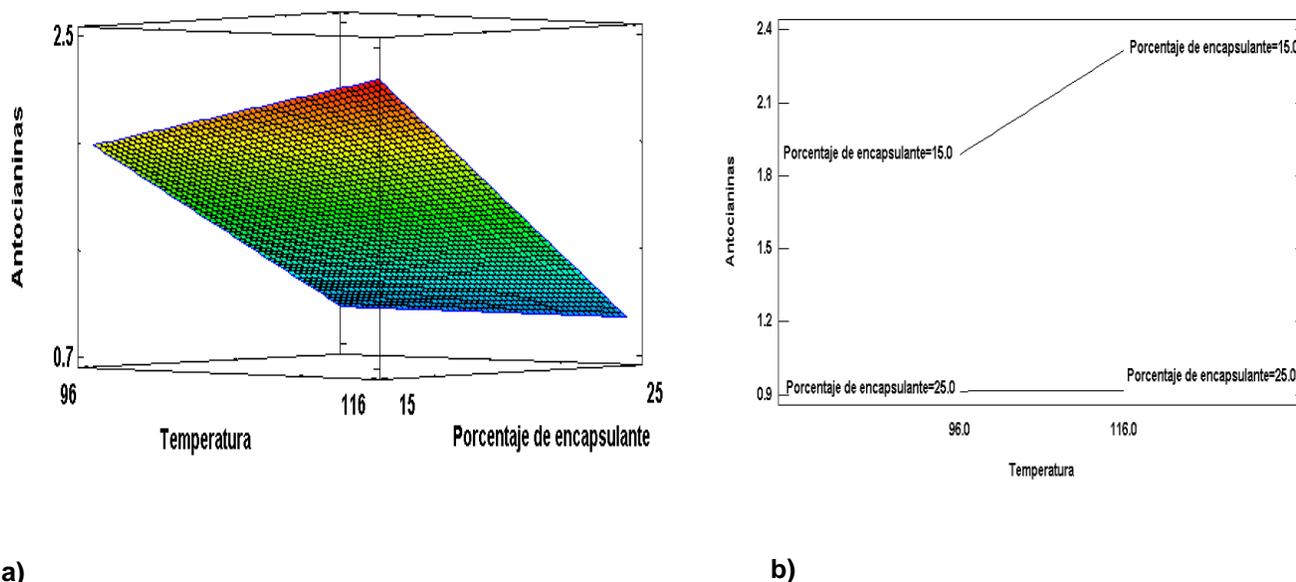
Por otro lado al comparar los valores obtenidos en esta investigación con los obtenidos por Moscoso, (2014), se ve que en este caso los nanoencapsulados de kulli papa presentaron valores más bajos ya que dicho autor obtuvo valores de la pulpa de un clon de papa de 194.73 y 1154.37 mg/ 100 g muestra b.s. de igual manera se ve en lo obtenido por Figueroa y Calixto, (2021) quienes en su análisis de propiedades antioxidantes de la cascara y la pulpa de mashua negra, obtuvieron valores más altos de 260.08 ± 18.62 mg C3G/g y 51.92 ± 3.88 mg C3G/g, respectivamente. Esto se debe a que la mashua negra es un tubérculo diferente que a simple vista posee una coloración más oscura que la que presentaba el clon de papa (kulli papa) con el que se trabajó en esta investigación.

Con respecto al análisis de varianza (Tabla 13), se puede ver que tanto los dos factores independientes (T° y %E) como la interacción presentaron efectos significativos ante el contenido de antocianinas totales por presentar el valor-P de 0.0013, 0.0000 y 0.0014 respectivamente, presentado así interacción.

Tabla 13. *Análisis de Varianza para Antocianinas.*

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.0013
B: Porcentaje de encapsulante	0.0000
AB	0.0014

Figura 16. Superficie de respuesta e interacciones para antocianinas totales.



Asimismo, en la Figura 17.a se muestra la superficie de respuesta para el contenido de antocianinas totales que van entre 0.7 a 2.5 mg C3G/g (b.s), logrando a partir de ello, dar la conclusión que existe mayor concentración de antocianinas totales a temperaturas altas. Por otro lado, para mayor fiabilidad se muestra una gráfica de interacción entre el porcentaje de encapsulante y la temperatura de entrada (Figura 17. b), donde muestra que al emplear temperatura alta (116°C), se obtuvo mayor contenido de antocianinas, debido a la aceleración de la velocidad de secado de las gotas, (Rosales et al., 2023) y a la barrera de protección que brinda la gelatinización del almidón de quinua, ya que Garcia et al., (2022) al freír papas nativas menciona que las antocianinas se degradan a causa del calor. Este efecto de interacción da a conocer que a menor porcentaje de encapsulante hay mayor contenido de antocianinas sin presentar tanta diferencia en la temperatura empleada.

5.1.4. Capacidad antioxidante.

La capacidad antioxidante se enlaza con la capacidad de inhibir o retrasar la oxidación de las sustancias hasta el punto de dejarlas en cantidades mínimas. Los valores se expresan en μmol de Trolox equivalente sobre gramos de muestra en base seca.

En la Tabla 14 se muestran los resultados para la capacidad antioxidante de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116°C y 25%), evidenciando diferencia significativa ($P\text{-value} < 0.05$), adquiriendo así valores que oscilaron entre 48.98 a 185.50 μmol de TE/g en base seca.

En el caso del coeficiente de variabilidad, se registraron valores más bajos al 55 %, dando a conocer que los datos muestran heterogeneidad, por ende, la media no es representativa (Posada, 2016).

Tabla 14. Capacidad antioxidante de los nanoencapsulados.

Tratamientos	Capacidad antioxidante $\mu\text{mol de TE / g (b.s)}$				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	181.06	\pm	9.49	5.24	A
T2	185.50	\pm	30.94	16.68	B
T3	48.98	\pm	26.51	54.13	C
T4	49.15	\pm	5.00	10.17	C

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 4.

Para esta propiedad, se observó que el T2 presentó el mayor valor, con 185.50 $\mu\text{mol de TE/ g}$ en base seca, seguido por el T1 con 181.06 $\mu\text{mol de TE/ g}$ en base seca. Los valores bajan con el T4 con 49.15 $\mu\text{mol de TE/ g}$ en base seca y por último el T3 con 48.98 $\mu\text{mol de TE/ g}$ en base seca. Estos valores son mayores por ende no presentan ninguna relación comparando con lo obtenido por Ligarda et al., (2023) en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa mediante secado por aspersion, ya que presentó valores mediante la técnica del reactivo de DPPH de 1.11 a 28.38 $\mu\text{mol de TE/ g}$ base seca.

Así mismo Velásquez y Velezmoro, (2022), obtuvieron de sus microencapsulados de compuestos de mashua morada con almidón de oca rosa valores de 18.07 a 47.83 $\mu\text{mol trolox/g}$, valores que se asemejan a lo obtenido en esta investigación. De igual forma Rosales et al., (2023) al analizar la microencapsulación del almidón de malanga obtuvo un valor que se asemeja al de esta investigación siendo de 104.4 mg AAE/g.

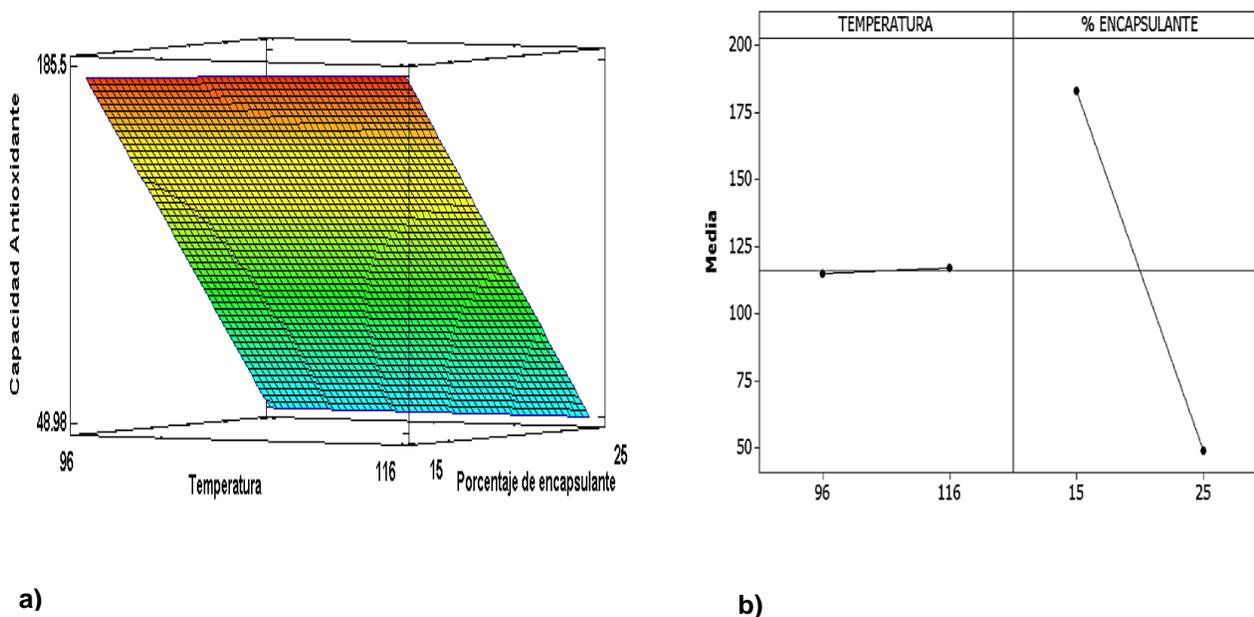
Por otro lado los valores de capacidad antioxidante obtenidos en esta investigación de los nanoencapsulados de kulli papa resultan menores al comparar con los que obtuvieron los siguientes autores; (Moscoso, 2014), quien analizó la misma propiedad a sus clones de papa nativa, los cuales están entre 1738.68 a 3554.44 $\mu\text{g ET/ g}$ muestra en b.s. y (Figuroa y Calixto, 2021), quienes en su análisis de la cascara y pulpa de mashua negra obtuvieron valores de $3750.56 \pm 251.13 \mu\text{g ET/g}$ y $2437.86 \pm 81.31 \mu\text{g ET/g}$, respectivamente.

Con respecto al análisis de varianza (Tabla 15), se vió que solo el porcentaje de encapsulante tuvo efectos ante la capacidad antioxidante por presentar el valor-P de 0.0000, por ende, no presenta interacciones (Posada, 2016).

Tabla 15. Análisis de varianza para capacidad antioxidante.

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.7630
B: Porcentaje de encapsulante	0.0000
AB	0.7803

Figura 17. Superficie de respuestas y efectos para capacidad antioxidante.



La Figura 18.a muestra un gráfico de superficie de respuesta para la capacidad antioxidante con valores entre 48.98 a 185.5 mg TE/g (b.s). Por otro lado, para mayor fiabilidad se muestra una gráfica de efectos (Figura 18.b), donde se muestra que, se presenta mayor efecto en el porcentaje de encapsulante, ya que a menor concentración de almidón de quinua con goma arábica existe mayor contenido de capacidad antioxidante, mientras que una baja capacidad antioxidante se atribuye a una proporción de encapsulante alto por el efecto de la dilución y por el contenido de materia a encapsular, es por ello tanta diferencia entre el tratamiento 1 y el tratamiento 4. De igual forma Rosales et al., (2023), indican que la concentración del núcleo y el

porcentaje de los materiales de pared son primordiales para la protección y viabilidad de los compuestos bioactivos ya encapsulados.

5.1.5. Actividad de agua (Aw).

Para la actividad de agua, lo que se desea es obtener valores más bajos, ya que a menor actividad de agua mayor es la vida útil de un alimento es por ello que esta propiedad está referida a la humedad en equilibrio de un producto; en este caso no posee unidades de medida.

En la Tabla 16 se muestran los resultados para el contenido de actividad de agua de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116°C y 25%), viendo así diferencia significativa (P-value<0.05), obteniendo valores que oscilaron entre 0.406 a 0.478.

En este caso el coeficiente de variabilidad dio valores menores al 2% lo cual indica que los datos son muy homogéneos (Posada, 2016).

Tabla 16. Actividad de agua (Aw) de los nanoencapsulados.

Tratamientos	Actividad de agua (Aw)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	0.48	\pm	0.00	0.12	A
T2	0.42	\pm	0.00	1.04	B
T3	0.46	\pm	0.00	0.50	C
T4	0.41	\pm	0.00	0.38	D

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 5.

Para esta propiedad, se observa que el menor valor se registró en el T4 con 0.41, seguido por el T2 con 0.42. En contraste, se obtuvieron valores más elevados en el T3 con 0.46 y finalmente, el valor más alto se obtuvo del T1 con 0.48. Estos valores muestran similitudes con los obtenidos por Ligarda et al., (2023) en la investigación de nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa mediante secado por aspersión, ya que presentaron parámetros que estuvieron entre 0.35 a 0.45. De igual forma Velásquez y Velezmoro, (2022), en la investigación de microencapsulados de compuestos de mashua morada con almidón de oca rosa obtuvieron

valores de 0.27 y 0.44 los cuales de cierta manera se asemejan a lo obtenido en esta investigación.

Así mismo estos valores obtenidos resultaron ser mayores a lo que obtuvo Rosales et al., (2023), al analizar microencapsulados de extracto de antocianina de almidón de malanga, quienes obtuvieron para la actividad de agua el valor de 0.211 a 125°C de temperatura de entrada. Además de ello (Rios, 2021) al analizar microcápsulas de mucilago de café usando almidón de plátano modificado y maltodextrina mediante el secado por aspersion, obtuvo para la actividad de agua valores de 0.19 ± 0.01 .

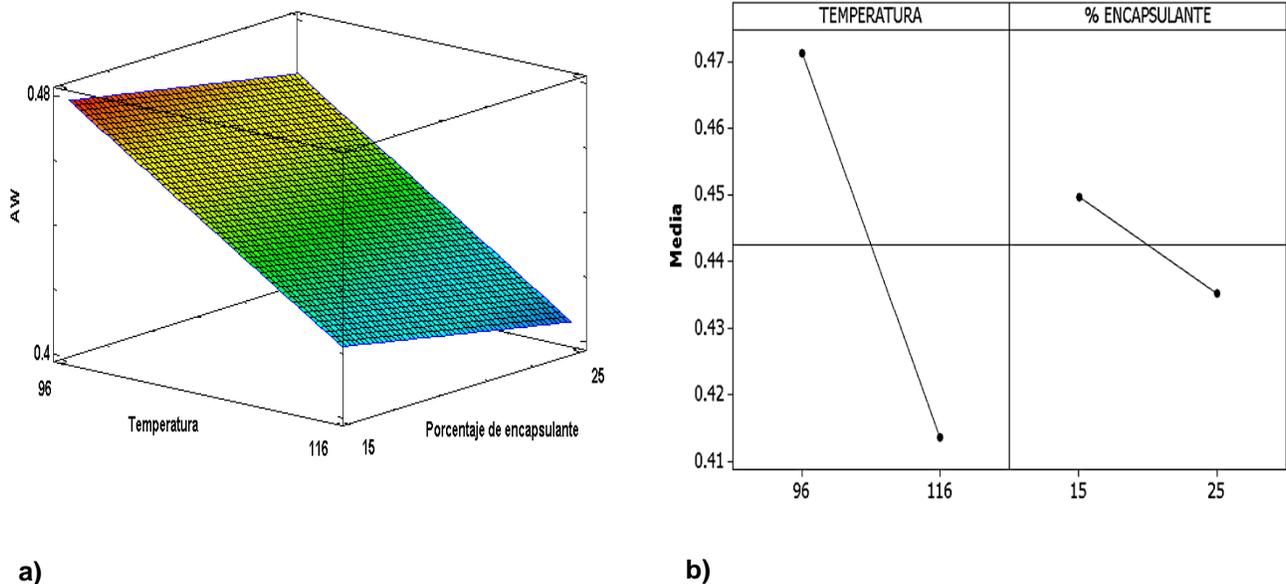
Para esta variable se explica que, la A_w posee un valor mínimo de 0 y un máximo de 1, siendo así que cuanto más bajo sea su valor, este producto se vuelve menos susceptible a dañarse, (Arevalo Saenz, 2017). debido a la menor concentración del agua libre dentro de su composición lo que ocasiona una inhibición de la actividad microbiana, (Belitz et al., 2009).

En cuanto al análisis de varianza (Tabla 17), se vio que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante presentaron efectos ante la actividad de agua por presentar el valor-P de 0.0000 y 0.0002 respectivamente.

Tabla 17. Análisis de Varianza para A_w .

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.0000
B: Porcentaje de encapsulante	0.0002
AB	0.8517

Figura 18. Superficie de respuesta y efectos para actividad de agua.



La Figura 19.a muestra un gráfico de superficie de respuesta para la actividad de agua con valores entre 0.4 a 0.48, donde se da la conclusión a posteriori, que a mayor temperatura de entrada (116°C) y a mayor porcentaje de encapsulante (25%), brindan valores más bajos para la A_w . De igual manera se muestra una gráfica de efectos (Figura 19.b), donde se observa que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante bajos (96 °C, 15%), dan valores de A_w altos para los nanoencapsulados, mientras que la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante altos (116°C, 25%), presentan valores menores para la A_w de los nanoencapsulados. Resultando ser evidente que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante tienen un efecto positivo ante la actividad de agua, debido a que una temperatura alta reduce la densidad del polvo tal y como menciona Velásquez y Velezmoro, (2022), provocando la expansión térmica de la muestra a nanoencapsular.

5.1.6. Humedad en los nanoencapsulados.

El contenido de humedad, se enlaza con la cantidad de agua que existe en un alimento, en este caso en los nanoencapsulados, al igual que en la actividad de agua, se desea tener valores bajos siendo sus unidades el porcentaje.

En la Tabla 18 se muestran los resultados para el contenido de humedad de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116°C y 25%) evidenciando diferencia significativa (P-value<0.05%), obteniendo así valores que oscilaron entre 10.72 a 14.29 % base seca.

En este caso el coeficiente de variabilidad dio valores menores al 20 % lo cual indica que los datos son homogéneos (Posada, 2016).

Tabla 18. Humedad (%) de los nanoencapsulados

Tratamientos	Humedad (%)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	14.29	\pm	0.62	4.33	A
T2	13.37	\pm	0.06	0.47	B
T3	10.82	\pm	2.08	19.18	C
T4	10.72	\pm	0.09	0.83	C

Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 6.

Para esta propiedad, los resultados indicaron que el menor porcentaje de humedad lo tuvo el T4 con 10.72 %, seguido por el T3 con 10.82 %. A diferencia de ello, los porcentajes más altos se registraron en el T2 con 13.37 % y por último el T1 mostró el valor más alto, con 14.29%. Estos valores obtenidos difieren de manera significativa con lo reportado por Ligarda et al., (2023) en la investigación de nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa mediante secado por aspersión, ya que presentaron valores que oscilan entre 2.45 a 3.21 %, a una temperatura entre 114 y 116°C. De igual manera al compararlo con los valores de Rosales et al., (2023), quienes al analizar microencapsulados de extracto de antocianina de almidón de malanga obtuvieron un contenido de humedad de 5.2 %, evidenciando que los valores de esta investigación fueron mayores.

Por otro lado Polanía et al., (2023) al analizar los encapsulados de piña mediante gelación ionotrópica usando almidón de maíz exopolisacarido de *weissella confusa* y alginato de sodio como material de pared, reportaron valores de humedad en un rango de 7.10 a 10.45 %, valores que están cercanos a lo obtenido en esta investigación.

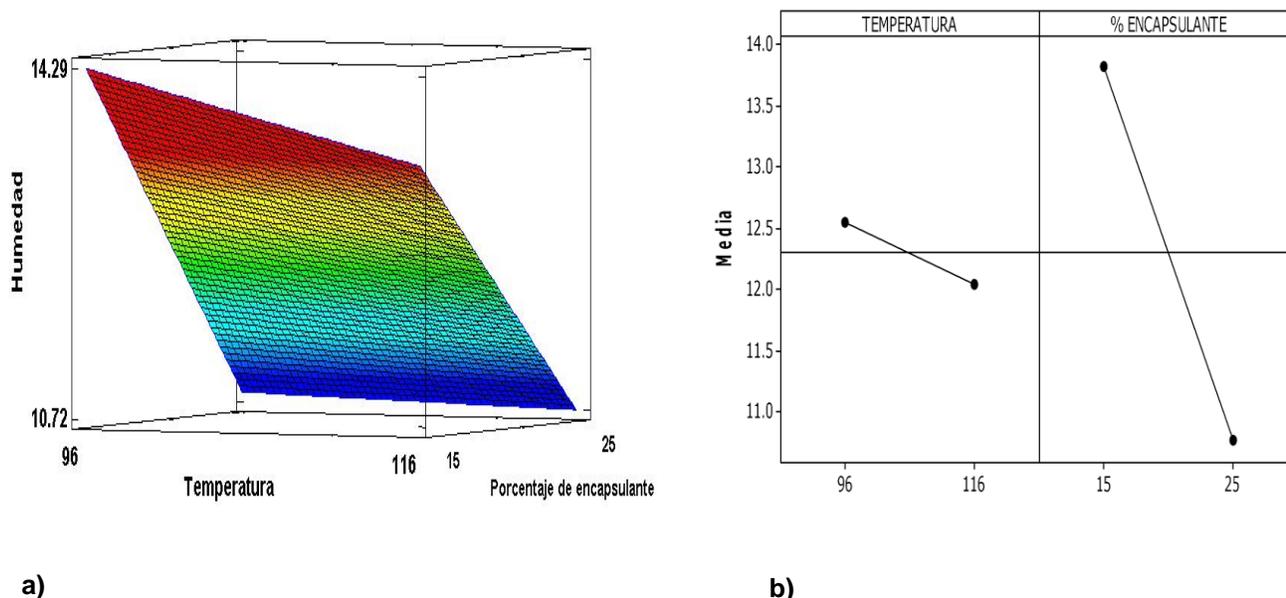
Estas diferencias se deben al tipo de encapsulante, ya que se obtienen mayores valores de humedad al utilizar almidones a comparación de las investigaciones que solo utilizaron maltodextrina como material de pared, esta situación es por que como menciona Velásquez y Velezmoro, (2022) al exponer el almidón a una temperatura alta genera una gelatinización, que implica mayor adquisición de agua. Por ello en los cuatro tratamientos el valor de humedad es un tanto alta a comparación de las otras investigaciones.

En cuanto al análisis de varianza mostrado en la Tabla 19, se muestra que solo el porcentaje de encapsulante presentó efecto ante el contenido de humedad por presentar el valor-P de 0.0014, sin presentar interacciones.

Tabla 19. *Análisis de Varianza para Humedad.*

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.3865
B: Porcentaje de encapsulante	0.0014
AB	0.4828

Figura 19. Superficie de respuesta y efectos para humedad.



En la Figura 20.a se muestra un gráfico de superficie de respuesta para el contenido de humedad con valores entre 10.72 y 14.29%. De igual manera se muestra una gráfica de efectos (Figura 20.b), donde se muestra que a menor porcentaje de encapsulante hay mayor humedad y a un porcentaje de encapsulante alto presentan menor humedad debido a que se crea una barrera física la cual hace que se reduzca la exposición del nanoencapsulado, haciéndolo menos permeable y con menor capacidad de absorción por las mismas propiedades presentes en el almidón. Por ello el tipo y la proporción de encapsulante tienen efecto e el contenido de humedad.

5.2. Resultados del tamaño de partícula y micrografías estructurales

5.2.1. Tamaño de partícula.

El tamaño de partícula es una idea certera con la cual se puede comparar y saber la dimensión en el que están nuestras partículas, en tal sentido para esta investigación se deseó obtener tamaños nanométricos por el uso del Nano Spray Dryer.

En la Tabla 20 se muestran los resultados para el tamaño de partícula de los cuatro tratamientos de nanoencapsulados que se evaluaron T1 (96°C y 15%), T2 (116°C y 15%), T3 (96°C y 25%), y T4 (116° y 25%) evidenciando diferencia significativa ($P\text{-value} < 0.05$), obteniendo así valores que oscilaron entre 289.57 a 535.80 nm.

En lo que respecta al coeficiente de variabilidad, se registraron valores más bajos al 15%, dando a conocer que son homogéneos (Posada, 2016).

Tabla 20. *Tamaño de partícula de los nanoencapsulados.*

Tratamientos	Tamaño de partícula (nm)				
	\bar{x}	\pm	S	CV (%)	*
T1	289.57	\pm	12.94	4.47	A
T2	478.70	\pm	8.01	1.67	B
T3	353.40	\pm	21.68	6.13	C
T4	535.80	\pm	73.36	13.69	B

*Donde: \bar{x} = promedio de las muestras; s= desviación estándar; CV (%) = coeficiente de variabilidad en porcentaje; *= letras que muestran diferencia significativa las cuales se evaluaron mediante la prueba de Fisher con 95% de confianza, datos íntegros en anexo 7.*

En esta propiedad, los resultados presentaron valores menores como en el T1 con 289.57 nm, seguido por el T3 con 353.40 nm. A diferencia de ello, están los tratamientos con valores más altos, como el T2 con 478.70 nm y por último el T4 con 535.80 nm. Estos valores obtenidos son mayores y no presentan relación con lo reportado por Ligarda et al., (2023), quienes, al analizar nanoencapsulados de extractos fenólicos de clones nativos de papa mediante secado por aspersion, obtuvieron valores de 133.09 a 165.13 nm. Además en la investigación de (Cristina et al., 2020) sobre nanopartículas a base de albúmina sérica bovina que contienen la rutina flavonoide producida mediante nanosecado por aspersion; obtuvo a una temperatura de entrada de 100°C, partículas esféricas con un tamaño de 316 nm, el cual se asemeja al tamaño obtenido en esta investigación .

Por otro lado estos valores obtenidos son menores y también tienen relación con lo reportado por Aguilar et al., (2020) en su investigación de nanopartículas de extractos fenólicos de cacao y muicle, quienes obtuvieron nanopartículas de forma esferoidal homogénea de 500 nm.

Explicando que la distinción en el tamaño se atribuye a los parámetros en que se utiliza el equipo en específico se debe a la temperatura de entrada y el flujo de aire.

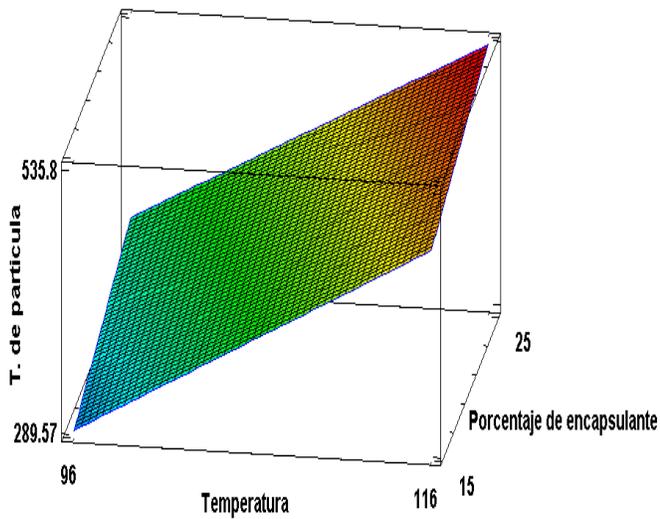
No obstante, sea con el primer o con el segundo autor, los tamaños obtenidos están dentro del rango que permite llamarlos nanopartículas ya que hay estudios alimentarios y farmacéuticos en los cuales mencionan que estos tamaños para ser llamados nanocápsulas deben ser menores a 200 nm. Pero también Villar y Bonilla, (2015) mencionan que si estas partículas son menores a 1 μm es decir 1000 nm también son consideradas nanopartículas o nanocápsulas.

Para el análisis de varianza (Tabla 21), se muestra que tanto la temperatura de entrada como el porcentaje de encapsulante presentaron efectos ante el tamaño de partícula por presentar el valor-P de 0.0001 y 0.0181 respectivamente, sin presentar interacciones.

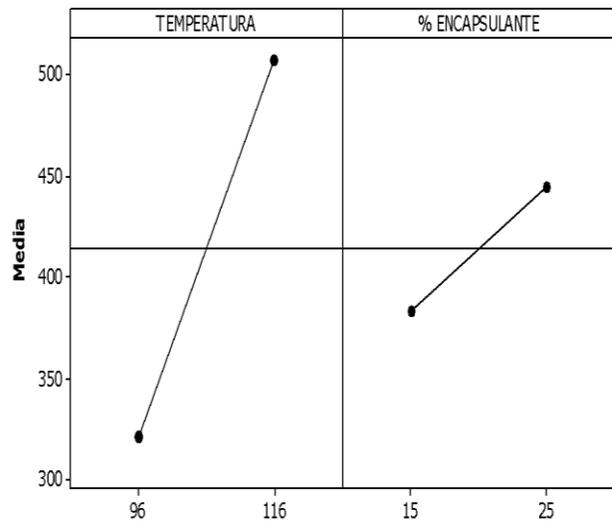
Tabla 21. Análisis de Varianza para T. de partícula.

Fuente	Valor-P
A: Temperatura	0.0001
B: Porcentaje de encapsulante	0.0181
AB	0.8635

Figura 20. Superficie de respuesta y efectos para tamaño de partícula.



a)



b)

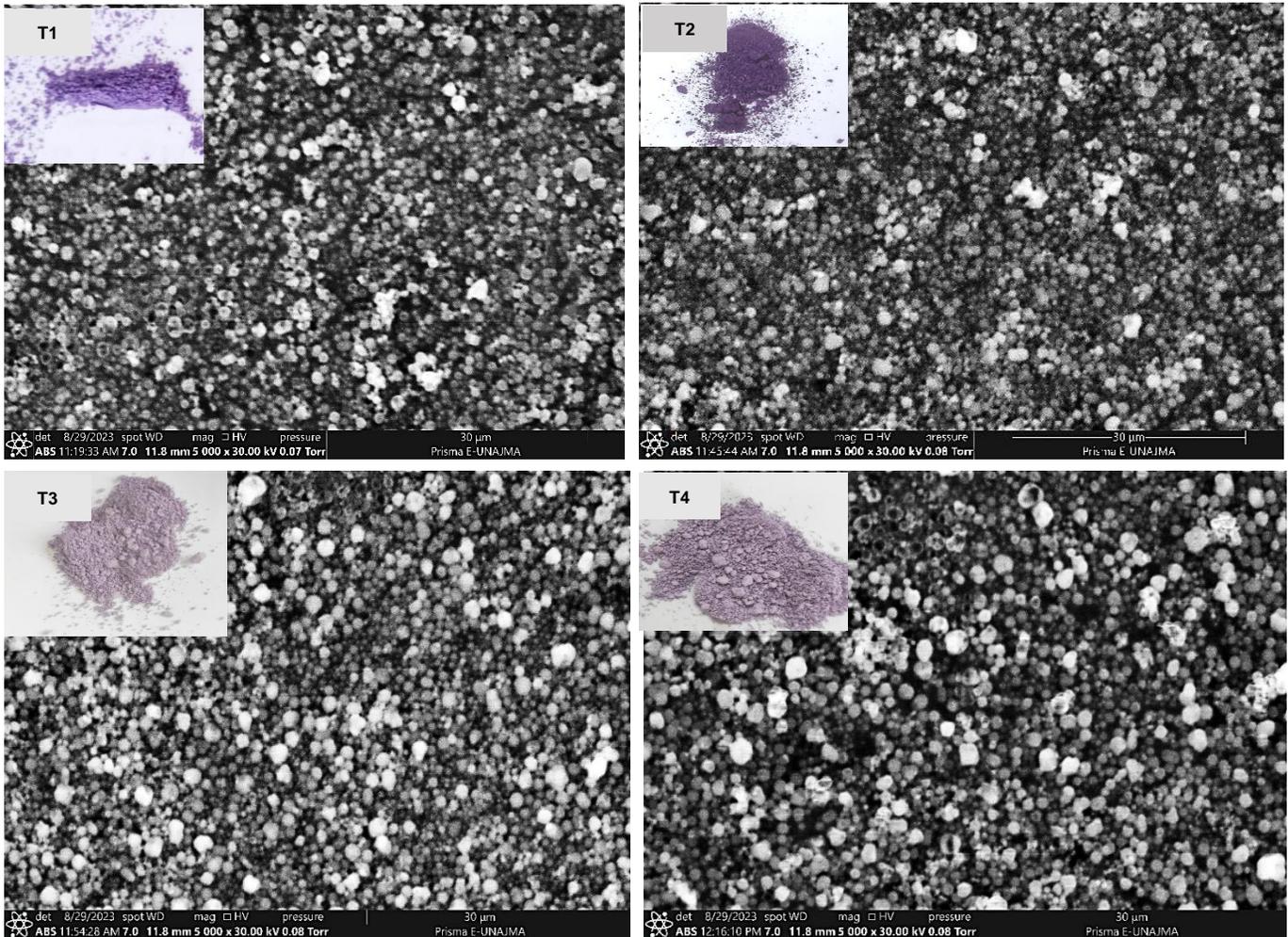
En la Figura 21.a se muestra un gráfico de superficie de respuesta para el tamaño de partícula con valores entre 289.57 a 535.8 nm, logrando a partir de ello, dar la conclusión a posteriori que a menor porcentaje de encapsulante (15%), menor es el tamaño de las nanopartículas. Así mismo se muestra una gráfica de efectos (Figura 21.b), donde se aprecia que al emplear el nivel más bajo de temperatura (96°C) los tamaños de las nanopartículas son más pequeñas a comparación de cuando se utilizó el nivel de temperatura alto (116°C) donde presentó tamaños

más grandes de las nanocápsulas. Por ello se ve que la temperatura y el porcentaje de encapsulante tienen un efecto significativo para el tamaño de partícula, debido a que a temperaturas altas y a mayor concentración de encapsulante existe una gelatinización del almidón, (Velásquez y Velezmoro, 2022) provocando que estas nanopartículas presenten un tamaño mayor.

5.2.2. Microfotografías estructurales.

Con el fin de evidenciar la nanoencapsulación de los compuestos fenólicos del clon Kulli papa, se muestran las microfotografías estructurales adquiridos mediante microscopía electrónica de barrido (SEM), a 5000x de magnificación; las cuales se muestran en la Figura 22. En las imágenes se evidencia claramente que para el T1, se mostraron diversas capsulas que tienden a formas esféricas, tamaños heterogéneos, algunas con malformaciones y muchos puntos de aglomeración, en el caso del T2, se visualizan capsulas con tendencias esféricas con un mayor tamaño, heterogéneos y pocos puntos de aglomeraciones, para el T3, se muestran capsulas que tienden a formas esféricas más definidas, de tamaños heterogéneos predominando tamaños pequeños y con pocas deformaciones y aglomeraciones y por último para el T4, se muestran capsulas con tendencias esféricas, de distintos tamaños, con mayores malformaciones y aglomeraciones. En tal sentido se puede ver que en los tratamientos donde se manejaron a 15% de encapsulante (T1 y T2) presentan más aglomeraciones y más aún el tratamiento que se trabajó a menor temperatura (96°C), comparándolo con los tratamientos T3 y T4 que fueron manejados con 25% de encapsulante, presentaron mayor tamaño por ende son más definidas las esferas y están más dispersas.

Figura 21. Micrografías de los nanoencapsulados.



Donde: T1 y T2 microfotografías de los nanoencapsulados a 96°C y 116°C con 15% de encapsulante respectivamente, T3 y T4 microfotografías de los nanoencapsulados a 96°C y 116°C con 25% de encapsulante, las 4 evaluadas en el SEM.

Como se mencionó en los resultados, se visualizaron diversas características en los cuatro tratamientos. Viendo así que para el caso del T1 y T4 se identificaron capsulas con inclinaciones esféricas y numerosas malformaciones. Este fenómeno se puede explicar, como mencionó da Silva et al., (2012), por las deformaciones ocasionadas por la rapidez en la evaporación del líquido durante el proceso de secado, independientemente del tipo y la cantidad de muestra. Además de ello tuvieron muchos puntos de aglomeración, a comparación del T2 que se asemeja en la forma esférica y heterogénea, pero las capsulas son más definidas, sin muchas deformaciones y con pocas aglomeraciones, pero de todos los tratamientos el que presenta mejores características es el T3 ya que las formas esféricas son más definidas comparándolas

con las demás, por que presenta las paredes más continuas y lisas sin grietas lo que viene a ser un atributo importante ya que asegura mayor protección y retención de los compuestos. En todas la micrografías se muestran diferentes tamaños de las capsulas lo que se muestra a causa del flujo de aire al momento de la pulverización, tal y como menciona Ligarda Samanez et al., (2023).

CAPITULO VI: CONCLUSIONES

- Se evaluó el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa, llegando a ver que ambos parámetros tienen efectos significativos para cada variable estudiada. Evidenciando así que el efecto más favorable en la mayoría de las variables de respuesta fue a una temperatura de 116°C con el porcentaje de encapsulante de 15%. Convirtiendo en este caso al T2 en un buen aditivo para las industrias alimentarias.
- Se pudo establecer el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante (almidón de quinua y goma arábica) en la evaluación de los compuestos fenólicos, flavonoides, antocianinas, capacidad antioxidante, actividad de agua y humedad de los nanoencapsulados del clon kulli papa, obteniendo que el mejor poseedor de compuestos fenólicos totales, antocianinas totales y capacidad antioxidante fue el tratamiento manejado a 116° C con 15% de encapsulante. Así mismo el mejor poseedor de flavonoides totales, con buen parámetro de actividad de agua y con un porcentaje de humedad óptimo fue el tratamiento que se manejó a 116°C con 25% de encapsulante. Viendo así que para las propiedades químicas se tuvo más efecto positivo al trabajar con la temperatura más elevada.
- Se pudo determinar cuál es el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades estructurales, en específico en el tamaño de nanoencapsulados de extractos fenólicos del clon kulli papa, donde se pudo ver que, al trabajar con una temperatura baja, se obtiene un tamaño de nanoencapsulado pequeño mientras que a temperaturas altas el tamaño de nanocápsulas incrementan. Por otro lado, el porcentaje de encapsulante presenta efecto en las formas y aglomeraciones que existen en cada uno de los tratamientos. Viendo así que los nanoencapsulados con formaciones esféricas más definidas y lisas, es el tratado a 96°C con 25% de encapsulante. Confirmando la encapsulación con las micrografías estructurales visualizadas en el SEM.

RECOMENDACIONES

- Extraer en mayores cantidades el extracto para una mayor optimización del tiempo antes de atomizarlo.
- Usar el Ultra-turrax con la finalidad de homogenizar más las partículas.
- Realizar más investigaciones sobre nanoencapsulados de compuestos fenólicos de clones de papa para despertar más interés en estos productos novedosos.
- Utilizar las nanocápsulas como aditivo en diferentes productos alimentarios, farmacéuticos y cosméticos.

REFERENCIA BIBLIOGRAFICAS

- Aguilar Méndez, M. Á., San Martín Martínez, E., Yáñez Fernández, J., y Navarro Cerón, E. (2020). *Nanoencapsulación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante de Justicia spicigera (Muicle) Y Theobroma cacao L. (Cacao). December.* <https://doi.org/10.3926/oms.404.2>
- Ambesi Impiombato, S. (2000). *La clonación.* 48–55.
- Arevalo Saenz, S. (2017). *Agua En Los Alimentos.* [http://www.qo.fcen.uba.ar/quimor/wp-content/uploads/12-8 EL AGUA EN LOS ALIMENTOS.pdf](http://www.qo.fcen.uba.ar/quimor/wp-content/uploads/12-8%20EL%20AGUA%20EN%20LOS%20ALIMENTOS.pdf)
- Arzapalo Quinto, D., Huamán Córdor, K., Quispe Solano, M., y Espinoza Silva, C. (2015). EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ALMIDÓN DE TRES VARIEDADES DE QUINUA (*Chenopodium quinoa Willd*) NEGRA COLLANA, PASANKALLA ROJA Y BLANCA JUNÍN. *Revista de La Sociedad Química Del Perú*, 81(1), 44–54. <https://doi.org/10.37761/rsqp.v81i1.9>
- Banožić, M., Babić, J., y Jokić, S. (2020). Recent advances in extraction of bioactive compounds from tobacco industrial waste-a review. *Industrial Crops and Products*, 144(July 2019). <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.112009>
- Belitz, H. D., Grosch, W., y Schieberle, P. (2009). Water. *Food Chemistry*, June, 1–1070. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-69934-7>
- Bradley Jr, R. L. (2010). *Humedad y Sólidos Totales.* 85–103. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1478-1>
- Brand-Williams, W. ., Cuvelier, M. E. ., y Berset*, C. (1995). *Use of a Free Radical Method to Evaluate Antioxidant Activity.* 30, 25–30.
- Cardenas Orihuela, P. E., y Huaman Valle, M. A. (2015). *Evaluacion de tipo de encapsulante y temperatura de aire de secado por atomización en el contenido de acido ascórbico, carotenoides totales y capacidad antioxidante de tumbo (Passiflora mollissima L.).*
- Cardona Serrate, F. (2019). *Actividad del agua en alimentos : concepto , medida y aplicaciones.*
- Cerrón Mallqui, L. M. (2012). Evaluacion del Efecto del Tipo de Coccion en el Contenido de Antocianinas y capacidad Antioxidante en Papa Nativa Cuchipelo. *Universidad Nacional Del Centro Del Peru*, 1–90.
- Corrales, L. C., María, M., y Ariza, M. (2012). *Estrés oxidativo : origen , evolución y consecuencias de la toxicidad del oxígeno.*
- Creus, E. V. A. G. (2004). *Compuestos fenólicos.* 23, 80–84.
- Cristina, P. R., Antônio, E., Maissar, K. N., y Mara, M. R. (2020). Bovine serum albumin based

- nanoparticles containing the flavonoid rutin produced by nano spray drying. *Brazilian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 56, 1–8. <https://doi.org/10.1590/s2175-97902019000317692>
- da Silva, F. C., Rodrigues da Fonseca, C., Matias de Alencar, S., Thomazini, M., De Carvalho Balieiro, J. C., Pittia, P., y Favaro Trindade, C. S. (2012). *Assessment of production efficiency, physicochemical properties and storage stability of spray-dried propolis, a natural food additive, using gum Arabic and OSA starch-based carrier systems.*
- Dimas Rivera, G. L. (2011). *Estudio de la interaccion de metales pesados (Pb, Cd, Zn, y Cr) en solución, en el proceso de biosorción por tres tipos de biomasa.*
- Echenique, V. ., Rubinstein, C., y Mroginski, L. (2004). *La clonación de plantas: Biotecnología y mejoramiento vegetal.*
- Espinosa Andrews, H., y García Márquez, E. (2017). *Tecnologías de nano/microencapsulación de compuestos bioactivos.*
- FAO. (1999). *Combined compendium of food additive specifications* (Vol. 4).
- FAO. (2010). *Guidelines on sustainable forest management in drylands of sub-Saharan Africa. Arid Zone Forest and Forestry Working Paper N° 1, 47.* <http://www.fao.org/docrep/012/i1628e/i1628e00.pdf>
- Fernando Reyes, L., y Cisneros Zevallos, L. (2007). *Food Chemistry Degradation kinetics and colour of anthocyanins in aqueous extracts of purple- and red-flesh potatoes (Solanum tuberosum L .).* 100, 885–894. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.11.002>
- Figueroa Reynoso, D. A., y Calixto Naupay, B. (2021). *Efecto de la cocción y digestión invitro, en las propiedades antioxidantes en cáscara y pulpa de mashua negra (Tropaeolum tuberosum).*
- Fonseca, C., Burgos, G., Rodríguez, F., Muñoa, L., y Ordinola, M. (2014). *Catálogo de variedades de papa nativa.*
- Fuenzalida Gajardo, N. C. (2008). *Determinación de la cantidad de fenoles totales y la actividad antioxidante en papas nativas pigmentadas.* 108.
- García Torres, S. M., Chire Fajardo, G. C., Repo Carrasco, R., y Ureña Peralta, M. O. (2022). *Effect of frying on the bioactive components of the native potato (Solanum tuberosum sp.) Puka Ambrosio.* 49(1), 7–16. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182022000100007>
- Garzón, G. A. (2008). *Las antocianinas como colorantes naturales y compuestos bioactivos.* 13(3), 27–36.
- Giusti, M., y Wrolstad, R. E. (2001). *Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy.* 1–13.
- Gutiérrez Pulido, H.,y De la Vara Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos.* In

- Turkish Journal of Medical Sciences* (Vol. 2, Issue 5). <https://doi.org/10.3906/sag-1507-147>
- Halliwell, B., y Whiteman, M. (2004). Measuring reactive species and oxidative damage in vivo and in cell culture: How should you do it and what do the results mean? *British Journal of Pharmacology*, 142(2), 231–255. <https://doi.org/10.1038/sj.bjp.0705776>
- Hernandez Sampieri, R., Fernandez Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2006). *Metodología de la investigación* (R. A. del B. Alayon (ed.); 4ta ed.).
- Huaman Alvino, C. K. (2017). *Caracterización de los compuestos fenólicos del germoplasma de maíz (Zea mays.L) nativo de la región Arequipa, Perú*. 122.
- Huertas Parra, A. R. (2011). *Revisión : Microencapsulación de Alimentos*. 63(2), 5669–5684.
- Iglesias Neira, J. (2009). *Diseño de ingredientes antioxidantes de origen natural y su aplicación en la estabilización de productos derivados de la pesca*.
- Ipanaqué Zapata, A. D. (2016). *Parámetros físicos-químicos para la obtención de extractos de maíz morado y propuesta de diseño de planta*. 206.
- Ipohorski, M. (2011). *Una mirada al microscopio electrónico de barrido*.
- Juli Mamani, D. M., y Arias Jordan, E. (2011). *Antocianinas, polifenoles totales y capacidad antioxidante en dos clones de papa natia del género Solanum de pulpa azul y roja*. 1–114.
- Kalusevic, A., Levic, S., Calijac, B., Pantic, M., Belovic, M., Pavlovic, V., Bugarski, B., Milic, J., Zilic, S., y Nedovic, V. (2017). *Microencapsulation of anthocyanin-rich black soybean coat extract by spray drying using maltodextrin , gum Arabic and skimmed milk powder*. 34(5), 475–487.
- Koch, W. (2019). *Dietary Polyphenols — Important Non-Nutrients in the Prevention of Chronic Noncommunicable Diseases. A Systematic Review*. 1–35.
- Ledezma Delgadillo, A., Mallon Mercado, F., Jaime Fonseca, M. R., y San Martín Martínez, E. (2020). *Nanoencapsulación de compuestos bioactivos con actividad antioxidante de Justicia spicigera (Muicle) Y Theobroma cacao L. (Cacao)*.
- Li, G., y Zhu, F. (2018). *Quinoa starch : Structure , properties , and applications*. 181(September 2017), 851–861. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.11.067>
- Ligarda-samanez, C. A., Choque-quispe, D., Moscoso-moscoso, E., Huaman-carrionorte, M. L., Ramos-pacheco, B. S., De, G., Muñoz-saenz, J. C., Melgarejo, M. M., y Quispe-quezada, U. R. (2023). *Microencapsulación de propóleo y miel utilizando mezclas de maltodextrina / goma de tara y almidón de patata nativo modificado / goma de tara*.
- Ligarda Samanez, C. A., Choque Quispe, D., Moscoso Moscoso, E., Muñoz Saenz, J. C., Quispe Quezada, U. R., Huaman Carrión, M. L., Gutierrez Gomez, E., Sucari Leon, R., Luciano Alipio, R., Muñoz Saenz, J. M., y Guzman Gutierrez, R. J. (2023). *Nanoencapsulation of*

- Phenolic Extracts from Native Potato Clones (Solanum tuberosum spp. andigena) by Spray Drying.* 1–20.
- López Hernández, O. D. (2010). *Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por Microencapsulación de sustancias oleosas mediante secado por aspersión.* 44(3), 381–389. <http://scielo.sld.cu>
- Lozano Berna, M. . (2009). *Obtencion de microencapsulados funcionales de zumo de Opuntia stricta mediante secado por atomización.* <https://core.ac.uk/download/pdf/60416955.pdf>
- Madene, A., y Jacquot, M. (2006). *Review Flavour encapsulation and controlled release – a review.* 1–21. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Maksimović, Z. A., Malenčić, Đ., y Kovacevic, N. (2005). *Polyphenol contents and antioxidant activity of Maydis stigma extracts Polyphenol contents and antioxidant activity of Maydis stigma extracts.* December 2019. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2004.09.006>
- Maza Idone, N. N. (2020). *Extracción y caracterización fisicoquímica y tecnofuncional de carbohidratos tipo almidon de cinco variedades de quinoa.*
- Mogrovejo, D., y Isique, J. C. (2021). *Obtención y determinación de compuestos bioactivos (compuestos fenólicos, antocianinas y polifenoles) de papas nativas pigmentadas de la región altoandina del Perú.* 99. <http://tesis.ucsm.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/UCSM/10537/41.0308.AG.pdf>
- Moscoso; Moscoso, E. (2014). *Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de cinco clones de papa nativa (Solanum tuberosum) y del puré deshidratado.*
- Niu, B., Yan, Z., Shao, P., Kang, J., y Chen, H. (2018). *Encapsulation of Cinnamon Essential Oil for Active Food Packaging Film with Synergistic Antimicrobial Activity.* <https://doi.org/10.3390/nano8080598>
- Palomino G., L. R., García P., C. M., Gil G., J. H., Rojano, B. A., y Durango R., D. L. (2009). *Determinación del contenido de fenoles y evaluación de la actividad antioxidante de propóleos recolectados en el departamento de Antioquia (Colombia).* 63, 388–395.
- Peñarrieta J, M., Tejada, L., Mollinedo, P., Vila, J. L., y Bravo, J. A. (2014). *Compuestos fenólicos y su presencia en alimentos.* 31, 68–81. www.redalyc.org/articulo.oa?id=426339682006
- Polanía, A. M., Ramírez, C., Londoño, L., Alemán, B., y Aguilar, C. N. (2023). *Encapsulación de de de piña mediante gelación ionotrópica Usando almidón de de Weissella confusa y Alginato de sodio como material de pared.*
- Posada Hernández, G. J. (2016). *Elementos básicos de estadística descriptiva* (Fondo Edit).
- PRODERN. (2018). *LA PAPA NATIVA.* 1, 169.
- Qi, W., Fong, C., Derek, T., y Lamport, A. (1991). Gum arabic glycoprotein is a twisted hairy

- rope: A new model based on o-galactosylhydroxyproline as the polysaccharide attachment site. *Plant Physiology*, 96(3), 848–855. <https://doi.org/10.1104/pp.96.3.848>
- Quispe Ecos, N. (2013). “ *Análisis de la Cadena de Valor de la Papa Nativa en los distritos de Huayana y Pomacocha – Provincia de Andahuaylas – Apurímac .*”
- Rios Hernandez, J. P. (2021). *Obtencion de microcápsulas de mucílago de café mediante secado por aspersión usando almidón de platano modificado quimicamente y maltodextrina.*
- Rodríguez Chávez, L. F. (2021). *Compuestos fenólicos y capacidad antioxidante del fruto Spondias dulcis parkinson “mango ciruelo.”*
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74827?show=full>
- Rosales Chimal, S., Navarro Cortez, R. O., Bello Perez, L. A., Vargas Torres, A., y Palma Rodríguez, H. M. (2023). Optimal conditions for anthocyanin extract microencapsulation in taro starch: Physicochemical characterization and bioaccessibility in gastrointestinal conditions. *International Journal of Biological Macromolecules*, 227(October 2022), 83–92. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.12.136>
- Salgado Padilla, J. D. (2020). Una revisión de la Microencapsulación de compuestos polifenólicos en la industria alimentaria y farmacéutica. *Molecules*, 2(1), 1–12. <http://clik.dva.gov.au/rehabilitation-library/1-introduction-rehabilitation%0Ahttp://www.scirp.org/journal/doi.aspx?DOI=10.4236/as.2017.81005%0Ahttp://www.scirp.org/journal/PaperDownload.aspx?DOI=10.4236/as.2012.34066%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.pbi.201>
- Sandoval Aldana, A., Rodríguez Sandoval, E., y Ayala Aponte, A. (2011). Encapsulación de Aditivos para la Industria de Alimentos. *Ingeniería y Competitividad*, 5(2), 73. <https://doi.org/10.25100/iyc.v5i2.2298>
- Sifuentes Pacaya, K. C. (2020). *Avances en micro y nanoencapsulación de componentes bioactivos.* 51404.
- Simas Tosin, F. F., Barraza, R. R., Petkowicz, C. L. O., Silveira, J. L. M., Sasaki, G. L., Santos, E. M. R., Gorin, P. A. J., y Iacomini, M. (2010). Rheological and structural characteristics of peach tree gum exudate. *Food Hydrocolloids*, 24(5), 486–493. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.12.010>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., y Lamuela Raventos, R. M. (1999). *Analysis of Total Phenols and Other Oxidation Substrates and Antioxidants by Means of Folin-Ciocalteu Reagent.* 299(1974), 152–178.
- Tam, Malaga, J., Vera, G., y Oliveros, Ramos, R. (2008). *Tipos, métodos y estrategias de investigación científica* (p. 154).

- Tenorio López, F. A., Del Valle Mondragón, L., y Pastelín Hernández, G. (2006). *Los flavonoides y el sistema cardiovascular: ¿Pueden ser una alternativa terapéutica?* 76, 33–45.
- Tirado Lara, R., Tirado Malaver, R., Amoros Briones, W., y Mayta Huatuco, E. (2020). *Scientia Agropecuaria Identification of pigmented-fleshed potato clones of high marketable yield and better frying quality : Stability and multivariate analysis of genotype-environment interaction.* 11(3), 323–334. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2020.03.04>
- Valdiviezo Morales, L. ., Ortega Cerrilla, M. E. ., Vaquera Huerta, H. ., Kawas Garza, J. R. ., y Zetina Córdoba, P.5; Miranda Jiménez, L. (2017). *Micro y nanoencapsulación: una perspectiva biotecnológica en la producción animal.* 10, 63–68.
- Velásquez Barreto, F. F., y Velezmoro Sánchez, C. E. (2022). Microencapsulation of Purple Mashua Extracts Using Andean Tuber Starches Modified by Octenyl Succinic Anhydride. *International Journal of Food Science*, 2022, 13. <https://doi.org/10.1155/2022/8133970>
- Vilgis, T. A. (2015). Soft matter food physics - The physics of food and cooking. *Reports on Progress in Physics*, November, 124602. <https://doi.org/10.1088/0034-4885/78/12/124602>
- Villar Salvador, M., y Bonilla Téllez, M. Á. (2015). *Obtención y caracterización de nanopartículas de LiMn2O4, LiMn1.5Fe0.5O4 y LiMn1.25Fe0.75O4.*
- Wei, Y., Yu, N., Zhu, Y., Hao, J., Shi, J., Lei, Y., Gan, Z., Jia, G., Ma, C., y Sun, A. (2021). Exploring the biochemical properties of three polyphenol oxidases from blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.). *Food Chemistry*, 344(August). <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128678>
- Zapata, L. M. ., Heredia, A. M. ., Quinteros, C. F. ., Malleret, A. D. ., Clemente, G., y Cárcel, J. A. (2014). Optimización de la extracción de antocianinas de arándanos. *Ciencias Exactas y Naturales*, 25. www.redalyc.org/articulo.oa?id=14532635008%0ACómo
- Zárate Polanco, L. M. (2019). *Aplicación del almidón de quinua (Chenopodium quinoa) en la industria alimentaria de acuerdo a su potencial tecnológico.*
- Zeiger, E., y Taiz, L. (2009). *Fisiología vegetal* (3rd ed., Issue Volumen 1).

ANEXOS

Anexo 1. ANOVA y prueba de rangos múltiples para los compuestos fenólicos totales de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para los Compuestos Fenólicos totales por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	1.7981	3	0.599368	33.79	0.0001
Intra grupos	0.141899	8	0.0177374		
Total (Corr.)	1.94	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Compuestos Fenólicos por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	4.613	B
T4	3	4.88433	C
T1	3	5.49333	A
T2	3	5.504	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-0.0106667	0.250761
T1 - T3	*	0.880333	0.250761
T1 - T4	*	0.609	0.250761
T2 - T3	*	0.891	0.250761
T2 - T4	*	0.619667	0.250761
T3 - T4	*	-0.271333	0.250761

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para los Compuestos Fenólicos totales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0.059643	1	0.059643	2.65	0.1545
B: Porcentaje de encapsulante	1.6875	1	1.6875	75.07	0.0001
AB	0.0509603	1	0.0509603	2.27	0.1829
Bloques	0.00702067	2	0.00351033	0.16	0.8588
Error total	0.134879	6	0.0224798		
Total (corr.)	1.94	11			

R-cuadrada = 93.047%, representa variabilidad alta para el modelo ajustado de compuestos fenólicos totales.

R-cuadrada ajustada=87.254%.

Resultados para el contenido de compuestos fenólicos totales de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

Muestra	Masa (g)	Absorbancia	Concentración	Concentración	FD	mg GAE/g	Materia seca	compuestos		Promedio
		(A)	(mg/ml)	(mg/g)				fenólicos	mg/ g	
		R						Base húmeda	Base seca	
TRATAMIENTO 1 96°C/15%	0.1505	0.602	12.8685	1.28	3.67	4.70	85.81	4.70	5.48	5.49
		0.602	12.8685	1.28	3.67	4.70	85.81	4.70	5.48	
		0.606	12.9624	1.29	3.67	4.74	85.81	4.74	5.52	
TRATAMIENTO 2 116°C/ 15%	0.1507	0.605	12.9390	1.29	3.67	4.72	86.63	4.72	5.45	5.50
		0.616	13.1972	1.31	3.67	4.82	86.63	4.82	5.56	
		0.610	13.0563	1.30	3.67	4.77	86.63	4.77	5.50	
TRATAMIENTO 3 96°C/25%	0.1509	0.553	11.7183	1.16	3.67	4.27	89.31	4.27	4.78	4.61
		0.520	10.9437	1.09	3.67	3.99	89.31	3.99	4.47	
		0.533	11.2488	1.12	3.67	4.10	89.31	4.10	4.59	
TRATAMIENTO 4 116°C/25%	0.1508	0.535	11.2958	1.12	3.67	4.12	88.61	4.12	4.65	4.88
		0.574	12.2113	1.21	3.67	4.45	88.61	4.45	5.03	
		0.569	12.0939	1.20	3.67	4.41	88.61	4.41	4.98	

Anexo 2. ANOVA y prueba de rangos múltiples para Flavonoides totales de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para los Flavonoides totales por tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.248434	3	0.0828114	3.84	0.0570
Intra grupos	0.172661	8	0.0215826		
Total (Corr.)	0.421095	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Flavonoides totales por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T1	3	0.91	A
T3	3	1.088	A
T2	3	1.123	A
T4	3	1.31533	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-0.213	0.27661
T1 - T3		-0.178	0.27661
T1 - T4	*	-0.405333	0.27661
T2 - T3		0.035	0.27661
T2 - T4		-0.192333	0.27661
T3 - T4		-0.227333	0.27661

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para los Flavonoides totales

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0.14542	1	0.14542	10.11	0.0191
B: Porcentaje de encapsulante	0.10286	1	0.10286	7.15	0.0369
AB	0.000154083	1	0.000154083	0.01	0.9210
Bloques	0.0863202	2	0.0431601	3.00	0.1250
Error total	0.0863405	6	0.0143901		
Total (corr.)	0.421095	11			

R-cuadrada = 79.496%, representa poca variabilidad para el modelo ajustado de flavonoides totales.

R-cuadrada ajustada= 62.410%.

Resultados para el contenido de Flavonoides totales de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

Muestra	Masa (g)	Absorbancia	Concentración	Concentración	Materia seca	mg/ g muestra		Promedio
		(A)	(mg/ml)	(mg/g)		Base húmeda	Base seca	
		R						
TRATAMIENTO 1		0.006	0.0078	0.78	85.81	0.78	0.9097	
96°C/15%	0.1505	0.006	0.0078	0.78	85.81	0.78	0.9097	0.91
		0.008	0.0091	0.91	85.81	0.91	0.9097	
TRATAMIENTO 2		0.007	0.0085	0.84	86.63	0.84	1.3334	
116°C/ 15%	0.1507	0.011	0.0111	1.10	86.63	1.10	1.1230	1.12
		0.013	0.0124	1.23	86.63	1.23	0.9127	
TRATAMIENTO 3		0.009	0.0098	0.97	89.31	0.97	1.0879	
96°C/25%	0.1509	0.009	0.0098	0.97	89.31	0.97	1.0879	1.09
		0.009	0.0098	0.97	89.31	0.97	1.0879	
TRATAMIENTO 4		0.010	0.0104	1.04	88.61	1.04	1.5207	
116°C/25%	0.1508	0.014	0.0130	1.29	88.61	1.29	1.3152	1.32
		0.014	0.0130	1.29	88.61	1.29	1.1097	

Anexo 3. ANOVA y prueba de rangos múltiples para las Antocianinas totales de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para Antocianinas totales por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	4.50632	3	1.50211	346.17	0.0000
Intra grupos	0.034714	8	0.00433925		
Total (Corr.)	4.54104	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Antocianinas totales por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	0.913667	C
T4	3	0.917333	C
T1	3	1.88733	A
T2	3	2.318	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	-0.430667	0.124029
T1 - T3	*	0.973667	0.124029
T1 - T4	*	0.97	0.124029
T2 - T3	*	1.40433	0.124029
T2 - T4	*	1.40067	0.124029
T3 - T4		-0.00366667	0.124029

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para las Antocianinas totales.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0.141484	1	0.141484	31.91	0.0013
B: Porcentaje de encapsulante	4.22809	1	4.22809	953.66	0.0000
AB	0.136747	1	0.136747	30.84	0.0014
Bloques	0.00811267	2	0.00405633	0.91	0.4500
Error total	0.0266013	6	0.00443356		
Total (corr.)	4.54104	11			

R-cuadrada = 99.414%, representa variabilidad alta para el modelo ajustado de antocianinas totales.

R-cuadrada ajustada = 98.926%.

Resultados para el contenido de Antocianinas totales de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

Muestra	Masa (g)	Longitud Onda	pH = 1		pH = 4,50		Abs. Final	Wt de la muestra	% H	wt de la muestra en bs	V final en l	FD	Contenido de antocianinas (p/p) (mg/g)	Contenido de antocianinas (mg/100 g)	Promedio			
			Abs. a λ_{max}	Abs. A 700 nm	Abs. a λ_{max}	Abs. A 700 nm												
TRATAMI ENTO 1 96°C/15%	0.1502	540.0	0.59359	0.00926	0.04390	0.00322	0.544	0.1502	14.29	0.1287	0.020	2.000	0.003	1.878	1.89			
		540.0	0.59493	0.01116	0.04522	0.00477	0.543						0.1287	0.020		2.000	0.003	1.877
		540.0	0.60941	0.01239	0.06046	0.01562	0.552						0.1287	0.020		2.000	0.003	1.907
TRATAMI ENTO 2 116°C/15%	0.1500	540.0	0.74240	0.01257	0.06083	0.01179	0.681	0.1500	13.37	0.1299	0.020	2.000	0.003	2.333	2.32			
		540.0	0.72481	0.00346	0.05812	0.01539	0.679						0.1299	0.020		2.000	0.003	2.326
		540.0	0.73133	0.01203	0.05945	0.00982	0.670						0.1299	0.020		2.000	0.003	2.295
TRATAMI ENTO 3 96°C/25%	0.1503	540.0	0.50501	0.00319	0.08821	0.00254	0.416	0.1503	10.82	0.1340	0.020	1.333	0.001	0.920	0.91			
		540.0	0.47931	0.00783	0.08708	0.00293	0.387						0.1340	0.020		1.333	0.001	0.856
		540.0	0.48009	0.00023	0.04585	0.00239	0.436						0.1340	0.020		1.333	0.001	0.965
TRATAMI ENTO 4 116°C/25%	0.1502	540.0	0.48950	0.01114	0.13746	0.01373	0.355	0.1502	10.72	0.1341	0.020	1.333	0.001	0.784	0.92			
		540.0	0.47348	-	0.05725	0.01950	0.437						0.1341	0.020		1.333	0.001	0.966
		540.0	0.49967	0.00117	0.07596	0.03052	0.453						0.1341	0.020		1.333	0.002	1.002

Anexo 4. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Capacidad Antioxidante de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para Capacidad antioxidante por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	54072.0	3	18024.0	40.62	0.0000
Intra grupos	3549.63	8	443.704		
Total (Corr.)	57621.6	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Capacidad antioxidante por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T3	3	48.98	C
T4	3	49.15	C
T1	3	181.06	A
T2	3	185.503	B

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		-4.44333	39.6608
T1 - T3	*	132.08	39.6608
T1 - T4	*	131.91	39.6608
T2 - T3	*	136.523	39.6608
T2 - T4	*	136.353	39.6608
T3 - T4		-0.17	39.6608

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para la Capacidad antioxidante.

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	15.9621	1	15.9621	0.10	0.7631
B: Porcentaje de encapsulante	54042.3	1	54042.3	336.95	0.0000
AB	13.696	1	13.696	0.09	0.7800
bloques	2587.32	2	1293.66	8.07	0.0199
Error total	962.307	6	160.384		
Total (corr.)	57621.6	11			

R-cuadrada = 98.329%, representa variabilidad alta para el modelo ajustado de capacidad antioxidante.

R-cuadrada ajustada = 96.938%.

Resultados para el contenido de Capacidad antioxidante de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

Tratamientos	Masa g	Volumen L	Promedio Abs blanco 2	Corrección Abs	Concentración trolox (Umol/L)	Concentración trolox (Umol TE/g)	Materia seca	Base seca (Umol TE/g)	Promedio
TRATAMIENTO 1 96°C/15%	0.1505			0.7738	1632.11	162.67	86.63	187.77	181.06
				0.7388	1515.44	151.04	86.63	174.35	
				0.7385	1515.40	151.04	86.63	174.35	
TRATAMIENTO 2 116°C/ 15%	0.1507	0.015	1.1138	0.8198	1785.44	177.95	85.81	207.38	185.50
				0.7068	1408.78	140.41	85.81	163.63	
				0.7065	1407.70	140.41	85.81	163.63	
TRATAMIENTO 3 96°C/25%	0.1509			0.3648	268.78	26.79	88.61	30.23	48.98
				0.4648	602.11	60.01	88.61	67.72	
				0.4646	602.10	61.01	88.61	67.72	
TRATAMIENTO 4 116°C/25%	0.1508			0.4068	408.78	40.74	89.31	45.62	49.15
				0.4258	472.11	47.05	89.31	52.69	
				0.4158	471.10	47.05	89.31	52.69	

Anexo 5. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Actividad de agua (Aw) de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para Aw por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	0.010593	3	0.003531	523.11	0.0000
Intra grupos	0.000054	8	0.00000675		
Total (Corr.)	0.010647	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Aw por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T4	3	0.406333	D
T2	3	0.421	B
T3	3	0.464333	C
T1	3	0.478333	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2	*	0.0573333	0.00489179
T1 - T3	*	0.014	0.00489179
T1 - T4	*	0.072	0.00489179
T2 - T3	*	-0.0433333	0.00489179
T2 - T4	*	0.0146667	0.00489179
T3 - T4	*	0.058	0.00489179

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para la Actividad de agua (Aw)

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
A: Temperatura	0.00997633	1	0.00997633	1140.15	0.0000
B: Porcentaje de encapsulante	0.000616333	1	0.000616333	70.44	0.0002
AB	3.33333E-7	1	3.33333E-7	0.04	0.8517
bloques	0.0000015	2	7.5E-7	0.09	0.9190
Error total	0.0000525	6	0.00000875		
Total (corr.)	0.010647	11			

R-cuadrada = 99.507%, representa variabilidad alta para el modelo ajustado de capacidad antioxidante.

R-cuadrada ajustada = 99.096%.

Resultados para la Actividad de agua (Aw) de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

TRATAMIENTOS	Aw	PROMEDIO
TRATAMIENTO 1	0.478	
96°C/15%	0.479	0.48
	0.478	
TRATAMIENTO 2 116°C/	0.416	
15%	0.424	0.42
	0.423	
TRATAMIENTO 3	0.467	
96°C/25%	0.463	0.46
	0.463	
TRATAMIENTO 4	0.408	
116°C/25%	0.406	0.41
	0.405	

Anexo 6. ANOVA y prueba de rangos múltiples para la Humedad (%) de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para Humedad por Tratamientos

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	29.2584	3	9.7528	8.29	0.0077
Intra grupos	9.40971	8	1.17621		
Total (Corr.)	38.6681	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

Tratamientos	Casos	Media	Grupos Homogéneos
T4	3	10.7227	C
T3	3	10.824	C
T2	3	13.3687	B
T1	3	14.286	A

Contraste	Sig.	Diferencia	+/- Límites
T1 - T2		0.917333	2.04201
T1 - T3	*	3.462	2.04201
T1 - T4	*	3.56333	2.04201
T2 - T3	*	2.54467	2.04201
T2 - T4	*	2.646	2.04201
T3 - T4		0.101333	2.04201

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para la Humedad (%)

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	0.778261	1	0.778261	0.87	0.3865
B: Porcentaje de encapsulante	27.9807	1	27.9807	31.34	0.0014
AB	0.499392	1	0.499392	0.56	0.4828
Bloques	4.0527	2	2.02635	2.27	0.1845
Error total	5.357	6	0.892834		
Total (corr.)	38.6681	11			

R-cuadrada = 86.146 %, representa poca variabilidad para el modelo ajustado de humedad (%).

R-cuadrada ajustada = 74.601%.

Resultados para la Humedad (%) de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

TRATAMIENTOS	PESO PLACA VACIA g	PESO MUESTRA g	PESO PLACA + MUESTRA- ANTES g	PESO PLACA + MUESTRA - DESPUES g	% H	promedio %
T1- 15% 96°C	13.1021	0.1501	13.2522	13.2301	14.900	14.29
	13.1016	0.1502	13.2518	13.2310	14.290	
	14.1016	1.1502	15.2518	14.2310	13.670	
T2- 15% 116°C	9.8208	0.1506	9.9714	9.9512	13.430	13.37
	13.0993	0.1501	13.2494	13.2294	13.370	
	14.0993	1.1501	15.2494	14.2294	13.310	
T3- 25% 96°C	13.099	0.1505	13.2495	13.2310	12.900	10.82
	13.1007	0.1507	13.2514	13.2373	10.820	
	14.1007	0.1506	14.2513	14.2373	8.750	
T4-25% 116°C	13.0990	0.1502	13.2492	13.2330	10.810	10.72
	9.9361	0.1501	10.0862	10.0702	10.720	
	10.9361	0.1503	11.0864	11.0702	10.630	

Anexo 7. ANOVA y prueba de rangos múltiples para el Tamaño de partícula de los nanoencapsulados.

Tabla ANOVA para Tamaño de partícula por Tratamientos

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón-F</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	114530.	3	38176.8	25.10	0.0002
Intra grupos	12165.8	8	1520.73		
Total (Corr.)	126696.	11			

Pruebas de Múltiple Rangos para Tamaño de partícula por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje LSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	3	289.57	A
T3	3	353.4	C
T2	3	478.7	B
T4	3	535.8	B

<i>Contraste</i>	<i>Sig.</i>	<i>Diferencia</i>	<i>+/- Límites</i>
T1 - T2	*	-189.133	73.4246
T1 - T3		-63.8333	73.4246
T1 - T4	*	-246.233	73.4246
T2 - T3	*	125.3	73.4246
T2 - T4		-57.1	73.4246
T3 - T4	*	-182.4	73.4246

El (*) indica una diferencia significativa.

ANOVA bifactorial para el Tamaño de partícula

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
A: Temperatura	103528.	1	103528.	98.03	0.0001
B: Porcentaje de encapsulante	10968.7	1	10968.7	10.39	0.0181
AB	34.0033	1	34.0033	0.03	0.8635
bloques	5829.51	2	2914.76	2.76	0.1413
Error total	6336.33	6	1056.06		
Total (corr.)	126696.	11			

R-cuadrada = 94.998 %, representa poca variabilidad para el modelo ajustado del tamaño de partícula.

R-cuadrada ajustada = 90.831%.

Resultados para el Tamaño de partícula de los 4 tratamientos de nanoencapsulados de kulli papa.

TRATAMIENTOS	Tamaño de partícula nm	Promedio
TRATAMIENTO 1	278.1	
96°C/15%	287	289.57
	303.6	
TRATAMIENTO 2	473.3	
116°C/ 15%	474.9	478.7
	487.9	
TRATAMIENTO 3	335.5	
96°C/25%	347.2	353.4
	377.5	
TRATAMIENTO 4	451.1	
116°C/25%	577.2	535.8
	579.1	

Anexo 8. Matriz de diseño experimental.

TRATAMIENTO	T°	%E	COMP.	FLAVONOIDES	ANTOCIANINAS	CAP.	Aw	HUMEDAD %	TAMAÑO
			FENOLICOS	(mg de	(mg C3G/g)	ANTIOXIDANTE			PARTICULA
			(mg AGE/g)	quercetina/g)		(Umol TE/g)			nm
T1	96	15	5.480	0.910	1.878	190.554	0.478	14.905	278.1
T1	96	15	5.480	0.910	1.877	181.063	0.479	14.286	287
T1	96	15	5.520	0.910	1.907	171.572	0.478	13.667	303.6
T2	116	15	5.451	1.333	2.333	216.439	0.416	13.431	473.3
T2	116	15	5.560	1.123	2.326	185.503	0.424	13.369	474.9
T2	116	15	5.501	0.913	2.295	154.568	0.423	13.306	487.9
T3	96	25	4.782	1.088	0.920	75.490	0.467	12.900	335.5
T3	96	25	4.466	1.088	0.856	48.978	0.463	10.824	347.2
T3	96	25	4.591	1.088	0.965	22.467	0.463	8.748	377.5
T4	116	25	4.649	1.521	0.784	54.150	0.408	10.812	451.1
T4	116	25	5.026	1.315	0.966	49.153	0.406	10.723	577.2
T4	116	25	4.978	1.110	1.002	44.155	0.405	10.633	579.1

Anexo 9. *Fotografía del campo de cultivo del clon de papa nativa Kulli papa.*



Anexo 10. *Fotografía de la cosecha del clon de papa nativa Kulli papa*



Anexo 11. *Fotografía de la obtención de extracto.*



Anexo 12. *Fotografía de la filtración del extracto.*



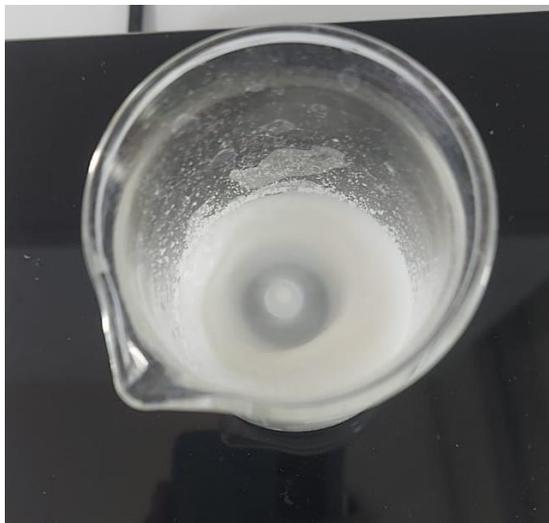
Anexo 13. *Fotografías de la Concentración de extracto.*



Anexo 14. *Fotografía del extracto almacenado.*



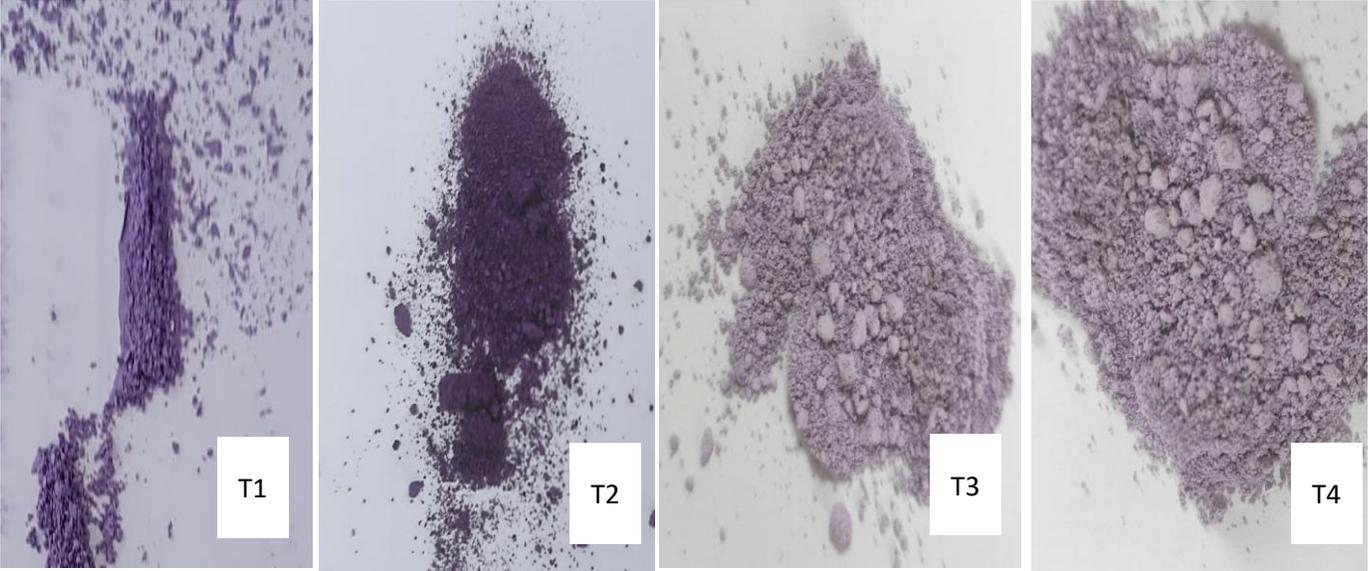
Anexo 15. *Fotografías de la preparación de extracto para encapsular.*



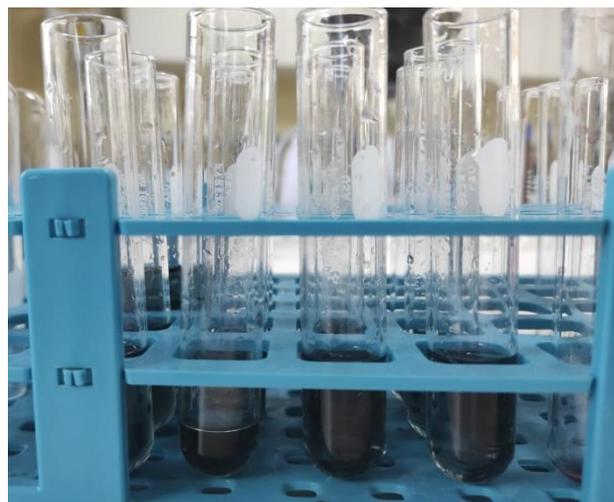
Anexo 16. *Fotografías del proceso de nanoencapsulación del extracto.*



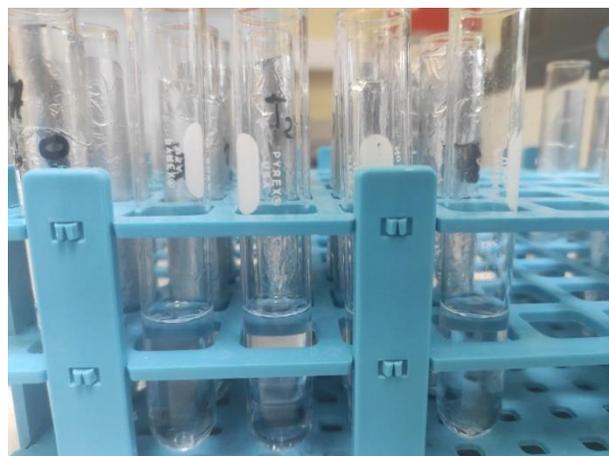
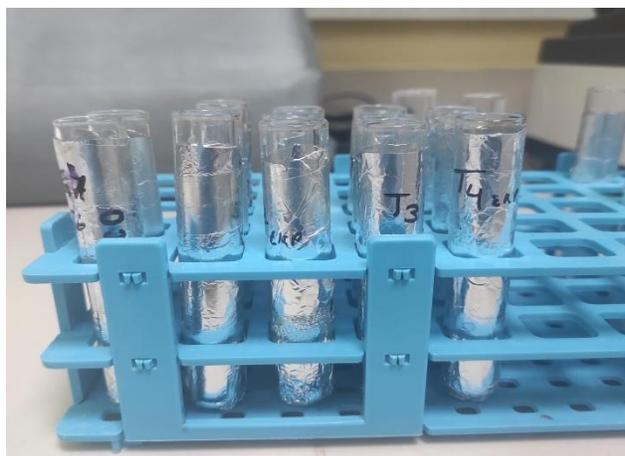
Anexo 17. *Fotografías de nanoencapsulados de Kulli papa obtenidos.*



Anexo 18. *Fotografías del proceso de cuantificación de compuestos fenólicos totales.*



Anexo 19. *Fotografías del proceso de cuantificación de flavonoides totales.*



Anexo 20. Fotografía de la obtención de los pH de 1.0 y 4.0.



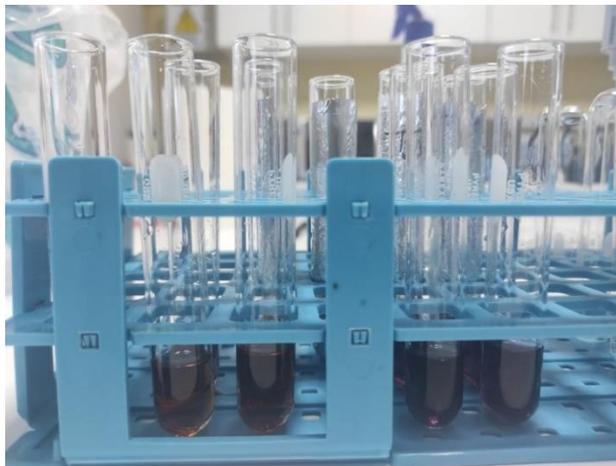
Anexo 21. Fotografías de la preparación de muestra para la cuantificación de antocianinas totales.



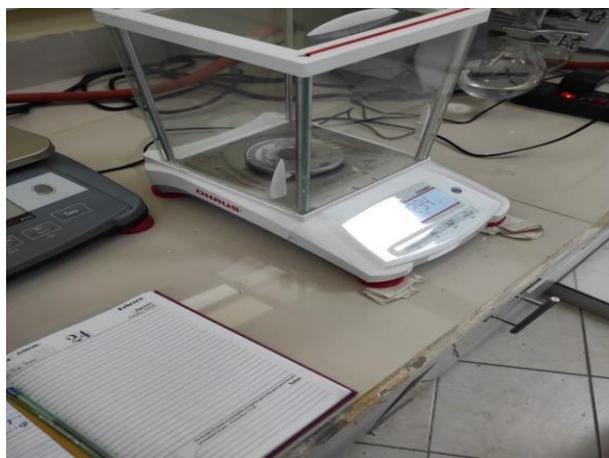
Anexo 22. *Fotografías del proceso de cuantificación de antocianinas totales.*



Anexo 23. *Fotografías del proceso de cuantificación de capacidad antioxidante.*



Anexo 24. *Fotografías de medición de humedad.*



Anexo 25. *Fotografías de la medición de Actividad de agua (Aw).*



Anexo 26. *Fotografía de la medición del tamaño de partícula en el Zetasizer ZSU 310.*



Anexo 27. *Microscopio electrónico de barrido (SEM)*



Anexo 28. Matriz de consistencia.

Formulación del problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Indicador	Unidad	Método	Instrumento	
G	¿cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa?	Evaluar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa	La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante tienen efecto en la nanoencapsulación de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.	Independientes				
				• Temperatura de secado	Cuantitativo	T1°C T2 °C C1 (%) C2 (%)	Secado por atomización	Equipo atomizador Nano Spray Dryer
E 1	¿cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	Determinar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante tienen efecto en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	Dependientes				
				• Humedad	Cuantitativa	(%)	Diferencia de peso	Estufa de convección forzada
E 1	¿cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	Determinar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante tienen efecto en las propiedades químicas de nanoencapsulados de extractos fenólicos	• Compuestos fenólicos totales	Cuantitativo	mg GE /100 g muestra	Folin-ciocalteau	Espectrofotómetro -UV visible
				• Flavonoides totales	Cuantitativo	mg de quercetina /100 g muestra	Espectrofotometría	Espectrofotómetro -UV visible

de un clon de papa nativa?	extractos fenólicos de un clon de papa nativa	de un clon de papa nativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Actividad del agua (Aw) 	Cuantitativa	-	Medidor de actividad de agua	Rotronic Suiza HP23-AW-ASET	
			<ul style="list-style-type: none"> • Antocianinas totales 	cuantitativa	mg C3G/100 g muestra	pH diferencial	Espectrofotómetro -UV visible	
			<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad antioxidante 	cuantitativa	Mg trolox Eq/100 g muestra	Espectrofotometría	Espectrofotómetro -UV visible	
E 2	¿cuál será el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa?	Determinar el efecto de la temperatura de entrada y el porcentaje de encapsulante en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.	La temperatura de entrada y porcentaje de encapsulante tienen efecto en las propiedades estructurales de nanoencapsulados de extractos fenólicos de un clon de papa nativa.	<ul style="list-style-type: none"> • Tamaño de partícula 	Cuantitativa	Nm	Solución acuosa	Zetasizer ZSU3100, (Malvern Instruments, Worcestershire, Reino Unido)
			<ul style="list-style-type: none"> • Morfología 	Visual				Microscopio electrónico de barrido (SEM)



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO
INSTITUCIONAL DE LA UNAJMA**

Formulario de autorización para la publicación electrónica en la página web del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de José María Arguedas, de conformidad con la Ley N° 30035 Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y Resolución de Comisión Organizadora N° 0203-2021 que aprueba el Reglamento que regula el Repositorio Institucional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto de la Universidad Nacional de José María Arguedas.

1. DATOS DEL AUTOR:

Nombres y Apellidos: Lizeth Milagros Flores Pozo

DNI: 70948099

Correo Institucional: 1011220181@unajma.edu.pe

Teléfono/Celular: 931234518

Correo Electrónico: lizethfp0518@gmail.com.pe

2. GRADO, TÍTULO O ESPECIALIZACIÓN (Marque con una X)

Bachiller	Título Profesional	Magíster	Doctor	Segunda Especialidad
	X			

3. TIPO DE PUBLICACIÓN (Marque con una X)

Tesis	Trabajo Académico	Trabajo de investigación	Trabajo de Suficiencia profesional
X			

4. DATOS DE LA PUBLICACION:



Título:

“EFECTO DE LA TEMPERATURA DE ENTRADA Y PORCENTAJE DE ENCAPSULANTE EN LA NANOENCAPSULACION DE EXTRACTOS FENOLICOS DE UN CLON DE PAPA NATIVA”

Fecha de Publicación:

5. DATOS DEL ASESOR:

Nombres y Apellidos: Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez

DNI: 31190926

ORCID:0000-0001-7519-8355

6. DATOS DEL CO-ASESOR:

Nombres y Apellidos: Mag. Henry Palomino Rincón

DNI: 31188314

ORCID:0000-0002-4174-9961

Firma

DOCUMENTO DE IDENTIDAD: 70948099

NOMBRES Y APELLIDOS: Lizeth Milagros Flores Pozo



LICENCIAS

Licencia Estándar

Bajo los siguientes términos, autorizo el depósito de mi trabajo de investigación en el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA.

Con la autorización de depósito de mi trabajo de investigación otorgo a la Universidad Nacional de José María Arguedas, una Licencia No Exclusiva para reproducir, distribuir, comunicar al público, transformar (únicamente mediante su traducción a otros idiomas) y poner a disposición del público mi trabajo de investigación (incluido el resumen), en formato físico o digital en cualquier medio, conocido o por conocerse, a través de los diversos servicios provistos por la Universidad, creados o por crearse, tales como el Repositorio Institucional Digital de la UNAJMA, Colección de Tesis, entre otros, en el Perú y en el extranjero, por el tiempo y veces que considere necesarias y libre de remuneraciones.

En virtud de dicha Licencia, la Universidad Nacional de José María Arguedas, podrá reproducir mi trabajo de investigación en cualquier tipo de soporte y en más de un ejemplar, sin modificar su contenido, solo con los propósitos de seguridad, respaldo y preservación.

Declaro que el trabajo de investigación es una creación de mi autoría y exclusiva titularidad, o coautoría con titularidad compartida, y me encuentro facultado a conceder la presente licencia y, asimismo, garantizo que dicho trabajo de investigación no infringe derechos de autor de terceras personas.

La Universidad Nacional José María Arguedas consignará el nombre del/los autores/es del trabajo de investigación, y no le hará ninguna modificación más de la permitida en la presente licencia.

Autorizo el depósito (marque con una X).

SI autorizo que se deposite inmediatamente.

No autorizo.

Fecha: 13-08-24

Firma

Lizeth Milagros Flores Pozo

70948099

