

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ MARÍA ARGUEDAS**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



Presentado por:

**Br. Thamirys Gabriela Ccana Buleje**

**EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE  
COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE  
MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA**

**ASESOR: Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez**

**CO – ASESOR: Dr. David Juan Ramos Huallpartupa**

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

**FINANCIADO POR LA VICEPRESIDENCIA DE INVESTIGACIÓN UNAJMA**

**ANDAHUAYLAS- APURÍMAC-PERÚ**

**2023**



## APROBACIÓN DEL ASESOR

Quién suscribe:

Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el bachiller en ingeniería agroindustrial, THAMIRYS GABRIELA CCANA BULEJE ha culminado satisfactoriamente el informe final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 13 de junio del 2023.

  
\_\_\_\_\_  
Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
**Asesor**

  
\_\_\_\_\_  
Thamirys Gabriela Ccana Buleje  
**Tesista**



## APROBACIÓN DEL CO - ASESOR

Quién suscribe:

Dr. David Juan Ramos Huallpartupa por la presente:

### **CERTIFICA,**

Que, el bachiller en ingeniería agroindustrial, THAMIRYS GABRIELA CCANA BULEJE ha culminado satisfactoriamente el informe final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA" para optar el Título Profesional de Ingeniero Agroindustrial.

Andahuaylas, 13 de junio del 2023.

Dr. David Juan Ramos Huallpartupa  
**Co - asesor**

Thamirys Gabriela Ccana Buleje  
**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 10:00 horas del día 03 de julio del año 2023, se reunieron los docentes: Dr. David Choque Quispe, Msc. Fredy Taipe Pardo, Dr. Henry Palomino Rincón en condición de integrantes del Jurado Evaluador del Informe Final de Tesis intitulado: "EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA", cuyo autor es el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **THAMIRYS GABRIELA CCANA BULEJE**, el asesor Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez, co-asesor Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, 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** al Bachiller en Ingeniería Agroindustrial **THAMIRYS GABRIELA CCANA BULEJE**, obteniendo la siguiente calificación y mención:

Nota escala vigesimal		Mención
Números	Letras	
<i>19</i>	<i>Diecinueve</i>	<i>Excelente</i>

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

.....  
Dr. David Choque Quispe  
Presidente del Jurado Evaluador

.....  
Msc. Fredy Taipe Pardo  
Primer Miembro del Jurado Evaluador

.....  
Dr. Henry Palomino Rincón  
Segundo Miembro del Jurado Evaluador



## APROBACION DEL JURADO DICTAMINADOR

La tesis: “EVALUACIÓN DE MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA”; para optar el TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL, ha sido evaluado por el Jurado Dictaminador conformado por:

PRESIDENTE: Dr. David Choque Quispe.

PRIMER MIEMBRO: Mg. Fredy Taipe Pardo.

SEGUNDO MIEMBRO: Dr. Henry Palomino Rincón.

Habiendo sido aprobado por UNANIMIDAD, en la ciudad de Andahuaylas el día 03 del mes de julio de 2023.

Andahuaylas, 10 de julio de 2023




---

Dr. David Choque Quispe  
**Presidente de Jurado**



---

Mg. Fredy Taipe Pardo  
**Primer miembro**



---

Dr. Henry Palomino Rincón  
**Segundo miembro**

## INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada “**EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA**” presentado por la **Br. Thamirys Gabriela Ccana Buleje** con DNI N° **72129384** de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniería 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, verificado 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 de software firmado.

Andahuaylas, 15 de julio del 2023



Ing. Carlos Alberto Ligarda Samanez  
CIP: 105639

---

Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez

Asesor de tesis

DNI N° 31190026

ORCID: 0000-0001-7519-8355

## INFORME DE ORIGINALIDAD

El que suscribe Co-asesor del trabajo de investigación/tesis, titulada **“EVALUACIÓN DE LA MICROENCAPSULACIÓN DE COLÁGENO PORCINO HIDROLIZADO EN MATRICES DE MALTODEXTRINA Y GOMA DE TARA”** presentado por la **Br. Thamirys Gabriela Ccana Buleje** con DNI N° **72129384** de la escuela profesional de **Ingeniería Agroindustrial**, para optar el título profesional de **Ingeniería 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, verificado 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 de software firmado.

Andahuaylas, 15 de julio del 2023

---

Dr. David Juan Ramos Huallpartupa

Co – Asesor de tesis

DNI N° 02297070

ORCID: 0000-0001-9223-2375

Se adjunta:

1. Reporte firmado, generado por el software



Andahuaylas, 12 de diciembre de 2023

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: Evaluación de la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara. Presentado por la Bach. Thamirys Gabriela Ccana Buleje cuyo Asesor es el Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanéz y coasesor el Dr. David Juan Ramos Huallpartupa.

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



  
Ing. Carlos Alberto Liganda Samanez  
CTD: 185639

COMBRE DEL TRABAJO

ITP-ES-Thamirys-CCANA-2023-2 FINAL  
ESTAMPADO.docx



RECUENTO DE PALABRAS

**18237 Words**

RECUENTO DE PÁGINAS

**94 Pages**

FECHA DE ENTREGA

**Oct 5, 2023 9:56 PM GMT-5**

RECUENTO DE CARACTERES

**97971 Characters**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**7.1MB**

FECHA DEL INFORME

**Oct 5, 2023 9:58 PM GMT-5**

● **11% de similitud general**

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

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% 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 30 palabras)

## ● 11% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 11% Base de datos de Internet
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de Crossref
- 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	<b>repositorio.unajma.edu.pe</b>	Internet	2%
2	<b>d1p6n69pfnphu.cloudfront.net</b>	Internet	1%
3	<b>docplayer.es</b>	Internet	<1%
4	<b>repositorio.utc.edu.ec</b>	Internet	<1%
5	<b>bibdigital.epn.edu.ec</b>	Internet	<1%
6	<b>scielo.org.pe</b>	Internet	<1%
7	<b>repositoriodigital.uns.edu.ar</b>	Internet	<1%
8	<b>eurocarne.com</b>	Internet	<1%
9	<b>coursehero.com</b>	Internet	<1%



**livrosdeamor.com.br**

Internet

<1%

**vsip.info**

Internet

<1%

**socesfar.es**

Internet

<1%

**repositorio.espe.edu.ec**

Internet

<1%

**hdl.handle.net**

Internet

<1%

**repositorio.umsa.bo**

Internet

<1%

**dspace.esPOCH.edu.ec**

Internet

<1%

**ria.utn.edu.ar**

Internet

<1%

## **DEDICATORIA**

*El presente trabajo de investigación lo dedico a mi familia, quienes estuvieron para mí, me guiaron y educaron de la mejor manera para conseguir mis logros profesionales, en especial a mi hermano mayor **Jhamil** a quien le debo mucho ya que siempre estuvo apoyándome incondicionalmente y guiándome a ser mejor persona.*

## AGRADECIMIENTO

A mis padres Raúl y Lucy quienes me dieron la vida y me educaron con mucho esfuerzo, a mis abuelitos Ceferino y Nicolasa que me motivaron a seguir adelante.

A la Universidad Nacional José María Arguedas y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial la cual está dirigida por diversos profesionales quienes me brindaron todas las facilidades y servicios para desarrollarme como estudiante.

Al Dr. Carlos Alberto Ligarda Samanez y al Dr. David Juan Ramos Huallpartupa, los asesores que me encaminaron y compartieron sus conocimientos de la mejor manera para el presente trabajo de investigación.

A los jurados evaluadores, Dr. David Choque Quispe, Mg. Fredy Taipe Pardo, Dr. Henry Palomino Rincón por brindarme sus conocimientos y también por contribuir en la realización de la mejora del presente trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Investigación en Nanotecnología de Alimentos (LINA) y a la Ing. Elibet Moscoso Moscoso especialista en el manejo de los diferentes equipos. Quien me brindó todos los conocimientos y facilidades para realizar el presente trabajo de investigación.

Al Laboratorio de Investigación de Tecnología de Materiales y Alimentos (LITMA) donde me brindaron las facilidades y conocimientos para realizar el presente trabajo de investigación.

A los catedráticos que prestan servicios en la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial, por compartir sus conocimientos y experiencias, en aula y laboratorios.

A mis compañeros de estudios Lizeth, Rodrigo, Isaías, con quienes compartí conocimientos, momentos gratos y me alentaron a seguir adelante.

A mis personas especiales Higs Buleje y Rodrigo Guillen, que siempre me alentaron a seguir adelante y creyeron en mí.

A mi psicólogo, Mg. Isaí Josafat Ávila Villar quien me acompañó con los mejores consejos y me encaminó a que llegue a culminar la carrera a pesar de todas las adversidades sin que la ansiedad y la depresión me consuma.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
ÍNDICE GENERAL.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS .....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS .....	vii
RESUMEN .....	9
ABSTRACT .....	10
CHUMASQA .....	11
INTRODUCCIÓN .....	12
CAPITULO I: Problema de investigación .....	13
1.1. Situación Problemática .....	13
1.2. Formulación del Problema .....	15
1.2.1. Problema general.....	15
1.2.2. Problemas específicos .....	15
1.3. Justificación de la investigación .....	16
1.4. Objetivos de la investigación .....	19
1.4.1. Objetivo general .....	19
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 .....	21
2.1. Antecedentes de la investigación .....	21
CAPITULO III: Marco teórico.....	27
3.1. Bases teóricas.....	27
3.1.1. Colágeno.....	27
3.1.2. Tipos de colágeno .....	28
3.1.3. Aplicación del colágeno .....	30
3.1.4. Colágeno hidrolizado .....	30
3.1.5. Proteínas .....	30

3.1.6. Carne de cerdo en la industria .....	31
3.1.6.1. Composición de la carne de cerdo .....	31
3.1.6.2. El colágeno de origen porcino .....	33
3.1.7. Microencapsulación .....	33
3.1.8. Secado por aspersion .....	35
3.1.9. Materiales encapsulantes.....	36
3.1.10. Maltodextrina.....	37
3.1.10.1. Uso de la maltodextrina.....	37
3.1.11. Goma de tara .....	38
3.1.12. Pancreatina .....	39
3.1.14. Microscopia electrónica de barrido (SEM).....	39
3.1.15. Humedad.....	39
3.1.16. La actividad del agua (Aw) .....	40
3.1.17. Tamaño de partícula.....	40
CAPITULO IV: Metodología de la investigación .....	42
4. Lugar de ejecución.....	42
4.1. Identificación de variables .....	42
4.2. Población y muestra.....	42
4.3. Tipo de investigación .....	43
4.4. Materiales, equipos, reactivos e insumos.....	43
4.5. Metodología experimental .....	46
4.6. Método de análisis .....	51
CAPITULO V: Resultados y Discusiones .....	57
5.1. Caracterización de colágeno hidrolizado porcino.....	57
5.1.1. Proteína.....	57
5.2. Influencia de la temperatura de entrada y porcentaje de núcleo en las propiedades estudiadas.....	58
5.2.1. Proteína.....	58
5.2.2. Humedad.....	60
5.2.3. Actividad de agua (Aw).....	62
5.2.4. Densidad aparente .....	63

5.2.5. Higroscopicidad.....	65
5.2.6. Tamaño de partícula .....	67
5.2.7. Microfotografías estructurales .....	68
CAPITULO VI: Conclusiones .....	70
RECOMENDACIÓN.....	71
REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	72
ANEXOS .....	76



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Tipos de proteínas.....	29
Tabla 2 Composición de la carne de cerdo .....	33
Tabla 3 Materiales encapsulantes.....	36
Tabla 4 Composición de la maltodextrina.....	37
Tabla 5 Variables independientes y dependientes .....	42
Tabla 6 Materiales.....	44
Tabla 7 Instrumentos y equipos .....	45
Tabla 8 Reactivos e insumos. ....	46
Tabla 9 Enzima pancreatina.....	47
Tabla 10 Matriz de diseño experimental Factorial 2 <sup>2</sup> .....	54
Tabla 11 Contenido de proteína en CHP.....	57
Tabla 12 Contenido de proteína del microencapsulado .....	59
Tabla 13 Contenido de humedad en % .....	61
Tabla 14 Contenido de Aw .....	62
Tabla 15 Contenido de densidad aparente.....	64
Tabla 16 Porcentaje de higroscopicidad .....	66
Tabla 17 Tamaño de partícula en micro encapsulado.....	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Conformación estructural del colágeno .....	28
Figura 2 Unidad monomérica de la goma de tara .....	38
Figura 3 Diagrama de flujo para la obtención de colágeno porcino hidrolizado.....	49
Figura 4 Diagrama de flujo para microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado	51
Figura 5 Superficie de respuesta y efecto para porcentaje de proteína .....	59
Figura 6 Superficie de respuesta e interacción para % humedad .....	61
Figura 7 Superficie de respuesta y efecto para Actividad de agua.....	63
Figura 8 Superficie de respuesta e interacción para Densidad aparente .....	65
Figura 9 Superficie de respuesta y efecto para Higroscopicidad.....	66
Figura 10 Superficie de respuesta e interacción para tamaño de partícula .....	68
Figura 11 Microfotografías estructurales del micro encapsulado de colágeno hidrolizado de porcino.....	69

## Abreviaturas y símbolos

Aw: actividad de agua

cP: centipoises

CHP: colágeno porcino hidrolizado

g: gramos

IR: infrarrojo

kV: kilo voltios

L: litro

mg: miligramos

mL: mililitro

mm: milímetros

mM: milimolar

N: normalidad

nm: nanómetros

rpm: revoluciones por minuto

SEM: scanning electron microscope (microscopia electrónica de barrido)

t: toneladas

$\mu$ L: microlitro

$\mu$ M: micro mol

$\mu$ m: micrómetros

## RESUMEN

El colágeno es un componente estructural que se obtiene de las extremidades del porcino como la piel, patas y articulaciones; se caracteriza por presentar un alto contenido de proteínas. El objetivo del presente estudio fue evaluar la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara, para lo cual se extrajo enzimáticamente colágeno hidrolizado de patas de porcino provenientes del Camal Municipal de Andahuaylas – Apurímac - Perú. La microencapsulación se realizó a través de secado por aspersion en el equipo Mini Spray Dryer variando la temperatura de entrada (140 y 160 °C) y porcentaje de proteína (5 y 10 %) con un diseño factorial 2<sup>2</sup>. Se cuantificó el contenido de proteína, humedad, actividad de agua, densidad aparente, higroscopicidad, tamaño de partícula, además se realizó las microfotografías estructurales.

El contenido de proteína en los microencapsulados varió entre 17.82 y 29.36 %, la humedad entre 1.58 y 4.71 %, la actividad de agua entre 0.45 y 0.46, la higroscopicidad entre 24.7 y 38.01 y el tamaño de partícula entre 4.85 y 6.52  $\mu\text{m}$ . Las microfotografías estructurales mostraron micropartículas esféricas con hendiduras de superficie lisa.

Se concluye que el microencapsulado a una temperatura de entrada de 160 °C y 10 % de núcleo (porcentaje de proteína) presentó las mejores propiedades y ser utilizado como aditivo en la formulación de diversos alimentos funcionales y nutraceúticos.

**Palabras clave:** Colágeno hidrolizado porcino, proteínas, microencapsulación, hidrolisis enzimática.

## ABSTRACT

Collagen is a structural component that is obtained from the extremities of the pig such as the skin, legs and joints; It is characterized by its high protein content. The objective of this study was to evaluate the microencapsulation of hydrolyzed porcine collagen in matrices of maltodextrin and tara gum, for which hydrolyzed collagen was enzymatically extracted from pig feet from the Camal Municipal de Andahuaylas - Apurímac - Peru. The microencapsulation was carried out through spray drying in the Mini Spray Dryer equipment, varying the inlet temperature (140 and 160 °C) and protein percentage (5 and 10%) with a 22 factorial design. The protein content was quantified. , humidity, water activity, apparent density, hygroscopicity, particle size, in addition, structural microphotographs were performed.

The protein content in the microencapsulates varied between 17.82 and 29.36 %, the humidity between 1.58 and 4.71 %, the water activity between 0.45 and 0.46, the hygroscopicity between 24.7 and 38.01 and the particle size between 4.85 and 6.52  $\mu\text{m}$ . Structural photomicrographs showed spherical microparticles with smooth-surfaced slits.

It is concluded that the microencapsulation at an inlet temperature of 160 °C and 10% of the core (protein percentage) presented the best properties and can be used as an additive in the formulation of various functional foods and nutraceuticals.

**Keywords:** Porcine hydrolyzed collagen, proteins, microencapsulation, enzymatic hydrolysis.

## CHUMASQA

Colágeno nisqaqa huk estructural proteína nisqa, kuchipa puntankunamanta hurqusqa, ahinataq qaramanta, chakimanta, articulacionkunamanta; Chayqa riqsisqam achka proteína nisqayuq kasqanwan, kay yachaypa munayninqa karqan microencapsulación nisqa colágeno hidrolizado porcino nisqamanta matrices de maltodextrina nisqapi, goma tara nisqapipas chaninchanapaqmi.

Chaypaqmi colágeno hidrolizado nisqa enzimática nisqawan hurqusqa karqa kuchi chakimanta Andahuaylas Municipal Camal nisqamanta, chaymantam microencapsulación ruwakurqa chay equipo Mini Spray Dryer B-290 nisqapi ch'akichispa spray nisqawan, chaywanmi tikrakurqa temperatura de entrada (140 y 160° C) nisqatapas hinaspa pachakmanta huknin núcleo ( 5 y 10 %) nisqapas diseño factorial nisqawan 2<sup>2</sup>, contenido proteico, humedad, actividad de agua, densidad aparente, higroscopicidad, tamaño de partículas chaymanta microfotografías SEM nisqakunam variables dependientes hina yupasqa karqa.

Chay microencapsulados nisqapi proteína nisqakunaqa hukniraymi karqan 17.82 y 29.36 %, la humedad chawpipi 1.58 y 4.71 %, la actividad de agua chawpipi 0.45 y 0.46, la higroscopicidad chawpipi 24.7 y 38.01 y el tamaño de partícula chawpipi 4.85 y 6.52 µm. Fotomicrografías estructurales nisqakunam qawarichirqa micropartículas esféricas nisqakunata, Ilañu hawayuq hendiduras nisqayuq.

Tukuyninpiqa, tukukunmi microencapsulación nisqa temperatura de entrada 160 °C y porcentaje de núcleo 10% nisqapi aswan allin ruwaykunata tarisqanmanta, chaymi imaymana funcional nisqa mikhuykunata, nutracéuticos nisqakuna ima formulacionpi llamk'achiy atikunman.

**Sapaq simikuna:** colágeno hidrolizado porcino, proteínas, microencapsulación, hidrólisis enzimática.

## INTRODUCCIÓN

En el mundo se observó el incremento de diferentes alimentos fortificados los cuales tienen una buena aceptación por los consumidores, el colágeno no se queda atrás ya que es una proteína dura y fuerte, la que se encarga de formar cartílagos, tendones, ligamentos.

El objetivo fue evaluar la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma tara, debido al incremento de productos fortificados, Además, Mamani (2018), en su trabajo de investigación menciona que el colágeno es una glicoproteína y el principal componente estructural de los tejidos conjuntivos.

La presente investigación experimental de la evaluación de microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara está conformada por el primer capítulo I, que trata sobre toda la situación problemática, formulación del problema, justificación, objetivos e hipótesis de la investigación, cuya finalidad fue identificar y generar una nueva alternativa de solución al problema, en el capítulo II se muestran los antecedentes recopilados sobre el estudio del colágeno hidrolizado de porcino con encapsulado y sin encapsulado los cuales fueron importantes para obtener información y comparar los resultados obtenidos, en el capítulo III se encuentran todas las teorías y conceptos de la investigación, en el capítulo IV se hace mención al lugar de ejecución, y la identificación de las variables, materiales, instrumentos, equipos, población y muestra, el tipo de investigación, la metodología experimental, el método de análisis y el diseño experimental de la investigación, en el capítulo V se muestran los resultados obtenidos de proteínas totales, humedad, actividad de agua, densidad aparente, higroscopicidad, tamaño de partícula y microfotografías estructurales para sus respectivas discusiones.

Finalmente, en el capítulo VI se hace referencia a las conclusiones en respuesta a los objetivos planteados, las recomendaciones para futuras investigaciones, las referencias bibliográficas y los anexos del presente trabajo de investigación.

## **CAPITULO I: Problema de investigación**

### **1.1. Situación Problemática**

El colágeno de porcino ofrece baja inmunogenicidad, buena biocompatibilidad y biodegradabilidad, la cual interactúa específicamente con otras biomoléculas ya que contiene secuencias específicas que miden la regulación de la morfología, adhesión, migración y diferenciación de células (Adragna y Jurczysyn, 2018).

Por lo cual se observó que se llega a comercializar en todas partes del mundo; la forma más comercial de venderla es en capsulas o en formas de polvo las cuales pueden ser solubles en agua o en alimentos líquidos (agua, yogurt, zumos, leche, etc.) por lo cual es preferible presentarlo como un aditivo a un alimento específico ya que nos permitirá reunir la dosis más eficaz y fácil para ingerirla. Su uso como un suplemento alimenticio está cada vez más extendida, gracias a su valor nutricional, la funcionalidad que cumple en la salud es como un regenerador tisular vía oral, ya que su consumo constante ayuda al aumento de la síntesis de componentes de la matriz extracelular y beneficia a la producción de colágeno en los tejidos del aparato locomotor y la dermis, siendo útil para la prevención y tratamiento de ciertas enfermedades como la artrosis y osteoporosis, así mismo para mejorar el aspecto de la piel, acelerar la curación de heridas, quemaduras y fortalecimiento de las uñas y cabello.

La situación problemática surge por lo que se enfrentó en los últimos años por el COVID-19 en el 2020, ya que se observó un crecimiento del mercado de los alimentos funcionales siendo afectada positivamente. Dicho así mundialmente se causó un impacto con el buen funcionamiento de los alimentos funcionales en varias partes del mundo. Además, se observó el aumento acelerado del interés de las personas por el consumo de una dieta saludable, asimismo tuvo un aumento considerable con la cantidad de personas que esperan que los alimentos que consumen les brinde beneficios funcionales, porque la demanda de este tipo de alimentos a crecido satisfactoriamente.

Por eso en el mundo se observó el incremento de diferentes alimentos fortificados los cuales tienen una buena aceptación por los consumidores, el colágeno no se queda atrás



ya que es una proteína dura y fuerte, la que se encarga de formar cartílagos, tendones, ligamentos.

Además, Mamani (2018), en su trabajo de investigación menciona que el colágeno es una glicoproteína y el principal componente estructural de los tejidos conjuntivos.

El colágeno ayuda con el crecimiento y formación de los aspectos de la piel, el cabello, las uñas y formación correcta de los huesos. Y así mismo se ve que al consumir un producto se llega a revisar los efectos positivos que nos causaría al consumirlo constantemente en una dieta balanceada, para poder solucionar ese problema se quiere lograr con la microencapsulación la creación de un aditivo nutricional rico en proteínas.

Antes y durante la pandemia en Apurímac y en todo la sierra se vio un gran aumento de la inseguridad alimentaria, por lo cual, el principal propósito de este trabajo se extrajo un aditivo nutricional a base de la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara, para así poder insertarlo en un producto que pueda estar a la altura del consumidor y que logre estar a la par de los otros alimentos fortificados así como las galletas escolares nutricionalmente mejoradas, tortillas, pan, pastas, sustitutos de la leche.

Para lograr eso se necesita la encapsulación ya que es una técnica por la cual gotas líquidas, partículas sólidas o gaseosas, son cubiertas con una película polimérica porosa conteniendo una sustancia activa (Araneda y Valenzuela, 2009).

Asimismo, la microencapsulación, ayuda a que los materiales alimenticios empleados resistan las condiciones de procesamiento y empaque mejorando el sabor, aroma, estabilidad, valor nutritivo y apariencia de los productos encapsulados (Yañez et al., 2002).

Dicho de otro modo, la microencapsulación de colágeno a base de los residuos de porcino. estarán en condiciones estables ya sea para su almacenamiento, manteniendo su sabor, aroma, valor nutritivo y su apariencia las cuales serán favorable para la investigación.

En ese sentido este trabajo de investigación es pertinente, debido a que aborda dicha problemática. encima, nos permite evaluar si esta apto para poder ser un aditivo nutricional en la ingesta de productos alimenticios fortificados, referidas a las características físicas, químicas y estructurales de la microencapsulación del colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara, con el fin de generar información útil, que permitirá el mejoramiento de la rentabilidad del colágeno.

## **1.2. Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema general**

- ¿Cómo es la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de
- maltodextrina y goma de tara?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices maltodextrina y goma de tara?
- ¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, actividad de agua, densidad aparente e higroscopicidad de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara?
- ¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices maltodextrina y goma de tara?

### **1.3. Justificación de la investigación**

La razón fundamental de llevar a cabo esta investigación es lograr conseguir un aditivo nutricional para así poder favorecer, la contribución de la elaboración de nuevos alimentos funcionales con mayor valor nutricional, por eso mismo se necesita conocer y evaluar la microencapsulación del colágeno de porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara, en la actualidad no se ha visto que el colágeno sea haya puesto como aditivo nutricional, entonces para que se facilite la aplicación se desea reducir el tamaño de partícula.

Como se indicó en el problema, el colágeno hidrolizado (CH) obtenido de fuentes animales conocido en la zona como (gelatina de pata) se remonta al año 1175, cuando se demostró que la ingestión de gelatina reduce el dolor y mejora la función articular. La importancia de estos efectos beneficiosos ha sido demostrada mediante diversos ensayos clínicos controlados realizados desde la década de los 80 y basados en la hipótesis de que la ingesta de un CH que tenga la calidad y presentación adecuada estimula y facilita la síntesis de la matriz extracelular del cartílago y otros tejidos cuya estructura conformada por colágeno, con efectos muy beneficios y perceptibles (Moskowitz, 2000).

En base a los fundamentos se está utilizando los desperdicios de los animales más consumidos en la actualidad, como es el porcino, la cual cumple con los beneficios ya mencionados, así mismo se ve que desperdicios ya sean las patitas, grasas y tendones, lo que en su mayoría terminan en la basura y contaminan al medio ambiente.

De ese modo se desea innovar dando una buena vida útil a esos de desperdicios. Entonces según las encuestas de producción se ve una gran cantidad de producción de porcino, ya que su producción es alta, por lo cual los desperdicios se encuentran a la par de la cantidad de producción (INEI, 2021).

Además, en el ámbito ambiental se ve que la disposición de los subproductos provenientes de los animales, como el porcino generan indudablemente un impacto ambiental en la comunidad en la que habitamos. Sabemos que aún no existen regulaciones por los ministerios o las municipales en los camales, por lo que con lleva a considerar estos subproductos. Por eso mismo los desechos del porcino, ya que

entendemos que con un buen proceso se podrá dar una buena utilidad y ponerlo como materia prima para su industrialización, lo cual hace relevante el desarrollo de trabajos de investigación donde se haga y se valide este uso.

Asimismo, hoy en día se ve que muchas sustancias que pueden ser encapsuladas en partículas de polvo solidas o pueden ser micro encapsuladas en emulsiones estructuradas para el consumo saludable humano (Palzer, 2009).

Desde el punto de vista metodológico la encapsulación ofrece grandes alcances para la conservación, germinación e intercambio de alimentos, la cual resulta en una técnica promisor para la conservación, transporte de plantas transgénicas y plantas no productoras de semillas, lactasa, colorantes, enzimas, fitoesteroles, luteína ácidos grasos, pigmentos vegetales, antioxidantes, componentes de aromas y oleorresinas, vitaminas, minerales (Young et al., 1993).

Además, la microencapsulación abarca diferentes campos de estudio y de aplicación, según el estudio realizado por el cite-agroindustrial la mayoría de los estudios se centran en el desarrollo de procesos, así dejando de lado la prueba de las aplicaciones finales como tal. Se observo que mundial mente la investigación sobre la microencapsulación se ve según los informes que Brasil está en la posición 1 al contar con 32 publicaciones referidas a investigación sobre la microencapsulación y Portugal en segundo lugar con 27.

Por eso en el Perú se ve que por todo lo sucedido, los consumidores están listos para poder experimentar nuevos productos, especialmente de origen vegetal, animal. Se está viendo que, a mediano plazo, los alimentos funcionales ofrecen beneficios específicos para la salud que van más allá de una ingesta diaria, ya sea para una mejor salud ósea y el control del colesterol entre otros beneficios específicos. Por eso se está viendo en gran cantidad que los fabricantes de alimentos están implementando la fortificación de distintos aditivos nutricionales, así tenemos los ácidos grasos omega -3, fibras, vitaminas y minerales en los diferentes productos que se puede observar en el mercado.

Por eso mismo el Perú, relacionado a las publicaciones de microencapsulación es muy pobre ya que según la investigación del cite agroindustrial indica que no cuenta con

muchas investigaciones. Por eso mismo, gracias a los laboratorios de la universidad se busca realizar investigaciones realizadas a este tema, para apoyar con el desarrollo.

## **1.4. Objetivos de la investigación**

### **1.4.1. Objetivo general**

- Evaluar la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma tara.

### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.
- Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, actividad de agua, densidad aparente e higroscopicidad de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.
- Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.

## **1.5. Formulación de hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis general**

- La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en las propiedades físicas, químicas y estructurales de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma tara indican valores favorables.

### **1.5.2. Hipótesis específicas**

- La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó un valor alto.
- La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, actividad de agua, densidad aparente e higroscopicidad de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó valores favorables en cada una de las propiedades.

- La influencia en la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó valores favorables.

## CAPITULO II: Antecedentes

### 2.1. Antecedentes de la investigación

Palamutoğlu y Sariçoban (2019), estudiaron la actividad de los hidrolizados de colágeno de pescado encapsulados con maltodextrina. En esta investigación el principal objetivo fue evaluar el efecto del proceso de encapsulación sobre el hidrolizado de colágeno. Se siguió los siguientes pasos: el hidrolizado de colágeno comercial (CH) se secó por aspersion con la maltodextrina con dos equivalentes de dextrosa diferentes (10-12 equivalente de dextrosa y maltodextrina 19-20) y dos proporciones diferentes de material de pared de 10:90 y 20:80 en el secador de aspersion a escala piloto. Las propiedades evaluadas fueron: de  $6.19 \pm 0.34$  a  $6.35 \pm 0.33\%$  humedad, la actividad del agua entre 0.11 a 0.35 y la higroscopicidad de 9.86 a 10.73 %.

La investigación permitió conocer la evaluación de propiedades como la humedad, actividad de agua, higroscopicidad, además permitió tomar como referencia las proporciones del material de núcleo/pared que se tomó en cuenta en el presente estudio.

Jarrin (2021), estudio la microencapsulación de colágeno hidrolizado enriquecido con pulpa de *ananás comusus* (piña), mediante el método de secado por atomización, con la finalidad de lograr un rendimiento del 90.90% y una humedad del 2%, A partir de esos datos obtenidos se realizó un diseño experimental utilizando el método de superficie de respuesta para optimizar los parámetros y así poder replicar en proceso en futuras producciones ya sea a gran escala. Las propiedades fisicoquímicas estudiados fueron: la humedad que dio un 2.03%, porcentaje de ceniza:2.5%, higroscopicidad: 10.80 % y fluidez: 9.09%, además nos indica las de entrada de aire de secado 182 C, flujo de alimentación de 45 MI/min y una frecuencia de 55 Hz, se evaluó también la morfología de las microcápsulas se obtuvo mediante el microscopio electrónico de barrido (SEM), las pruebas organolépticas realizadas fueron: color, sabor, olor, viscosidad.

La investigación contribuyó a entender los estudios realizados sobre la microencapsulación de colágeno y conocer las propiedades fisicoquímicas de la microencapsulación de colágeno y así mismo las temperaturas de entrada, flujo de alimentación y la frecuencia para la respectiva evaluación de la investigación.



Latip et al (2015) estudio la optimización del proceso de secado por aspersión en hidrolizado de colágeno escamas de pescado comercial y se caracterizó por microscopio de barrido y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier, se aplicó la metodología de superficie de respuesta para optimizar el rendimiento del colágeno de pescado hidrolizado mediante el secado por aspersión. En esta investigación se evaluó dos factores, la temperatura de entrada (130 - 150°C) y el caudal (6 -10%) con la respuesta del rendimiento. Se obtuvo un rendimiento máximo (60.93%) con una temperatura de entrada (138°C) y un caudal del 7%. Para así evaluar las condiciones optimizadas, las evaluaciones realizadas fueron: la caracterización por microscopio electrónico de barrido y espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier del colágeno de pescado hidrolizado comercial, los resultados mostrados de SEM mostraron que el proceso de calentamiento visualizado a partir del secado por aspersión obligo a las partículas a encogerse más y así reducir su tamaño de partícula en comparación a la muestra sin procesar.

Esta investigación contribuye en el secado por aspersión que se consideró una de las mejores técnicas de secado de colágeno hidrolizado, aparte nos indica el rendimiento, las temperaturas de entradas por las que paso el colágeno.

Garrido et al (2006), estudio el efecto de las proteínas de la piel de cerdo sobre la textura de salchichas. La cual define las características de la calidad de productos cárnicos y una de sus propiedades importantes que es la capacidad de la emulsión, la gelificación. El objetivo de esta investigación fue determinar el efecto de las proteínas extraídas de la piel del cerdo, la cual nos indica que se obtuvo un colágeno de piel de cerdo y se utilizó a temperaturas de 80 °C por un tiempo de 4h, a diferentes pH y molaridades. Los resultados obtenidos en esta investigación indicaron con una interacción entre el pH y la concentración de NaCl utilizados, obteniendo niveles de proteína de 57.9% y colágeno de 5.31 mg/g.

En este trabajo ayuda a tener en cuenta la identificación y evaluación de la proteína que se obtiene del cerdo, con diferentes pH y la cantidad que llegan a obtener de proteína y las variaciones que se va a tener.

Palamutoglu y Saricoban (2016), investigaron el efecto de la adición de hidrolizado de colágeno de pescado comercial e hidrolizado de colágeno de pescado encapsulado sobre las características de calidad del sucuk (una salchicha tradicional turca fermentada en seco). Los hidrolizados de colágeno de pescado se encapsularon con maltodextrina (MD), los cuales dieron dos equivalentes de dextrosa diferentes (12DE y 19 DE), con dos tipos diferentes de relaciones de material de núcleo/recubrimiento (10 % de péptido: 90 % de MD, 20 % de péptido: 80 % de MD) Más de seis grupos de masa sucuk (control, péptido, MD1210, MD1220, MD1910, MD1920) preparados y fermentados naturalmente. Indicando los resultados del porcentaje de proteína, como MD1220 (10% péptido de colágeno + 90% MD19) con 18.42% proteína y MD1920 (20% péptido de colágeno + 80% MD19) con 22.56% proteína, una humedad de 29.03 a 52.66 y una actividad de agua de 0.92 a 0.95.

Con la siguiente investigación contribuye con la información que brinda sobre el material de pared y núcleo, con las cuales nos indica sus resultados evaluados que tienen relevancia en esta investigación como el de la humedad, actividad de agua, las concentraciones y las proteínas encapsuladas en la maltodextrina.

Rocha et al (2009), en su investigación ejecutaron microcápsulas de hidrolizado de caseína mediante secado de aspersion usando maltodextrina (DE 10 y 20) como material de pared, para evaluar la eficiencia de la microencapsulación para atenuar el sabor amargo del hidrolizado usando barras de proteína como sistema modelo. Las microcápsulas se evaluaron en cuanto a morfología (SEM), tamaño de partícula, higroscopicidad y solubilidad, Se prepararon barras con la adición de hidrolizado de caseína al 3% en forma libre o en ambas formas encapsuladas, y luego se evaluaron en cuanto a su humedad, actividad de agua ( $a_w$ ) y por su sabor amargo mediante una prueba de clasificación. Las microcápsulas eran del tipo matriz, con superficies continuas sin porosidad aparente para ambos recubrimientos. Ambos hidrolizados de caseína encapsulados tenían una higroscopicidad similar y valores más bajos que los hidrolizados encapsulados libres. El grado de hidrólisis de la maltodextrina influyó únicamente en el tamaño de partícula y la  $T_g$ . La microencapsulación por secado por

aspersión con maltodextrina DE 10 y 20 fue exitosa para atenuar el sabor amargo y la higroscopicidad de los hidrolizados de caseína.

La investigación, contribuyo con los resultados dados para la microencapsulación de hidrolizados ya que en su investigación nos indica las evaluaciones de la higroscopicidad, solubilidad y tamaño de partícula (SEM) así mismo también la humedad, actividad del agua y el sabor amargo.

Silvera (2018), en su trabajo de investigación ejecutaron el tratamiento de la piel del pescado tilapia (*Oreochromis niloticus*), manejando la piel como materia prima. Las propiedades fisicoquímicas del colágeno, se caracterizaron la composición química proximal fue de  $54,14 \pm 0,90\%$  de proteína,  $68,18 \pm 1,96\%$  de humedad y una densidad aparente de 0,82 g/ml.

Con esta investigación se encuentra gran información para poder realizar la obtención de colágeno por el método hidrolisis y también con los cambios que se efectúan al obtener colágeno hidrolizado así mismo la caracterización correspondiente.

Ligarda et al (2022), en el trabajo de investigación titulado microencapsulación de eritrocitos extraídos de cavia porcellus sangre en matrices de goma de tara y almidón de papa nativa, la cual para la microencapsulación prepararon soluciones con eritrocitos al 20 % y encapsulantes al 5, 10 y 20%, las mezclas fueron secadas por atomización a 120 y 140 °C. el cual en la investigación indica el contenido de hierro en los eritrocitos fue de 3.30mg/g entre 2.32 y 2.05 mg/g para los encapsulados ( $p < 0,05$ ) así mismo nos indica el rendimiento de los tratamientos que varían entre 47.84 y 58.73%. La humedad fue inferior a 5%, la  $A_w$  se relacionó con los mecanismos de deterioro biológico y químico, como el pardeamiento enzimático y no enzimático, ya que valores altos nos indica la mayor disponibilidad de agua libre, los cuales son capaces de participar en diferentes mecanismos de reacción, indican que se recomienda en productos atomizados el valor sea inferior a 0.6, el  $A_w$  para todas la muestras fue entre 0.36 y 0.43, menciona que el aumento de temperatura y proporción de encapsulados el  $A_w$  disminuye. También nos mencionan los valores de la densidad aparente que fue entre 0.17 y 0.24. También nos da los valores de la solubilidad ya que es una propiedad esencial en los productos alimenticios, sus valores fueron entre 43.22 y 57.18% indican que, para los

encapsulados, los resultados aumentaron con el aumento de temperatura, en cuanto a la higroscopicidad sus valores fueron entre 22.05 y 32.34%.

Mamani (2018), en su trabajo de investigación un estudio comparativo de obtención del colágeno con tres enzimas, con una hidrólisis enzimática de papaína, pancreatina y colagenasa, para adquirir colágeno hidrolizado de tendones (patas) de bovino. Realizó un grado de hidrólisis por el método de Ph-stato para la extracción de colágeno en la reacción de la hidrólisis enzimática de pancreatina se tuvo 80.70% de proteína.

Iglesias y Pichucho (2021) En su investigación de desarrollo de un micro encapsulado de cedrón (*Aloysia Citrodora*) mediante secado por aspersion, (Spray drying) que usa materiales encapsulantes como la (maltodextrina y goma arábica) lo cuales actúan como protectores del oxígeno para evitar la oxidación, los estudios de esta técnica han ido en aumento por la necesidad de proteger el material importante del microencapsulado (extracto) y por otra parte a los componentes como calor y humedad, capacidad antioxidante, estabilidad y factibilidad. En la optimización establecieron 9 corridas y sus factores de control fueron: el flujo de alimentación de 500 ml/h, 600 ml/h y 700 ml/h y trabajaron con temperaturas de entrada de aire a 130 °C, 140 °C y 150 °C. donde aplicaron un diseño experimental de superficie de respuesta utilizando el programa Design Expert 8.0.6, para el procesamiento de los datos que obtuvieron, por la optimización del proceso, en el cual determinaron las condiciones óptimas a una temperatura de aire de entrada de 150° C y una velocidad de flujo de alimentación de 500 mL/h tuvieron un rendimiento del 94.70%, humedad 3.845%, eficacia de la microencapsulación 93,9%. Además, se caracterizó al micro encapsulado optimizado teniendo valores de higroscopicidad 13 g/100g, densidad aparente 0.3213 g/ml, densidad compacta 0.5712 g/ml, pH 5. 24.

Kurozawa et al (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersion en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, se hizo una reacción enzimática, se llevó a cabo a 52.5 C, 4.2 g de enzima/100 g de proteína y pH de 8,0 para obtener un hidrolizado de proteína. El secado por pulverización se llevó a cabo en un secador por pulverización de laboratorio y se utilizó maltodextrina 10DE como agente portador. Se usó un diseño central giratorio compuesto para evaluar el efecto de

las variables independientes temperatura del aire de entrada, flujo de alimentación y concentración de maltodextrina en las respuestas del contenido de humedad del polvo, la densidad aparente, el diámetro medio de las partículas y la higroscopicidad. Todas las variables tuvieron un efecto significativo sobre las propiedades y la morfología del polvo de hidrolizado de proteína.

Kurowaza et al (2009), en su investigación de efecto de la maltodextrina y la goma arábica sobre la absorción y la temperatura de transición vítrea de la proteína hidrolizada de pollo deshidratada por aspersión, con el fin de investigar el hidrolizado en polvo, puro y formulado con 10%,20% y 30% (p/p) de aditivo, dando una caracterización en el contenido de humedad de 91.32 % y el contenido de proteína 7.05 %.

## CAPITULO III: Marco teórico

### 3.1. Bases teóricas

#### 3.1.1. Colágeno

El colágeno se le conoce como una proteína estructural la cual es fundamental para el ser vivo, se encuentra en todos los animales, incluido el ser humano.

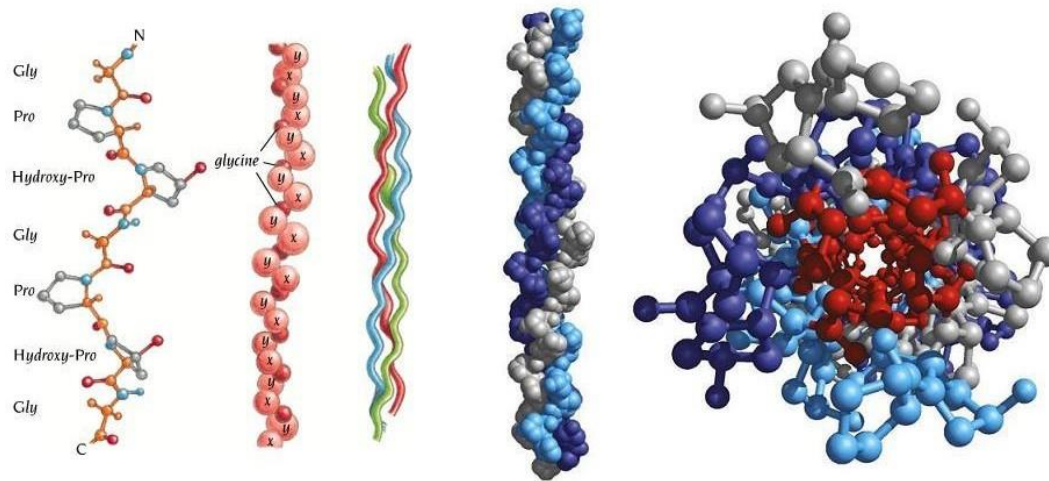
- Constituye alrededor de un 30 % de las proteínas presentes en el cuerpo humano.
- El colágeno trabaja como una función vital para el organismo pues garantiza la cohesión, la elasticidad y la regeneración de los tejidos conectivos.
- La mayor parte de concentraciones de colágeno se encuentran en los tejidos conectivos, los huesos y la piel: en esencia, es la «cola» que lo mantiene todo unido.
- Esta forma de colágeno no tratada se conoce comúnmente como «colágeno nativo».

Si se habla del colágeno nativo, el colágeno nativo es difícil de digerir. Para que se pueda consumir se tiene que aprovechar sus beneficios naturales, debe procesarse en péptidos de colágeno para su biodisponibilidad. Este proceso, conocido como «hidrólisis», implica la descomposición de los enlaces moleculares entre los filamentos de colágeno individuales en pequeños péptidos que pueden ser digeridos y absorbidos por el organismo (PEPTAN, 2020). Entonces, estos péptidos se pueden utilizar en una amplia gama de suplementos muy beneficiosos, que pueden contribuir positivamente a la salud de huesos y articulaciones, frenar el envejecimiento, acelerar la recuperación tras el ejercicio y mejorar el aspecto de la piel (PEPTAN, 2020).

La estructura de la proteína del colágeno sigue una jerarquía compleja dividida en cuatro estructuras: esta la estructura primaria (tripleto de aminoácidos [ Gly – X – Y ]<sub>n</sub>, con o sin interrupciones), la estructura secundaria ( ocupa de las posiciones X e Y por la prolina y su forma hidroxilada, la hidroxiprolina, respectivamente), la estructura terciaria (triple hélice, formada por tres cadenas alfa de poli prolina de idéntica longitud), lo que confiere al colágeno una estructura cuaternaria única (fibrillas)(PEPTAN, 2020). En la Figura 1 se visualiza la estructura del colágeno.

## Figura 1

### Conformación estructural del colágeno



Fuente: INTERPORC (2014).

### 3.1.2. Tipos de colágeno

Los tipos de colágeno descritos por (Bailey y Light, 1989), llegan a ser un total de 11, los cuales se observa en la Tabla 1. De esa tabla se extrae los más importantes los cuales son el tipo I, II, III, IV y V.

**Tabla 1***Tipos de proteínas*

<b>Tipo</b>	<b>Composición Molecular</b>	<b>Localización</b>
<b>Grupo I – Colágeno fibrilar</b>		
I	$[\alpha 1 (I)]_2\alpha 2 (I)$	Piel, tendón, huesos, dentina.
II	$\alpha 1 (II)]_3$	Cartílago, discos vítreos, notocordia
III	$[\alpha 1 (III)]_3$	Sistemas vasculares, piel, intestinos
<b>Grupo II -Colágeno no fibroso</b>		
IV	$[\alpha 1 (IV)]_2\alpha 2 (IV)$ o $[\alpha 1 (IV)]_3$	Membrana basal
<b>Grupo III – Colágeno microfibrilar</b>		
<b>Matriz</b>		
VI	$\alpha 1 (VI)\alpha 2 (VI)\alpha 3 (VI)$	Sistema vascular
VII	$\alpha$	Membrana amniótica, piel
<b>Pericular</b>		
V	$[\alpha 1 (V)]_2\alpha 2 (V)$ u otra combinación	Tejido embrionario, piel, sist. Vascular
XI	$\alpha 1 (IX)\alpha 2 (IX)\alpha 3 (IX)$	Cartílago
X	$[\alpha 1 (X)]_3$	Cartílago
<b>No clasificado</b>		
VIII	a	Endotelio aórtico
XI	a1 a2 a3	Cartílago

*Fuente:* Bailey y Light (1989).

Donde: a1 a2 y a3 las cuales representan los tres tipos de cadenas que se diferencian en el contenido de aminoácidos.



Donde: El número entre paréntesis solo indica el tipo de colágeno formado. Cada molécula de colágeno posee tres cadenas  $\alpha$ , siendo así su representación:  $[\alpha 1 (I)]_2 \alpha 2$   
(I) = Colágeno tipo I constituida por dos cadenas una  $\alpha 1$  y otra  $\alpha 2$ .

### **3.1.3. Aplicación del colágeno**

La variedad de las características con las que se facilitan la combinación del colágeno con otros materiales, su abundancia, la biocompatibilidad, alta porosidad, su facilismo de procesamiento, hidrofilia, la baja antigenicidad y la capacidad de absorción en el cuerpo, esta proteína tiene muchas aplicaciones en los diferentes ámbitos industriales, uno de ellos es el alimenticio, esta también el farmacéutico y biomédico (Serrano, 2011).

Si deseamos tener un aditivo nutricional en la parte biomédica demostraron la función del colágeno en permitir la proliferación de las células específicas en el tejido cardiovascular. Se ve que en la industria farmacéutica y cosmética se ha llegado a utilizar esta proteína para la prevención de los signos de la edad, en la producción de piezas para curar heridas y en el desarrollo de medicamentos que liberan los principios activos del cuerpo (Serrano, 2011).

### **3.1.4. Colágeno hidrolizado**

El colágeno hidrolizado es una mezcla de péptidos de colágeno con un peso molecular menor a 100 000 Da. Se obtiene a través del proceso de hidrolizado se ve causada cuando la gelatina se rompe en pequeños fragmentos llamados péptidos, los cuales son solubles en agua fría, se digieren mejor ya que es la forma del colágeno que nuestro cuerpo mejor absorbe. se sabe que más del 90 % de los péptidos de colágeno aparecen en nuestro torrente sanguíneo unas horas después de consumirlos y son enviados a su lugar de acción en nuestro cuerpo (PEPTAN, 2020).

### **3.1.5. Proteínas**

Las proteínas son las moléculas complejas formadas por ciertos o miles de unidades más pequeñas llamadas aminoácidos, que se unen entre si en largas cadenas. Las cuales realizan varias funciones muy importantes dentro de los seres vivos, realizan la mayor parte del trabajo que se da en las células y son necesarias para la estructura y correcta función de los órganos del cuerpo humano (Guillén, 2009).

### **3.1.6. Carne de cerdo en la industria**

El cerdo es una de las carnes más populares en todo el mundo y representa el 36 % del consumo de carne mundial. Muchos consumidores e incluso fabricantes desconocen su relación con el colágeno y la gelatina. Aunque no haya oído hablar del colágeno de origen porcino, probablemente habrá oído hablar de la «gelatina de cerdo», un agente gelificante habitual que se obtiene de los cerdos. Si alguna vez ha cocido lentamente codillo o paleta de cerdo, habrá observado que al enfriarse el líquido se vuelve gelatinoso: esa es una forma básica de gelatina. Esta gelatina es rica en péptidos de colágeno porcino y tiene mayor biodisponibilidad que el colágeno de cerdo nativo, No obstante, los péptidos de colágeno puro ofrecen una digestibilidad todavía mayor (INTERPORC, 2014).

Según Fernando Cillóniz Benavides, el cual menciona que el precio promedio mensual de carne porcina en 2020 fue de 6.72 soles el kilogramo, lo que es ligeramente menor en 3.3% al precio promedio mensual del 2019 donde ascendió a 6.95 soles el kilogramo. “Cayó la producción y cayó el precio de La carne porcina por esta crisis (económica) que estamos viviendo, por lo que la gente optó por otras alternativas de proteínas”, sostuvo. Detalló que las principales regiones productoras de carne de porcino en Perú en 2020 fueron: Lima, que produjo el 43.3% del total, La Libertad 11.2%, Arequipa 6.7%, Ica 6.6%. Le siguen Huánuco, Piura, Cajamarca, Junín, Cusco, San Martín, otros. En cuanto a la exportación de carne de porcino procedente de Perú, dijo que en el 2020 alcanzó los 54.808 dólares americanos, mostrando una contracción de 68.6% respecto al año previo, donde ascendió a 174.456 dólares (INTERPORC, 2014). Por su parte, la importación de carne de cerdo por parte de Perú en 2020 sumó 18.1 millones de dólares en valor y 7.1 mil toneladas en volumen, cuando en 2019 fue de 21.2 millones de dólares por 9.5 mil toneladas, notándose una reducción de 14.6% en valor y 25.3% en volumen (INTERPORC, 2014).

#### **3.1.6.1. Composición de la carne de cerdo**

La carne de cerdo ha evolucionado en los últimos años su calidad nutricional, especialmente en lo que se refiere a la cantidad de grasa, que ha disminuido de manera considerable. Esta pérdida ha sido mucho más acusada en las piezas cárnicas de mayor

trascendencia comercial (jamón, paleta, lomo y solomillo), quedando relegado su depósito mayoritario a piezas muy concretas, como son el tocino dorsal, la panceta y las grasas de cobertura (Garrido et al., 2006). De hecho, las carnes magras (solomillo, cinta de lomo, costillas de lomo y pierna) del cerdo de raza blanca contienen solo un 2-11 % de grasa intramuscular (Garrido et al., 2006).

También se observa que alrededor del 70 % de la grasa de la carne de cerdo es subcutánea, por lo que se puede eliminar fácilmente. Dado que el cerdo es un animal monogástrico, la composición de su grasa está muy influenciada por la alimentación que hoy es, fundamentalmente, a base de cereales y de soja, lo que determina que la carne sea rica en ácidos grasos insaturados. De hecho, su contenido en grasas mono y poliinsaturadas abarcan globalmente dos terceras partes (42,9 % grasa monoinsaturada y 15,9 % grasa poliinsaturada), frente a la tercera parte de saturadas (34 %). (INTERPORC, 2014). Si lo comparamos con el perfil lipídico equilibrado en una alimentación saludable observamos que la carne de cerdo se ajusta a este perfil lipídico recomendado. Además, la carne de cerdo prácticamente no posee ácidos grasos trans (Garrido et al., 2006).

En la carne de cerdo se ve presencia de los diversos compuestos que se pueden apreciar en la Tabla 2, en la cual nos muestra su composición bien se sabe que la carne de cerdo es rica en micro y macronutrientes, con el compuesto que se trabajara es las proteínas la cual le daremos más énfasis.

**Tabla 2***Composición de la carne de cerdo*

<b>Compuesto</b>	<b>Contribuye</b>
<b>Proteínas</b>	Contribuyen a aumentar y conservar la masa muscular. Necesarias para el normal crecimiento y desarrollo de los huesos en los niños.
<b>Grasas</b>	El lomo de cerdo tiene un bajo contenido de grasa y grasas saturadas. Un menor consumo de grasas saturadas contribuye a mantener niveles normales de colesterol sanguíneo.

*Fuente:* INTERPORC (2014).

### **3.1.6.2. El colágeno de origen porcino**

Desde tiempos antiguos se vio los seres humanos primitivos no podían permitirse el desperdicio. Por ello, aprovechaban todas las partes del cerdo, inclusive las patas, los huesos y los tejidos conectivos (como los cartílagos), todos ellos con altos niveles de colágeno. Ponían a cocer todas estas partes para obtener caldos o guisos espesos, ricos en todos los nutrientes esenciales para la vida (PEPTAN, 2020). A medida que la civilización progresó, los seres humanos descubrieron que se podía extraer el colágeno de los caldos espesos para utilizarlo como ingrediente. Con el tiempo, este ingrediente acabó transformándose en el áspic, una sabrosa gelatina esencial para elaborar diferentes tipos de platos deliciosos presentes en las cocinas de todo el mundo (PEPTAN, 2020).

### **3.1.7. Microencapsulación**

La microencapsulación es un proceso mediante el cual se aplica un recubrimiento, revestimiento o material de pared para proteger ingredientes sensibles, evitar pérdida de ingredientes volátiles y permitir la liberación controlada del material del núcleo (Eraso y Aníbal, 2014).

En el campo de alimentos, se hace referencia a la microencapsulación como una técnica mediante la cual gotas de un líquido, partículas sólidas o compuestos gaseosos se atrapan en películas delgadas de un agente encapsulante de calidad alimentaria, mediante la cual se proporciona una barrera física entre el compuesto de núcleo y los componentes del producto (Gharsallaoui et al., 2007).

Las microcápsulas obtenidas son pequeñas partículas con tamaños entre 1 y 1000  $\mu\text{m}$ , que se constituyen de dos partes básicas, el núcleo o agente activo (parte interna) y la pared (parte externa) que usualmente es constituida por una membrana polimérica la cual protege el núcleo del ambiente externo (Martins et al., 2014).

El núcleo puede ser un material cristalino, una partícula adsorbente, una emulsión, una suspensión de sólidos o una suspensión de micropartículas más pequeñas; mientras que la pared puede estar compuesta por una amplia gama de materiales como monómeros y/o polímeros (Gharsallaoui et al., 2007).

Tanto el tamaño como la forma de las microcápsulas dependen de los materiales y los métodos empleados para prepararlas. Las propiedades fisicoquímicas del núcleo, la composición de la pared y la técnica de microencapsulación dan lugar a diferentes tipos de partículas que pueden ser de diferentes formas: forma simple, constituida de una esfera rodeada de un revestimiento de espesor uniforme; de forma irregular; partículas de núcleo dispersas en una matriz continua de material de pared; múltiples núcleos dentro de una misma cápsula o microcápsulas de pared múltiple (Gharsallaoui et al., 2007).

Existe un número amplio de sustancias empleadas para la encapsulación, entre ellas lípidos, proteínas y carbohidratos, siendo este último grupo el más empleado, donde se encuentran los polímeros como almidones, celulosa y derivados (Wandrey et al., 2010). La goma arábiga ha sido ampliamente utilizada como material de pared para microencapsulación de aceites y sabores debido a su alta eficiencia de encapsulación y buena retención de volátiles (Frascareli et al., 2012). Se compone de una goma natural con buenas propiedades emulsionantes puesto que contiene una pequeña cantidad de proteína en su composición. Además, presenta una alta solubilidad y baja viscosidad en solución acuosa, lo que facilita el proceso de secado por aspersion. Por otra parte,

existen diferentes tecnologías para llevar a cabo procesos de microencapsulación de aromas. Se pueden mencionar el secado por aspersión (spray drying), aspersión por refrigeración (spray-cooling), extrusión, extrusión centrífuga, liofilización (freeze-drying), coacervación, cocrystalización, entre otros (Zuidam y Nedovic, 2010).

### **3.1.8. Secado por aspersión**

El secado por aspersión o spray drying es considerado como una operación unitaria mediante la cual un producto líquido es atomizado en una corriente de gas caliente para obtener instantáneamente un polvo (Gharsallaoui et al., 2007). El gas utilizado para el secado es usualmente aire caliente, mientras que el líquido pulverizado puede ser una solución, una emulsión o una suspensión. Dependiendo de las condiciones de operación y del material de alimentación, se puede obtener un polvo muy fino (10 – 50  $\mu\text{m}$ ) o partículas de gran tamaño (2 – 3 mm) (Gharsallaoui et al., 2007).

El proceso de secado por aspersión tiene muchas ventajas sobre otras técnicas de secado, como el bajo costo de operación y mantenimiento y la disponibilidad de equipos a escala comercial. Los polvos producidos por secado por atomización tienen mejor calidad en términos de su bajo contenido de humedad y fluidez, lo que ofrece una mayor vida útil del producto. El secado por pulverización consta principalmente de tres pasos operativos principales: (1) atomización de la alimentación líquida, (2) deshidratación / secado de gotitas atomizadas y (3) separación de partículas de polvo del aire (Chopde et al., 2020). La tecnología de secado por aspersión ofrece alta velocidad de producción y costos de operación relativamente bajos, obteniendo polvos estables y de aplicación fácil (Bakry et al., 2016).

La evaporación de las muestras ocurre en un corto tiempo (ms o s) siendo muy adecuado para productos sensibles al calor (Nedović et al., 2013).

Las temperaturas de secado pueden estar en un rango de 160 – 220 °C, que pueden calentar las gotas atomizadas a 100 °C casi de forma instantánea. Durante el proceso se forma una película delgada en la superficie de las gotitas y la concentración de compuestos en las gotitas se incrementa; de este modo, las moléculas de aroma que son más grandes (mayor peso molecular) se mantienen, mientras las moléculas de agua

más pequeñas continúan su difusión hacia el exterior a una velocidad considerable (Zuidam y Heinrich, 2010).

### 3.1.9. Materiales encapsulantes

Existen diferentes paredes encapsulantes para cubrir materiales sólidos, líquidos o gaseosos. Estos se muestran en la Tabla 3.

**Tabla 3**

Materiales encapsulantes

<b>Material para encapsular</b>	<b>Cobertura específica</b>
Gomas	Acacia, agar, alginato de sodio, carragenina
Carbohidratos	Almidón, maltodextrinas, quitosano dextranos, sacarosa, jarabes de maíz
Celulosas	Etilcelulosa, metilcelulosa, acetilcelulosa, nitrocelulosa, caboximetil-celulosa
Lípidos	Ceras, parafinas, diglicéridos, monoglicéridos, aceites, grasas, ácido esteárico, trisetearina
Proteínas	Gluten, caseína, albúmina
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos

*Fuente:* Desai y Jin Park (2005).

### 3.1.10. Maltodextrina

La maltodextrina es un polisacárido moderadamente dulce (carbohidratos), de fórmula  $C_{6n}H_{(10n+2)}O_{(5n+1)}$  que se obtiene por la hidrólisis del almidón en proceso enzimático, por lo que es un aditivo que, aunque se ha procesado, es de origen natural. Es fácilmente de digerir, siendo absorbida tan rápidamente como la glucosa (Pszczola, 1998). Se muestra en la tabla 4 la composición de la maltodextrina.

**Tabla 4**

Composición de la maltodextrina

Composición	Valor (%)
Dextrosa	1%
Maltosa	3%
Triosas y Polisacáridos	96%
Estado	Sólido
Color	Blanco

*Fuente:* Pszczola (1998).

Como se puede observar en la tabla, la maltodextrina está compuesta por una mezcla de varios carbohidratos con diferentes grados de polimerización que en conjunto proporcionan un equivalente de dextrosa (DE) menor al 20%. La composición de los jarabes de maltodextrina se asocia comúnmente al DE, de tal forma que DE inferior a 20 se denomina dextrina y un DE superior a 20, y menor que 100, se denomina glucosa (Pszczola, 1998).

#### 3.1.10.1. Uso de la maltodextrina

La maltodextrina se utiliza en la industria como aditivo alimentario, humectante y espesante, para estabilizar alimentos con muchas grasas, dispersar ingredientes secos, favorecer el secado por aspersión de sabores de jugos o frutas u otros productos difíciles de secar, y como fuente de carbohidratos en bebida energética ya que proporciona tantas calorías como el azúcar actuando como agente aglomerante, ayudan a crear los cristales de azúcar que es luego agregado a los envases (Pszczola, 1998). Sus



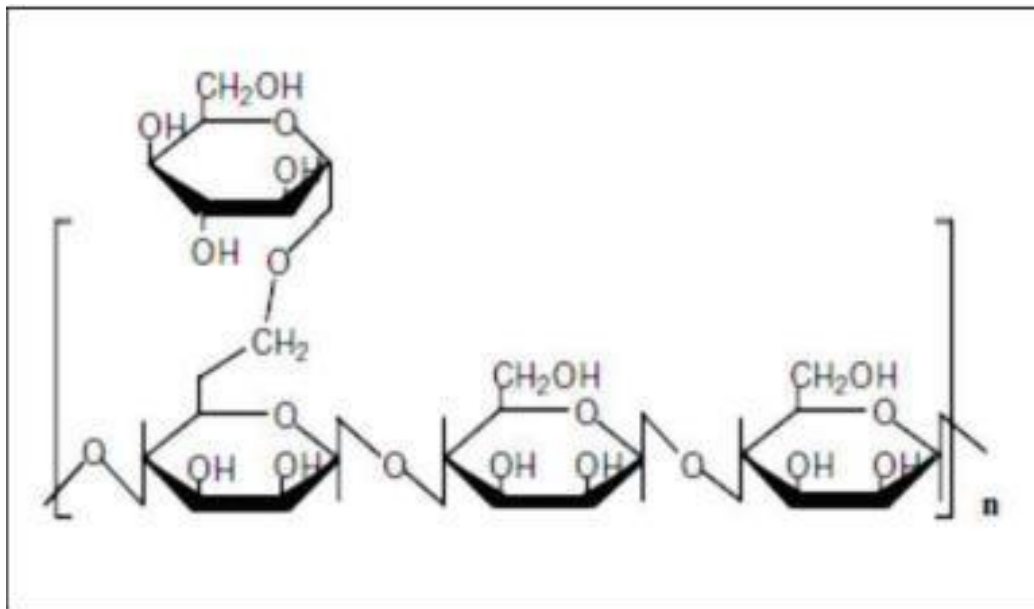
cualidades están referidas a su baja higroscopicidad, buena solubilidad y bajo poder edulcorante (Pszczola, 1998).

### 3.1.11. Goma de tara “*Caesalpinia Spinosa*”

La goma de tara es un biopolímero formado por monómeros de G y M, es decir un galactomanano. Por la relación de galactosa-manosa sus propiedades son intermedias entre las de la goma garrofin y las de la goma guar. Esta goma está compuesta en su mayoría de polisacáridos dispuestos en cadenas lineales de manosa y galactosa, en la Figura 2, se observa la unidad monomérica de la goma de tara, donde una galactosa se constituye cada tres unidades de manosa. Las cadenas de esta goma están asociados a cationes metálicos que pueden ser de calcio, potasio o magnesio (Prajapati et al., 2013).

**Figura 2**

*Unidad monomérica de la goma de tara*



*Fuente:* Prajapati (2013).

La goma de tara es parcialmente soluble en agua fría hasta aproximadamente 80% de su peso seco. Su capacidad de espesamiento de la goma de tara es más alta que la de la goma de algarrobo y la goma de guar. La goma presenta características de

pseudoplastico en solución y un efecto gelificante o de suspensión viscosa a bajas concentraciones (menos del 1%), además llega a ser compatible con numerosos hidrocoloides, se sabe que la goma de tara es altamente hidrófila, retiene gran cantidad de agua (Prajapati et al., 2013).

### **3.1.12. Pancreatina**

La pancreatina tiene componentes enzimáticos que incluyen tripsina, amilasa y lipasa, ribonucleasa y proteasa, producida por las células exocrinas del páncreas porcino. Esta combinación de enzimas le permite hidrolizar proteínas, almidón y grasas. Teniendo una especificidad endopeptidasa y exopeptidasa. El pH adecuado es entre 7.5 – 8.5 y una temperatura de 30 a 48°C (Benítez et al., 2008).

### **3.1.14. Microscopía electrónica de barrido (SEM)**

La microscopía electrónica de barrido (SEM) es una técnica de análisis de superficies que utiliza un haz de electrones de gran energía que interactúa con una muestra opaca a los electrones. Esta técnica permite obtener resultados de la topología, la composición química y la estructura cristalina de muestras, es por esto que se usa para estudiar micro y nanoestructuras (Ipohorsky, 2011). Un microscopio electrónico de barrido (SEM), permite la observación y caracterización superficial de materiales inorgánicos y orgánicos, proporcionando información morfológica del material analizado, mediante el escaneo con un haz de alta energía de electrones en un patrón de exploración de trama (Dimas, 2011). Los electrones interactúan con los átomos que componen la muestra produciendo señales que contienen información sobre la topografía de la superficie de la muestra, la composición y otras propiedades como la conductividad eléctrica. Estas señales pueden ser captadas por detectores adecuados, por lo tanto, dependiendo del detector tendremos cierta información de la muestra (Dimas, 2011).

### **3.1.15. Humedad**

La cantidad de humedad es uno de los parámetros que ayudan en regular la calidad de granos y sus derivados, sin embargo, también influye en su conservación o resistencia al deterioro, a su vez es la referencia de la base seca del análisis bromatológico y en las operaciones comerciales de compra y venta (Nielsen y Bradley, 2010). Por eso, los

métodos para su cuantificación son muy diversos, pudiendo ser dispositivos no destructivos para detección continua en tiempo real en la línea de producción o con técnicas de laboratorio (Nielsen y Bradley, 2010).

### **3.1.16. Actividad del agua (Aw).**

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).

Este parámetro tiene relación con el contenido de agua de un alimento, directamente con el agua disponible o no ligada al soluto. Tiene relación con la vida útil de los alimentos, porque este determina la disponibilidad de agua para el crecimiento de microorganismos, actividad química, enzimática durante la conservación del alimento, que va a dañar su calidad (Cardona, 2019). Esto se da porque los microorganismos requieren cantidad de agua libre para vivir, donde la reacción se dan en los valores de 0 a 1, cuando se toman valores cercanos a 0 más difícil es la actividad biológica, por eso, existe mayor conservación y vida útil (Cardona, 2019). Es por ello que muchos métodos de conservación de alimentos se basan en reducir la actividad de agua mediante la deshidratación, la liofilización, la adición de azúcares o sales, la evaporación o la congelación. La Aw tiene un gran impacto tanto en la seguridad del alimento como en su calidad, ya que la actividad biológica va a influir también en su textura, sabor, color, gusto y valor nutricional, además de en el tiempo de conservación (Cardona, 2019).

### **3.1.17. Tamaño de partícula**

El tamaño de partícula es una característica física, y para determinarlo se usa la técnica de difracción laser, que está basada en que las partículas dispersan luz en todas las direcciones, con un patrón de intensidad que es dependiente del tamaño de la partícula. Mediante una fuente de luz láser y una serie de detectores, la mezcla es dispersada a través del haz de luz, y un software procesa la información obtenida por los detectores. Las partículas grandes dispersan la luz en ángulos pequeños en relación con el rayo láser, y las partículas pequeñas dispersan la luz en ángulos grandes (González, 2017).

Para el cálculo de la distribución de tamaño de partícula, la difracción láser utiliza la teoría Mie de la dispersión de la luz, suponiendo un modelo de esfera equivalente al volumen de la partícula. Esto quiere decir que supone que las partículas medidas son esféricas y los resultados que muestra este análisis se registran como un diámetro de la esfera equivalente al volumen de la partícula. Esta teoría asume que la partícula es una esfera uniforme homogéneamente óptica cuyos índices de refracción real e imaginario (absorción) son conocidos, que es iluminada por una onda plana de extensión infinita y de longitud de onda conocida, y que los índices de refracción real e imaginario del medio que la rodea también son conocidos (González, 2017). Entonces, basándose en las ecuaciones de Maxwell, resuelve la interacción electromagnética con la materia y predice los máximos y mínimos de intensidad de la dispersión de la luz producidos por las partículas cuando éstas son incididas por una radiación láser (González, 2017). Estas distribuciones de intensidad son los denominados patrones de dispersión de Mie y con ellos se determina el tamaño de partícula. Cada tamaño de partícula tiene su propio patrón de dispersión, a menor tamaño de partícula, más esférico el patrón, en unidades de  $\mu\text{m}$ .

## CAPITULO IV: Metodología de la investigación

### 4. Lugar de ejecución

La investigación se desarrolló en el Laboratorio de Investigación en Nanotecnología de Alimentos (LINA) de la Universidad Nacional José María Arguedas (UNAJMA), se realizó también algunos análisis en el Laboratorio de Investigación en Materiales para el Tratamiento de Aguas y Alimentos, los cuales se encuentran ubicados en el barrio de Santa Rosa, distrito de Talavera, provincia de Andahuaylas del departamento de Apurímac. El análisis de proteínas se realizó en la ciudad de Lima-Perú en la Universidad Nacional Agraria la Molina en la Facultad de Zootecnia, en el Laboratorio de Evaluación Nutricional de Alimentos (LENA).

#### 4.1. Identificación de variables

En la Tabla 5 se visualiza las variables independientes y dependientes:

**Tabla 5**

*Variables independientes y dependientes*

Variables independientes			Variables dependientes		
Colágeno porcino hidrolizado (núcleo)			- Proteínas.		
Temperatura de entrada			- Humedad, actividad del agua, Densidad aparente e higroscopicidad		
			- Tamaño de partícula y microfotografías.		

#### 4.2. Población y muestra

- **Población.**

Estuvo conformada por el colágeno porcino hidrolizado, que se extrajo de las patas de porcino sin daños biológicos, físicos y ninguna enfermedad, provenientes del Camal Municipal de la Provincia de Andahuaylas.

- **Muestra.**

Se realizó un muestreo no probabilístico del tipo discrecional a juicio del investigador, la muestra fue de 2 gr de microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado para cada tratamiento extraído.

#### **4.3. Tipo de investigación**

El trabajo de investigación fue aplicada, experimental y prospectiva:

Aplicada, porque se logró evidenciar que la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado permite obtener resultados interesantes en las variables estudiadas, en especial en el contenido proteico.

Experimental, debido a que se manipulo La temperatura y el porcentaje de núcleo durante la microencapsulación.

Prospectivo, ya que se tiene en cuenta que el microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado a futuro pueda ser utilizado en diferentes formulaciones de alimentos funcionales y nutraceúticos.

#### **4.4. Materiales, equipos, reactivos e insumos**

##### a) Materiales

Los materiales utilizados se muestran en la Tabla 6.

**Tabla 6***Materiales*

N°	Material	Cantidad
1	Vaso de precipitado de 100 ml	10 unidades
2	Vaso de precipitado de 1000 ml	10 unidades
3	Micropipetas automatizadas de 10 a 100 $\mu$ L	1 unidad
4	Micropipetas automatizadas de 100 a 1000 $\mu$ L	1 unidad
5	Micropipetas automatizadas de 1000 a 5000 $\mu$ L	1 unidad
6	Probetas de 10 mL	10 unidades
7	Lunas de reloj	5 unidades
8	Placa Petri	10 unidades
9	Espátulas de caucho	3 unidades
10	Micro espátulas de acero inoxidable	10 unidades
11	Pisetas	3 unidades
12	Frascos de polietileno para la conservación de muestras	10 unidades
13	Embudos de vidrio	10 unidades
14	Goteros	12 unidades
15	Papel Filtro de grado 41	1 paquete
16	Cronómetro	1 unidad
17	Bolsa transparente de polipropileno	15 unidades
18	Papel aluminio	1 caja
19	Guantes de nitrilo	1 caja
20	Cubos de hielo en bolsa de 3 g.	3 unidades
21	Bastidores	3 unidades
22	Tubos de ensayo	30 unidades
23	Cinta scotch	1 unidad
24	Tijera	2 unidades
25	Film	1 rollo
26	Fiolas de 25 ml	3 unidades

## b) Instrumentos y equipos

Los instrumentos y equipos utilizados en la investigación se muestran en la Tabla 7.

**Tabla 7**

*Instrumentos y equipos*

<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Marca</b>
1	Balanza analítica	1 unidad	PIONER (OHAUS)
2	Refrigeradora	1 unidad	LG
3	Agitadores magnéticos termostatizado	6 unidades	CAT (M6)
4	Colorímetro	1 unidad	Konica Minolta
5	Estufa de secado	1 unidad	Binder
6	Microscopio electrónico de barrido (SEM)	1 unidad	Prisma E (Thermo Fisher, Massachusetts, USA)
7	Spray Dryer	1 unidad	B-90 BUCHI
8	Centrifuga refrigerada	1 unidad	BIORIDGE
9	Viscosímetro	1 unidad	BROOKFIELD METEK
10	Vortex	1 unidad	ISOLAB
11	Medidor de actividad de agua	1 unidad	Rotronic
12	Destilador	1 unidad	GFL
13	Purificador	1 unidad	PURELAB
14	Desecador	1 unidad	SPECAC



### c) Reactivos e insumos

Los reactivos utilizados en la investigación se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8**

*Reactivos e insumos.*

<b>N°</b>	<b>Material</b>	<b>Cantidad</b>
1	Hidróxido de sodio	1 frasco
2	Etanol de 96°	2 litros
3	Agua destilada	5 litros
4	Agua ultrapura	5 litros
5	Pancreatina	1 frasco de 200mg
6	Alcohol isopropílico	2 litros

#### 4.5. Metodología experimental

##### a) Descripción del diagrama de flujo para la extracción de colágeno hidrolizado porcino.

Se empleó la técnica descrita por Benítez et al., (2008).

- **Obtención de patas porcino**

Se seleccionó los residuos de porcino (patas) de acuerdo con el muestreo y libres de enfermedades del camal Municipal de Andahuaylas.

- **Pesado y lavado**

Una vez se adquirió los residuos de porcino (patas), se procedió a pesarlos, luego se lavaron con agua potable con el fin de eliminar restos de huesos, grasa y cualquier otra materia extraña que interfiera con el producto final.

- **Limpieza manual**

Se retiró todos los residuos como pelos, pieles muertas, algunos huesos de la patas.

- **Cocción**

Se extrajo el colágeno colocando los residuos del porcino (patas) en una olla a presión, poniendo a ebullición a una temperatura de 86°C, por alrededor de tres horas y media.

- **Filtrado**

Posteriormente se filtró el agua caliente con la ayuda de un colador y una gaza para extraer el líquido del colágeno obtenido de las patas de porcino.

- **Enfriado**

Se dejó enfriar para que gelatinice y poder extraer la grasa que se forma en la parte superior. Una vez obtenido el colágeno se dividió en 1L para su respectivo hidrolizado y secado en una estufa a 60 °C.

- **Agitación**

Para la prueba se utilizó un vaso precipitado de 1L, un agitador, un imán y un pH metro.

- **Hidrolisis enzimática**

En la hidrolisis enzimática, se realizó a un pH adecuado de 7.9 a 8.0 añadiendo NaOH [1N], una vez llegado a las condiciones adecuadas de pH y temperatura de 37°C, posteriormente se adicionó la enzima pancreatina dejándose reaccionar por el lapso de 24 horas en agitación constante. Las condiciones para la obtención del colágeno hidrolizado fueron a una temperatura de 37 °C y 24 horas de reacción en un baño maría, las cantidades y condiciones que se necesita para la hidrolisis se observa en la Tabla 9.

**Tabla 9**

*Enzima pancreatina*

Volumen de colágeno (mL)	pH colágeno	Volumen de NaOH [1N] (mL)	pH de colágeno de partida	Masa de enzima (mg)
1000	6.46	0.7	7.9	10

- **Secado en estufa de convección forzada**

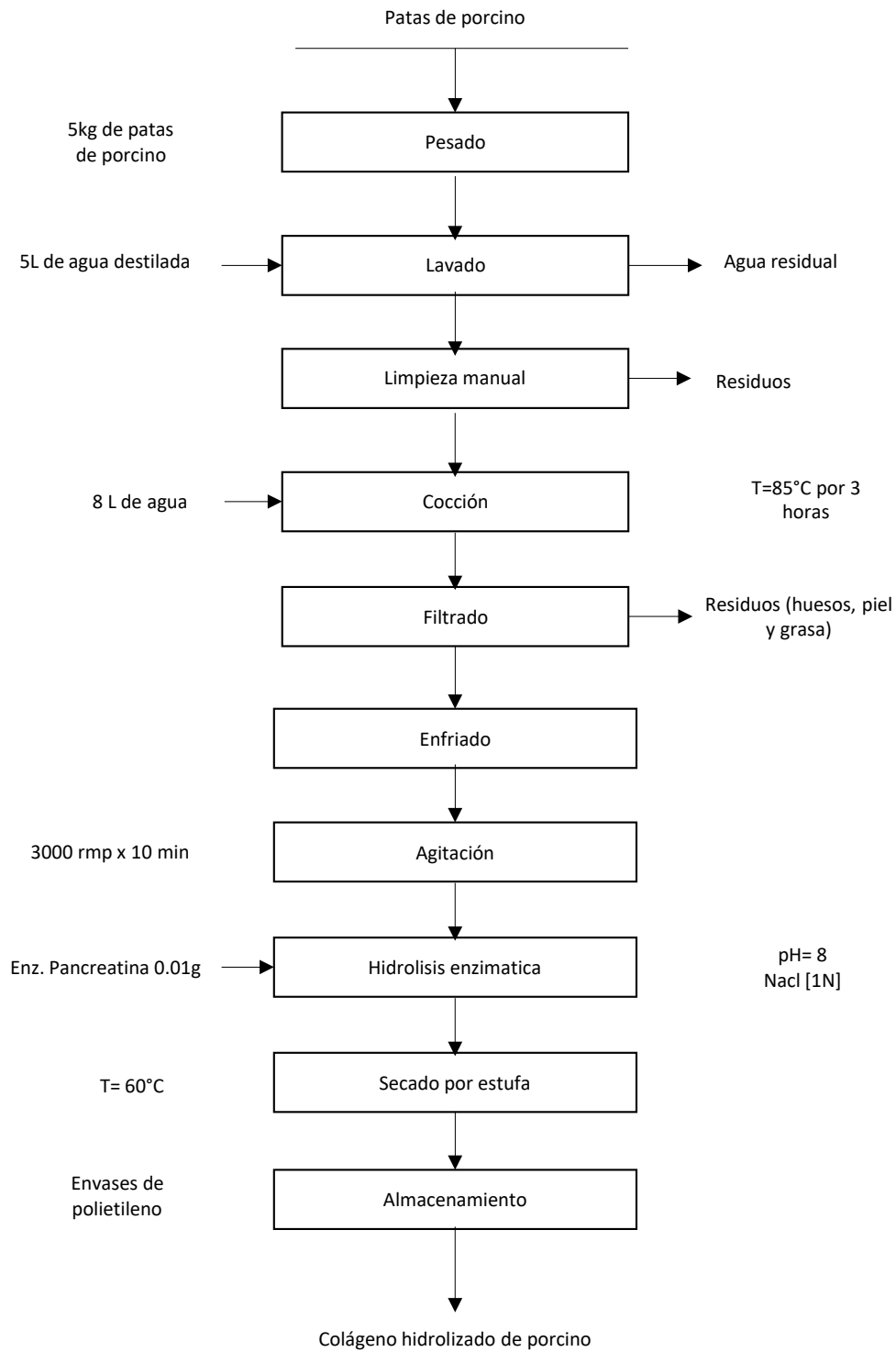
Una vez se obtuvo el colágeno hidrolizado se procedió a secar mediante el proceso de secado por estufa a una temperatura 60 °C, para obtener el colágeno porcino hidrolizado seco y en polvo.

- **Almacenamiento**

Se almaceno en un envase de polietileno. El diagrama de flujo se muestra en la Figura 3.

### Figura 3

Diagrama de flujo para la obtención de colágeno porcino hidrolizado.



## b) Descripción de la preparación de la solución a encapsular

- **Pesado**

Se pesó 2 g de los encapsulantes que estuvieron a 95 % de maltodextrina y 5 % de goma de tara, las cuales estuvieron concentradas al 100%.

- **Mezclado**

Se mezcla 2 g de encapsulantes con 10 mL de agua ultrapura, Por otro lado, se prepararon soluciones al 10 y 20 % de colágeno hidrolizado de porcino en 10 mL de agua ultrapura para cada uno de los tratamientos.

- **Agitación**

La muestra del encapsulante se dejó en agitación con una velocidad de 1600 rpm por 24 horas.

- **Agitación con solución de colágeno hidrolizado porcino**

A los encapsulantes se agregó la solución de colágeno a los diferentes porcentajes a una velocidad de 1600 por 5 minutos.

- **Homogenización**

Se homogenizó la muestra en un vortex a una velocidad de 3000rpm por 5 minutos.

- **Viscosidad**

Se midió la viscosidad a cada una de las muestras para que pueda pasar por el atomizador.

- **Atomizado**

La microencapsulación se realizó en un equipo de secado por aspersión (Mini spray dryer B-290) con temperaturas de entrada de 140 y 160 °C y concentraciones de 5 y 10 % de núcleo.

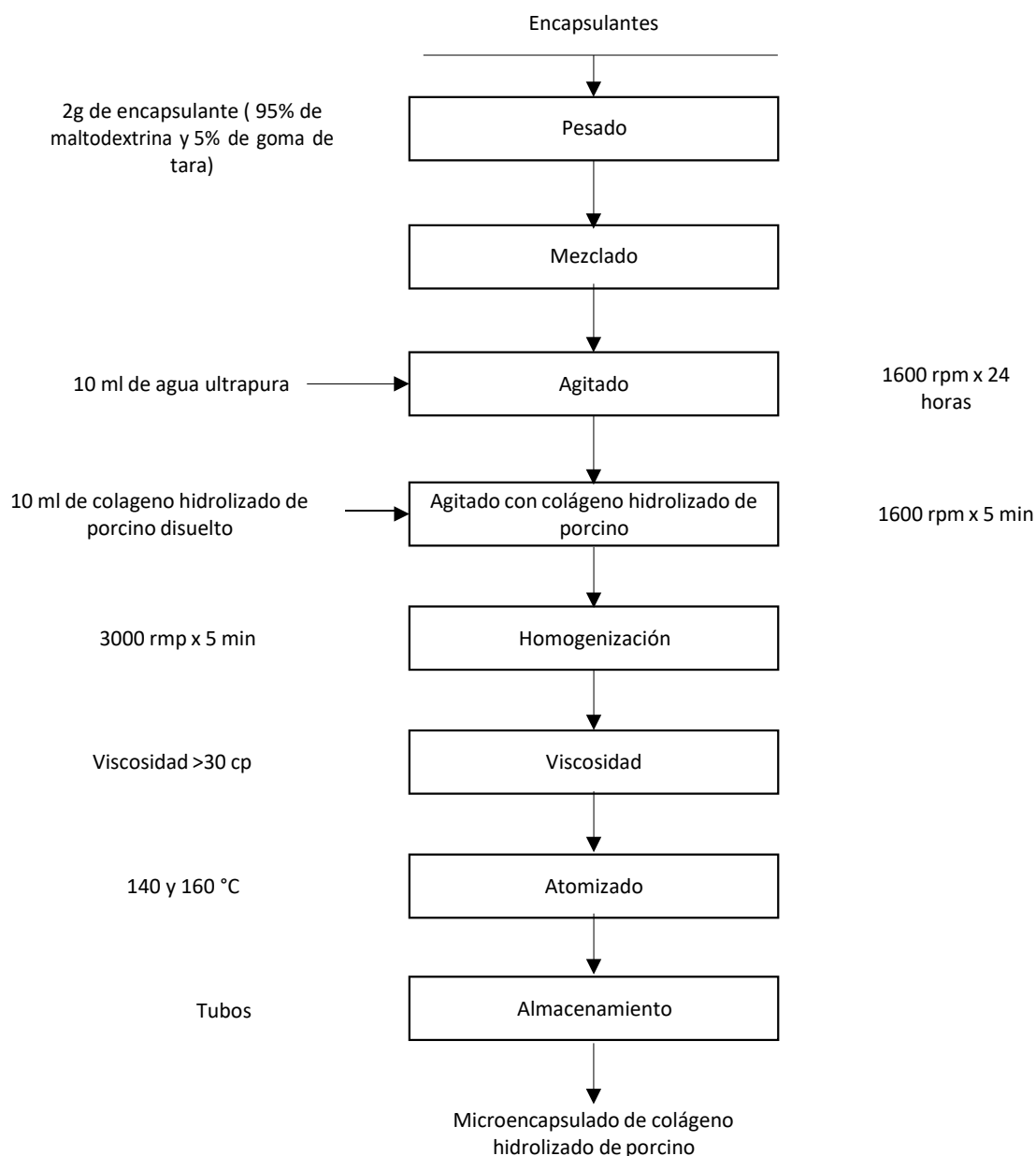
- **Almacenamiento**

Se almaceno las muestras en tubos, dejándose en el desecador.

El diagrama de flujo para la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado se muestra en la Figura 4.

#### Figura 4

Diagrama de flujo para microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado



#### 4.6. Métodos de análisis

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo en varias etapas, inicialmente se procedió con la obtención de la proteína (colágeno) del porcino, seguidamente al hidrolizado, una vez obtenido se realizó la microencapsulación en matrices de

maltodextrina y goma de tara, para posteriormente analizar los microencapsulados de colágeno hidrolizado en maltodextrina y goma de tara.

Los métodos que se usaron en la presente investigación ayudaron a lograr nuestros principales propósitos, a continuación, se muestra las metodologías para la caracterización que se realizaron:

### 3.6.1. Cuantificación de Proteínas

Para cuantificar la proteína se utilizó el método micro - Kjendhal (AOAC 984.13).

Para esto se pesó aproximadamente 0,5 gramos de muestra en un tubo de 50 ml, en el mismo se añadió 2,5 ml de ácido sulfúrico concentrado, esto se lleva a una plancha de arena hasta solución incolora, se deja enfriar y se destila con hidróxido de sodio al 40% en un volumen de aproximadamente de 15 ml, el destilado se recibe en un matraz de 100ml conteniendo 5ml de indicador para proteínas (ácido bórico, rojo de metileno y verde de bromo cresol), hasta un cambio de color rojo a verde, lo cual nos indicó que finalizó el proceso de destilación.

Por último, se valora con una solución de ácido clorhídrico de concentración 1N, hasta un cambio de color rojo. Se calcula el contenido de nitrógeno y se multiplica por el factor 6.25 para expresar el porcentaje de proteína.

### 3.6.2. Humedad

Se determinó el contenido de humedad por el método descrito por García y Fernández (2012), por la diferencia de peso de la muestra inicial y la muestra final, secadas en una estufa de convección forzada Binder a 105 °C.

$$\%H_{bs} = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100 \dots \dots ec1$$

$\%H_{bs}$  = porcentaje de humedad en base húmeda

$m_1$  = masa inicial

$m_2$  = masa final

### 3.6.3. Actividad de agua ( $A_w$ )

Se determinó la actividad de agua empleando el determinador de actividad de agua de marca Rotronic, modelo HygroPalm23-AW (Bassersdorf, Suiza).

### 3.6.4. Densidad aparente

La densidad aparente se determinó colocando una cantidad conocida de encapsulante en una probeta graduada de 10 ml, luego se golpea suavemente contra una superficie plana, para poder registrar la masa en gramos y el volumen (Ligarda et al., 2022).

### 3.6.5. Higroscopicidad

La higroscopicidad del micro encapsulado se determinó mediante el protocolo de Saikia et al., (2015), se pesó 0.2 g de muestra del microencapsulado secado por aspersion y se colocó en un desecador con solución salina saturada de cloruro de sodio (humedad relativa del 75,09%) durante 7 días manteniendo una temperatura de 30°C. Finalizado el tiempo, se pesó las muestras restantes y se determinó la higroscopicidad expresada en porcentaje según la fórmula

$$H(\%) = \frac{\text{Peso saturado} - \text{peso seco}(g)}{\text{peso seco}} * 100 \dots \dots ec2$$

### 3.6.6. Tamaño de partícula

El tamaño de partícula se midió por difracción de la luz de un láser de helio-neón (He-Ne) de 600 nm en un Mastersizer 3000 (Malvern Instruments, Worcestershire, Reino Unido). Los micro encapsulados en una cantidad suficiente se dispersaron en isopropanol y se sonicaron durante 60 s hasta que se alcanzó el oscurecimiento óptimo en el equipo. Los resultados se obtuvieron a partir del promedio de diez mediciones por muestra.

### 3.6.7. Microfotografías del colágeno porcino hidrolizado

La microestructura de la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado se analizó mediante un microscopio electrónico de barrido (SEM) Prisma E (Thermo Fisher,



Massachusetts, USA), a un voltaje de aceleración de 30 kV y un aumento de 1000<sup>x</sup> y 2000<sup>x</sup>. Donde se usará cinta de carbonó microscópica que es muy buen conductor, esta cinta se cortará a la medida del porta muestras y seguidamente se colocará la muestra de colágeno porcina hidrolizado encima de la cinta, las muestras deberán estar secas y procedió a visualizar la estructura del material.

### 3.7. Diseño factorial 2<sup>2</sup>

La matriz de diseño experimental se observa en la Tabla 10.

**Tabla 10**

*Matriz de diseño experimental Factorial 2<sup>2</sup>*

A: % de Núcleo (colágeno hidrolizado porcino)	B: Temperatura
$A_1 = 5 (-1)$	$B_1 = 140 (-1)$
$A_2 = 10 (1)$	$B_1 = 140 (-1)$
$A_1 = 5 (-1)$	$B_2 = 160 (1)$
$A_2 = 10 (1)$	$B_2 = 160 (1)$

Donde:

- $A_1$ = Núcleo de colágeno porcino hidrolizado al 5 %
- $A_2$ = Núcleo de colágeno porcino hidrolizado al 10 %
- $B_1$ = Temperatura al 150°C
- $B_2$ = Temperatura al 160°C
- -1 y 1 = Niveles mayor y menor

**Nota:** las dispersiones se prepararon con un porcentaje de material de pared (maltodextrina y goma de tara) el cual se mantuvo constante y se variaron sólo los porcentajes de núcleos.

### **a) Instrumentos de recolección de datos**

Los datos se recolectaron haciendo uso de hojas de registro que se utilizarán para cada variable de respuesta.

### **b) Herramientas e instrumentos**

Técnicas de recolección de información. Teniendo en cuenta que, en la investigación, se generó datos cuantitativos, los instrumentos de recolección de datos son variados:

Para los objetivos específicos se utilizó lo siguiente:

- a. Datos cuantitativos. Las recolecciones de información factual e indicadores se cuantificaron a través de los métodos descritos y se hizo en el laboratorio.

### **Análisis de datos**

Para el presente proyecto de investigación se empleó el diseño factorial  $2^2$ , en donde las corridas experimentales se realizaron en orden aleatorio completo, la cual se estudiara dos factores y considerando dos niveles en cada uno, cada replica de este diseño consiste de  $2 \times 2 = 4$  combinaciones, se trabajara con el efecto de núcleo (colágeno porcino hidrolizado) y el efecto de temperatura, por el cual el efecto primordial de un factor de dos niveles es la diferencia entre las respuestas de media observada cuando tal factor se encuentra en su nivel alto, y las respuestas media observada cuando el factor se encuentra en su nivel bajo.

El problema es probar la igualdad de todos los posibles pares de medias con la hipótesis:

$$H_0: \text{efecto } A = 0$$

$$H_0: \text{efecto } B = 0$$

$$H_0: \text{efecto } AB = 0$$

$$H_A: \text{efecto } A \neq 0$$

$$H_A: \text{efecto } B \neq 0$$

$$H_A: \text{efecto } AB \neq 0$$

**Nota:** correlativamente con  $p \text{ value} < 0.05$  esto indica que se acepta que, si hay efecto de A, B y AB, es decir, que los tres efectos están activos o son significativos. El valor-p de la magnitud tan pequeña para los tres efectos nos indica que la conclusión es contundente y que prácticamente no se corre ningún riesgo de rechazar el falso. Del calor de  $F_0$  se aprecia que el efecto de A es el más importante.

También se realizó un análisis de varianza de un solo factor a un nivel de significancia del 5%. El criterio de rechazo de la hipótesis nula fue que el valor-p sea  $< 0.05$ , lo cual indicaba que existían diferencias significativas entre al menos un par de datos. Luego se hizo la prueba de rangos múltiples de Tukey.

## CAPITULO V: Resultados y Discusiones

### 5.1. Caracterización de colágeno porcino hidrolizado

#### 5.1.1. Proteína

En la Tabla 11 se observa un elevado contenido de proteínas en el colágeno hidrolizado porcino (52.03 %), valor que fue cercano al reportado por Garrido et al., (2006) en su investigación sobre colágeno de piel de cerdo obtenido controlando el pH y concentración de cloruro de sodio, los autores informaron un contenido de proteína de 57.9 %.

Se conoce que las proteínas tienen la capacidad de ser anfóteras y por lo tanto toman el pH de la solución en la cual se encuentran. El resultado menor reportado en la presente investigación sería atribuido a la etapa de hidrólisis enzimática y debido al pH controlado que se utilizó. Al respecto Bailey y Light (1989), indican que la hidratación del colágeno es baja a pH entre 6 y 8, y se incrementa en valores extremos. Por lo mencionado anteriormente se observa las diferencias en los porcentajes de proteína, por la forma de extracción del colágeno ya que depende del pH en la solución que este, en nuestro caso estuvo en una solución 1N de pancreatina.

Mamani (2018), en el estudio comparativo que tuvo del colágeno hidrolizado de tendones (pata) de bovino con una hidrólisis enzimática con pancreatina indica el contenido de proteína de 80.70%.

Silvera (2018), en su trabajo de investigación ejecutaron el tratamiento de la piel del pescado tilapia (*Oreochromis niloticus*), manejando la piel como materia prima, logrando así identificar el contenido de proteína del colágeno de  $54,14 \pm 0,90\%$ .

**Tabla 11**

*Contenido de proteína en colágeno porcino hidrolizado*

Colágeno hidrolizado de porcino	Proteínas (%)		
	$\bar{x}$	$\pm$	CV (%)
	52.03	$\pm$	0.01

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral,  $s$  es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación.

## **5.2. Influencia de la temperatura de entrada y porcentaje de núcleo en las propiedades estudiadas**

### **5.2.1. Proteína**

En la Tabla 12 se muestra el contenido de proteínas en los cuatro tratamientos, los cuales estuvieron entre 17.82 y 29.36 %, el tratamiento con mayor porcentaje de proteína fue el T4CHP, el cual contenía 10 % de núcleo y que fue atomizado a una temperatura de entrada de 160 °C.

En el Anexo 1 se muestra el análisis de varianza en el cual se puede observar efecto significativo de las variables porcentaje de núcleo y temperatura de entrada (*p-value* < 0.05) en el contenido de proteínas.

Los resultados de proteína del presente estudio fueron similares a lo reportado por Palamutoğlu y Sariçoban (2016), quienes realizaron la microencapsulación de colágeno hidrolizado de escamas de pescado en maltodextrina, los mencionados autores informaron contenidos de proteína entre 18.42 y 22.56 %. Además, informaron que los resultados de proteínas en los hidrolizados de colágeno dependían de la dosis de cada tratamiento.

Kurowaza et al (2009), en su investigación de efecto de la maltodextrina y la goma arábica sobre la absorción y la temperatura de transición vítrea de la proteína hidrolizada de pollo deshidratada por aspersion, con el fin de investigar el hidrolizado en polvo, puro y formulado con 10%,20% y 30% (p/p) de aditivo, dando una caracterización en el contenido de proteína 7.05 %.

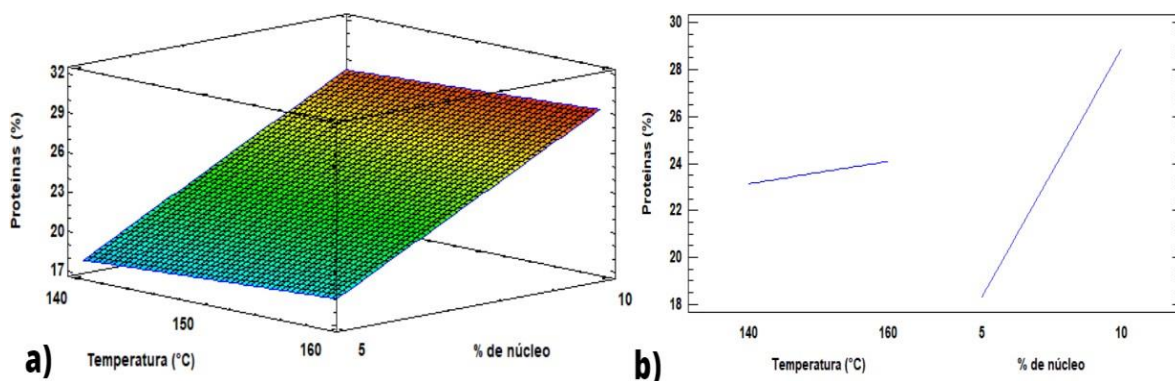
En la Figuras 5.a, se muestra que a mayor temperatura mayor contenido de proteína. Con lo mencionado por el autor y otras investigaciones se da referencia a que un producto es más concentrado si se reduce su contenido de agua.

**Tabla 12***Contenido de proteína del microencapsulado*

Tratamientos	Proteína (%)				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	17.82	$\pm$	0.18	1.01	A
T2CHP	18.82	$\pm$	0.01	0.05	B
T3CHP	28.45	$\pm$	0.06	0.21	C
T4CHP	29.36	$\pm$	0.13	0.44	D

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación. \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 2).

En la Figura 5.a, se observa la superficie de respuesta para el contenido de proteína entre 15 y 30 %, dando así los valores más altos en el tratamiento T4CHP (10% de colágeno y 160 °C). En la figura 5.b, se observa el efecto que se obtiene en relación temperatura y % de núcleo de proteína, en el cual se observa que, a mayor temperatura más contenido de proteína, así mismo a mayor porcentaje de núcleo más contenido de proteína.

**Figura 5***Superficie de respuesta y efecto para porcentaje de proteína*

Dónde: a) Superficie de respuesta, b) efecto para porcentaje de proteína.

### 5.2.2. Humedad

En la Tabla 13, se muestra el porcentaje de humedad en los cuatro tratamientos los cuales están entre 4.71 y 1.58 %, el T4CHP es el que menor contenido de humedad reportó.

En el Anexo 3, se muestra el análisis de varianza, se puede observar que en los dos efectos principales (% de núcleo y temperatura de entrada) como el efecto de interacción (% de núcleo y temperatura) tienen un efecto significativo sobre la humedad del micro encapsulado con respecto al % de núcleo y temperatura con un (p-value < 0.05) para la humedad.

Los resultados de humedad presentaron similitud con lo reportado por Rocha et al., (2009), en su investigación la cual ejecutaron microcápsulas de hidrolizado de caseína mediante secado de aspersión usando maltodextrina (DE 10 y 20%) como material de pared, sus valores de % de humedad fue de  $3.6 \pm 0.25$  a  $3.27 \pm 0.18$ .

Palamutoğlu y Sariçoban (2019), en su investigación de en encapsulado de colágeno hidrolizado de escamas de pescado con maltodextrina, los resultados de humedad en su investigación fueron de  $6.19 \pm 0.34$  a  $6.35 \pm 0.33\%$  humedad. Se ve que es mayor los datos, que se tienen de 1.58 a 4.71% humedad la diferencia que existe tal vez es que no solo se trabajó con maltodextrina si no también con goma de tara la cual también tiene efecto en los microencapsulados.

Kurozawa et al (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersión en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, el contenido de humedad fue entre 2.48 a 8.57%, donde menciona que se puede conseguir un contenido de humedad más bajo con contenidos de sólidos de alimentación más altos debido a un aumento de sólidos de solución y una cantidad reducida de agua libre para la evaporación.

**Tabla 13**

Contenido de humedad en %

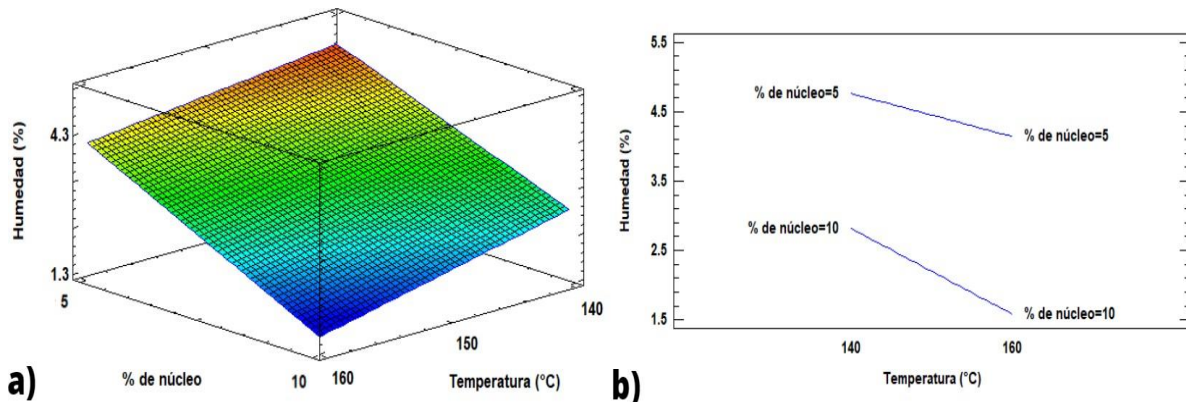
Tratamientos	Humedad (%)				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	4.71	$\pm$	0.06	1.27%	A
T2CHP	4.14	$\pm$	0.07	1.69%	B
T3CHP	2.81	$\pm$	0.15	5.34%	C
T4CHP	1.58	$\pm$	0.1	6.33%	D

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 4).

En la Figura 6.b se observa que, a mayor temperatura y mayor porcentaje de núcleo, es menor el contenido de humedad en el micro encapsulado y a menor temperatura y menor porcentaje de núcleo mayor contenido de humedad en el micro encapsulado. Así mismo en la Figura 6.a se observa la superficie de respuesta para el porcentaje de humedad el cual está entre 1.3 a 5.3 %.

**Figura 6**

Superficie de respuesta e interacción para % humedad



Dónde: a) Superficie de respuesta, b) Interacción para la humedad (%).



### 5.2.3. Actividad de agua (Aw)

En la Tabla 14, se muestra el contenido de la Aw están en el rango de 0.243 a 0.379, en el micro encapsulado T2CHP presentó menor actividad de agua.

En el Anexo 5, se muestra el análisis de varianza, en él se puede observar que en los dos efectos principales (% de núcleo y temperatura de entrada) como el efecto de interacción (% de núcleo y temperatura) tienen un efecto significativo sobre la actividad de agua del micro encapsulado con respecto al % de núcleo y temperatura con un (p-value < 0.05) para la actividad de agua.

Palamutoğlu y Sariçoban, (2016), en su investigación de microencapsulación de colágeno hidrolizado, menciona el contenido de actividad de agua que estuvo entre (0.920 a 0.927).

Ligarda et al (2022), en su investigación de microencapsulación de eritrocitos, menciona el contenido de la actividad de agua, que fue entre 0.35 a 0.40. con lo mencionado por los autores, la actividad de agua del microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado está en el rango.

**Tabla 14**

*Contenido de Aw*

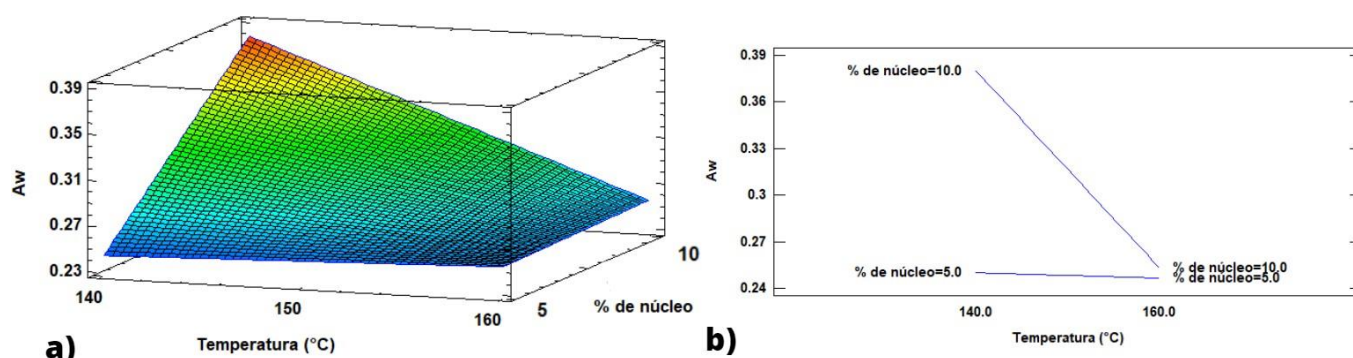
Tratamientos	Actividad de agua				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	0.254	$\pm$	0.002	0.79%	A
T2CHP	0.243	$\pm$	0.01	4.12%	A
T3CHP	0.379	$\pm$	0.01	2.64%	B
T4CHP	0.257	$\pm$	0.005	1.95%	A

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación. \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 6).

En la Figura 7.a, se muestra la superficie de respuesta para la actividad de agua con un rango de 0.23 a 0.39, dando así un valor alto en el tratamiento T3CHP con una temperatura de 140°C y 10% de núcleo, se ve ese valor alto ya que hay más contenido de proteína y con menor temperatura de entrada. En la Figura 7.b se observa que a menor temperatura y menor % de núcleo es menor la actividad de agua en el microencapsulado, así mismo a mayor temperatura y mayor % de núcleo es mayor la actividad de agua en el microencapsulado.

**Figura 7**

*Superficie de respuesta y efecto para Actividad de agua*



Dónde: a) superficie de respuesta, b) efecto para actividad de agua.

**5.2.4. Densidad aparente**

En la Tabla 15, se muestra los valores de densidad aparente que se tiene en los micro encapsulados los cuales estuvieron entre 0.45 a 0.46 g/ml, valores que son constantes por que se trabajó en los cuatro tratamientos con un material de pared constante.

El Anexo 7, se muestra el análisis de varianza, en él se puede observar que en los dos efectos principales (% de núcleo y temperatura de entrada) como el efecto de interacción (% de núcleo y temperatura) tienen un efecto significativo sobre la densidad aparente del microencapsulado con respecto al % de núcleo y temperatura.

Ligarda et al (2022) en su investigación de microencapsulación de eritrocitos, la densidad aparente esta entre 0.1 a 0.5 g/ml. Con referencia a esto vemos que si está en el rango de microencapsulados.

Kurozawa et al (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersion en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, donde menciona que la densidad aparente tiene valores de 0.31 a 0.44 g/ml, así mismo indica que el aumento de densidad aparente va relacionado al contenido de humedad, la pegajosidad del producto, a mayor humedad más partículas tenderán a pegarse entre sí, lo que dará aumento de aglomeración entre ellas, y consecuencia mayor volumen.

**Tabla 15**

*Contenido de densidad aparente*

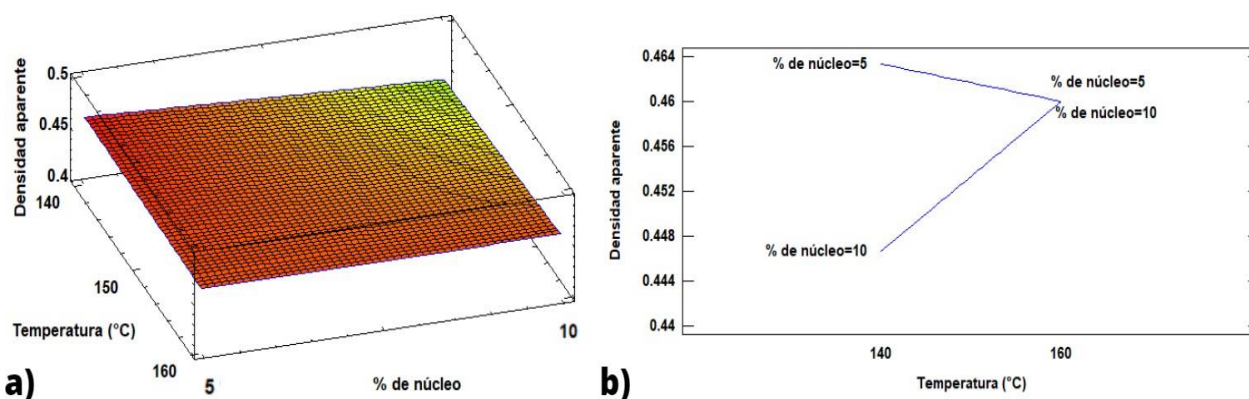
Tratamientos	Densidad aparente				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	0.46	$\pm$	0.02	4.35%	A
T2CHP	0.46	$\pm$	0.03	6.52%	A
T3CHP	0.45	$\pm$	0.04	8.89%	A
T4CHP	0.46	$\pm$	0.03	6.52%	A

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 8).

En la figura 8.a, se observa la superficie de respuesta para la densidad aparente que se tuvo en el micro encapsulado. Viendo así que no hay mucha diferencia en los tratamientos, ya que en los 4 tratamientos se tienen los mismos rangos de densidad aparente. En la Figura 8.b se observa que a mayor temperatura y mayor % de núcleo es mayor el contenido de densidad aparente en el microencapsulado.

## Figura 8

Superficie de respuesta e interacción para Densidad aparente



Donde: a) superficie de respuesta, b) Interacción para densidad aparente.

### 5.2.5. Higroscopicidad

En la Tabla 16, se muestra el % de higroscopicidad que se tiene en los 4 tratamientos los cuales están entre 24.7 a 38.1 %.

En el Anexo 9, se muestra el análisis de varianza en el cual se puede observar que si existe efecto significativo de la variable porcentaje de núcleo ( $p\text{-value} < 0.05$ ) en la higroscopicidad.

Palamutoğlu y Sariçoban (2019), en su investigación de análisis de actividad de antioxidante en micro encapsulados de colágeno, indica el % de colágeno que se tuvo en cada uno de los tratamientos que microencapsularon, los siguientes autores indican el porcentaje de higroscopicidad de 9.86 a 10.73 %.

Ligarda et al (2022), en la microencapsulación de eritrocitos, indica que, en todos los tratamientos, dieron valores 22.05 a 32.94 % higroscopicidad.

Rocha et al (2009), en su investigación de microencapsulación de hidrolizado de caseína, dando al microencapsulado un valor de % higroscopicidad de  $53 \pm 7.81$ .

Kurozawa et al (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersión en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, indica un valor de % higroscopicidad de 13.11 a 26.68, así mismo menciona que el hidrolizado de

proteína contiene péptidos de bajo peso molecular y la maltodextrina tiene un alto peso molecular, la adición de la maltodextrina hace que se tenga una estabilidad del polvo, si se aumenta más maltodextrina se tiene como consecuencia reducida higroscopicidad y pegajosidad.

**Tabla 16**

*Porcentaje de higroscopicidad*

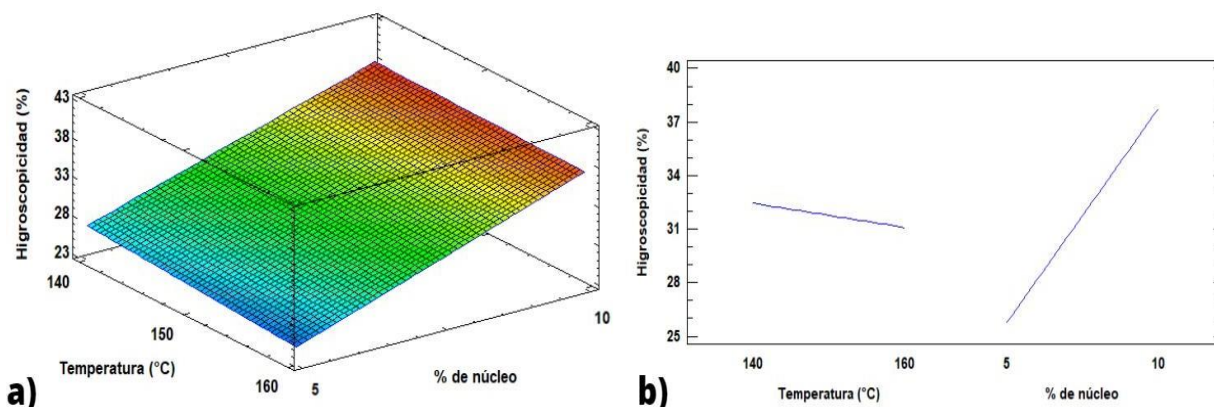
Tratamiento	Higroscopicidad (%)				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	26.8	$\pm$	2.2	8.21%	A
T2CHP	24.7	$\pm$	1.9	7.69%	A
T3CHP	38.1	$\pm$	0.3	0.79%	B
T4CHP	37.5	$\pm$	1.4	3.73%	B

Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 10).

En la Figura 9.a, se observa la superficie de respuesta para la higroscopicidad, en un rango de 23 a 44, en esa grafica se ve que es más higroscópico el tratamiento con mayor temperatura y mayor % de núcleo, así mismo se muestra más explicativo en la figura 9.b, donde se ve que en él % higroscópico causa efecto con el porcentaje de núcleo.

**Figura 9**

*Superficie de respuesta y efecto para Higroscopicidad*



Dónde: a) superficie de respuesta, b) efecto para Higroscopicidad

### 5.2.6. Tamaño de partícula

En la tabla 17, se muestra los tamaños de partícula en los 4 tratamientos que están de 4.85 a 6.52  $\mu\text{m}$ . En el anexo 11, se muestra el análisis de varianza, en él se puede observar que en los dos efectos principales (% de núcleo y temperatura de entrada) como el efecto de interacción (% de núcleo y temperatura) tienen un efecto significativo sobre el tamaño de partícula del micro encapsulado con respecto al % de núcleo y temperatura.

Ligarda et al (2022), en su trabajo reporta los valores de tamaño de partícula en los diferentes tratamientos 39.8 a 902.8 nm, mostraron las medidas a nivel nanométrico, ya que las medidas están relacionadas como 1 equivalente a 1000 nm.

Kurozawa et al (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersión en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, indica un tamaño de partícula de 5.62 a 15.36  $\mu\text{m}$ .

**Tabla 17**

*Tamaño de partícula en micro encapsulado*

Tratamiento	Tamaño de partícula ( $\mu\text{m}$ )				
	$\bar{x}$	$\pm$	S	CV (%)	*
T1CHP	4.85	$\pm$	0.03	0.62%	A
T2CHP	5.29	$\pm$	0.02	0.38%	B
T3CHP	5.48	$\pm$	0.03	0.55%	C
T4CHP	6.52	$\pm$	0.04	0.61%	D

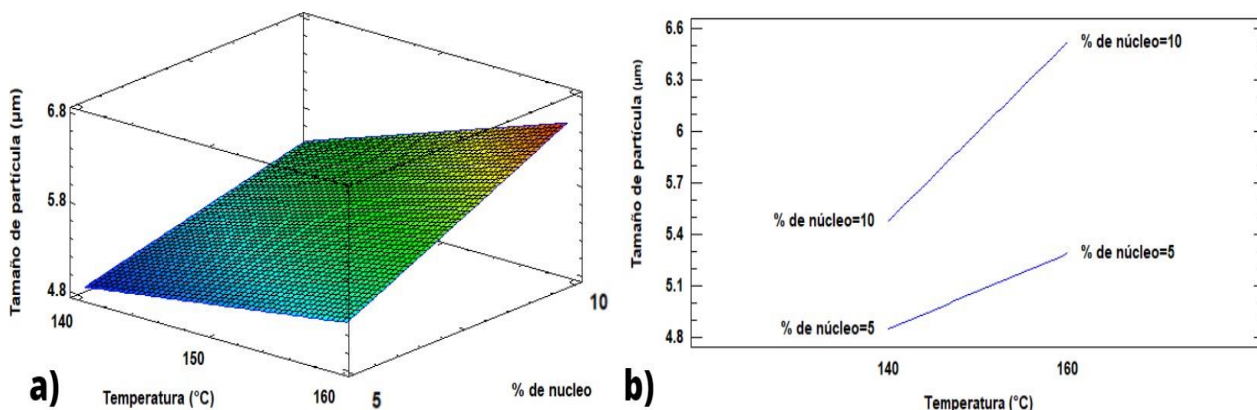
Dónde:  $\bar{x}$  es el promedio muestral, s es la desviación estándar muestral y CV el coeficiente de variación \*Diferentes letras indican diferencias significativas, evaluado a un  $\alpha = 5\%$  (Anexo 12).

En la Figura 10.a, se muestra la gráfica de respuesta para el tamaño de partícula estando en un rango de 4.8 a 7.2  $\mu\text{m}$ , donde podemos observar que el mayor tamaño de partícula es el T4CHP dando un valor de 6.52  $\mu\text{m}$  esto es causado a por que hay efecto con relación a % de núcleo y temperatura, así mismo esto es causado por la viscosidad que se va a tener en los microencapsulados. En la Figura 10.b, de esa figura se observa que

a mayor temperatura y mayor % de núcleo es mayor el tamaño de partícula del en el microencapsulado y en los 4 tratamientos se observa una variación.

### Figura 10

*Superficie de respuesta e interacción para tamaño de partícula*



Donde: a) superficie de respuesta, b) Interacción para tamaño de partícula.

### 5.2.7. Microfotografías estructurales

Las microfotografías estructurales del microencapsulado de colágeno hidrolizado de porcino, en la (Figura 11) se observa que las microesferas en los cuatro tratamientos presentaron diferentes variaciones, las cuales mostraron la formación de capsulas esféricas-encogidas, microesferas con hendiduras y amorfa, las partículas más pequeñas se aglomeran, Palamutoğlu y Sariçoban (2019), indica que algunas muestran formaciones amorfas, por el material de pared (goma de tara).

En la Figura 11, en el T1-CHP y el T2-CHP hay algunas estructuras amorfas, esto sucedió probablemente por la presencia de la maltodextrina y goma de tara. En la mayoría de los encapsulados se observa formas esféricas, y en el T3-CHP Y T4CHP los polvos se mostraron con más estructuras esféricas, también presentaron estructuras con abolladuras y tamaños heterogéneos.

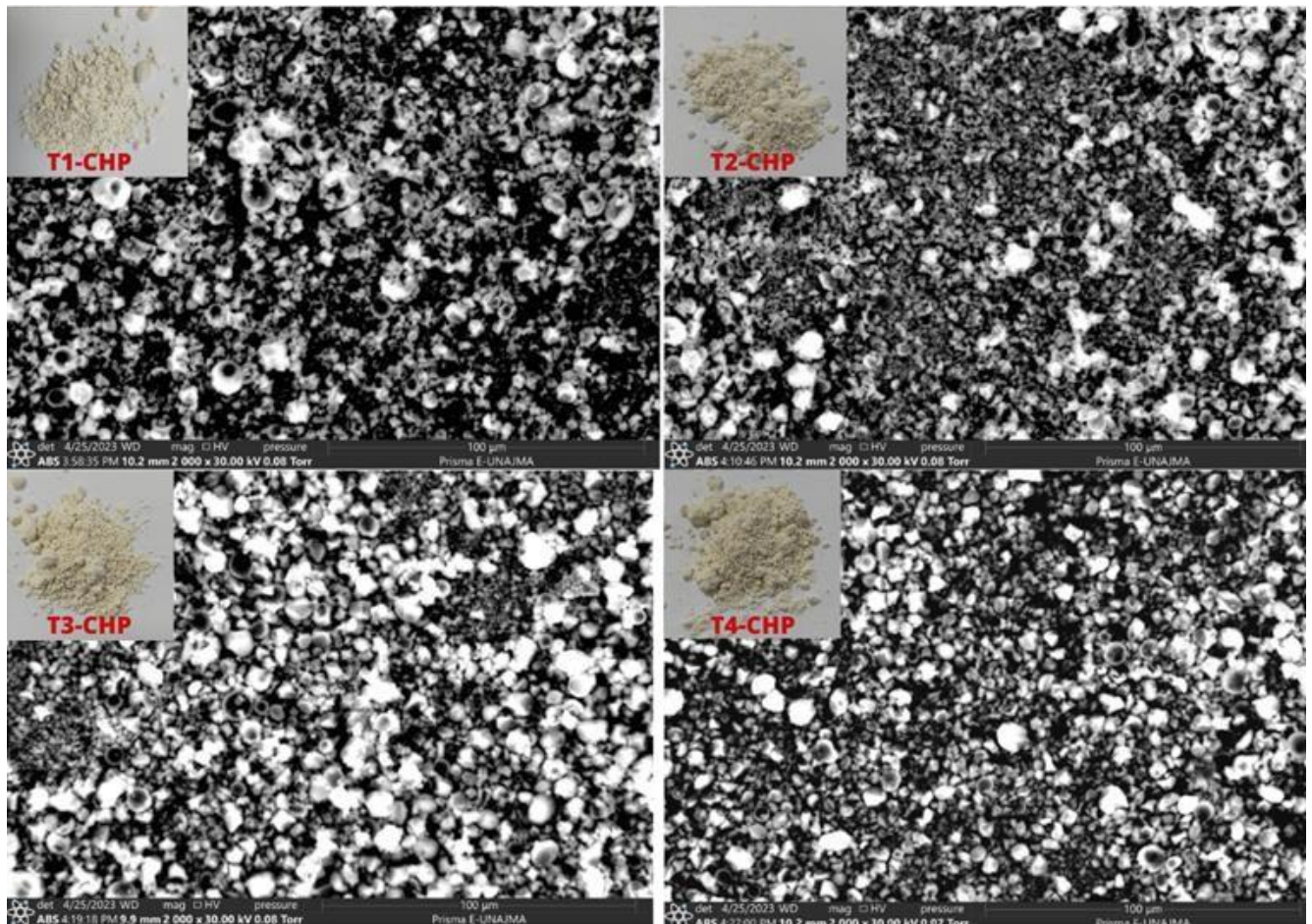
Entre los 4 polvos obtenidos el con mejor formación de estructuras y tamaño es el T3-CHP, en ella se observa en estructuras esféricas y con pocas abolladuras.

Latip et al., (2015) en su investigación indica sus resultados de microfotografías que en el proceso de calentamiento visualizado a partir del secado por aspersion obligo a las partículas a encogerse más y así reducir su tamaño de partícula en comparación a la muestra sin procesar.

Kurozawa et al., (2009), en su investigación de la influencia de las condiciones de secado por aspersion en las propiedades fisicoquímicas del polvo de carne de pollo, menciona que la baja de temperatura aire de entrada de secado cause que en las partículas se presentan arrugadas y amorfas, indica también que la presencia de abolladuras, arrugas, grietas o colapsos ocurren cuando hay una formación de película lenta durante el secado de las gotas atomizadas.

### Figura 11

*Microfotografías estructurales del micro encapsulado de colágeno hidrolizado de porcino*





## **CAPITULO VI: Conclusiones**

- Se logró evaluar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en las propiedades físicas, químicas y estructurales de los microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma tara. Los valores obtenidos fueron favorables para su posible utilización como aditivo.
- Se logró determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas en microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara. Se demostró que con mayor contenido de proteína fue el T4CHP (temperatura de entrada de 160°C y porcentaje de colágeno de 10%).
- Se logró determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, actividad de agua, densidad aparente, e higroscopicidad en microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara. El tratamiento T4CHP presentó el menor contenido de humedad, así mismo este mismo tratamiento presentó buena actividad de agua y densidad aparente. Por otro lado, el tratamiento T1CHP presentó el menor valor en higroscopicidad.
- Se logró determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula en microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara. Se observó que el microencapsulado con temperatura de 160°C y 10% de núcleo (T4CHP), presentó las mejores características y ser usado como nutraceutico o en la incorporación de alimentos funcionales.

## RECOMENDACIÓN

- Al momento de extraer el colágeno hidrolizado de porcino, se recomienda secar la muestra hidrolizada utilizando bandejas de silicón para facilitar la extracción.
- Se recomienda controlar adecuadamente el pH de la solución de colágeno antes de la hidrolisis ya que de eso dependerá el contenido de proteína.
- Tener en cuenta que es mejor utilizar colágeno de tipo I y II para así ser más alto el contenido de proteína.
- Se recomienda utilizar más porcentaje de proteína en las soluciones de encapsulación para obtener mejor porcentaje de proteínas en los microencapsulados.

## REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Adragna, C., & Jurczysyn, S. (2018). "Impresión 3D y caracterización de andamios de colágeno extraído de piel porcina para uso biomedico" Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Araneda, C., & Valenzuela, F. (2009). Microencapsulación de extractantes: una metodología alternativa de extracción de metales. *Revista Ciencia Ahora*, 22(11), 9-19.
- Bailey, A. J., & Light, N. D. (1989). *Connective tissue in meat and meat products*. Elsevier applied science, Collagen - 355 pages.
- Bakry, A. M., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M. Y., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of oils: A comprehensive review of benefits, techniques, and applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(1), 143-182.
- Benítez, R., Ibarz, A., & Pagan, J. (2008). Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones. *Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana*, 42(2), 227-236.
- Benítez, R., Ibarz, A., Pagan, J., Bioquímica, A., & Latinoamericana, C. (2008). Química Biológica Actualización Hidrolizados de proteína: procesos y aplicaciones Protein hydrolysates: processes and applications Palabras clave: hidrólisis enzimática proteínas, proteasas, caracterización, grado de hidrólisis: enzymatic hydrolysis proteins, proteases, characterization, degree of hydrolysis. *Acta Bioquím Clín Latinoam*, 42(2), 227-263.
- Cardona, S. F. (2019). *Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones* Published by Universitat Politècnica de València.
- Chopde, S., Datir, R., Deshmukh, G., Dhotre, A., & Patil, M. (2020). Nanoparticle formation by nanospray drying & its application in nanoencapsulation of food bioactive ingredients. *Journal of Agriculture and Food Research*, 2, 100085.
- Desai, K. G. H., & Jin Park, H. (2005). Recent developments in microencapsulation of food ingredients. *Drying Technology*, 23(7), 1361-1394.
- Dimas, G. (2011). *Estudio de la interacción de metales pesados (Pb, Cd, Zn Y Cr) en el proceso de biosorción por tres tipos de biomasa*.
- Eraso, M. O., & Aníbal, H. (2014). Use of starches and milk proteins in microencapsulation. *International Journal of Vegetable Science*, 20(4), 289-304.

- Frascareli, E. C., Silva, V. M., Tonon, R. V., & Hubinger, M. D. (2012). Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. *Food and Bioproducts Processing*, 90(3), 413-424.
- García Martínez, E. M., & Fernández Segovia, I. (2012). *Determinación de la humedad de un alimento por un método gravimétrico indirecto por desecación.*
- Garrido, P. D. I. A. E., Dirección, C., En : M, Sergio, C., & Simental, S. (2006). "Efecto de las Proteínas de la Piel de Cerdo Sobre la Textura de Salchichas."
- Gharsallaoui, A., Roudaut, G., Chambin, O., Voilley, A., & Saurel, R. (2007). Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Research International*, 40(9), 1107-1121.
- González, G. J. (2017). Análisis de la distribución de tamaños de partículas mediante difracción láser\_ aplicación para la mejora de mezclas de especias y aromas. *Universidad Politecnica de Valencia* .
- Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. *Obtenido de Http://Www. Uv. Es: Http://Www. Uv. Es/Tunon/Pdf\_doc/Proteinas\_09. Pdf. 34p.*
- Iglesias, C. D., & Pichucho, M. P. (n.d.). *Desarrollo de un microencapsulado de cedron (Aloysia citrodora), mediante secado por aspersion.*
- INEI, Bonett, D. C., Aguilar, A. S., Montoya Sánchez, L., Maza, M. C., & Rosado, M. B. (2021). *Produccion Nacional.* www.inei.gob.pe
- INTERPORC. (2014). *Revista científica la carne de cerdo de capa blanca publicación dirigida a profesionales de la salud.*
- Ipohorsky, M. (2011). Una mirada al microscopio electrónico de barrido. *Hojitas de Conocimiento. Materiales; N° 4.*
- Jarrín Núñez Karen. (2021). Obtención de microcápsulas de colágeno hidrolizado con pulpa de Ananas comusus(piña) mediante el método de secado por atomizacion para su posteriores aplicacion en la industria alimentaria. *Universidad de Las Fuerzas Armadas.*
- Kurowaza, L., Kil, P., & Hubinger, M. (2009). Efecto de la maltodextrina y la goma arabica sobre la absorcion de agua y la temperatura de transicion vitrea de la proteina hidrolizada de carne de pollo deshidratada por aspersion. *Revista de Ingeniería de Alimentos* , 91, 287-297.
- Kurozawa, L. E., Park, K. J., & Hubinger, M. D. (2009). Effect of carrier agents on the physicochemical properties of a spray dried chicken meat protein hydrolysate. *Journal of Food Engineering*, 94(3-4), 326-333.
- Latip, L. D., Zzaman, W., Abedin, M. Z., & Yang, T. A. (2015). Optimization of Spray Drying Process in Commercial Hydrolyzed Fish Scale Collagen and Characterization

by Scanning Electron Microscope and Fourier Transform Infrared Spectroscopy. *Journal of Food Processing and Preservation*, 39(6), 1754-1761. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12407>

- Ligarda, S. C. A., Moscoso, M. E., Choque, Q. D., Palomino-Rincón, H., Martínez-Huamán, E. L., Huamán-Carrión, M. L., Peralta-Guevara, D. E., Aroni-Huamán, J., Arévalo-Quijano, J. C., Palomino-Rincón, W., Cruz, G. D. la, Ramos-Pacheco, B. S., Muñoz-Saenz, J. C., & Muñoz-Melgarejo, M. (2022). Microencapsulation of Erythrocytes Extracted from *Cavia porcellus* Blood in Matrices of Tara Gum and Native Potato Starch. *Foods*, 11(14). <https://doi.org/10.3390/foods11142107>
- Mamani Huamán, C. A. (2018). *Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de tarsos de pollo provenientes de la industria avícola en la recion arequipa.*
- Mamani, M. dina. (2018). *Obtencion de colageno hidrolizado de bovino a traves de procesos enzimaticos.*
- Martins, I. M., Barreiro, M. F., Coelho, M., & Rodrigues, A. E. (2014). Microencapsulation of essential oils with biodegradable polymeric carriers for cosmetic applications. *Chemical Engineering Journal*, 245, 191-200.
- Moskowitz, R. W. (2000). Role of collagen hydrolysate in bone and joint disease. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 30(2), 87-99.
- Nedović, V., Kalušević, A., Manojlović, V., Petrović, T., & Bugarski, B. (2013). Encapsulation systems in the food industry. *Advances in Food Process Engineering Research and Applications*, 229-253.
- Nielsen, S. S., & Bradley, R. L. (2010). Moisture and total solids analysis. *Food Analysis*, 85-104.
- Palamutoğlu, R., & Sariçoban, C. (2016). The effect of the addition of encapsulated collagen hydrolysate on some quality characteristics of sucuk. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(6), 807-818. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.6.807>
- Palamutoğlu, R., & Sariçoban, C. (2019). Physico-chemical investigation and antioxidant activity of encapsulated fish collagen hydrolyzates with maltodextrin. *Annals of the University Dunarea de Jos of Galati, Fascicle VI: Food Technology*, 43(1), 94-105. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2019.1.07>
- Palzer, S. (2009). Food structures for nutrition, health and wellness. *Trends in Food Science & Technology*, 20(5), 194-200.
- PEPTAN. (2020). *Descubra el poder del colágeno de origen porcino.* Rousselot Salud y Nutrición.

- Prajapati, V. D., Jani, G. K., Moradiya, N. G., Randeria, N. P., Nagar, B. J., Naikwadi, N. N., & Variya, B. C. (2013). Galactomannan: A versatile biodegradable seed polysaccharide. *International Journal of Biological Macromolecules*, *60*, 83-92.
- Pszczola, D. E. (1998). Encapsulated ingredients: providing the right fit. *Food Technology*, *52*(12), 70-+.
- Rocha, G. A., Trindade, M. A., Netto, F. M., & Favaro-Trindade, C. S. (2009). Microcapsules of a casein hydrolysate: Production, characterization, and application in protein bars. *Food Science and Technology International*, *15*(4), 407-413. <https://doi.org/10.1177/1082013209346042>
- Saikia, S., Mahnot, N. K., & Mahanta, C. L. (2015). Optimisation of phenolic extraction from *Averrhoa carambola* pomace by response surface methodology and its microencapsulation by spray and freeze drying. *Food Chemistry*, *171*, 144-152. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.08.064>
- Serrano Gaona, J. C. (2011). Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (*Oreochromis sp*) y cachama (*Piaractus brachypomus*). *Departamento de Ingeniería Química y Ambiental*.
- Silvera, M. (2018). *Determinación de los parámetros óptimos para la extracción y caracterización del colágeno a partir de piel de tilapia (oreochromis niloticus)*.
- Wandrey, C., Bartkowiak, A., & Harding, S. E. (2010). Materials for encapsulation. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*, 31-100.
- Yañez, J., Salazar, J., Chaires, L., Jiménez, J., Márquez, M., & Ramos, E. (2002). Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. *Avance y Perspectiva*, *21*, 313-319.
- Young, S. L., Sarda, X., & Rosenberg, M. (1993). Microencapsulating properties of whey proteins. 2. Combination of whey proteins with carbohydrates. *Journal of Dairy Science*, *76*(10), 2878-2885.
- Zuidam, N. J., & Heinrich, E. (2010). Encapsulation of aroma. *Encapsulation Technologies for Active Food Ingredients and Food Processing*, 127-160.
- Zuidam, N. J., & Nedovic, V. (2010). *Encapsulation technologies for active food ingredients and food processing* (Vol. 410). Springer.

## ANEXOS

### Anexo 1. Tabla de ANOVA para % de proteínas en micro encapsulado

<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	2.73607	1	2.73607	307.71	0.0000
B: Porcentaje de núcleo	336.127	1	336.127	37802.44	0.0000
AB	0.006075	1	0.006075	0.68	0.4401
bloques	0.00005	2	0.000025	0.00	0.9972
Error total	0.05335	6	0.00889167		
<b>Total (corr.)</b>	<b>338.922</b>	<b>11</b>			

El estadístico R-Cuadrada indica 99.2996% de la variabilidad en Humedad. El estadístico R-cuadrada ajustada es 98.7159%.

### Anexo 2. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para proteínas

#### Tabla ANOVA para Proteínas 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	338.869	3	112.956	16922.29	0.0000
Intra grupos	0.0534	8	0.006675		
Total (Corr.)	338.922	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para proteínas por Tratamientos

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	3	17.82	A
T2	3	18.82	B
T3	3	28.45	C
T4	3	29.36	D

### Anexo 3. Tabla de ANOVA para % de humedad

<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	2.57613	1	2.57613	120.80	0.0000
B: Porcentaje de núcleo	15.2776	1	15.2776	716.42	0.0000
AB bloques	0.282133	1	0.282133	13.23	0.0109
Error total	0.00365	2	0.001825	0.09	0.9191
Total (corr.)	0.12795	6	0.021325		
	18.2675	11			

El estadístico R-Cuadrada indica 99.2996% de la variabilidad en Humedad. El estadístico R-cuadrada ajustada es 98.7159%.

### Anexo 4. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para la humedad

#### Tabla ANOVA para Humedad 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	17.8467	3	5.94889	339.94	0.0000
Intra grupos	0.14	8	0.0175		
Total (Corr.)	17.9867	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Humedad por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T4	3	1.6	A
T3	3	2.83333	B
T2	3	4.13333	C
T1	3	4.76667	D



### Anexo 5. Tabla de ANOVA para actividad de agua

<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 (°C)	0.012675	1	0.012675	268.41	0.0000
B:% de núcleo	0.0140083	1	0.0140083	296.65	0.0000
AB	0.0114083	1	0.0114083	241.59	0.0000
bloques	0.00045	2	0.000225	4.76	0.0577
Error total	0.000283333	6	0.000047222		
			2		
Total (corr.)	0.038825	11			

El estadístico R-Cuadrada indica 99.2702% de la variabilidad en Aw. El estadístico R-cuadrada ajustada es 98.6621%.

### Anexo 6. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para la actividad de agua

#### Tabla ANOVA para Aw 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	0.0376667	3	0.0125556	167.41	0.0000
Intra grupos	0.0006	8	0.000075		
Total (Corr.)	0.0382667	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Aw por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	3	0.243333	A
T1	3	0.253333	A
T4	3	0.256667	A
T3	3	0.38	B

### Anexo 7. Tabla de ANOVA para densidad aparente

<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	0.000075	1	0.000075	3.38	0.1158
B:Porcentaje de núcleo	0.000208333	1	0.000208333	9.38	0.0222
AB bloques	0.000208333	1	0.000208333	9.38	0.0222
Error total	0.000133333	6	0.000022222		
			2		
Total (corr.)	0.003825	11			

El estadístico R-Cuadrada indica 96.5142% de la variabilidad en Densidad aparente. El estadístico R-cuadrada ajustada es 93.6093%.

### Anexo 8. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para la densidad aparente

#### Tabla ANOVA para densidad aparente 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	0.000491667	3	0.000163889	0.39	0.7613
Intra grupos	0.00333333	8	0.000416667		
Total (Corr.)	0.003825	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para la densidad aparente por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T3	3	0.446667	A
T2	3	0.46	A
T4	3	0.46	A
T1	3	0.463333	A

### Anexo 9. Tabla de ANOVA para % de higroscopicidad

<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	5.49453	1	5.49453	1.74	0.2354
B: Porcentaje de núcleo	432.0	1	432.0	136.70	0.0000
AB	1.62803	1	1.62803	0.52	0.4999
bloques	2.47487	2	1.23743	0.39	0.6921
Error total	18.9609	6	3.16016		
Total (corr.)	460.558	11			

El estadístico R-Cuadrada indica 95.8831% de la variabilidad en Higroscopicidad. El estadístico R-cuadrada ajustada es 92.4523%.

### Anexo 10. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para la higroscopicidad

#### Tabla ANOVA para H 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	438.982	3	146.327	54.50	0.0000
Intra grupos	21.4782	8	2.68478		
Total (Corr.)	460.46	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para Higroscopicidad por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T2	3	24.7267	A
T1	3	26.8133	A
T4	3	37.46	B
T3	3	38.0767	B

### Anexo 11. Tabla de ANOVA para tamaño de partícula

<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	1.6428	1	1.6428	24642.00	0.0000
B: Porcentaje de núcleo	2.5947	1	2.5947	38920.50	0.0000
AB bloques	0.27	1	0.27	4050.00	0.0000
Error total	0.0072	2	0.0036	54.00	0.0001
	0.0004	6	0.000066666		
			7		
Total (corr.)	4.5151	11			

El estadístico R-Cuadrada indica 99.9911% de la variabilidad en Tamaño de partícula.

El estadístico R-cuadrada ajustada es 99.9838%.

### Anexo 12. Tabla de ANOVA de un solo factor y prueba de rango múltiple de Tukey para el tamaño de partícula

#### Tabla ANOVA para TP 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	4.5075	3	1.5025	1581.58	0.0000
Intra grupos	0.0076	8	0.00095		
Total (Corr.)	4.5151	11			

#### Pruebas de Múltiple Rangos para TP por Tratamientos

Método: 95.0 porcentaje Tukey HSD

<i>Tratamientos</i>	<i>Casos</i>	<i>Media</i>	<i>Grupos Homogéneos</i>
T1	3	4.85	A
T2	3	5.29	B
T3	3	5.48	C
T4	3	6.52	D

## Anexo 13. Resultados de Análisis de Proteínas



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**  
FACULTAD DE ZOOTECNIA - DEPARTAMENTO ACADEMICO DE NUTRICION  
LABORATORIO DE EVALUACION NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

### INFORME DE ENSAYO LENA N.º 0501/2023

CLIENTE : THAMIRYS CCANA BULEJE  
NOMBRE DEL PRODUCTO : COLAGENO HIDROLIZADO  
(Denominación responsabilidad del cliente)  
FECHA DE RECEPCION : 02/05/2023  
MUESTRA : En contenedor de plástico  
NUMERO DE MUESTRAS : Cinco  
ENSAYOS SOLICITADOS : FISICO-QUIMICO  
IDENTIFICACION : AQ23-0501/01-05

### RESULTADOS DE ANALISIS QUIMICO

CÓDIGO	AQ23-0501/01	AQ23-0501/02	AQ23-0501/03	AQ23-0501/04	AQ23-0501/05
MUESTRA	CHP	T1-CHP	T2-CHP	T3-CHP	T4-CHP
a.- PROTEINA TOTAL (N x 6.25), %	52.39	17.82	18.82	28.45	29.36

#### Métodos utilizados:

a.- Proteína total: AOAC (2005), 984.13

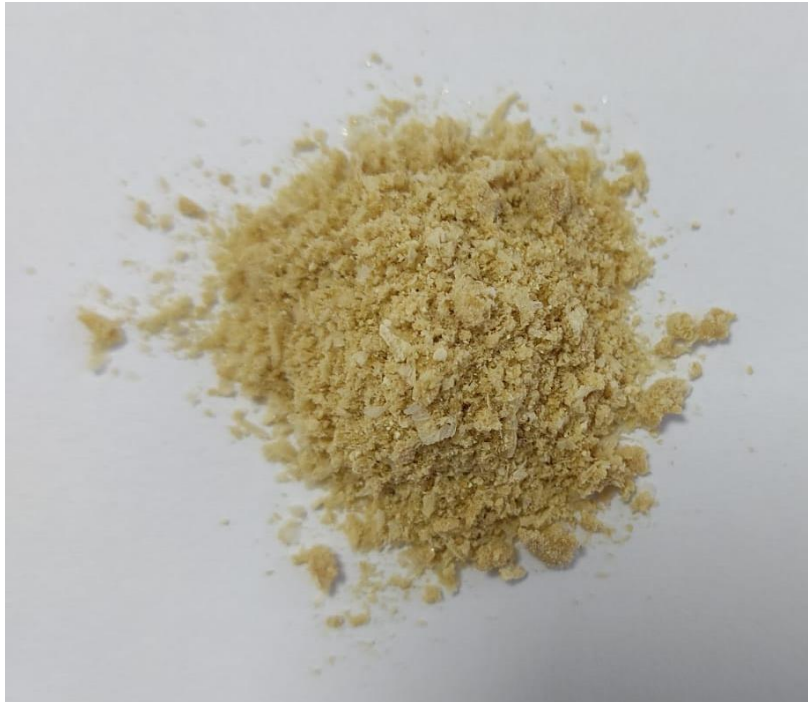
Atentamente,

**Dra. Gladys Carrión Carrera**  
Jefe del Laboratorio de Evaluación  
Nutricional de Alimentos

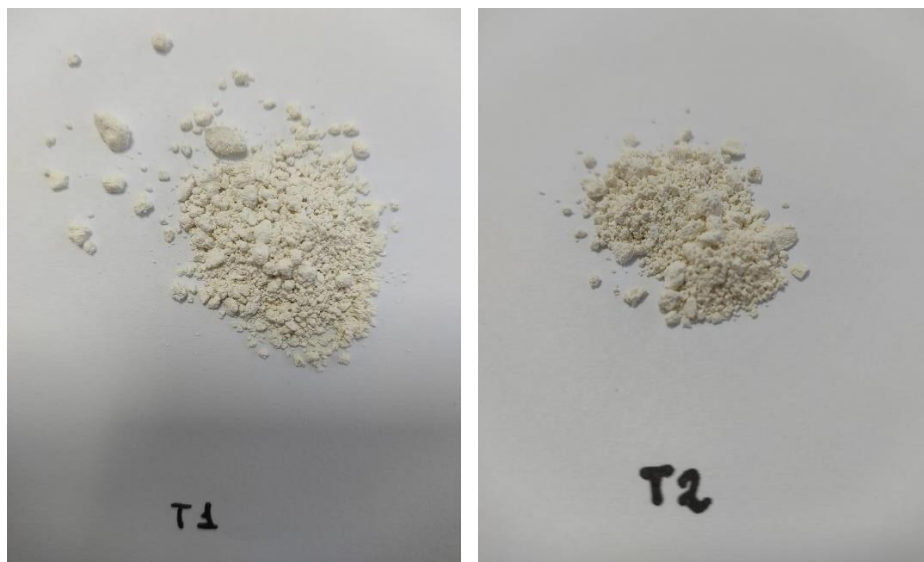
La Molina, 04 de Mayo del 2023

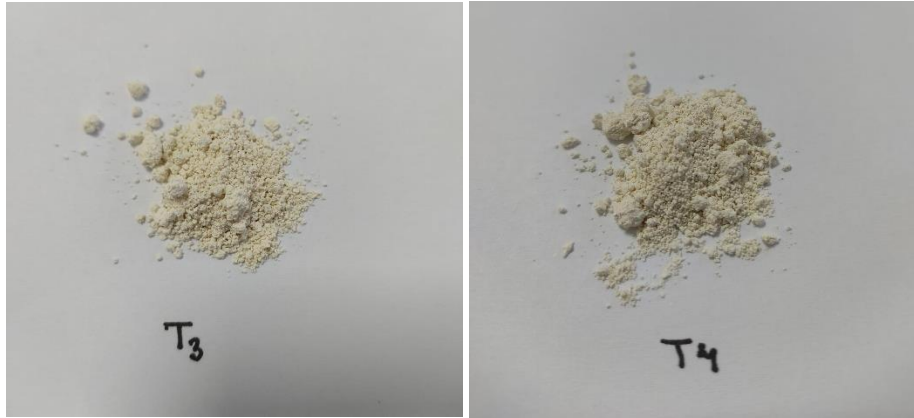


**Anexo 14. Colágeno hidrolizado de porcino**



**Anexo 15. Micro encapsulado de colágeno porcino hidrolizado**





**Anexo 16. Patas de porcino**



## Anexo 17. Solución de colágeno

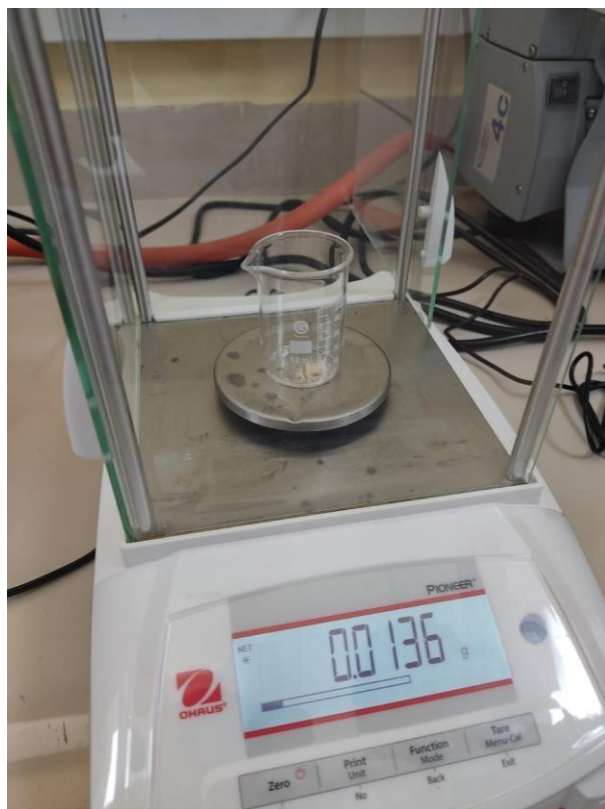


## Anexo 18. Control de pH del zumo de colágeno.





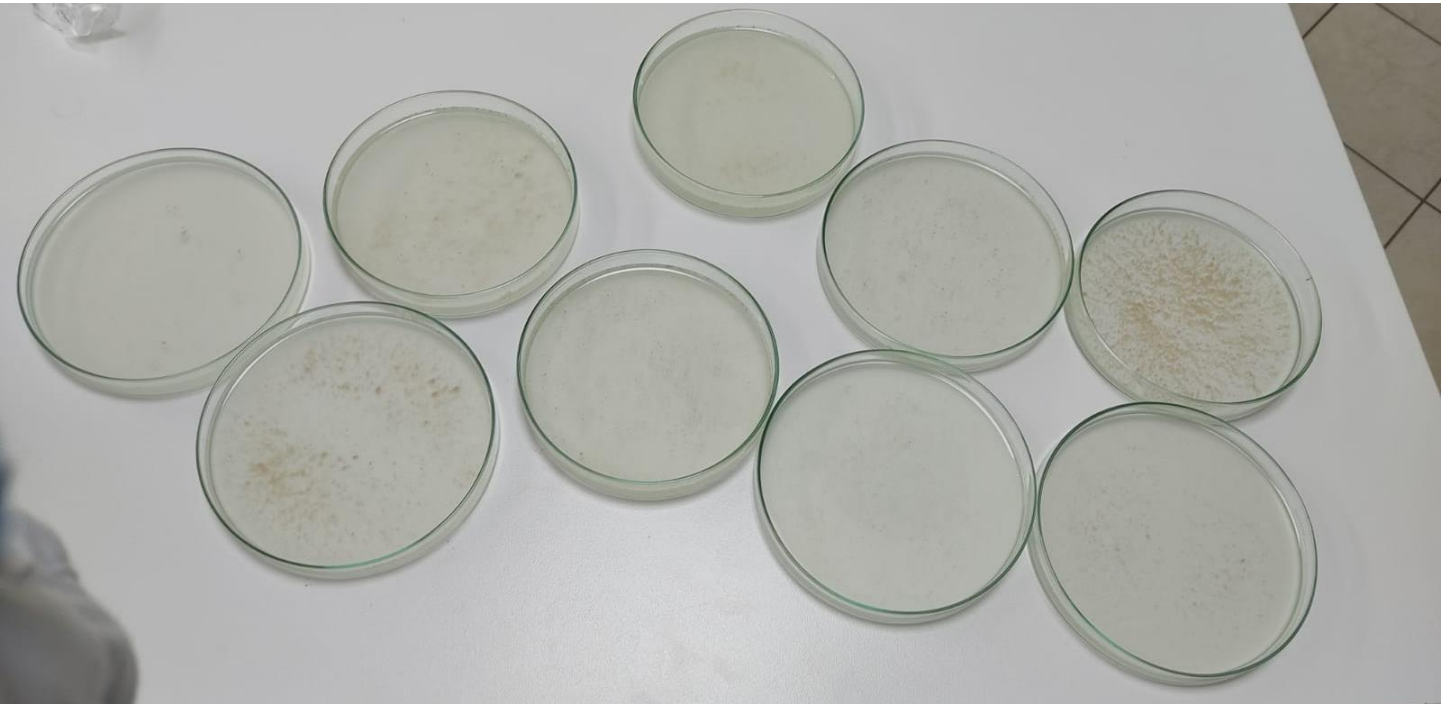
## Anexo 19. Control de temperatura y pesado de pancreatina para la hidrolisis enzimática



## Anexo 20. Baño maría de Hidrolisis enzimática con pancreatina



**Anexo 21. Muestras para secar del colágeno hidrolizado**



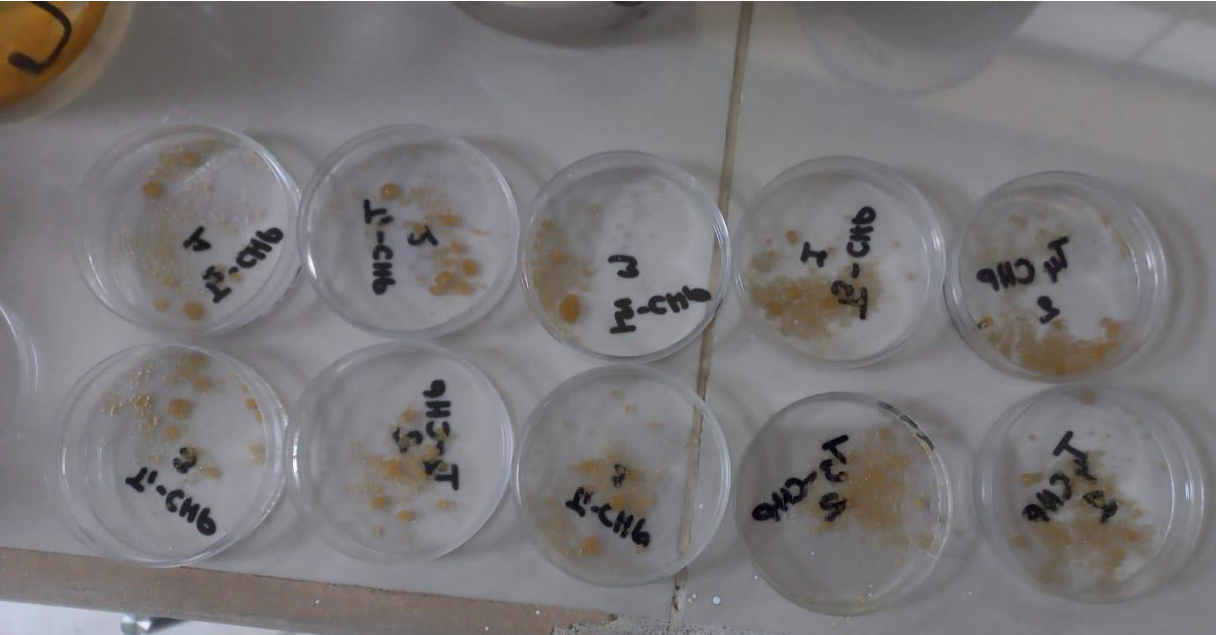
## Anexo 22. Muestra seca de colágeno hidrolizado



## Anexo 23. Obtención del micro capsulado



**Anexo 24. Determinación de la higroscopicidad**



**Anexo 25. Determinación de humedad**



## Anexo 26. Centrifugación de muestras



## Anexo 27. Almacenamiento de muestras



**Anexo 28. Homogenización de muestras**



## Anexo 29. Matriz de consistencia del micro encapsulado de colágeno porcino hidrolizado en maltodextrina y goma de tara.

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES
<p><b>Problema general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cómo es la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara?</li> </ul>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Evaluar la microencapsulación de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en las propiedades físicas, químicas y estructurales de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma tara indican valores favorables.</li> </ul>	<p><b>Variables independientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Temperatura de entrada</li> <li>Colágeno porcino hidrolizado como núcleo.</li> </ul>
<p><b>Problema específico:</b></p> <p><b>Problema específico 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas en microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara?</li> </ul>	<p><b>Objetivo específico:</b></p> <p><b>Objetivo específico 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de las proteínas en microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específico:</b></p> <p><b>Hipótesis específico 1:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de proteínas de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó un valor alto.</li> </ul>	<p><b>Variables dependientes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Características físico, químicas y estructurales.</li> <li>Humedad (%)</li> <li>Densidad Aparente</li> <li>Actividad del agua (%)</li> <li>Proteínas</li> <li>Higroscopicidad(absorbancia/100g)</li> <li>Tamaño de partícula</li> <li>Estructura superficial (SEM)</li> </ul>
<p><b>Problema específico 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido humedad, densidad aparente, actividad del agua e higroscopicidad en microencapsulados de colágeno</li> </ul>	<p><b>Objetivo específico 2:</b></p> <p><b>Objetivo específico 3:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, densidad aparente, actividad del agua e higroscopicidad en</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específico 2:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>La influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el contenido de humedad, actividad de agua, densidad aparente e higroscopicidad</li> </ul>	

---

porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara?

**Problema específico 3:**

- ¿Cuál es la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula y microfotografías en microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara?

microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.

- Determinar la influencia de la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula en microencapsulado de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara.

de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó valores favorables en cada una de las propiedades.

**Hipótesis específico 3:**

- La influencia en la temperatura y porcentaje de núcleo en el tamaño de partícula de microencapsulados de colágeno porcino hidrolizado en matrices de maltodextrina y goma de tara indicó valores favorables.