



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

**DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN
DE COLÁGENO A PARTIR DE LAS ESCAMAS DE PESCADO
RECOGIDAS EN RIOBAMBA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de

INGENIERA QUÍMICA

AUTORA: MARÍA FERNANDA BASTIDAS GUAYANAY

DIRECTORA: Ing. MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA, Mgs.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **María Fernanda Bastidas Guayanay**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, MARÍA FERNANDA BASTIDAS GUAYANAY, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de esta son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de junio de 2022




María Fernanda Bastidas Guayanay

1751206002

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA

El tribunal de Trabajo de Integración Curricular certifica que: el Trabajo de Integración Curricular. Tipo: Proyecto Técnico **DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE COLÁGENO A PARTIR DE LAS ESCAMAS DE PESCADO RECOGIDAS EN RIOBAMBA**, realizado por la **señorita MARÍA FERNANDA BASTIDAS GUAYANAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal de Trabajo de Integración Curricular, el mismo cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS	2022-06-01
Ing. Mayra Paola Zambrano Vinueza, Mgs. DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 Firmado electrónicamente por: MAYRA PAOLA ZAMBRANO VINUEZA	2022-06-01
Ing. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos, Mgs. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: ADRIAN ALEJANDRO RODRIGUEZ PINOS	2022-06-01

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación y toda la trayectoria de mi carrera se la dedico a mi madre Luz Erminia Guayanay quien supo confiar ciegamente en cada paso que di hasta completar este logro, por esta razón, cada día me motiva en mejorar como persona para fortalecer nuestros lazos. También se lo dedico a mi padre quien me apoyo en los problemas que enfrente para que pueda salir adelante, a mis hermanos que, con sus conocimientos, siempre fueron el soporte para permitirme crecer junto a ellos.

Fernanda

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo y a todos los docentes quienes lo conforman por compartir sus conocimientos de la manera más efectiva y el carisma con el que sus clases fueron impartidas.

A la Ing. Mayra Zambrano y Ing. Adrián Rodríguez por confiar en mi persona, apoyarme en esta trayectoria y estar pendiente de mi progreso.

A la Srta. Verónica Uribe quién fue mi madrina durante el transcurso de mi formación profesional, estoy infinitamente agradecida.

Fernanda

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Beneficiarios directos e indirectos.....	3
1.2.1. <i>Beneficiarios directos</i>	3
1.2.2. <i>Beneficiarios indirectos</i>	3
1.3. Delimitaciones.....	3
1.3.1. <i>Delimitación geográfica</i>	3
1.4. Objetivos del proyecto.....	5
1.4.1. <i>Objetivo general</i>	5
1.4.2. <i>Objetivos específicos</i>	5

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.2. Bases conceptuales y teóricas.....	7
2.2.1. <i>Producción de pescado en Ecuador</i>	7
2.2.2. <i>Pescados que más se comercializan en los mercados de Riobamba</i>	7
2.2.3. <i>Escamas de pescado</i>	10
2.2.4. <i>Colágeno</i>	10
2.2.4.1. <i>Colágeno nativo</i>	11
2.2.4.2. <i>Colágeno parcialmente hidrolizado</i>	11
2.2.4.3. <i>Colágeno hidrolizado</i>	12
2.2.5. <i>Proteínas</i>	12

2.2.5.1.	Desnaturalización de proteínas	13
2.2.6.	<i>Análisis de los métodos para la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado</i>	13

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1.	Metodología	16
3.1.1.	<i>Caracterización de la materia prima</i>	16
3.1.1.1.	<i>Análisis de proteínas</i>	16
3.1.1.2.	<i>Determinación de humedad</i>	17
3.1.2.	<i>Descripción de los métodos</i>	18
3.1.2.1.	<i>Método 1: Obtención de colágeno de alta pureza</i>	18
3.1.2.2.	<i>Método 2: Obtención de colágeno parcialmente hidrolizado</i>	20
3.1.3.	<i>Elección del método</i>	21
3.1.4.	<i>Diseño del proceso</i>	21
3.1.5.	<i>Factibilidad económica del proceso</i>	21
3.2.	Ingeniería del proyecto	22
3.2.1.	<i>Resultados de la caracterización de la materia prima</i>	22
3.2.2.	<i>Resultados de la obtención del producto</i>	23
3.2.2.1.	<i>Método 1: Obtención colágeno de alta pureza</i>	23
3.2.2.2.	<i>Método 2: Obtención de colágeno parcialmente hidrolizado</i>	25
3.2.3.	<i>Elección del método</i>	28
3.2.4.	<i>Pasos adicionales del método seleccionado</i>	28
3.2.4.1.	<i>Formulación del colágeno parcialmente hidrolizado</i>	33
3.2.5.	<i>Técnicas</i>	35
3.2.6.	<i>Resultados de la caracterización del colágeno parcialmente hidrolizado</i>	35
3.2.7.	<i>Diseño del proceso</i>	38
3.2.7.1.	<i>Operaciones unitarias del proceso</i>	38
3.2.8.	<i>VARIABLES Y PARÁMETROS DEL PROCESO</i>	39
3.2.9.	<i>BALANCE DE MASA</i>	40
3.2.9.1.	<i>Secado</i>	40
3.2.9.2.	<i>Tamizado</i>	42
3.2.9.3.	<i>Calentamiento</i>	43
3.2.9.4.	<i>Evaporación</i>	45
3.2.9.5.	<i>Secado</i>	46
3.2.9.6.	<i>Molienda</i>	47

3.2.9.7.	<i>Cálculo del rendimiento del proceso en peso</i>	48
3.2.9.8.	<i>Cálculo del rendimiento en proteínas</i>	48
3.2.9.9.	<i>Cálculo de las fracciones de sólidos en la alimentación y en la salida del evaporador</i>	48
3.2.9.10.	<i>Balance de masa general del proceso</i>	50
3.2.10.	<i>Balance de energía</i>	51
3.2.10.1.	<i>Evaporador</i>	51
3.2.11.	<i>Dimensionamiento de la planta</i>	52
3.2.11.1.	<i>Cotización de equipos</i>	52
3.2.11.2.	<i>Diseño de equipos</i>	55
3.2.11.3.	<i>Resultados del dimensionamiento de equipos</i>	63
3.3.	Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria	63
3.3.1.	<i>Requerimientos de equipos</i>	63
3.4.	Análisis costo beneficio	65
3.4.1.	<i>Cálculo del punto de equilibrio</i>	65
3.4.1.1.	<i>Costos fijos</i>	66
3.4.1.2.	<i>Costos variables</i>	66
3.4.1.3.	Resultados punto de equilibrio	67
3.4.2.	<i>Análisis VAN y TIR</i>	67
3.4.2.1.	<i>Flujo de caja</i>	68
3.4.2.2.	<i>Resultados análisis VAN y TIR</i>	71

CAPÍTULO IV

RESULTADOS	72
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES	76
GLOSARIO	
BIBLIORAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Características de la localización de la planta de producción de colágeno	4
Tabla 1-2:	Características organolépticas del colágeno parcialmente hidrolizado	12
Tabla 1-3:	Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de colágeno de alta pureza	18
Tabla 2-3:	Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de colágeno parcialmente hidrolizado.....	20
Tabla 3-3:	Contenido de proteína en la materia prima.....	22
Tabla 4-3:	Contenido de humedad en la materia prima	22
Tabla 5-3:	Resultados del método 1.....	23
Tabla 6-3:	Longitud de onda de colágeno obtenido por el método 1.....	24
Tabla 7-3:	Resultados del método 2.....	25
Tabla 8-3:	Longitud de onda de colágeno obtenido por el método 2.....	27
Tabla 9-3:	Rendimiento de colágeno	34
Tabla 10-3:	Requisitos físicos y químicos para la gelatina comestible. Ver ANEXO A TABLA 1.....	35
Tabla 11-3:	Requisitos microbiológicos para gelatina comestible. ANEXO A TABLA 3 ..	35
Tabla 12-3:	Resultados de análisis de contenido de proteína.....	35
Tabla 13-3:	Resultados de análisis microbiológicos.....	36
Tabla 14-3:	Longitud de onda de colágeno obtenido.....	37
Tabla 15-3:	Variación de la temperatura en los procesos	39
Tabla 16-3:	Datos obtenidos del secado	41
Tabla 17-3:	Rendimiento del tamizado.....	42
Tabla 18-3:	Volumen que ocupa la mezcla de agua y escamas	43
Tabla 19-3:	Relación entre kilos de escama y litros de agua	43
Tabla 20-3:	Incremento del volumen de agua.....	43
Tabla 21-3:	Porcentaje de residuo generado	44
Tabla 22-3:	Rendimiento en la evaporación	45
Tabla 23-3:	Rendimiento del secado.....	46
Tabla 24-3:	Rendimiento de la molienda.....	47
Tabla 25-3:	Rendimiento en peso del producto	48
Tabla 26-3:	Rendimiento en proteínas	48
Tabla 27-3:	Características del congelador.....	52
Tabla 28-3:	Características del frigorífico	52

Tabla 29-3:	Características de la caldera	53
Tabla 30-3:	Características del secador de bandejas.....	54
Tabla 31-3:	Características del molino	54
Tabla 32-3:	Datos de propiedades y tubería del acero inoxidable	55
Tabla 33-3:	Datos requeridos para el diseño del evaporador.....	56
Tabla 34-3:	Datos del agua a una temperatura de 80°C.....	58
Tabla 35-3:	Valores de referencia para hallar coeficiente de transferencia por convección	60
Tabla 36-3:	Dimensiones de los equipos	63
Tabla 37-3:	Equipos necesarios para la elaboración del colágeno parcialmente hidrolizado	64
Tabla 38-3:	Equipos para la elaboración de colágeno parcialmente hidrolizado.....	65
Tabla 39-3:	Materiales requeridos para elaboración de colágeno parcialmente hidrolizado	65
Tabla 40-3:	Costo fabricación de 1 frasco de 500g de colágeno parcialmente hidrolizado..	65
Tabla 41-3:	Costo de mano de obra mensual.....	66
Tabla 42-3:	Costos mensuales de servicios básicos.....	66
Tabla 43-3:	Costos mensuales de materia prima.....	66
Tabla 44-3:	Otros costos variables.....	66
Tabla 45-3:	Datos requeridos para el punto de equilibrio.....	66
Tabla 46-3:	Datos de producción obtenidos	67
Tabla 47-3:	Punto de equilibrio en volumen e ingresos.....	67
Tabla 48-3:	Costo de adquisición de equipos	67
Tabla 49-3:	Costo de construcción de equipos	67
Tabla 50-3:	Costo de enseres	68
Tabla 51-3:	Producción mensual.....	68
Tabla 52-3:	Ingresos anuales.....	68
Tabla 53-3:	Evaluación de préstamo.....	69
Tabla 54-3:	Interés por cada periodo	69
Tabla 55-3:	Pago principal por cada periodo	69
Tabla 56-3:	Detalle de costos.....	70
Tabla 57-3:	Detalle de rubros.....	70
Tabla 58-3:	Indicadores VAN y TIR	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Mapa del parque industrial de Riobamba.....	4
Figura 2-1:	Ubicación satelital del parque industrial de Riobamba	4
Figura 3-1:	Parque industrial Riobamba OpenStreetMap	5
Figura 1-2:	<i>Cynoscion analis</i>	8
Figura 2-2:	<i>Bagre panamensis</i>	8
Figura 3-2:	<i>Mugil cephalus</i>	9
Figura 4-2:	<i>Argyrosomus regius</i>	9
Figura 5-2:	<i>Eugerres</i>	10
Figura 6-2:	Tropocolágeno.....	11
Figura 7-2:	Desnaturalización de una proteína.....	13
Figura 1-3:	Colágeno parcialmente hidrolizado.....	26
Figura 2-3:	Marisquerías de San Alfonso, la Condamine y Mayorista	30
Figura 3-3:	Secado de escamas	31
Figura 4-3:	Tamizado de escamas.....	31
Figura 5-3:	Desnaturalización de proteínas.....	32
Figura 6-3:	Láminas de colágeno parcialmente hidrolizado	32
Figura 7-3:	Molienda de colágeno	33
Figura 8-3:	Colágeno parcialmente hidrolizado.....	33
Figura 9-3:	Secador de bandejas o anaqueles.....	53
Figura 10-3:	Molino	55
Figura 11-3:	Diagrama de evaporación.....	57

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Diagrama de flujo para la obtención de colágeno mediante hidrólisis.....	18
Gráfico 2-3:	Diagrama de flujo para la obtención de colágeno mediante desnaturalización de proteínas	20
Gráfico 3-3:	Superposición de los espectros de colágenos bien conservados.....	23
Gráfico 4-3:	Espectro del colágeno obtenido por el método 1.....	24
Gráfico 5-3:	Superposición de los espectros de colágenos bien conservados.....	26
Gráfico 6-3:	Análisis FTIR de colágeno extraído de escamas de tilapia	26
Gráfico 7-3:	Espectro del colágeno obtenido por el método 2.....	27
Gráfico 8-3:	Pasos adicionales en el proceso de extracción	29
Gráfico 9-3:	Relación entre el peso de las escamas y el producto	34
Gráfico 10-3:	Espectros de colágeno bien conservados.....	36
Gráfico 11-3:	Espectro FTIR de membranas de colágeno	36
Gráfico 12-3:	Espectro de colágeno obtenido.....	37
Gráfico 13-3:	Balance de materia en el secado.....	40
Gráfico 14-3:	Balance de masa del tamizado.....	42
Gráfico 15-3:	Balance de masa en el calentamiento	43
Gráfico 16-3:	Balance de masa en el evaporador.....	45
Gráfico 17-3:	Balance de masa en el secador de bandejas.....	46
Gráfico 18-3:	Balance de masa en la molienda.....	47
Gráfico 19-3:	Incremento del rendimiento en la molienda	47
Gráfico 20-3:	Balance de masa general	50

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 1961: GELATINA PURA COMESTIBLE. REQUISITOS

ANEXO B: ANÁLISIS DE PROTEÍNAS DE LA MATERIA PRIMA

ANEXO C: ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL COLÁGENO
PARCIALMENTE HIDROLIZADO

ANEXO D: COSTOS DE CONTRUCCIÓN DE EQUIPOS

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto técnico fue realizar el diseño del proceso industrial para la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado. Se llevó a cabo el estudio de dos métodos para la extracción y se escogió aquel que permitió desnaturalizar la proteína en un medio acuoso con temperaturas altas donde se produce colágeno parcialmente hidrolizado. A partir del método escogido se adicionó operaciones que permitieron mejorar las propiedades organolépticas, así como obtener un producto en polvo. Se partió de la limpieza de la materia prima, el secado de escamas por 8 horas, tamizar la materia para eliminar impurezas, desnaturalizar la proteína a 90°C, evaporar la solución durante 5 horas, secar el licor en bandejas para formar laminas y triturar. Se diseñaron los tanques de calentamiento y evaporación para producir 90kg de producto al mes. La caracterización fisicoquímica y microbiológica se realizó en base a la norma NTE INEN 1961: Gelatina comestible. Requisitos debido al tipo de producto obtenido. Los resultados indicaron un 78.25% en contenido de proteína mientras que el análisis microbiológico se mantuvo dentro de la norma, lo que garantiza la inocuidad del producto. Se realizó el análisis económico y se encontró que el proyecto es viable. Para lograr que el contenido de proteínas se mantenga dentro de la norma se debe reducir o evitar colocar un reactivo que disminuya el olor característico de la escama.

Palabras clave: <ESCAMAS DE PESCADO>, <COLÁGENO>, <MANEJO DE DESECHOS>, <DESNATURALIZACIÓN>, <DISEÑO DE EQUIPOS>, <GELATINA>.



1040-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The aim of this technical project was to design the industrial process to obtain collagen from fish scales. The study of two methods for extraction was carried out and the one that allowed denaturing the protein in an aqueous medium with high temperatures where partially hydrolyzed collagen is produced was chosen. Through the chosen method, operations were added that allowed improving the organoleptic properties, as well as obtaining a powdered product. The starting point was cleaning the raw material, drying the flakes for 8 hours, sifting the material to remove impurities, denaturing the protein at 60°C, evaporating the solution for 5 hours, drying the liquor in trays to form sheets and grinding. The heating and evaporation tanks were designed to produce 90 kg. of product per month. The physicochemical and microbiological characterization was carried out based on the NTE INEN 1961 standard: Edible gelatin. Requirements due to the type of product obtained. The results indicated a 78.25% protein content, while the microbiological analysis remained within the norm, which guarantees the safety of the product. The economic analysis was carried out and it was found that the project is viable. To ensure that the protein content remains within the norm, it is necessary to reduce or avoid placing a reagent that reduces the characteristic odor of the scale.

Keywords: <FISH SCALE>, <COLLAGEN>, <WASTE MANAGEMENT>, <DENATURALIZATION>, <EQUIPMENT DESIGN>, <GELATINE>.



Firmado electrónicamente por:
**NANCI
MARGARITA INCA
CHUNATA**

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende llevar a cabo el diseño de un proceso industrial para aprovechar los residuos generados en la industria pesquera y obtener colágeno. La materia prima que se busca aprovechar es la escama de pescado. Los puestos comerciales, que distribuyen productos marinos al consumidor final, desechan las escamas las cuales representan aproximadamente el 5% del peso del pez, además, en el proceso de descamación, varios tipos de escama se recolectan por lo cual requiere de un proceso que permita extraer el colágeno independientemente del origen del pez del cual se obtiene la materia prima.

En cuanto al cambio climático se ha convertido en uno de los problemas más controversiales de nuestra época. La contaminación ambiental se ve influenciada por varios factores y uno de ellos es el incremento de desechos sólidos. La industria pesquera genera cientos de toneladas de desechos producidos durante el fileteo de pescados y las escamas han sido consideradas residuos que, frecuentemente, se despojan en contenedores incrementando la carga orgánica y atraen plagas.

El colágeno es la proteína más abundante del organismo y la tasa de consumo anual incrementa debido a que forma parte de los suplementos más demandados alrededor del mundo. Su consumo se da con el fin de protegerse de enfermedades relacionadas a la deficiencia de este, se hace necesario que se desarrollen procesos que permitan la obtención de colágeno para que este pueda usarse en productos que faciliten su consumo.

El diseño del proceso industrial para la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado se encargará de direccionar los desperdicios que, además de producir contaminación debido a su descomposición, contribuye a la recuperación de un suplemento con alta demanda, aprovechando sus propiedades con alto valor nutricional debido a las proteínas contenidas.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1. Antecedentes

Mundialmente varias organizaciones han buscado la manera de que el sector acuícola tenga un desarrollo sostenible, esto puede dificultarse debido a las toneladas de restos que se desechan durante el procesamiento y por lo general son ignoradas. Estos hechos promueven la investigación para el tratamiento adecuado de los residuos generados.

Durante el proceso de limpieza de pescado cerca del 70% del peso total de la materia prima son residuos sólidos, entre ellos: cabezas, colas, huesos, escamas, etc., que, al deteriorarse, generan contaminación que capta la atención de plagas, por lo que se ha considerado necesario un proceso que permita tratar parte de los residuos en productos que sean aceptables para los consumidores. Determinados grupos se niegan al consumo de colágeno de origen porcino y bovino debido a las enfermedades provocadas como los brotes de encefalopatía espongiiforme bovina (EEB) y fiebre aftosa (FA). A pesar de considerar el producto final como una forma más segura para el consumo, comparada a la proveniente de otros animales, son los residuos menos aprovechados.

La contaminación en los sectores aledaños es inevitable y los olores emanados perturban la calidad de vida de los residentes más cercanos a los locales de venta de mariscos, además de arrojar parte de los residuos a alcantarillas, dónde la cantidad de plagas en el sector en específico incrementa. Cabe mencionar que en los alrededores y dentro de los mercados hay gran afluencia de compradores de productos de primera necesidad por lo cual no es deseado que las plagas circulen cerca de estas zonas.

El consumo de pescado ha incrementado dentro del Ecuador en un 12% entre los años 2009 y 2018 al igual que los desechos generados, esto refleja la necesidad de un proceso que permita recuperar las proteínas que contienen específicamente las escamas de pescados.

Existen varios métodos a escala de laboratorio para la extracción de colágeno, los cuales, muchos de ellos presentan costos elevados y son poco rendidores. La extracción a escala de laboratorio se realiza a concentraciones y tiempos determinados dependiendo de la especie del pez con el que se esté tratando, sin embargo, en los puestos de venta de productos acuícolas, hay una gran cantidad de desechos, provenientes de diferentes especies de peces por lo tanto no se puede saber con exactitud las condiciones a las que la materia prima debe ser sometida para obtener un alto rendimiento.

La importancia del proyecto se ve influenciada debido al incremento del consumo de colágeno a nivel mundial, por ende, el proceso de obtención de colágeno debe proyectarse a distribuir el producto a nivel internacional, de la misma forma la disponibilidad de materia prima posibilita llevar a cabo la transformación en grandes cantidades, además de permitir la recuperación de biomoléculas fundamentales para el crecimiento celular.

1.2. Beneficiarios directos e indirectos

1.2.1. Beneficiarios directos

El beneficiario directo del presente proyecto es la empresa Corporiz. S.A., que se dedica a la producción de suplementos alimenticios, como consecuencia el diseño del proceso industrial para la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado incrementará la versatilidad de los productos que se puede ofrecer.

1.2.2. Beneficiarios indirectos

Los distribuidores de las escamas se ven beneficiados al disminuir la acumulación de desperdicios en su lugar de trabajo y ganar un ingreso extra al vender sus productos descamados. Por su parte se podría llegar a ofrecer un beneficio económico por la recolección de las escamas.

Una vez creado el proyecto se generan plazas de trabajo para los habitantes de Riobamba.

1.3. Delimitaciones

1.3.1. Delimitación geográfica

El proyecto tiene como visión ubicarse en el parque industrial de la ciudad de Riobamba, Chimborazo, Ecuador entre las calles Av. Celso Rodríguez y Bolívar Bonilla.

Tabla 1-1: Características de la localización de la planta de producción de colágeno

Parámetro	Descripción
Latitud	1°40'41" sur
Longitud	78°38'3.8" oeste
Open Location Code	67C389C8+Q6
Temperatura promedio	8°C – 19°C
Humedad relativa promedio	84.5%
Altitud	2754 msnm

Fuente: Mapcarta, 2021.

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2021.



Figura 1-1: Mapa del parque industrial de Riobamba

Fuente: Google Maps, 2021.

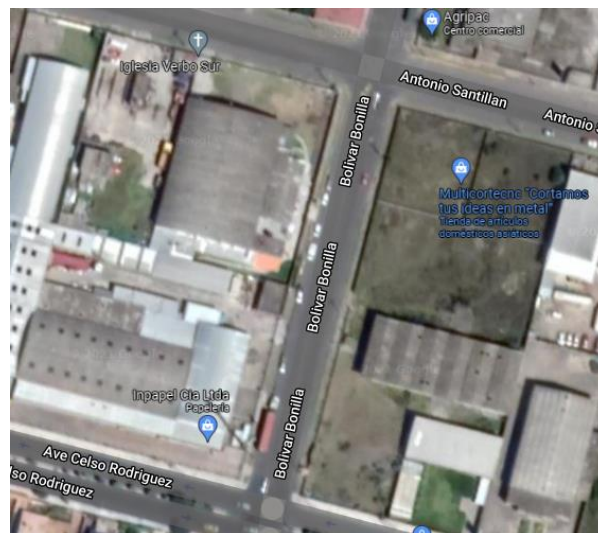


Figura 2-1: Ubicación satelital del parque industrial de Riobamba

Fuente: Google Maps, 2021.



Figura 3-1: Parque industrial Riobamba OpenStreetMap

Fuente: OpenStreetMap, 2021.

1.4. Objetivos del proyecto

1.4.1. Objetivo general

Diseñar un proceso industrial para la obtención de colágeno a partir de las escamas de pescado recogidas en tres sectores de la ciudad de Riobamba.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar los diferentes procedimientos para la obtención de colágeno a partir de las escamas de pescado.
- Definir el mejor método para obtener colágeno.
- Realizar los cálculos de ingeniería para el diseño del proceso industrial de la obtención de colágeno.
- Validar la factibilidad técnica y económica del colágeno obtenido mediante la norma vigente.

CAPÍTULO II

2. REVISIÓN DE LA LITERATURA O FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1. Antecedentes

El colágeno es el principal componente de la matriz extracelular por lo tanto permite llevar a cabo una adecuada multiplicación celular, también es usado dentro de industrias para la creación de biomateriales, cosméticos y alimentos. Se extrae principalmente de la dermis porcina o bovina y, con fines médicos, se ha extraído colágeno de las escamas de dos especies de peces: *Pagrus major* y *Oreochromis niloticas*. El proceso requirió pasar por un proceso de desmineralización, extracción en ácido y la recuperación con la enzima pepsina (Ikoma et al., 2003: pp.199-200).

El contenido de colágeno se ve influenciado por el proceso de extracción, la especie de pez, el lugar de cultivo, tipo de alimentación y temperatura en el medio de crecimiento. De los datos recogidos se ha podido afirmar que: el colágeno incrementa en especies de peces que se han desarrollado en un ambiente cálido (Torres et al., 2008: p.101). El costo que representa extraer el colágeno mediante tratamientos químicos es elevado y entre otros autores han buscado reducir el costo mediante la obtención de colágeno parcialmente hidrolizado (Agut et al., 2008: pp.1-2).

Los registros en investigaciones reportan los siguientes valores para referirse al contenido de colágeno, en diferentes especies de peces, que se ha obtenido mediante tratamientos químicos, donde se obtiene un colágeno con alta pureza. (Pati et al., 2010: p.3742) obtuvieron un rendimiento del 5% en una solución ácida, partiendo de peces como catla, labeo rohita, (Minh et al., 2014: p.264) usaron escamas del pez chile o *synodontidae* en donde se tuvo un rendimiento de 0.43 a 1.5%. (Bhagwat y Dandge, 2016: p.8) obtuvieron un rendimiento del 9.79% en base al peso húmedo a partir de carpas, mientras que (Quintero y Zapata, 2017: p.113) caracterizaron a la materia prima en base seca y se encontró que el porcentaje de colágeno presente en la muestra es del 6.54%, de esto solo se logró una recuperación del 9.62% del total del colágeno.

Por otro lado, se ha logrado extraer colágeno por un método diferente, mediante la desnaturalización de proteínas, el cual permite obtener colágeno parcialmente hidrolizado.

Ramos (2018) llevó a cabo una extracción sólido-líquido, específicamente de pescados rojo y pardo. Su producto se caracterizó y se realizó una cuantificación de proteínas utilizando el método de Kjeldahl obteniendo un rendimiento del 60% de proteínas basándose en la composición fisicoquímica de escamas realizada por (Quintero y Zapata, 2017: pp.110-111).

López y Almeida (2018) estudiaron la influencia de una enzima en el rendimiento de colágeno, en los resultados se pudo apreciar que los valores no variaron significativamente en lo que respecta a rendimiento de proteínas, su mejor ensayo fue de 39.72%.

Alzamora, Ruiz y Silva (2019) obtuvieron colágeno a partir de escamas de mero mediante el método de extracción sólido líquido, se realizaron pruebas fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales que cumplieron con los requisitos para el consumo. Para los análisis sensoriales se mezcló el producto con jugo de naranja.

En la actualidad no se ha encontrado un proceso que permita la producción a nivel industrial del colágeno a partir de escamas de pescado por lo que, aportar con un diseño del proceso industrial, permite dar una alternativa para el tratamiento de residuos de la industria pesquera

2.2. Bases conceptuales y teóricas

2.2.1. Producción de pescado en Ecuador

Ecuador es uno de los tres países de América Latina que exporta grandes cantidades de productos marinos, principalmente: camarón, atún, salmón y harina de pescado. Entre los años 2009 y 2018 hubo un incremento del 12% en la producción de pescado (FAO, 2020, pp.24-42). Las exportaciones de pescado congelado y filetes han aumentado en un 25% durante enero-abril 2021 (Cámara Nacional de Pesquería, 2021). Al mismo tiempo, el beneficio que representa una gran producción pesquera conlleva que se generen pieles, huesos, colas, escamas que muchas de las veces se desechan incrementando la carga orgánica, cuando podemos ver a este material como un subproducto del sector acuícola.

En la provincia del Guayas existen más de 150 pescadores artesanales que comercializan sus productos en mercados de Guayaquil, Ambato y Riobamba. Principalmente se captura cachema, bagre, lisa rayada y corvina (El Universo, 2021: 1A). Los vendedores de mariscos en la ciudad de Riobamba coinciden en que los productos que mayor disponibilidad tienen son aquellos que provienen de la misma zona, es decir, provienen de un ambiente frío, sin embargo, los productos marinos de ambiente cálido también son demandados, lo cual permite la recolección de una gran variedad de escamas como: lisa, corvina, tilapia, mojarra, palma, etc.

2.2.2. Pescados que más se comercializan en los mercados de Riobamba

Cachema

El nombre científico de la Cachema es *Cynoscion analis*. Tiene una longitud máxima de 45cm, se desarrolla en un ambiente costero salino y pueden encontrarse entre 1 a 50m de profundidad.

Su alimentación se basa en pulpos, calamares, crustáceos y peces (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).



Figura 1-2: *Cynoscion analis*

Fuente: (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).

Bagre

Su nombre científico es *Bagre panamensis*. Se caracteriza por tener el cuerpo muy robusto, coloración azul en el dorso, plateado en los lados, aletas multicolor de azul oscuro a claro y el vientre blanco. Su tamaño alcanza los 57cm y puede estar en una profundidad de 0 a 177m, por lo general se capturan con redes de arrastre en aguas costeras. Se desarrolla tanto en agua dulce como salada, se alimenta de crustáceos, gusanos, peces y gasterópodos (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).



Figura 2-2: *Bagre panamensis*

Fuente: (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).

Lisa rayada

Nombre científico *Mugil cephalus*, también conocida como lisa pardete o lisa común. Tiene un cuerpo moderadamente alargado y robusto con escamas de un tamaño moderado a grandes, los

adultos tienen escamas ásperas. Sus tonalidades van desde el color oliva, plateado y blanco. Crecen hasta los 135cm y se encuentran en una profundidad de 0 a 125m. Pueden desarrollarse en un hábitat salobre o de agua dulce. Se alimentan de microalgas, huevos de peces, zooplancton y fitoplancton (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).



Figura 3-2: *Mugil cephalus*

Fuente: (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).

Corvina

Se lo conoce por su color blanco o gris plata científicamente llamado *argyrosomus regius*. Es un pez con escamas grandes puede tener una longitud de 30cm a 2m. Puede alcanzar profundidades entre 15 a 300m. Se desarrolla en zonas costeras, estuarios salados o aguas dulces existen varios tipos de corvinas. Naturalmente habitan en el Noreste Atlántico y Mar Mediterráneo. Su alimentación varía entre peces pequeños, crustáceos, mugílidos, gusanos y clupeidos (Animales, 2018).

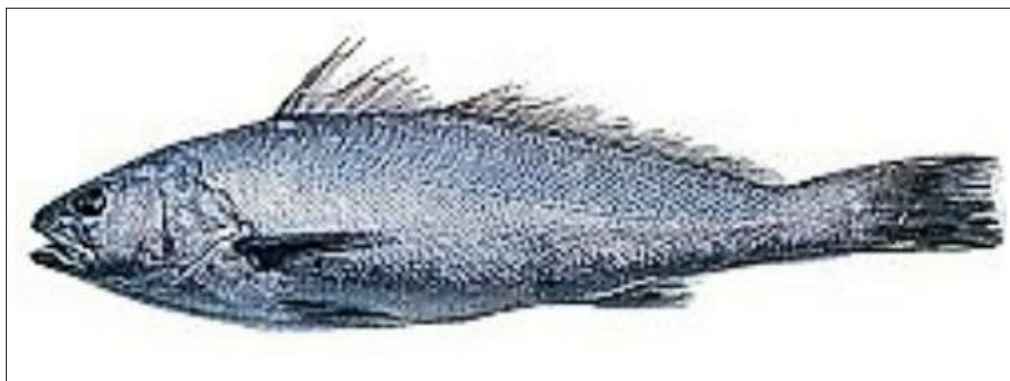


Figura 4-2: *Argyrosomus regius*

Fuente: (Instituto Smithsonian de Investigaciones Tropicales, 2015).

Mojarra

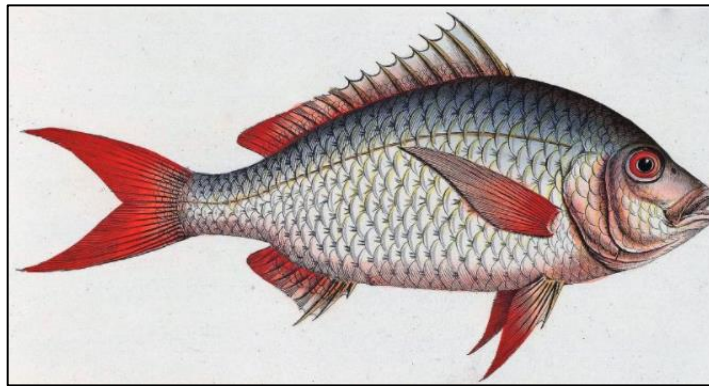


Figura 5-2: *Eugerres*

Fuente: (Animales, 2018).

Existen diferentes tipos de especies de mojarra, su nombre científico es *Eugerres*. Puede alcanzar un tamaño medio de 50cm y ya que son una especie de pez la cual puede ser adaptada para recibir una alimentación artificial, son perfectos para ser criados en granjas. Son omnívoros, se alimentan de peces, gusanos, crustáceos, etc. Se desarrollan en ambientes con una temperatura sobre los 20°C (Evangelista et al., 2019: pp.2-3).

2.2.3. *Escamas de pescado*

Las escamas son láminas duras, algo flexibles, que conforman el exoesqueleto de los peces. Los osteoblastos, ubicados en los márgenes de la escama, permiten que estas crezcan de manera continua con el pez. En la actualidad las escamas no son explotadas y se redirigen a otros usos como ingrediente en el balanceado animal o como material de bisutería en la zona costera del país (Ramos, 2018, p.4). Se consideran como un biocompuesto de fibras de colágeno tipo I altamente ordenadas y también contienen hidroxiapatita (El-Rashidy et al., 2015: p.2).

2.2.4. *Colágeno*

El colágeno es un tipo de proteína que constituye los tejidos conjuntivos, como la piel, los tendones y el hueso, por lo tanto, representa la proteína más abundante del organismo. Su función principal es brindar soporte estructural y celular, también posee una composición específica de aminoácidos como prolina e hidroxiprolina (Rodríguez et al., 2015: pp.51-60).

El colágeno obtenido de escamas de pescado ha mostrado tener resultados satisfactorios para enfermedades degenerativas en las articulaciones y también podría llegar a ser un alimento beneficioso para personas con enfermedad inflamatoria intestinal (Azuma et al., 2014: pp.161-168).

2.2.4.1. Colágeno nativo

Se conoce como colágeno nativo ya que este no ha pasado por un proceso de desnaturalización de proteínas, se obtiene de fuentes animales (X115, 2020, p.3). Hasta ahora se han caracterizado 29 tipos de colágenos, sin embargo, el colágeno I al V son los que más abundan en todo el cuerpo, su unidad básica de una fibra de colágeno se conoce como colágeno nativo o tropocolágeno. El tropocolágeno es una macromolécula, formada por tres cadenas polipeptídicas dando así una triple hélice donde interaccionan, en su mayoría, enlaces por puente de hidrógeno (Bonmat y León, 2010: p.2).

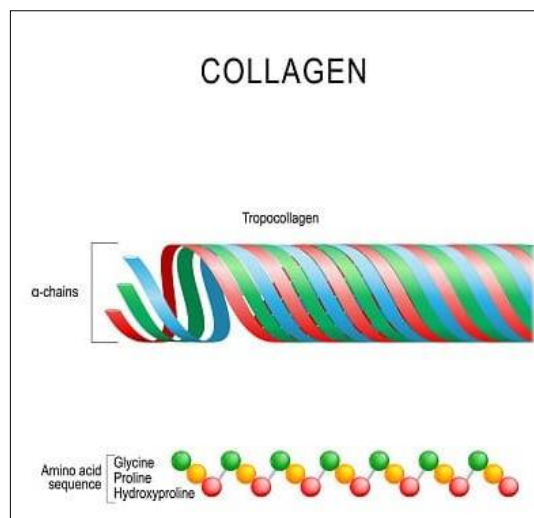


Figura 6-2: Tropocolágeno

Fuente: (Colnatur, 2020).

2.2.4.2. Colágeno parcialmente hidrolizado

El colágeno parcialmente hidrolizado es el colágeno que ha sufrido un efecto de desnaturalización debido a algún cambio como temperatura o pH, se conoce que cuando un tejido gelatinoso se somete a temperaturas moderadas en agua o en soluciones acuosas básicas o ácidas solubiliza a las proteínas dado a que las disuelven parcialmente (Bonmat y León, 2010: p.136).

Propiedades organolépticas

Las propiedades organolépticas son aquellas que se pueden percibir con los sentidos como la textura, temperatura, sonido, etc. Es importante que estas propiedades sean agradables para el

consumidor. Según la ficha técnica de (Delité, 2019) en donde se miden 4 propiedades del colágeno parcialmente hidrolizado.

Tabla 1-2: Características organolépticas del colágeno parcialmente hidrolizado

Color: Amarillo	Olor: Inodoro
Apariencia: Polvo	Sabor: Insípido

Fuente: (Delité, 2019).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

La gelatina se podría definir como el colágeno que no se ha descompuesto por completo, es decir, está parcialmente hidrolizado. Su cadena de péptidos es muy larga con aproximadamente 1000 aminoácidos por cada una de ellas. Al mezclarse con líquidos adquiere un poder gelificante, lo que la convierte en un buen espesante, además de proporcionar aminoácidos que permiten la reparación de tejidos. Es la proteína solubilizada, es decir, previamente ha pasado por una operación de calentamiento lo cual provoca la desnaturalización del tropocolágeno, rompiendo los enlaces de hidrógeno que forman la triple hélice del tropocolágeno (Mamani, 2018: pp.19-23).

2.2.4.3. *Colágeno hidrolizado*

Colágeno hidrolizado es una mezcla de péptidos de colágeno con un peso molecular inferior a 5000 Da (Figueres y Basés, 2015: p.62). Algunos autores mencionan que el colágeno hidrolizado se absorbe de forma más eficiente, sin embargo, en el estudio realizado por (Lugo et al., 2016: p.6) menciona que el colágeno nativo actúa diferente al colágeno hidrolizado, este influye dentro del sistema inmunitario lo que provoca la desinflamación de cartílagos.

2.2.5. *Proteínas*

Las proteínas se dividen en dos grupos: simples y conjugadas. Las proteínas simples se clasifican en fibrosas y globulares. El colágeno se encuentra dentro de las proteínas fibrosas y son las más abundantes en el cuerpo humano (Acuña, 2006, p.315). Las proteínas fibrosas son insolubles en agua fría y se encuentran principalmente en la piel, pelo, uñas y tejidos conectivos (Acuña, 2006, p.313).

2.2.5.1. Desnaturalización de proteínas

La desnaturalización de una proteína implica la alteración no natural del estado iónico de una proteína, los factores que pueden ocasionar este efecto son amplios pero los más comunes son el calor y el pH (Wade, 2011, p. 556).

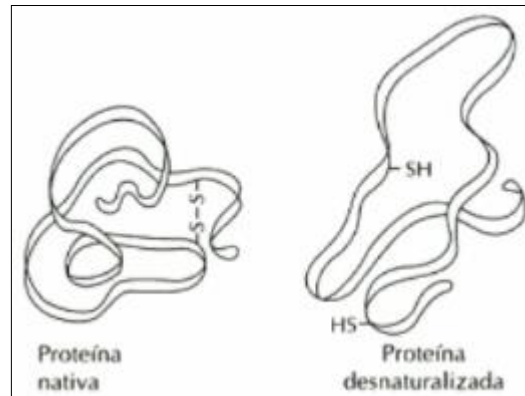


Figura 7-2: Desnaturalización de una proteína

Fuente: (Acuña, 2006, p. 312).

La desnaturalización es un proceso que permite romper las estructuras de las proteínas. Las proteínas se absorben mejor cuando se han convertido en aminoácidos. Cuando las proteínas se desnaturalizan su absorción se realiza de manera eficaz. Temperatura de desnaturalización están entre 26-29 °C (Minh et al., 2014: p.270).

Al desnaturalizar la proteína se desmorona la estructura de la triple hélice del colágeno, los enlaces de puentes de hidrógeno se rompen, sin alterar la estructura primaria de la proteína (Bonmat y León, 2010: p.137). Cuando se calienta el colágeno, se hidroliza y forma gelatina de menor masa molecular (Acuña, 2006, p. 313). Es decir, se obtiene colágeno parcialmente hidrolizado.

Puesto a que el calentamiento suave solamente puede provocar la ruptura de los enlaces de hidrógeno que estabilizan la triple hélice del colágeno, el proceso de transformación de colágeno en gelatina puede ser considerado como un proceso típico de desnaturalización (Bonmat y León, 2010: p.136).

2.2.6. *Análisis de los métodos para la extracción de colágeno a partir de escamas de pescado*

Extracción sólido-líquido de (Ramos, 2018, p.34) en donde se obtuvo un 40.625% de proteína en su mejor ensayo. En este ensayo se realiza una desnaturalización de proteínas, en dónde se lava, seca y muele para pasar por un proceso de extracción sólido – líquido, se filtra y envasa el

producto líquido. Sin embargo, se puede notar que el porcentaje de colágeno obtenido se basa en el contenido de proteínas totales por lo que cabría una inconsistencia debido a la presencia de proteínas no colagenasas. El tiempo de obtención del colágeno tarda alrededor de 4 días.

Extracción por hidrólisis básica, ácida y tratamiento enzimático de (López y Almeida, 2018: p.5) donde se obtuvo 39.72% de proteína en el mejor ensayo. Su estudio se basaba en la incidencia de la enzima sobre las características del colágeno. El tiempo de obtención tarda alrededor de 4 días, dos de los cuales se centra en el secado de las escamas.

Extracción sólido-líquido, un método usado por (Alzamora et al., 2019: p.78) nos da información acerca del rendimiento volumétrico de sus ensayos, mas no del colágeno o proteína, por lo que el mismo autor recomienda hacer un ensayo de cuantificación de colágeno. Su método se basa en la desnaturalización de las proteínas para obtener colágeno parcialmente hidrolizado. El requerimiento de materia prima tiene un coste bajo debido a que solo se efectúa una solubilización de la proteína en un medio acuoso.

Extracción de colágeno soluble en ácido de (Quintero y Zapata, 2017: p. 113) resalta existen proteínas diferentes al colágeno y que existe tan solo un 9.62% de proteínas colagenasas con respecto a toda la proteína contenida en la escama, basándose en los resultados de su investigación. Su proceso se compone de una hidrólisis alcalina que conserva las cadenas polipeptídicas más largas y libera al medio acuoso las proteínas no colagenasas. Este proceso requiere un riguroso control de temperatura y agitación porque comprometería a la molécula de colágeno al trabajar con un agente irritante como es el NaOH. Procede una descalcificación con EDTA y NaOH durante 48 horas para llegar a la extracción de colágeno con CH₃COOH durante 12 horas y su precipitación con una solución salina

Extracción de colágeno desde el biso de mejillones (Rodríguez et al., 2015: p.52) menciona, también, la importancia del pretratamiento con NaOH para solubilizar las proteínas no colagenasas y evitar que las proteasas destruyan los enlaces peptídicos del colágeno. Su método se basa en la obtención de colágeno en medio ácido y el uso de la enzima proteasa. Las condiciones de operación cambian a causa de la materia prima de la cual se parte.

Extracción de colágeno a partir de subproductos piscícolas (Giraldo, 2019, p.3) concuerda en su tesis que el pretratamiento alcalino es necesario para extraer la proteína no colagenasa, la cual puede conllevar complicaciones al momento de evaluar el grado de pureza del colágeno.

El método de extracción por hidrólisis alcalina y básica produce colágeno con una alta concentración sin la intervención de proteínas no colagenasas, las cuales se encuentran en el medio como producto final. Sin embargo, el costo de los reactivos es elevado debido a que requiere pasar por un proceso de desmineralización y requiere una gran cantidad de EDTA para lograr remover el contenido de hidroxapatita o calcio que contiene la escama.

Se requiere estudiar las condiciones favorables propuestas en bibliografía, como consecuencia se decidirá a variar las condiciones de extracción con el fin de obtener un alto rendimiento y menor tiempo de producción, costos y energía.

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Metodología

La metodología que se ha aplicado en el proyecto parte de la revisión bibliográfica con la finalidad de conocer las peculiaridades y la composición de las escamas de pescado para seleccionar el método que favorecerá la producción de colágeno. Se han revisado diferentes procedimientos para la obtención de colágeno, sin embargo, todos los trabajos revisados pueden resumirse en dos. El primero donde se trata a la materia prima por una secuencia de hidrólisis y desmineralización, este se denominará como “Método 1” en donde se obtiene colágeno hidrolizado de alta pureza y otro método que implica la desnaturalización de las proteínas que tiene la escama, será el “Método 2”. Para escoger el método se tomará en cuenta aquel que permita obtener un alto rendimiento y menores costes de producción.

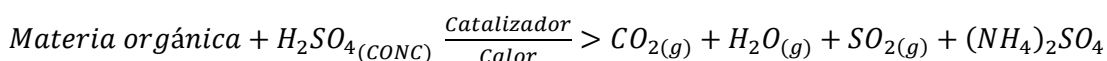
3.1.1. Caracterización de la materia prima

3.1.1.1. Análisis de proteínas

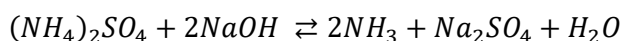
Determinación de proteínas totales por el método de Micro Kjeldahl.

Las proteínas son macromoléculas completas de alto peso molecular, su elemento químico más sobresaliente es el nitrógeno debido a esto, el método estándar para determinar el nitrógeno total es conocido como el método de Kjeldahl-Willfart-Gunninfg que considera etapas fundamentales como:

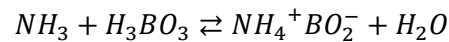
Digestión: La materia prima se trata con ácido sulfúrico concentrado y sulfato de cobre como catalizador para oxidar la materia orgánica en CO₂ y agua y transformar el nitrógeno en amoníaco e imínico provenientes de las proteínas y aminoácidos. Durante este proceso se forma una espuma negra indicando que la materia se está carbonizando hasta obtener un líquido claro que indica que la reacción química ha terminado.



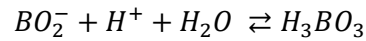
Destilación: Después de la digestión de la muestra se añade en exceso hidróxido de sodio al 40% m/v, este descompone el sulfato de amonio en amoníaco y este se destila por arrastre con vapor.



Se coloca verde de bromocresol y rojo de metilo, como indicadores, y una solución alcohólica de ácido bórico en un Erlenmeyer para recoger el amoniaco destilado.



Valoración: Se usa una solución estandarizada de ácido clorhídrico para valorar el borato de amonio formado.



Cuando la solución llegue a un pH ácido significa el punto final de la valoración, indicada por la presencia de ácido bórico finalmente formado. Para calcular el contenido de proteínas totales se multiplica el contenido de nitrógeno por un factor de 6.25.

3.1.1.2. Determinación de humedad

La determinación de humedad se realiza por métodos indirectos en donde se separa el agua del alimento por secado a temperaturas mayores a 100°C. Se requiere conocer la masa de agua contenida en la muestra tomada para el análisis de la siguiente manera:

$$m_{H_2O} = m_{alimento (inicial)} - m_{alimento (seco)}$$

$$\%Humedad = \frac{m_{H_2O}}{m_{muestra}}$$

3.1.2. Descripción de los métodos

3.1.2.1. Método 1: Obtención de colágeno de alta pureza

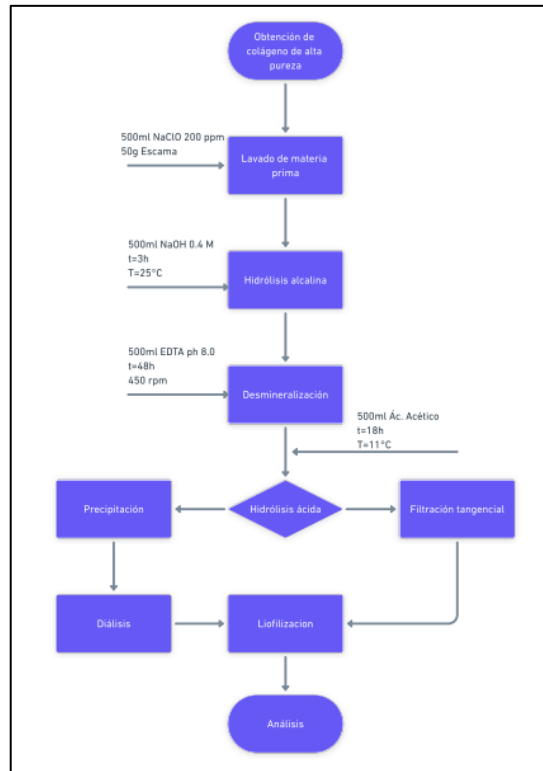


Gráfico 1-3: Diagrama de flujo para la obtención de colágeno mediante hidrólisis

Fuente: (Quintero y Zapata, 2017: pp.111-112).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 1-3: Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de colágeno de alta pureza

Materiales	Reactivos	Equipos
Cooler	Hipoclorito de sodio	Balanza analítica
Vasos de precipitación	Agua destilada	pH metro
Espátula	Hidróxido de sodio	Agitador magnético
Cernidor	EDTA	
Recipiente de plástico	Ácido acético	
Balón de aforo de 1L	Cloruro de sodio	
Pipetas de 5 ml	Escamas de pescado	
Magneto		
Papel filtro		
Probeta		
Embudo		
Termómetro		

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Se toma como referencia el procedimiento realizado por (Quintero y Zapata, 2017: pp.111-112).

Lavado: Enjuague con agua de la llave para eliminar partículas no deseadas. Repetir cuantas veces sea necesario y finalizar con un lavado de hipoclorito de sodio (NaClO) a 200ppm.

Hidrólisis del tejido conectivo (pretratamiento alcalino): Preparar una solución de hidróxido de sodio (NaOH) 0.4M. Pesar 50 g de muestra húmeda y colocar 500ml de la solución. Colocar en un agitador magnético por 3h a 25°C. Al finalizar, lavar con agua destilada hasta obtener un pH neutro.

Desmineralización: Preparar una solución de ácido etilendiaminotetraacético (EDTA) 0.5M y ajustar a un pH de 8. Requiere pesar 186.1 g de EDTA y diluir en 800 ml de agua, se agita y se agrega 16 g de NaOH para ajustar al pH adecuado y se lleva a un volumen de 1000 ml. Tras preparar la solución, esta se coloca en un agitador magnético por 48 h con una proporción de 1:10 con relación a la muestra/solución de 300 a 450 rpm.

Hidrólisis ácida (Extracción de colágeno): Preparar una solución de ácido acético (CH₃COOH) 0.7M. Colocar en un agitador magnético a bajas rpm, en una proporción 1:10 con relación a la muestra/solución por 18h a 11°C.

Precipitación: Preparar una solución de NaCl al 12% y mezclar con la solución ácida. Recoger el precipitado filtrado.

Filtrado: Separar la solución del producto obtenido. Colocar el papel filtro en un embudo simple y permanecer ahí hasta que el producto se haya filtrado completamente.

3.1.2.2. Método 2: Obtención de colágeno parcialmente hidrolizado

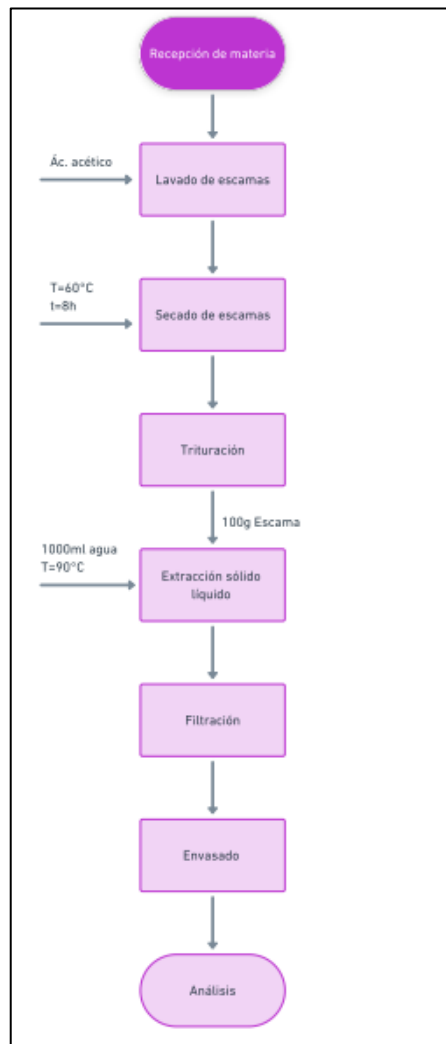


Gráfico 2-3: Diagrama de flujo para la obtención de colágeno mediante desnaturalización de proteínas

Fuente: (Ramos, 2018, pp.19-20).

Elaborado por: Bastidas, Fernanda, 2021.

Tabla 2-3: Materiales, reactivos y equipos usados en la extracción de colágeno parcialmente hidrolizado

Materiales	Reactivos	Equipos
Vasos de precipitación	Hipoclorito de sodio	Reverbero o plancha de calentamiento
Balón de aforo	Agua purificada	Refrigeradora
Recipiente de plástico	Escamas	Licuadora
Vasos de plástico		
Cernidor		
Termómetro		

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Lavado de escamas: Se realiza el lavado con agua potable para retirar partículas extrañas. El proceso se repite cambiando por agua purificada y colocando las escamas en un recipiente de acero inoxidable para agregar ácido acético por 20 minutos, se realiza un último lavado para retirar el exceso de ácido acético.

Secado: Ocurre en un rango de temperaturas de 50-60° durante 8 horas.

Trituración: Se reduce el diámetro de partícula en 2mm.

Extracción sólido-líquido: Se extrae el colágeno en una relación 90:10 de agua y colágeno a una temperatura de 90°C hasta obtener un licor con un volumen de 400ml

Envasado: Se coloca en vasos y se lleva a refrigeración a una temperatura de 13°C por 12 horas

3.1.3. Elección del método

La elección del método debe considerar puntos importantes como: materia prima, reactivos, cantidad de equipos a usar y el rendimiento del producto. Sin embargo, el método escogido estará sujeto a modificaciones con el fin de mejorar el producto. Se analizará a escala de laboratorio dos métodos para la obtención de colágeno partiendo de escamas de pescado con la finalidad de obtener un producto con alto rendimiento. En bibliografía se explica el procedimiento de varios métodos de extracción de colágeno a partir de escamas de pescado, ahora bien, estos procedimientos son para escamas de una misma especie de pez. Aunque se haya afirmado que las condiciones de extracción varían dependiendo la alimentación, origen del pez o el ambiente en que estos se hayan desarrollado, se pretende estandarizar un solo método que permita obtener un producto con buenas características y alto rendimiento.

3.1.4. Diseño del proceso

Son el conjunto de operaciones unitarias que se llevarán a cabo después de definir el método que favorezca la producción de colágeno. Requiere de equipos que permitan la producción de 90 kg de colágeno mensualmente, por lo tanto, el rendimiento del producto es fundamental para escoger el tamaño adecuado de los equipos.

3.1.5. Factibilidad económica del proceso

La factibilidad técnica del proceso estará complementada con la factibilidad económica. Para analizar la viabilidad del proceso se pretende analizar el punto de equilibrio y los indicadores VAN y TIR para conocer el coste beneficio del proceso

3.2. Ingeniería del proyecto

3.2.1. Resultados de la caracterización de la materia prima

Los análisis de la materia prima se realizaron por el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC).

Tabla 3-3: Contenido de proteína en la materia prima

Parámetros	Unid	Método	Resultado
Nitrógeno	%	INEN 16	5.8
Proteína (factor 5.55)	%	INEN 16	32.19

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022

El análisis de humedad se realizó con en un analizador de humedad marca RADWAG

Tabla 4-3: Contenido de humedad en la materia prima

Parámetros	Unid	Método	Resultado
Humedad	%	INEN 1953	12,775

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022

Los resultados del análisis de proteínas se realizaron para una mezcla de escamas de pescado, recogidas en la ciudad de Riobamba. El contenido de proteína puede variar dependiendo de la especie del pez (López y Almeida, 2018: p.2), así como las condiciones de desarrollo de este (Pati et al., 2010: p. 3742). La caracterización de escamas realizada (Quintero y Zapata, 2017: p.113), muestra un 67.96% de proteínas contenidas en escamas de tilapia con un margen de error de 0.19 y su humedad de 15.18% con un margen de error de 0.27. Los análisis realizados por (Santos, 2020, p.32) indica un contenido de proteínas de 16.23% con un margen de error de 0.11 y contenido de humedad de 62.79%. Por otro lado (López y Almeida, 2018: p.32) reflejaron resultados de 38.95% con un margen de error de 0.28 y su humedad de 8.51%.

3.2.2. Resultados de la obtención del producto

3.2.2.1. Método 1: Obtención colágeno de alta pureza

Tabla 5-3: Resultados del método 1

Ensayo	Repetición	Peso de escamas	H+	Peso de colágeno	Rendimiento	Promedio	Desviación estándar
			Duración		%		
1	1	49,23 g	12 h	0,214 g	0,435	0,571	0,190339851
	2	50,26 g	12 h	0,246 g	0,489		
	3	50,36 g	12 h	0,397 g	0,788		
2	4	49,78 g	18 h	0,055 g	0,110	0,252	0,191793054
	5	49,86 g	18 h	0,087 g	0,174		
	6	50,21 g	18 h	0,236 g	0,470		
3	7	51,23 g	24 h	0,361 g	0,705	0,566	0,275622065
	8	50,62 g	24 h	0,126 g	0,249		
	9	49,91 g	24 h	0,372 g	0,745		

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Los resultados descritos en la tabla se realizaron para una mezcla de escamas a diferencia del estudio “Aislamiento y caracterización de colágeno soluble en ácido de las escamas” (Minh et al., 2014: pp.265-266) en donde se ha obtenido un rendimiento de 1.43 a 1.5% debido a las condiciones de desarrollo del pez, (Pati et al., 2010: p.3739) menciona que su rendimiento es de un 5% en solución ácida y (Bhagwat y Dandge, 2016: p.1) con un rendimiento de 9.79% en base al peso húmedo. El rendimiento obtenido se realizó en base seca del producto obtenido. Los rendimientos alcanzados por los autores previamente citados fueron más altos dado que llevaron a cabo condiciones de extracción adecuadas para el tipo de escama de su respectiva investigación.

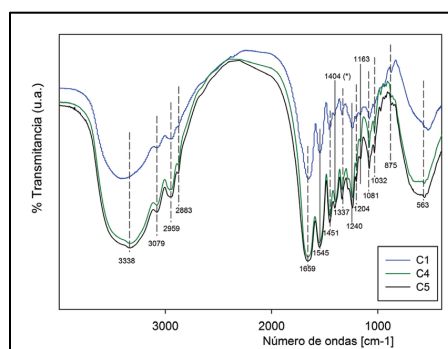


Gráfico 3-3: Superposición de los espectros de colágenos bien conservados

Fuente: (Vitale et al., 2019: p.175).

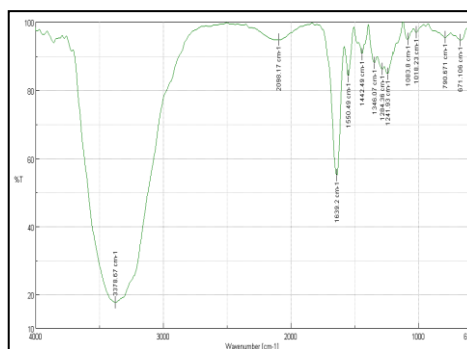


Gráfico 4-3: Espectro del colágeno obtenido por el método 1

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 6-3: Longitud de onda de colágeno obtenido por el método 1

Número de ondas [cm-1]	% Transmitancia
3378.67	17.569
2098.17	94.7109
1639.2	54.8235
1550.49	83.9694
1442.49	90.4906
1346.07	88.0472
1284.36	86.1328
1241.93	84.7881
1083.8	94.9701
1018.23	96.8922
790.671	95.4403
671.106	94.603

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

La superposición de los espectros realizados por (Vitale et al., 2019: p.175) indica en 1337 cm^{-1} una banda de intensidad media asociada a estiramientos C-N. En 1240 cm^{-1} se encuentra la banda característica Amida III correspondiente a la deformación N-H asociada a aminas terciarias y aminas cíclicas. Entre 1100 y 1005 cm^{-1} se encuentran bandas de baja intensidad, asociadas a las deformaciones C-O-H, C-O y C-O-C de restos de carbohidratos y torsiones fuera de plano de ácidos carboxílicos. Tomando en cuenta la tabla de rangos de número de onda (Shurvell, 2006, p. 9) se relaciona el número de onda 3378.67 cm^{-1} con enlaces OH debido al contenido de hidroxiprolina (Pati et al., 2010: p.3740), en los rangos de 1640 a 1580 existe la presencia de grupos funcionales NH_3 , presente en aminoácidos y NH_2 en aminas primarias, la banda de intensidad media en 1639.2 cm^{-1} se encuentra dentro de este rango, el análisis FTIR realizado por (Pati et al., 2010: p.3742) lo corrobora debido a su pico en 1643.05 cm^{-1} que menciona ser la región de Amida I. Los picos más relevantes son en 3378.67 cm^{-1} para Amida A 1639.39 cm^{-1} para Amida I, 1442.49 cm^{-1} para amida II y 1241.93 cm^{-1} para Amida III que coinciden con los picos en el análisis FTIR para colágeno obtenido de escamas de tilapia realizado por (El-Rashidy et al., 2015: p.4).

3.2.2.2. Método 2: Obtención de colágeno parcialmente hidrolizado

Tabla 7-3: Resultados del método 2

Ensayo		Repetición	Peso escamas	Colágeno parcialmente hidrolizado	Rendimiento	Promedio	Desviación estándar
1		10	45,41 g	5,43 g	11,95%	9,97%	0,017173867
Tiempo	Agua	13	48,08 g	4,36 g	9,07%		
30 min	200 ml	17	50,74 g	4,51 g	8,88%		
2		12	48,28 g	2,88 g	5,96%	5,56%	0,003858465
Tiempo	Agua	19	50,36 g	2,61 g	5,19%		
1 hora	200 ml	21	50,34 g	2,79 g	5,53%		
3		15	47,92 g	5,85 g	12,22%	12,84%	0,005402251
Tiempo	Agua	16	50,15 g	6,60 g	13,16%		
30 min	250 ml	20	50,65 g	6,66 g	13,15%		
4		11	49,52 g	7,91 g	15,98%	15,44%	0,005206732
Tiempo	Agua	14	48,24 g	7,43 g	15,39%		
1 hora	250 ml	18	50,05 g	7,48 g	14,94%		

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

El producto obtenido tiene un mayor rendimiento en peso a comparación del método 1. El aspecto del producto refleja un problema en el presente método, por tanto, se requiere corregir las propiedades organolépticas teniendo en cuenta que el producto debe tener un color, olor, apariencia y sabor agradables para el consumidor.

El aspecto del colágeno parcialmente hidrolizado se debe a la piel que permanece adherida a las escamas y el color amarillo se debe a elevar la temperatura de la escama debido a su contenido de carbonato de calcio (Gómez y Benítez, 2011; citados en Ramos, 2018). La remoción de estas se da en gran parte en los lavados de la materia prima, a pesar de eso, no basta para evitar que el producto tenga un color oscuro. Se requiere modificar el método para favorecer al color del producto y agregar aditivos para reducir el olor propio del pescado.



Figura 1-3: Colágeno parcialmente hidrolizado

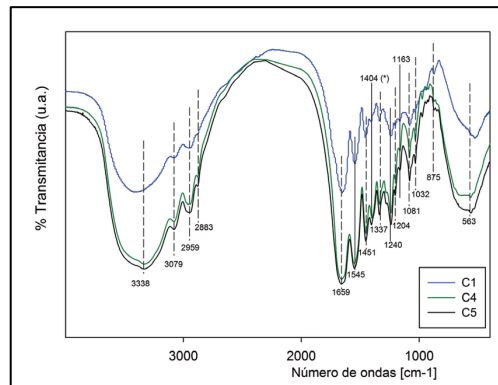


Gráfico 5-3: Superposición de los espectros de colágenos bien conservados

Fuente: (Vitale et al. 2019).

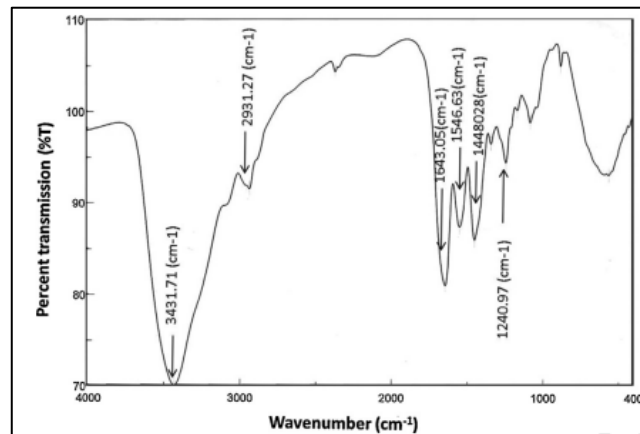


Gráfico 6-3: Análisis FTIR de colágeno extraído de escamas de tilapia

Fuente: (El-Rashidy et al. 2015. p 4).

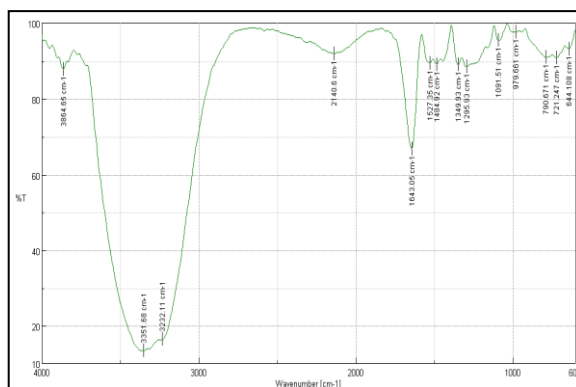


Gráfico 7-3: Espectro del colágeno obtenido por el método 2

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 8-3: Longitud de onda de colágeno obtenido por el método 2

Número de ondas [cm-1]	% Transmitancia
3864.65	87.8702
3351.68	13.3719
3232.11	16.3941
2140.6	91.9812
1643.05	66.746
1527.35	89.4136
1484.92	89.1221
1349.93	89.0681
1295.93	88.4309
1091.51	95.4267
979.661	97.6433
790.671	90.9284
721.247	90.7674
644.108	93.1852

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

La localización de los picos del espectro FTIR se encuentran ubicados en 3351.68 cm^{-1} una banda de intensidad alta que indica la presencia de grupos funcionales NH_2 en amidas primarias (Shurvell, 2006, p.9), en 3232.11 cm^{-1} existe otro pico que se encuentra dentro de la región de 3700 y 3100 cm^{-1} que, para un análisis preliminar, presenta la posible existencia de ácidos carboxílicos, aminas, amidas o alquinos (Shurvell, 2006, p.12), en 1643.05 cm^{-1} hay una banda de intensidad media alta que coincide con la banda obtenida por (El-Rashidy et al., 2015: p.4) la cual se encuentra dentro de la región de amida I con un enlace $\text{C}=\text{O}$, que también corrobora (Vitale et al., 2019: p.175) que en las proteínas, el grupo amida ($\text{C}=\text{O}$) aparece alrededor de 1650 cm^{-1} . La mayor parte del colágeno contiene hidratos de carbono que se encuentran unidos a la hidroxilisina e hidroxiprolina, estos se encuentran dentro de la región amida I, los cuales son aminoácidos más representativos de este al igual que los grupos funcionales nitrogenados que se encuentran en el aminoácido glicina (Ikoma et al., 2003: p.201).

3.2.3. Elección del método

La obtención de colágeno se puede realizar mediante diferentes condiciones de extracción, sin embargo, de manera sintetizada se ha dividido en dos grupos: colágeno de alta pureza y colágeno parcialmente hidrolizado. Mediante el análisis FTIR se logró constatar la presencia de colágeno en ambas muestras, por otro lado, la elección se da en función del rendimiento de cada método, además de considerar los reactivos necesarios para llevar a cabo la producción.

El método 1 para obtención de colágeno de alta pureza entregó resultados de rendimiento de 0.788% en el mejor de sus ensayos, en segundo lugar, la cantidad de reactivos usados no compensa la cantidad de producto obtenido por lo que realizar este método no resulta viable para ser llevado a escala industrial. Por otro lado, mediante la experimentación del método 2 para obtención de colágeno parcialmente hidrolizado proporciono un rendimiento mayor, de 15.44% en relación de peso seco.

El método que favorece la producción de colágeno es aquel que permite la obtención de colágeno parcialmente hidrolizado. Se lleva a cabo un proceso de desnaturalización de proteínas en donde la estructura del tropocolágeno o colágeno nativo se rompe, liberando las proteínas al medio acuoso o agua potable la cual se puede eliminar por evaporación y el producto se obtiene en forma de cristales de gelatina.

La Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA) afirma que el proceso de extracción de colágeno por tratamiento térmico, es decir desnaturalización, alcanza e incluso supera los estándares de seguridad necesarios para el consumo humano requeridos por La Comisión de Comunidades Europeas (European Food Safety Authority, 2005, p.4).

El método escogido que se llevará a cabo en el diseño del proceso industrial para la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado es mediante desnaturalización, por otra parte, se pretende modificar el proceso para que las propiedades organolépticas mejoren. Para esto se añadió un proceso de secado, tamizado, evaporación y molienda, también se pretende usar algunos aditivos para que el olor se reduzca y se conserve mejor.

3.2.4. Pasos adicionales del método seleccionado

El objetivo adicionar pasos al proceso es mejorar las propiedades organolépticas del producto, el trabajo “Obtención y caracterización de colágeno a partir de las escamas de pescados rojo y pardo” realizado por (Ramos, 2018, p.34) menciona que el color grisáceo se debe a partículas de piel y el color amarillento se debe al calentar el carbonato de calcio y el fosfato de calcio contenido en la escama. Posterior a secar las escamas la materia prima se debe tamizar en orden de eliminar restos de impurezas que puedan intervenir en la extracción, el proceso de evaporación se incluye debido a que antes de pasar a la operación de secado el producto debe

llegar concentrado para facilitar el proceso de secado y la formación de cristales. Para obtener un producto en polvo y granulado se requiere de una operación de molienda y tamizado.

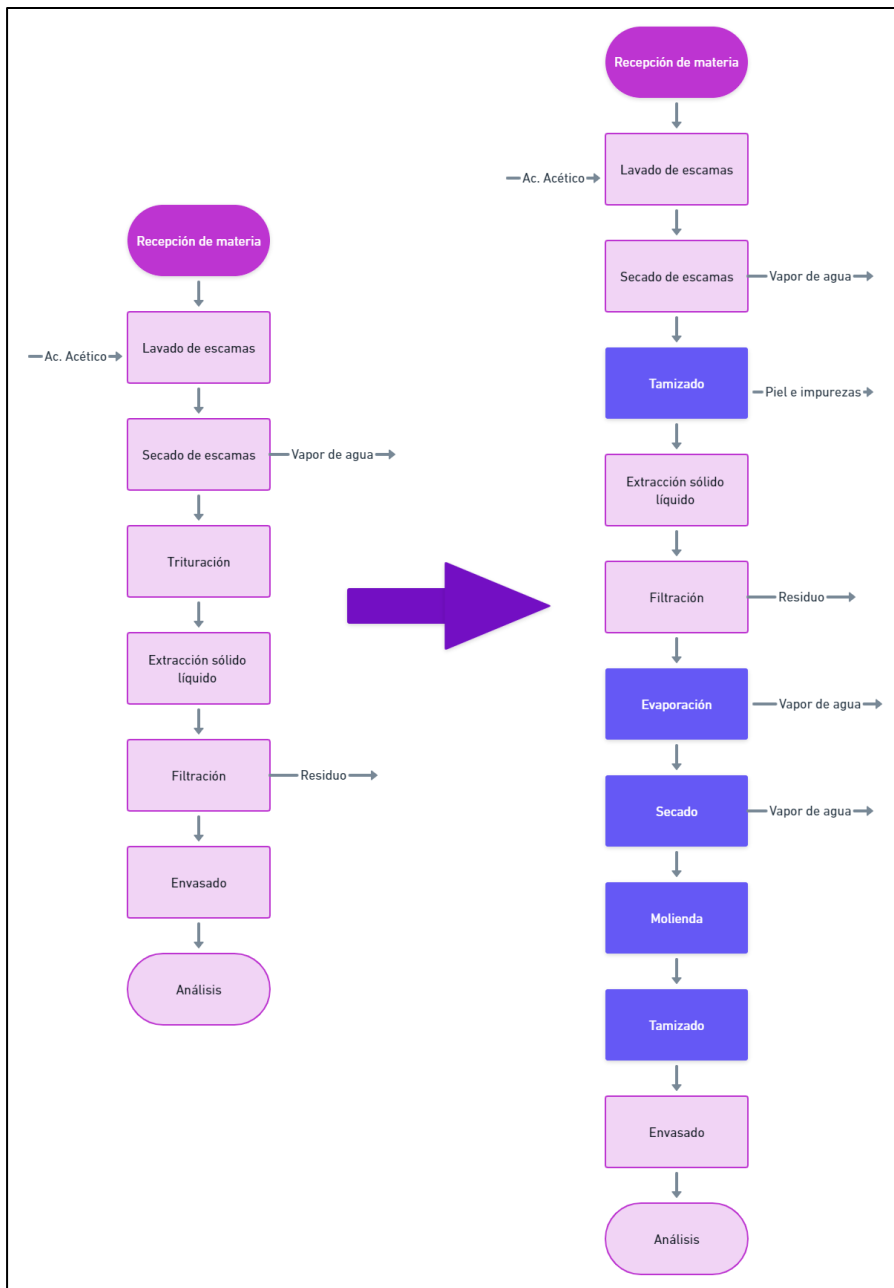


Gráfico 8-3: Pasos adicionales en el proceso de extracción

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Recolección de la materia prima



Figura 2-3: Marisquerías de San Alfonso, la Condamine y Mayorista

Lavado

Se requiere lavar las escamas para remover piel, tierra, sangre, aletas, etc. que permanecen en el producto que llega de la pescadería. Se realiza aproximadamente 4 lavados con agua para conseguir una escama limpia. La solución de 200 ppm se prepara a partir de una solución de cloro al 5%,

Ecuación 1-3: Cálculo del volumen de cloro requerido

$$\begin{aligned}C_1 \times V_1 &= C_2 \times V_2 \\250 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml} &= 50000 \text{ ppm} \times V_2 \\V_2 &= \frac{200 \text{ ppm} \times 1000 \text{ ml}}{50000 \text{ ppm}} \\V_2 &= 4 \text{ ml}\end{aligned}$$

Donde:

C_1 = Concentración requerida de hipoclorito de sodio

V_1 = Volumen requerido

C_2 = Concentración conocida de hipoclorito de sodio

V_2 = Volumen necesario para llegar a la concentración deseada

Secado

El secado se lleva a cabo para desprender la piel de las escamas de pescado, la cual provoca que el color del producto se torne de un color grisáceo. Se coloca en una bandeja amplia dado que la escama tiende a incrementar su volumen cuando esta seca lo que puede provocar pérdidas de materia prima.



Figura 3-3: Secado de escamas

Tamizado

La escama seca se pasa por una malla de 1.0 mm para eliminar restos de impurezas y partículas de piel desprendidas durante el secado, de esta manera se evita que la piel pase a la operación de extracción, alternando el color del producto final.



Figura 4-3: Tamizado de escamas

Extracción

En este punto del proceso se desnaturaliza las proteínas existentes en la escama haciendo que se liberen al medio acuoso. Se lleva a una temperatura de 80 °C con el fin de procurar que todas las escamas se desnaturalicen con una proporción de 400 ml de agua por cada 50 g de escama por 1 hora, posterior a este paso se retira el agua para llevarse a evaporación. Se usó 400 ml de

agua debido a que esta cantidad permitía llevar el contacto entre agua y escamas de forma que toda la mezcla quede cubierta.



Figura 5-3: Desnaturalización de proteínas

Evaporación

Es importante que, antes realizar una operación de secado, la muestra ingrese al equipo con un contenido de humedad lo más bajo posible. Para esta operación se reduce el contenido de agua en un 85% del total de agua ingresada. En este punto se añadió 1g de bicarbonato de sodio por cada 100g de escama usada con el objetivo de reducir el olor de la muestra, sin embargo, en los cálculos no se toma en cuenta esta variante para obtener el rendimiento neto del colágeno.

Secados

El objetivo de esa operación es reducir el agua que contiene el colágeno hasta llegar a un peso constante. Sirve para conservar los alimentos y disminuir el espacio que ocupa el producto final. Se coloca el licor formado en bandejas de 15.6 cm x 11.6 cm. Es decir, llegar a tener un espesor de 0.276 cm de muestra. Mientras el espesor sea más pequeño la muestra de colágeno tomará menos tiempo en secarse.



Figura 6-3: Láminas de colágeno parcialmente hidrolizado

Molienda

Esta operación permite disminuir el tamaño de partícula del producto para que pueda envasarse y haya una mejor disolución cuando se mezcle con agua.



Figura 7-3: Molienda de colágeno

Envasado

Se envasa en un frasco hermético sin alterar las características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas del producto. Este debe proporcionar protección contra la humedad, contaminación e infestación garantizando la buena conservación.



Figura 8-3: Colágeno parcialmente hidrolizado

3.2.4.1. Formulación del colágeno parcialmente hidrolizado

La formulación adecuada se obtuvo a partir de los ensayos previamente realizados. Debido al contenido de calcio que tiene la escama esta no puede triturarse ya que puede alterar el contenido de proteínas que tiene el producto, además de incrementar el color grisáceo en el producto final. El rendimiento más alto se ha podido observar que se da a 1 hora y con mayor

cantidad de agua por lo que se ha realizado tres ensayos con diferente cantidad de materia prima para establecer una correlación en la obtención de producto. Así mismo se añadió 0,5g de bicarbonato de sodio por cada 50g de materia prima para reducir el olor característico de la escama.

Tabla 9-3: Rendimiento de colágeno

Peso de escama seca (g)	Volumen agua (ml)	Peso colágeno (g)	Rendimiento en peso colágeno
	Extracción		
49,93	400	5,79	11,60%
100,98	800	13,91	13,78%
201,32	1600	25,16	12,50%

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

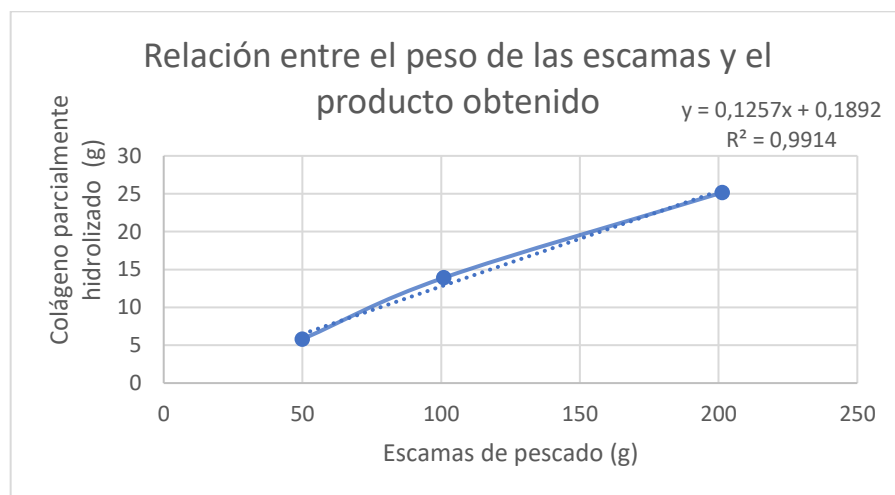


Gráfico 9-3: Relación entre el peso de las escamas y el producto

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Ecuación obtenida de la línea de tendencia para la obtención de colágeno a partir de escamas de pescado.

Ecuación 2-3: Modelo matemático para la obtención de colágeno

$$y = 0.1257 x + 0.1892$$

Donde:

y: es el colágeno parcialmente hidrolizado

x: escamas de pescado secas

3.2.5. Técnicas

Las técnicas escogidas son las establecidas por la Norma Técnica Ecuatoriana 1961: Gelatina pura comestible. Requisitos. La elección se dio debido al tipo de colágeno obtenido, colágeno parcialmente hidrolizado.

Tabla 10-3: Requisitos físicos y químicos para la gelatina comestible. Ver ANEXO A TABLA 1.

Requisitos	Unidad	Min	Max
Humedad	%	-	12
Cenizas totales	%	-	2
Nitrógeno	%	15.5	17.9
Proteínas, base seca	%	86.02	99.3
pH solución al 1% a 25°C		3,8	7,6
Dióxido de azufre	mg/kg	-	50

Fuente: NTE. INEN 1961: Gelatina pura comestible. Requisitos

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 11-3: Requisitos microbiológicos para gelatina comestible. Ver ANEXO A TABLA 3.

Requisitos	Unidad	m	M
Staphylococcus aureus	UFC/g	1x10 ²	1x10 ⁴
Mohos y levaduras	UFC/g	1x10 ¹	1x10 ²
Salmonella	UFC/g	-	ausencia

Fuente: NTE. INEN 1961: Gelatina pura comestible. Requisitos

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.2.6. Resultados de la caracterización del colágeno parcialmente hidrolizado

Los análisis del colágeno parcialmente hidrolizado se realizaron por el laboratorio de Servicios Analíticos Químicos y Microbiológicos (SAQMIC).

Tabla 12-3: Resultados de análisis de contenido de proteína

Parámetros	Unid	Método	Resultado
Nitrógeno	%	INEN 16	14.1
Proteína (factor 5.55)	%	INEN 16	78.25

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 13-3: Resultados de análisis microbiológicos

Parámetros	Unid	Método	Resultado
Recuento de <i>Aerobios mesófilos</i>	UFC/g	INEN 1529-4	500
<i>Coliformes totales</i>	UFC/g	INEN 1529-6	Ausencia
<i>Escherichia coli</i>	UFC/g	INEN 1529-8	Ausencia
<i>Salmonella</i>	UFC/25g	INEN 1529-15	Ausencia
<i>Staphylococcus</i>	UFC/g	INEN 1529-14	Ausencia
<i>Mohos y Levaduras</i>	UFC/g	INEN 1529-10	< 10

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

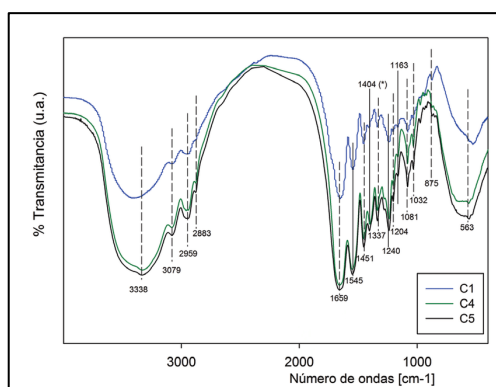


Gráfico 10-3: Espectros de colágeno bien conservados

Fuente: (Vitale et al., 2019: p.175).

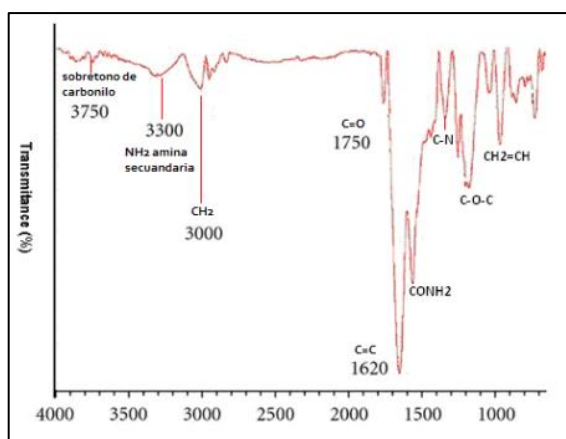


Gráfico 11-3: Espectro FTIR de membranas de colágeno

Fuente: (Díaz, 2012, p.96).

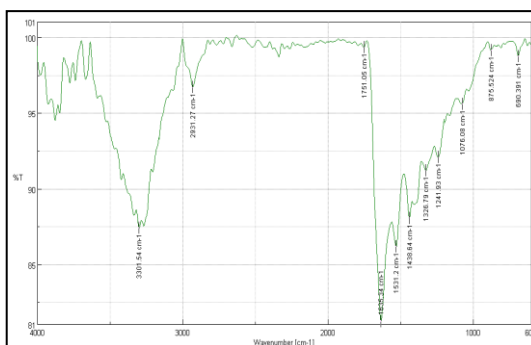


Gráfico 12-3: Espectro de colágeno obtenido

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 14-3: Longitud de onda de colágeno obtenido

Número de ondas [cm-1]	% Transmitancia
3301.54	87.3703
2931.27	96.7031
1751.05	99.326
1635.34	81.1852
1531.2	86.1356
1438.64	88.0394
1326.79	91.1723
1241.93	92.0447
1076.08	95.5841
875.524	99.1218
690.391	98.7441

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Vitale et al. (2019) tuvo la presencia en 1337 cm⁻¹ de una banda de intensidad media que se relaciona con el grupo funcional C-N, en 1240 cm⁻¹ presenta una banda característica que es la amida III y en 1100 y 1005 cm⁻¹ indica bandas de baja intensidad asociada a deformaciones de grupos funcionales C-O-H, C-O y C-O-C. (Díaz, 2012, p.96) realizó la espectroscopía FTIR para comprobar la existencia de aminoácidos característicos en las membranas en donde se puede observar el pico característico de la cisteína S-H en 1171.74 cm⁻¹. Los rangos de número de onda en algunos grupos funcionales y de compuestos que absorben en el infrarrojo medio y lejano, indica que en los rangos de 3300 a 3250 cm⁻¹ existe la presencia de grupos funcionales NH en amins secundarias; rangos de 3700 a 3100 cm⁻¹ la existencia de amidas y amins NH; 1870 a 1650 cm⁻¹ presencia del grupo funcional C=O presente en aminoácidos; 1650 a 1550 cm⁻¹ grupos funcionales C=C, C=N y NH en aminoácidos y de 1000 a 650 cm⁻¹ la banda se estira por la posible presencia de amins alifáticas (Shurvell, 2006, p.9). En el presente proyecto se ha observado una banda de intensidad media en 3301.54 cm⁻¹ que tiende a presentar un grupo funcional NH presente en polipéptidos y proteínas; en 1635.34 cm⁻¹ indica la banda con más alta intensidad con la presencia del grupo funcional C=O que indica la posible presencia de glicina, ácido glutámico o prolina los cuales son aminoácidos presentes en el colágeno (Minh et al., 2014: p.266).

3.2.7. Diseño del proceso

3.2.7.1. Operaciones unitarias del proceso

Son aquellas operaciones que permiten llevar a cabo el desarrollo y el diseño del proceso que transforma materias primas y fuentes básicas de energía en productos deseados. Las escamas de pescado son la fuente para obtener colágeno, y para lograr su transformación se requiere que estas pasen por una serie de operaciones que van a conformar el proceso:

Secado

Esta operación unitaria consiste en remover el agua u otro líquido de un material sólido con el fin de reducir la humedad hasta un valor constante. Es un término relativo para referirse a una reducción de líquido desde un valor inicial hasta un valor final aceptable. Por lo general es más económico remover el líquido por un método mecánico que por un método térmico, por lo que se debe reducir el líquido tanto como sea posible antes de alimentar los secadores térmicos (McCabe et al., 2007: p.833).

Los motivos por el cual se induce el secado son: la conservación, humedad máxima que exige la comercialización, reducir los costos de manejo, transporte, empaque y almacenamiento, recuperar subproductos. Minimizar el porcentaje de humedad en un producto puede evitar que se produzcan cambios físicos y químicos, además, disminuye el peso del producto lo que facilita su transporte (Ruiz, 2016, pp. 14-15). Sin embargo, en los primeros pasos del proceso esta operación se usa ya que favorece la remoción de piel y partículas extrañas a las escamas de pescado. Esta operación de separación se basa en la transferencia simultánea de calor y masa.

Tamizado

Este proceso permite que las mezclas de partículas sólidas puedan separarse, es decir, la piel y otros componentes no deseados que se encuentren adheridos a las escamas. Su efectividad se reducirá si se realiza con demasiada rapidez, el tamaño de muestra es muy grande o se encuentre húmeda debido a que las partículas tienden a aglomerarse.

Calentamiento

Consiste en añadir calor a la mezcla de agua y escamas, sobre la temperatura de desnaturalización de proteínas con la finalidad de liberar las proteínas al medio acuoso. Las

estructuras polipeptídicas del colágeno nativo o tropocolágeno se encuentran unidas por enlaces de puentes de hidrógeno, estos enlaces se rompen por el cambio de temperatura.

Evaporación

Es una operación unitaria que se basa en la transferencia simultánea de calor y masa, permite concentrar las soluciones al eliminar el disolvente por ebullición. Este paso se realiza hasta obtener un licor o el disolvente evaporado, que pueda llevarse a la siguiente operación para la formación de cristales. Un evaporador es un intercambiador de calor capaz de hervir la solución.

Molienda

Luego de la cristalización es necesario que el producto se encuentre en forma de granulo dado que facilita tanto el envasado como el empleo del consumidor. El cristal obtenido se rompe fácilmente, por lo tanto, este paso no requiere mucho trabajo de parte del equipo. Sin embargo, es importante que estas partículas tengan un tamaño semi uniforme, de esta manera se pasan por un tamiz.

3.2.8. Variables y parámetros del proceso

Temperatura

Permite que se lleve a cabo el proceso productivo debido a que interviene en el proceso de secado de escamas, desnaturalización de proteínas, concentración de la solución y en la formación de los cristales de colágeno. Se considera un tipo de variable independiente, ya que puede afectar directamente al tiempo de obtención de colágeno.

Tabla 15-3: Variación de la temperatura en los procesos

Etapas del proceso	Parámetro
Secado de escamas	60 °C
Desnaturalización de proteínas	90 °C
Concentración de la solución	85 °C
Formación de cristales	60 °C

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tiempo

Es considerada una variable dependiente de la temperatura, por lo que se mide en las mismas etapas del proceso de producción. Durante la concentración de la solución, el tiempo puede variar dependiendo de la cantidad de solución que se desee concentrar. Las etapas del proceso en donde se van a medir son en el secado de escamas, desnaturalización de proteínas, concentración de la solución y cristalización del colágeno y con la finalidad de realizar el dimensionamiento de equipos se propone llevar a cabo el proceso de evaporación en 5 horas.

3.2.9. Balance de masa

Partiendo de la ecuación 2-3 obtenida y conociendo que la producción mensual requerida es de 90kg se divide al mes en 4 semanas productivas, por lo tanto, los balances de masa se realizarán en función de producir semanalmente 22.5kg de producto.

$$y = 0.1257 x + 0.1892$$

$$22.5kg = 0.1257 x + 0.1892kg$$

$$x = \frac{22.5kg - 0.1892kg}{0.1257}$$

$$x = 177.49 kg$$

Para producir 22.5 kg de colágeno parcialmente hidrolizado se requiere de 177.49 kg de escama seca sin piel

3.2.9.1. Secado

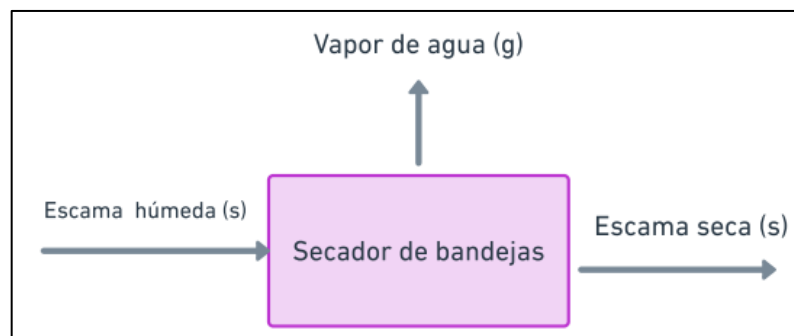


Gráfico 13-3: Balance de materia en el secado

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$E_h = H_2O (g) + E_{Si}$$

Donde:

E_h: Escama húmeda

E_{si}: Escama seca con impurezas

Requerimiento de escamas húmedas

Tabla 16-3: Datos obtenidos del secado

Peso escama húmeda (g)	Peso escama seca con impureza (g)	Rendimiento de secado
201,25	92,02	0,4572
201,32	92,45	0,4592
196,95	82,14	0,4170
208,91	97,13	0,4649
704,87	325,68	0,4620
715,44	343,95	0,4808
Promedio		0,4569

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$\eta_{secado} = \frac{E_{si}}{E_h}$$

$$E_h = \frac{E_{si}}{\eta_{secado}}$$

Ecuación 3-3: Cálculo de la escama húmeda

$$E_h = \frac{E_{si}}{0.4569}$$

Donde:

η_{secado}: rendimiento del secado

3.2.9.2. Tamizado

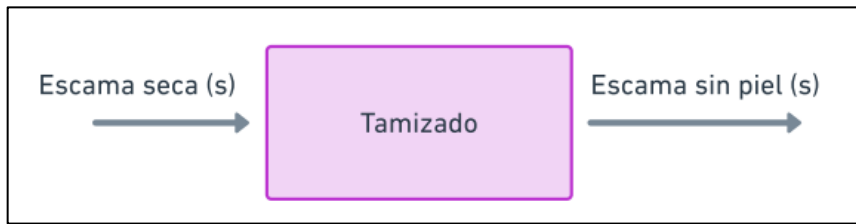


Gráfico 14-3: Balance de masa del tamizado

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 17-3: Rendimiento del tamizado

Peso escama seca con impureza (g)	Escama seca sin piel (g)	Rendimiento del tamizado
92,02	89,56	0,9733
92,45	89,74	0,9707
82,14	80,21	0,9766
97,13	95,05	0,9786
325,68	319,98	0,9825
343,95	334,65	0,9730
Promedio		0,9758

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$\eta_{\text{tamizado}} = \frac{E_s}{E_{si}}$$

$$E_{si} = \frac{E_s}{\eta_{\text{filtrado}}}$$

$$E_{si} = \frac{177,49\text{kg}}{0,9758}$$

$$E_{si} = 181,89\text{kg}$$

Donde:

E_s : escama seca sin piel

η_{tamizado} : rendimiento del tamizado

Reemplazando en la ecuación 3-3.

$$E_h = \frac{E_{si}}{0,4569}$$

$$E_h = \frac{181,89\text{kg}}{0,4569}$$

$$E_h = 398,10\text{kg}$$

3.2.9.3. Calentamiento

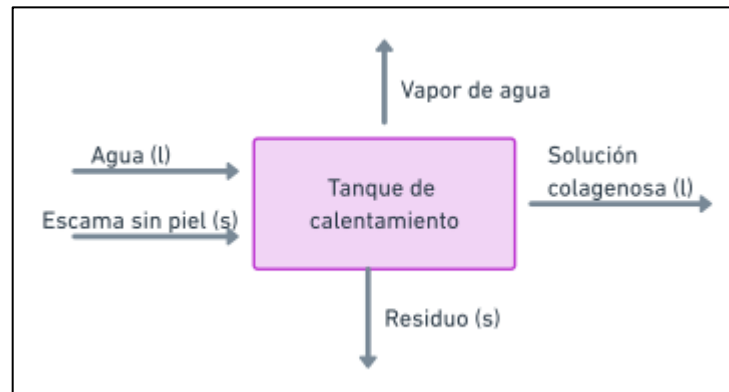


Gráfico 15-3: Balance de masa en el calentamiento

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 18-3: Volumen que ocupa la mezcla de agua y escamas

Volumen de agua (ml)	Escama seca sin piel (g)	Volumen de la mezcla (ml)
400	49,93	430
800	100,98	865
1600	201,32	1730

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 19-3: Relación entre kilos de escama y litros de agua

	Peso de escamas	Volumen de agua
Relación 1	50kg	400L
Relación 2	177.49kg	1419.92L

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$V_{H_2O} = 1419.92L$$

Donde:

V_{H_2O} : volumen de agua

- Volumen de la mezcla

Tabla 20-3: Incremento del volumen de agua

Volumen de agua	% de incremento del volumen
400ml	1,0750
800ml	1,0813
1600ml	1,0813
Promedio	1,0792

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$V_m = V_{H_2O} * \%V$$

Donde:

V_m : volumen de la mezcla

$\%V$: incremento del volumen al añadir escamas

$$V_m = 1419.92L \times 1.0792$$

$$V_m = 1532.37 L$$

- Masa de agua requerida para el calentamiento

Sabiendo que la densidad del agua es $\rho_{H_2O} = 1 \frac{kg}{L}$

$$\rho_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{V_{H_2O}}$$

$$1 \frac{kg}{L} = \frac{m_{H_2O}}{1419.92L}$$

$$m_{H_2O} = 1419.92kg$$

Donde:

m_{H_2O} : masa de agua

- Masa del residuo

Tabla 21-3: Porcentaje de residuo generado

Escama seca sin piel	% de residuo generado
49,93g	2,1678
100,98g	1,8963
201,32g	2,0265
Promedio	2,0302

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$R = E_s \times \%R_G$$

$$R = 177.49kg \times 2.0302$$

$$R = 360.34kg$$

Donde:

R: residuo

%R_G: fracción de residuo generado

3.2.9.4. Evaporación

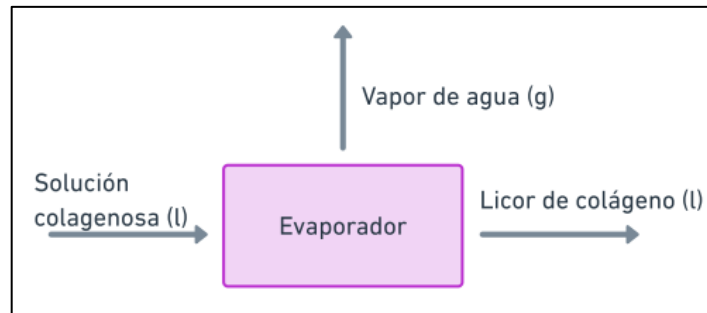


Gráfico 16-3: Balance de masa en el evaporador

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 22-3: Rendimiento en la evaporación

Masa inicial de agua	Masa del licor	Rendimiento del evaporado
400g	98,52g	0,2463
800g	216,23g	0,2703
1600g	453,67g	0,2835
Promedio		0,2667

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Se requiere reducir la cantidad de la masa total de agua inicial a un 0.2667

$$m_{LC} = \eta_{\text{evaporador}} * m_{H_2O}$$

$$m_{LC} = 0.2667 * 1419.92kg$$

$$m_{LC} = 378.692kg$$

Donde:

m_LC: masa de la solución concentrada

$\eta_{\text{evaporado}}$: rendimiento del evaporado

3.2.9.5. Secado

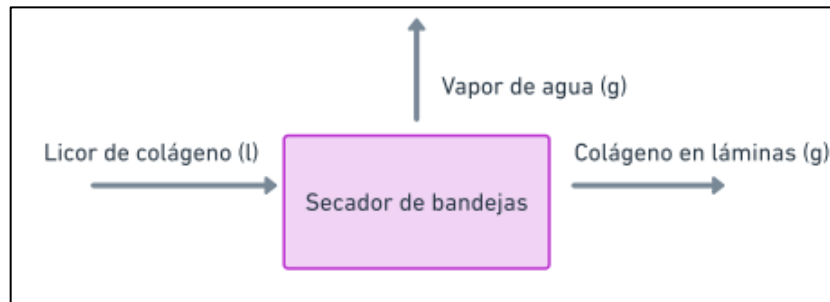


Gráfico 17-3: Balance de masa en el secador de bandejas

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 23-3: Rendimiento del secado

Masa del licor	Masa de las láminas de colágeno	Rendimiento del secado
98,52	5,79	0,0588
216,23	13,91	0,0643
453,67	25,16	0,0555
Promedio		0,0595

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$\eta_s = \frac{m_{CS}}{m_{LC}}$$

$$m_{CS} = \eta_s * m_{LC}$$

$$m_{CS} = 0.0595 * 378.692kg$$

$$m_{CS} = 22.532kg$$

Donde:

η_s : rendimiento del secado

m_{CS} : masa del colágeno seco en láminas

- Perdida de agua en el residuo

$$R = E_s + m_{H_2OR} - m_{CS}$$

$$m_{H_2OR} = 360.34kg - 177.49kg + 22.532$$

$$m_{H_2OR} = 205.38kg$$

Donde:

m_{H_2OR} : masa de agua en el residuo

3.2.9.6. Molienda



Gráfico 18-3: Balance de masa en la molienda

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 24-3: Rendimiento de la molienda

Masa de las láminas de colágeno (g)	Colágeno parcialmente hidrolizado (g)	Rendimiento
5,79	5,33	0,9206
13,91	13,46	0,9676
25,16	24,63	0,9789

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

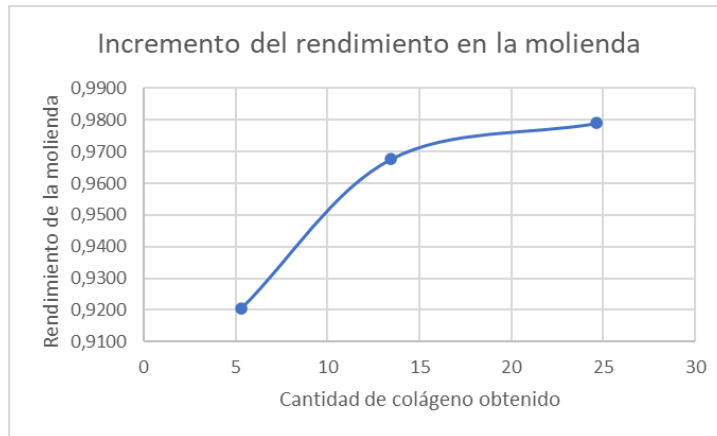


Gráfico 19-3: Incremento del rendimiento en la molienda

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

La molienda es un proceso que incrementa el rendimiento a medida que mayor sea la cantidad de producto que se ingrese al proceso.

$$m_{CPH} = m_{CS} * \eta_m$$

$$m_{CPH} = 22.532kg * 0.9787$$

$$m_{CPH} = 22.052$$

Donde:

m_{CPH} : masa de colágeno parcialmente hidrolizado

η_m : rendimiento de la molienda

3.2.9.7. Cálculo del rendimiento del proceso en peso

Tabla 25-3: Rendimiento en peso del producto

Escama seca sin piel (g)	Colágeno parcialmente hidrolizado	Rendimiento
49,93	5,33	0,1067
100,98	13,46	0,1333
201,32	24,63	0,1223
Promedio		0,1208

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

El rendimiento en peso se aprovecha en un 12.08%

3.2.9.8. Cálculo del rendimiento en proteínas

El contenido de proteínas en la materia prima es de 32.19 ver ANEXO B y el contenido de proteínas en el producto es de 78.25 ver ANEXO C.

Tabla 26-3: Rendimiento en proteínas

Proteína en la materia prima	Proteína en el producto	Rendimiento
16,072467	4,170725	0,2595
32,505462	10,53245	0,3240
64,804908	19,272975	0,2974
Promedio		0,2936

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

El rendimiento en proteínas es de 29,36%, lo cual se puede considerar favorable ya que el producto se extrae de una materia prima sin valor.

3.2.9.9. Cálculo de las fracciones de sólidos en la alimentación y en la salida del evaporador

A lo largo del proceso se encuentra transportándose 22.51kg de colágeno parcialmente hidrolizado en donde se considera que a la salida del secador la fracción del producto contenido en las bandejas es de 1 y en la salida del evaporador y calentador este se encuentra en fracciones menores a 1, sin embargo, se conoce la masa de la solución para obtener la fracción de sólidos tanto en la alimentación

- Concentración de colágeno en la salida del evaporador

$$X_L = \frac{m_c}{m_{\text{solución}}}$$

$$X_L = \frac{22.51 \text{ kg}}{378.38 \text{ kg}}$$

$$X_L = 0.0594$$

- Concentración de colágeno en la entrada del calentador

$$X_F = \frac{m_{CS}}{m_{H_2O} - m_{H_2OR}}$$

$$X_F = \frac{22.51 \text{ kg}}{1419.92 - 205.38 \text{ kg}}$$

$$X_F = 0.0185$$

- Masa de agua que se requiere evaporar

$$mE_{H_2O} = mT_{H_2O} - m_{H_2OR}$$

$$mE_{H_2O} = 1419.92 \text{ kg} - 205.38 \text{ g}$$

$$mE_{H_2O} = 1214.54 \text{ kg}$$

- Cálculo del flujo de vapor a evaporar

Con el objetivo de obtener las ecuaciones de diseño, se toma como base 5 horas de duración en el proceso de evaporación.

$$V = \frac{mE_{H_2O}}{t}$$

$$V = \frac{1214.54 \text{ kg}}{5 \text{ h}}$$

$$V = 242.908 \text{ kg/h}$$

Donde:

V: Flujo de vapor a evaporar

3.2.9.10. Balance de masa general del proceso

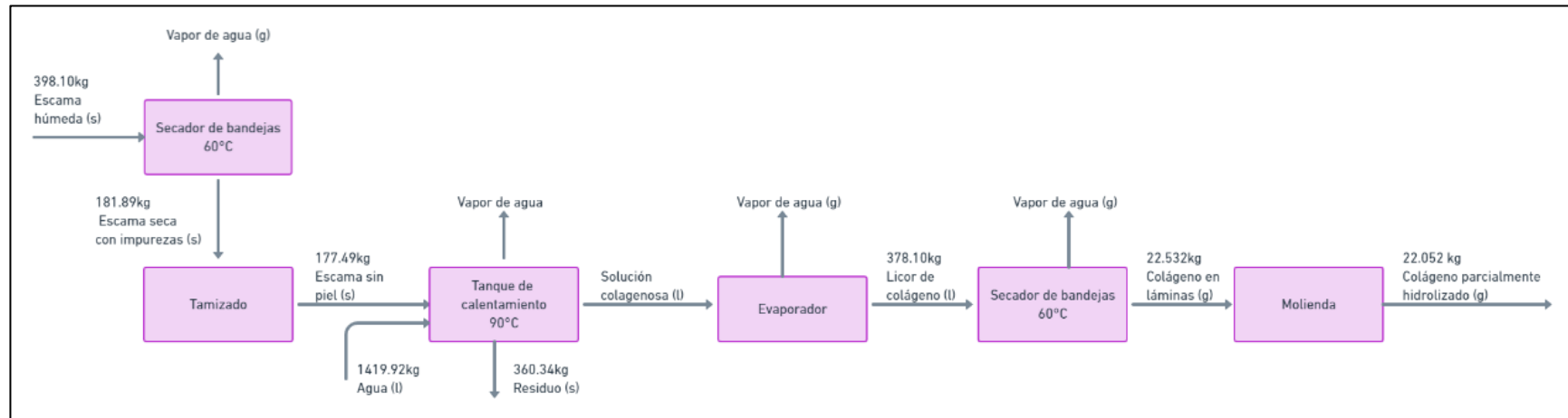


Gráfico 20-3: Balance de masa general

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.2.10. Balance de energía

3.2.10.1. Evaporador

- Balance total de energía

$$F * h_f + S * H_S = L * h_L + C * h_C + V * H_V$$

F: Flujo de la alimentación

S: Flujo del vapor de agua

V: Flujo del vapor evaporado

C: Flujo del condensado

L: Flujo de la solución concentrada

h_f: Entalpía de la alimentación

h_L: Entalpía de la solución concentrada

H_s: Entalpía de vapor saturado

h_s: Entalpía de líquido saturado

h_c: Entalpía del condensado

H_v: Entalpía de vapor evaporado

$$F * h_f + S * H_S - C * h_C = L * h_L + V * H_V$$

La masa en la entrada del vapor de agua proveniente de una caldera es igual en la salida del condensado.

$$S = C$$

$$F * h_f + S(H_S - h_S) = L * h_L + V * H_V$$

$$(H_S - h_S) = \lambda$$

Dónde

λ : Calor latente de vaporización

$$S = \frac{L * h_L + V * H_V - F * h_F}{\lambda}$$

3.2.11. Dimensionamiento de la planta

3.2.11.1. Cotización de equipos

- Congelador

Permite almacenar la materia prima hasta su uso.

Tabla 27-3: Características del congelador

Puertas	2
Cestas	1
Capacidad Neta (L)	600 litros
Temperatura	hasta -18 °C
Voltaje	220V
Potencia	280W
Consumo diario	3,36 Kw/hora.
Dimensiones	1865x715x830 mm

Fuente: (Alibaba, 2021).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- Frigorífico

Descongela la materia prima gradualmente para evitar la degradación enzimática.

Tabla 28-3: Características del frigorífico

Gama	Frigorífico vertical.
Modelo	CD614.
Color	Blanco.
Energía	Eléctrico.
Frecuencia	50 / 60 Hz.
Voltaje	230 V-1N.
Potencia	200 W.
Refrigerante	R600a.
Rango de temperatura	2 a 8 °C.
Temperatura ambiente máxima	32 °C.
Volumen útil	600 litros.
Peso	90 kg.
Tipo de uso	Profesional

Fuente: (Alibaba, 2021).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- Caldera

Es un intercambiador de calor, el cual se diseña tomando en cuenta el análisis de transferencia de calor. Dentro de la caldera uno de los fluidos absorbe calor y se vaporiza, es decir, que este pasa por un proceso de cambio de fase. Se clasifica como un dispositivo de flujo estacionario porque opera durante largos periodos en las mismas condiciones (Cengel y Ghajar, 2011: pp. 582-641).

Tabla 29-3: Características de la caldera

Modelo	LHS 0.75
Capacidad de flujo de vapor	700 kg/h
Temperatura del vapor	184 °C
Tipo de combustible	Gas natural, Diesel, Biogas
Consumo de combustible	69 kg/h aprox.
Presión de trabajo	7 bar
Material	Acero inoxidable
Precio	\$13.500,00

Fuente: (Alibaba, 2021).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- Secador de bandejas

El secador de bandejas también se conoce como secador de anaqueles, de gabinete o de compartimientos. El material se esparce sobre una bandeja que puede tener una profundidad entre los 10 a 100 mm de profundidad. Un ventilador recircula aire caliente sobre la superficie de las bandejas, puede usarse energía eléctrica o se puede obtener calor por el vapor de agua, solo del 10 al 20% es aire nuevo que entra a la cámara el resto continua recirculándose en el medio (Geankoplis, 1998, p.59).

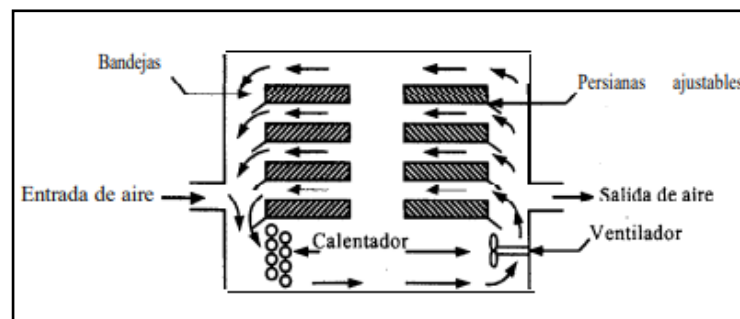


Figura 9-3: Secador de bandejas o anaqueles

Fuente: (Geankoplis, 1998, p.59).

Se propone realizar una compra de un equipo secador de bandejas que facilite el proceso de secado en dos partes del proceso: secado de escamas y secado del licor concentrado de colágeno para formar las láminas de colágeno. En la primera fase de secado se requiere procesar 398.10kg de escama húmeda y en la segunda 378.38kg, por lo tanto, se escoge un secador con una capacidad de 400kg.

Tabla 30-3: Características del secador de bandejas

Modelo	CT-C-IV
Capacidad de secado	400kg
Rangos de temperatura	50-100°C
Poder de calefacción	60kw
Área de calentamiento de vapor	100m ²
Tasa del flujo de aire	13800m ³ /h
Número de bandejas	192
Ancho x profundidad x alto	4.45x2.2x2 m
Número de carretillas para bandejas	8
Material	Acero inoxidable
Precio	\$14.999,00

Fuente: (Alibaba, 2021).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- Molino

El molino permite obtener el producto en presentación granulada, además de facilitar el almacenamiento del producto para su comercialización.

Tabla 31-3: Características del molino

Modelo	6F-P150
Peso	Cerca de 40kg
Dimensiones	800*420*780mm
Potencia	2.2-3.0kw
Velocidad	2800r/min
Voltaje	220V
Motor	3HP, motor 100% de cobre

Fuente: (Alibaba, 2021).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.



Figura 10-3: Molino

Fuente: (Alibaba, 2021).

3.2.11.2. Diseño de equipos

El material del cual se fabricarán los equipos es de acero inoxidable debido a que se está obteniendo un producto de grado alimenticio.

Tabla 32-3: Datos de propiedades y tubería del acero inoxidable

Conductividad térmica	15.1 W/(m*K)
Tamaño nominal de la tubería	½ pulgada
Diámetro interior (ϕ_{interior})	13.9 mm
Diámetro exterior (ϕ_{exterior})	21.3 mm
Espesor de la pared	3.73 mm

Fuente: (Cengel y Ghajar, 2011; Mott, 2006).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- Tanque de calentamiento

• *Volumen del tanque*

$$V_T = V_m * (1 + f)$$

$$V_T = 1532.37L * (1 + 0.15)$$

$$V_T = 1762.22 L * \frac{1 m^3}{1000 L}$$

$$V_T = 1.76 m^3$$

Donde:

V_T: Volumen del tanque

f: factor de seguridad

La geometría del tanque de calentamiento será de forma cilíndrica de tal manera que su diámetro se calcula de la siguiente manera.

- *Cálculo del diámetro del tanque de calentamiento*

$$V_T = \pi * \frac{\phi_T^2}{4} * h_T$$

Donde:

ϕ_T : Diámetro del tanque de calentamiento

h_T : altura del tanque de calentamiento

Asumiendo $\phi_T = h_T$

$$V_T = \pi * \phi_T^3$$

$$\phi_T = \sqrt[3]{\frac{1.76m^3 * 4}{\pi}}$$

$$\phi_T = 1.31m$$

- *Altura del tanque de calentamiento*

$$h_T = 1.31m$$

Tanque evaporador

El tamaño adecuado para el tanque evaporador depende de la cantidad de solución de colágeno que parte desde el tanque de calentamiento. Partiendo desde el volumen total de agua que se requiere, el volumen de agua en la evaporación y la pérdida de agua en el residuo.

Tabla 33-3: Datos requeridos para el diseño del evaporador

Flujo de vapor a evaporar V	242.908 kg/h
Temperatura del fluido T	18°C
Concentración alimentación X_F	0.0185
Concentración de la solución concentrada X_L	0.0594
Capacidad calorífica de la alimentación Cp	4.19 kJ/kg*K

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

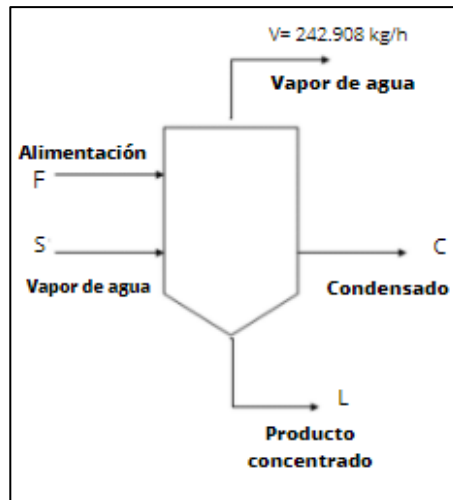


Figura 11-3: Diagrama de evaporación

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

- *Cálculo del consumo de vapor de agua (S).*

$$F = V + L$$

Balance total de sólidos

$$F * X_F = L * X_L$$

Donde:

X_F: Fracción de sólidos en la alimentación

X_L: Fracción de sólidos en la salida del concentrado

- *Flujo de la solución concentrada*

$$(V + L)X_F = L * X_L$$

$$V * X_F + L * X_F = L * X_L$$

$$L = \frac{V * X_F}{X_L - X_F}$$

$$L = \frac{242.908 \frac{kg}{h} * 0.0185}{0.0594 - 0.0185}$$

$$L = 109.873 \text{ kg/h}$$

- *Flujo de alimentación*

$$F = 242.908 \frac{kg}{h} + 109.873 \frac{kg}{h}$$

$$F = 352.781 \frac{kg}{h}$$

La temperatura en la cual el vapor evaporado sale del sistema es de 80 °C.

Tabla 34-3: Datos del agua a una temperatura de 80°C

Presión de saturación	47.416 kPa
Entalpía líquido saturado	335.02 kJ/kg
Entalpía vapor saturado	2643.0 kJ/kg

Fuente: (Cengel y Boles, 2012: p.914).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$H_V = 2643.0 \frac{kJ}{kg}$$

- *Entalpía de la alimentación*

$$h_F = C_{PF} * (T_F - T_r)$$

Donde:

C_PF: Capacidad calorífica del alimento

T_r: Temperatura de referencia (T_L)

T_F: Temperatura de alimentación

$$h_F = 4.19 \frac{kJ}{kg} * (18^\circ C - 80^\circ C)$$

$$h_F = -259.78 \frac{kJ}{kg}$$

- *Entalpía de la solución concentrada*

$$h_L = C_{PL} * (T_L - T_r)$$

Donde:

C_PL: Capacidad calorífica de la solución concentrada

$$h_L = C_{PL} * (80^\circ C - 80^\circ C)$$

$$h_L = 0$$

Calor latente

El vapor de agua que ingresa a calentar la solución es la misma que sale de la caldera. Por este motivo usamos una presión de 7 bar que representea 700 kPa. En la tabla A-5 para agua saturada nos indica que a esa presión se esta manejando una temperatura de 164.95 °C y la entalía de vaporización o calor latente es la siguiente (Cengel y Boles, 2012: p.916):

$$\lambda = 2065.8 \frac{kJ}{kg}$$

- *Flujo de vapor de agua*

$$S = \frac{109.873 \frac{kg}{h} * 0 + 242.908 \frac{kg}{h} * 2643.0 \frac{kJ}{kg} - 352.781 \frac{kg}{h} * (-259.78 \frac{kJ}{kg})}{2065.8 \frac{kJ}{kg}}$$

$$S = 355.141 \frac{kg \text{ de vapor}}{h}$$

- *Cálculo del coeficiente total de transferencia de calor*

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{L}{K} + \frac{1}{h_2}$$

Donde:

U: coeficiente total de transferencia de calor

h_1: coeficiente de transferencia de calor por convección del vapor condensante

h_2: coeficiente de tranferencia de calor por convección de la solución en ebullición

L: espesor de la pared

El valor de h_1 depende de la tempertatura a la cual se encuentra el vapor de agua ingresa al sistema y h_2 a la temperatura a la cual ebulle la solución en el tanque de evaporación. Para facilitar los cálculos, los siguientes valores de referencia:

Tabla 35-3: Valores de referencia para hallar el coeficiente de transferencia por convección

Fluido	Coeficiente de transferencia por convección
Agua	Alrededor de 1000 W/(m ² °C)
Agua caliente	1000 – 6000 W/(m ² °C)
Vapor	6000 – 15000 W/(m ² °C)

Fuente: (TVL, 2020).

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Por lo tanto los valores seleccionados para h_1 y h_2 serán 6000 y 1000 W/(m² °C) respectivamente, debido a que las temperaturas usadas son las mínimas para alcanzar el punto de ebullición a condiciones normales de presión.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{6000 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}} + \frac{3.73 \times 10^{-3} m}{15.1 \frac{W}{m * ^\circ C}} + \frac{1}{1000 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}}$$

$$\frac{1}{U} = 1.35 \times 10^{-3} \frac{m^2 * ^\circ C}{W}$$

$$U = 707.37 \frac{W}{m^2 * ^\circ C}$$

- *Área de transferencia de calor*

Ecuación 4-3: Tasa de transferencia de calor

$$q = AU\Delta T$$

q: tasa de calor que requiere el sistema kJ/s

A: área de transferencia de calor

ΔT : Diferencia de temperaturas de la solución en la entrada y salida del evaporador

Ecuación 5-3: Tasa de transferencia de calor mediante el flujo de vapor y el calor latente

$$q = S * \lambda$$

Igualando la ecuación 4-3 y la ecuación 5-3:

$$A * U * \Delta T = S * \lambda$$

$$A = \frac{S * \lambda}{U * \Delta T}$$

$$A = \frac{355.14 \frac{\text{kg}}{\text{h}} * \frac{1}{3600\text{s}} * 2065.8 \times 10^3 \frac{\text{J}}{\text{kg}}}{707.37 \frac{\text{W}}{\text{m}^2 * ^\circ\text{C}} * (164.95^\circ\text{C} - 80^\circ\text{C})}$$

$$A = 3.39 \text{ m}^2$$

- *Volumen del evaporador*

$$V_E = (V_{H_2OE} + V_{SE}) * (1 + f)$$

Donde:

V_E= Volumen del evaporador

V_H₂OE: Volumen de agua en el evaporador

V_SE: Volumen del serpentín en el evaporador

- *Volumen que ocupa el serpentín dentro del evaporador*

$$V_{SE} = \frac{\phi_{exterior}^2}{4} * \pi * L_s$$

Donde:

L_s: longitud del serpentín

Longitud serpentín del evaporador

$$A = \pi * \phi_{exterior} * L_s$$

$$L_s = \frac{A}{\phi_{exterior} * \pi}$$

$$L_s = \frac{3.39 \text{ m}^2}{21.3 \times 10^{-3} \text{ m} * \pi}$$

$$L_s = 50.68 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$V_{SE} = \frac{(21.3 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} * \pi * 50.68 \text{ m}$$

$$V_{SE} = 0.01506 \text{ m}^3$$

Volumen de agua que ingresa al evaporador

$$V_{H_2O_E} = \frac{F * t}{\rho}$$

$$V_{H_2O_E} = \frac{352.78 \frac{kg}{h} * 5 h}{1000 kg/m^3}$$

$$V_{H_2O_E} = 1.7639m^3$$

Por lo tanto:

$$V_E = (1.7639m^3 + 0.01506m^3) * (1 + f)$$

$$V_E = 1.78m^3 * (1 + 0.15)$$

$$V_E = 2.047m^3$$

- *Cálculo del diámetro del tanque evaporador*

$$V_E = \pi * \frac{\phi_E^2}{4} * h_E$$

Donde:

ϕ_E : Diámetro del tanque evaporador

h_E : altura del tanque evaporador

Asumiendo $\phi_E = h_E$

$$V_E = \pi * \frac{\phi_E^3}{4}$$

$$\phi_E = \sqrt[3]{\frac{2.047m^3 * 4}{\pi}}$$

$$\phi_E = 1.376m$$

- *Altura del tanque evaporador*

$$h_E = 1.376m$$

- *Altura de la calandria del serpentín desde la base*

$$h_{SE} = \frac{1}{3} * h_E$$

$$h_{SE} = \frac{1}{3} * 1.376m$$

$$h_{SE} = 0.459m$$

3.2.11.3. Resultados del dimensionamiento de equipos

Tabla 36-3: Dimensiones de los equipos

Descripción	Simbología	Valor	Unidad
Tanque de calentamiento			
Volumen del tanque de calentamiento	V_T	1.76	m ³
Diámetro del tanque de calentamiento	Ø_T	1.31	m
Altura del tanque de calentamiento	h_T	1.31	m
Material	Acero inoxidable	304	-
Tanque de evaporación			
Volumen del tanque	V_E	2.047	m ³
Diámetro del tanque de evaporación	Ø_E	1.376	m
Altura del tanque de evaporación	h_E	1.376	m
Área de transferencia de calor	A	3.39	m ²
Longitud del serpentín	L_S	50.68	m
Altura del serpentín	h_SE	0.459	m
Volumen del serpentín	V_SE	0.01506	m ³

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.3. Requerimientos de tecnología, equipos y maquinaria

3.3.1. Requerimientos de equipos

El colágeno parcialmente hidrolizado requiere de una serie de equipos específicos que permitan su obtención. Parte de la planta requiere de equipos, los cuales se van a adquirir mediante una plataforma de comercio electrónico con el fin de reducir el presupuesto, y otros equipos que han sido diseñados con el mismo objetivo.

Tabla 37-3: Equipos necesarios para la elaboración del colágeno parcialmente hidrolizado

Equipo	Descripción	Características
Congelador	Almacena fundas herméticas que contienen la materia prima.0	Capacidad neta: 600L Temperatura mínima -18°C Voltaje: 220V Potencia 280W Consumo diario: 3.6 Kw/hora Alto: 8.3m Profundidad: 7.15m Ancho: 1.865m Precio: \$1058.51
Frigorífico	Permite la descongelación gradual de las escamas evitando su degradación. Cuenta con un termostato electrónico ajustable, pantalla digital, cierre con llave y dos ruedas traseras.	Capacidad neta: 600L Rango de temperatura: 2 a 8°C Potencia:200W Refrigerante: R600a Alto: 1.890m Profundidad: 6.95m Ancho: 7.80m Precio: \$1469.06
Caldera	Envía vapor de agua a la planta para realizar diferentes actividades.	Flujo de vapor: hasta 750kg/h Eficiencia térmica: 95% Presión: 0.7 MPa Alto: 2.30m Profundidad: 1.20m Ancho: 1.20m Precio: \$11000.00
Quemador industrial	Permite mantener el calor del tanque de calentamiento para que el proceso de desnaturalización se desarrolle en el tiempo establecido. Cuenta con una válvula propulsora 3/4, Llave esférica 3/4, porta inyector, termocupla y caño de aluminio	Material: Hierro fundido Modo de ignición: Electrónica Número de aros: 2 Poder calorífico 40000 cal Precio: \$20.00
Secador de bandejas	Elimina el agua de las láminas de colágeno.	Capacidad: 400kg Rango de temperatura: 50-100°C Alto: 2.00m Consumo: 12kw/h Profundidad: 2.20m Ancho: 4.45m Precio: \$14999.00
Molino	Reduce el tamaño de partícula. Posee engranajes que permiten ajustar el grosor de partícula, platos moledores de acero y el motor.	Capacidad de producción: 80kg/h Potencia del motor: 3HP Velocidad: 2800rpm Alto: 0.81m Profundidad: 0.55m Ancho: 0.31m Precio: \$149.000

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 38-3: Equipos para la elaboración de colágeno parcialmente hidrolizado

Equipo	Descripción	Características
Tanque de calentamiento	Es un tanque de acero inoxidable 304, requiere de una malla en la purga y una válvula para controlar la salida de la solución.	Capacidad: 1762L Diámetro: 1.31m Altura: 1.31m Precio de construcción: 1845.42
Tanque evaporador	Concentra la solución de colágeno. El material del serpentín y el tanque es de acero inoxidable	Capacidad: 1.41L Diámetro: 1.22m Altura: 1.22m Área de transferencia de calor: 3.39 m ² Longitud del serpentín: 50.68m Precio de construcción: \$1739.39

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 39-3: Materiales requeridos para la elaboración de colágeno parcialmente hidrolizado

Material	Descripción	Características
Balanza industrial	Permite llevar el control del peso del material que se esté procesando.	Capacidad: 150kg Error 50g Precio: \$80.95 Alto: 0.76m Profundidad: 0.30m Ancho: 0.67m
Termómetro industrial	Mide la temperatura de las soluciones. Tiene un sistema de auto apagado y maneja una escama de Celsius y Fahrenheit.	Rango de temperatura: -50°C a 300°C Tamaño: 24cm de largo Precio: \$5.50

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4. Análisis costo beneficio

3.4.1. Cálculo del punto de equilibrio

Tabla 40-3: Costo de la fabricación de 1 frasco de 500g de colágeno parcialmente hidrolizado

Materias primas	Cantidad	Unidad	Costo unitario	Importe
Escamas secas	3,95	kg	\$ 0,25	\$ 0,99
Hipoclorito de sodio	0,032	L	\$ 1,40	\$ 0,04
Envases de 400ml	1	Unidad	\$ 0,45	\$ 0,45
Subtotal				\$ 1,48

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.1.1. Costos fijos

Tabla 41-3: Costo de mano de obra mensual

Concepto	Cantidad	Costo	Importe
Operario	2	\$ 425,00	\$ 850,00
Laboratorista	1	\$ 425,00	\$ 425,00
Subtotal			\$ 1.275,00

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 42-3: Costos mensuales de servicios básicos

Servicios básicos	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Subtotal
Agua	35,35	m ³	\$ 0,49	\$ 17,32
Luz	1023,6	kw/h	\$ 0,11	\$ 107,48
Combustible	38,04048	Gal	\$ 1,90	\$ 72,28
Total				\$ 197,08

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.1.2. Costos variables

Tabla 43-3: Costos mensuales de materia prima

Concepto	Producción semanal	Producción mensual	Unidades producidas	Costo mensual
Colágeno parcialmente hidrolizado	22,5 kg	90 kg	180	\$ 266,81

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 44-3: Otros costos variables

Publicidad (redes sociales)	\$ 50,00
Insumos (Artículos de limpieza, bolsas herméticas, mascarillas, cofias, guantes)	\$ 100,00
Artículos de oficina	\$ 50,00
Total	\$ 200,00

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 45-3: Datos requeridos para el punto de equilibrio

Concepto	Valor
Costo fijo	\$ 1.472,08
Costo variable	\$ 397,08
Costo total	\$ 1.869,16
Unidades producidas	180 UNID
Margen de ganancia	40%

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.1.3. Resultados punto de equilibrio

Tabla 46-3: Datos de producción obtenidos

Costo variable unitario	\$	2,21
Costo unitario de producción	\$	10,38
Margen de ganancia	\$	4,15
Precio de venta 1	\$	14,54
Precio de venta 2	\$	17,31

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 47-3: Punto de equilibrio en volumen e ingresos

	Para 14,54	Para 17,31
PUNTO DE EQUILIBRIO EN VOLÚMEN	120 UNID	98 UNID
PUNTO DE EQUILIBRIO EN VALOR	\$ 1.735,36	\$ 1.687,09

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.2. Análisis VAN y TIR

Tabla 48-3: Costo de adquisición de equipos

Equipos	Precio
Congelador	\$ 1.058,51
Frigorífico	\$ 1.469,06
Caldera	\$ 11.000,00
Quemador industrial	\$ 20,00
Secador de bandejas	\$ 14.999,00
Molino	\$ 149,00
Subtotal	\$ 28.695,57
Porcentaje de importación	1,4
Total	\$ 40.173,80

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 49-3: Costo de construcción de equipos

Equipos	Precio
Tanque de calentamiento	\$ 1.845,42
Tanque evaporador	\$ 1.793,39
Total	\$ 3.638,81

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 50-3: Costo de enseres

Enseres	Cantidad	Precio	Subtotal
Fregadero de acero inoxidable	1	\$ 435,36	\$ 435,36
Archivador	1	\$ 115,00	\$ 115,00
Escritorio de trabajo	1	\$ 135,00	\$ 135,00
Sillas de estudio	3	\$ 108,00	\$ 324,00
Total			\$ 1.009,36

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.2.1. Flujo de caja

Se espera que el incremento del precio del colágeno parcialmente hidrolizado crezca conforme la inflación mensual de alimentos y no alimentos. Según el boletín técnico N°01-2021-IPC acerca del índice de precios al consumidor en 2021 y 2022. Para enero del 2019 hubo un incremento aproximado de 1.1%, en enero del 2020 1.04%, enero del 2021 de 0.35% y enero de 2022 de 1.96% (INEC, 2021; INEC, 2022). Con el objetivo de establecer un valor para la tasa de incremento de la inflación en alimentos se propone tomar el valor de inflación, para los próximos 5 años, de 1.11%.

Según los estudios económicos acerca del consumo de colágeno a nivel mundial se espera que el consumo de colágeno crezca dentro de 10 años en un 78% del consumo actual (Valero, 2019), es decir que anualmente el crecimiento aproximado del consumo será de 7.8%

Tabla 51-3: Producción mensual

Ventas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Cantidad de ventas	180	194	209	225	243

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 52-3: Ingresos anuales

Ventas	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Precio Unitario	\$ 12,98	\$ 13,12	\$ 13,27	\$ 13,42	\$ 13,57
Producto					
Producción anual	2160	2328	2510	2706	2917
Ingresos	\$ 28.036,20	\$ 30.559,25	\$ 33.309,37	\$ 36.306,97	\$ 39.574,33

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 53-3: Evaluación de préstamo

Concepto	Cantidad
Préstamo	20000
Periodos	60
Tasa	12%
Coste mensual	\$444,89
Costo anual	\$5.338,67
Costo total	\$26.693,34

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 54-3: Interés por cada periodo

Mes	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Enero	\$-200,00	\$-168,94	\$-133,94	\$-94,51	\$-50,07	\$-647,47
Febrero	\$-197,55	\$-166,18	\$-130,84	\$-91,01	\$-46,12	\$-631,70
Marzo	\$-195,08	\$-163,40	\$-127,69	\$-87,47	\$-42,14	\$-615,77
Abril	\$-192,58	\$-160,58	\$-124,52	\$-83,89	\$-38,11	\$-599,69
Mayo	\$-190,06	\$-157,74	\$-121,32	\$-80,28	\$-34,04	\$-583,44
Junio	\$-187,51	\$-154,87	\$-118,08	\$-76,64	\$-29,93	\$-567,03
Julio	\$-184,93	\$-151,97	\$-114,82	\$-72,95	\$-25,78	\$-550,45
Agosto	\$-182,33	\$-149,04	\$-111,51	\$-69,23	\$-21,59	\$-533,71
Septiembre	\$-179,71	\$-146,08	\$-108,18	\$-65,48	\$-17,36	\$-516,81
Octubre	\$-177,06	\$-143,09	\$-104,81	\$-61,68	\$-13,08	\$-499,73
Noviembre	\$-174,38	\$-140,07	\$-101,41	\$-57,85	\$-8,77	\$-482,48
Diciembre	\$-171,67	\$-137,02	\$-97,98	\$-53,98	\$-4,40	\$-465,06
Total	\$-2.232,86	\$-1.838,97	\$-1.395,12	\$-894,98	\$-331,41	\$-6.693,34

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 55-3: Pago principal por cada periodo

Mes	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	Total
Enero	\$244,89	\$275,95	\$310,94	\$350,38	\$394,82	\$1.576,98
Febrero	\$247,34	\$278,71	\$314,05	\$353,88	\$398,76	\$1.592,75
Marzo	\$249,81	\$281,49	\$317,19	\$357,42	\$402,75	\$1.608,67
Abril	\$252,31	\$284,31	\$320,37	\$361,00	\$406,78	\$1.624,76
Mayo	\$254,83	\$287,15	\$323,57	\$364,61	\$410,85	\$1.641,01
Junio	\$257,38	\$290,02	\$326,81	\$368,25	\$414,96	\$1.657,42
Julio	\$259,95	\$292,92	\$330,07	\$371,93	\$419,11	\$1.673,99
Agosto	\$262,55	\$295,85	\$333,37	\$375,65	\$423,30	\$1.690,73
Septiembre	\$265,18	\$298,81	\$336,71	\$379,41	\$427,53	\$1.707,64
Octubre	\$267,83	\$301,80	\$340,07	\$383,20	\$431,80	\$1.724,72
Noviembre	\$270,51	\$304,82	\$343,48	\$387,04	\$436,12	\$1.741,96
Diciembre	\$273,21	\$307,87	\$346,91	\$390,91	\$440,48	\$1.759,38
Total	\$3.105,80	\$3.499,70	\$3.943,55	\$4.443,69	\$5.007,26	\$20.000,00

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 56-3: Detalle de costos

<u>Detalle</u>	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos de producción					
Materia prima	\$ 3.201,77	\$ 3.237,39	\$ 3.273,40	\$ 3.309,82	\$ 3.346,64
Servicios básicos	\$ 2.364,93	\$ 2.391,24	\$ 2.417,84	\$ 2.444,74	\$ 2.471,94
Mantenimiento	\$ 3.066,88	\$ 3.066,88	\$ 3.066,88	\$ 3.066,88	\$ 3.066,88
Salario del personal	\$ 15.300,00	\$ 16.256,25	\$ 17.272,27	\$ 18.351,78	\$ 19.498,77
Subtotal	\$ 23.933,58	\$ 24.951,76	\$ 26.030,40	\$ 27.173,23	\$ 28.384,23
Costos de administración					
Insumos	\$ 1.200,00	\$ 1.213,35	\$ 1.226,85	\$ 1.240,50	\$ 1.254,30
Permiso de funcionamiento	\$ 144,00	\$ 145,60	\$ 147,22	\$ 148,86	\$ 150,52
Artículos de oficina	\$ 600,00	\$ 606,68	\$ 613,42	\$ 620,25	\$ 627,15
Subtotal	\$ 1.944,00	\$ 1.965,63	\$ 1.987,49	\$ 2.009,61	\$ 2.031,96
Costos de ventas					
Publicidad	\$ 600,00	\$ 606,68	\$ 613,42	\$ 620,25	\$ 627,15
Costos financieros					
Interés	\$ 2.232,86	\$ 1.838,97	\$ 1.395,12	\$ 894,98	\$ 331,41
Pago préstamo	\$3.105,80	\$3.499,70	\$3.943,55	\$4.443,69	\$5.007,26
Subtotal	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67
TOTAL	\$ 31.816,25	\$ 32.862,73	\$ 33.969,98	\$ 35.141,75	\$ 36.382,01

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

Tabla 57-3: Detalle de rubros

<u>Rubros</u>	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ventas netas		\$ 37.381,60	\$ 40.745,67	\$ 44.412,49	\$ 48.409,29	\$ 52.765,78
Costos de producción		\$ 23.933,58	\$ 24.951,76	\$ 26.030,40	\$ 27.173,23	\$ 28.384,23
Costos administrativos		\$ 1.944,00	\$ 1.965,63	\$ 1.987,49	\$ 2.009,61	\$ 2.031,96
Costos de ventas		\$ 600,00	\$ 606,68	\$ 613,42	\$ 620,25	\$ 627,15
Pagos interés		\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67	\$ 5.338,67
Utilidad		\$ 31.816,25	\$ 32.862,73	\$ 33.969,98	\$ 35.141,75	\$ 36.382,01
Inversión en maquinaria	\$ 43.812,61					
Enseres	\$ 1.009,36					
Préstamo	\$ 20.000,00					
Flujo de caja	\$ -24.821,97	\$ 5.565,35	\$ 7.882,94	\$ 10.442,51	\$ 13.267,54	\$ 16.383,76

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \frac{F_3}{(1+k)^3} + \frac{F_4}{(1+k)^4} + \frac{F_5}{(1+k)^5}$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

$F_{(1-5)}$: Flujos de cada periodo

k : tasa de descuento de flujos

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \frac{F_3}{(1+TIR)^3} + \frac{F_4}{(1+TIR)^4} + \frac{F_5}{(1+TIR)^5} = 0$$

Tabla 58-3: Indicadores VAN y TIR

VAN	\$ 11.592,45
TIR	26%

Realizado por: Bastidas, Fernanda, 2022.

3.4.2.2. Resultados análisis VAN y TIR

Cuando el $VAN > 0$ se dice que la inversión va a producir ganancias sobre la rentabilidad exigida por lo tanto el proyecto se acepta.

El valor del TIR es aquel cuando se reemplaza como tasa de rentabilidad en la ecuación para hallar el VAN arroja un valor igual a 0. Por tanto, es un valor que requiere de una herramienta ofimática para su cálculo. El proyecto es factible debido a que el valor de TIR es mayor que la tasa, es decir $26\% > 12\%$ entonces la inversión se puede aceptar.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

El presente trabajo de integración curricular con el tema: DISEÑO DE UN PROCESO INDUSTRIAL PARA LA OBTENCIÓN DE COLÁGENO A PARTIR DE ESCAMAS DE PESCADO RECOGIDAS EN RIOBAMBA, se realizó mediante la revisión de investigaciones de revistas científicas y tesis que permitieron llevar a cabo el desarrollo teórico y práctico en donde se logró definir el método de obtención de colágeno más conveniente para que se realizé por la empresa “CORPORIZ S.A.”.

En bibliografía se logró recolectar información acerca de procedimientos para obtener colágeno en diferentes presentaciones a partir de una mezcla de escamas provenientes de especies diferentes de peces. Para el análisis de los procedimientos se realizó una experimentación para obtener dos clases de colágeno. Un caso es para la obtención de colágeno de alta pureza, denominado de esta manera debido a que se eliminan proteínas diferentes a las del colágeno mediante una hidrólisis básica de estas para liberarlas al medio acuoso, la concentración de hidróxido de sodio variaba desde 0.1M hasta 1M dependiendo de la especie del pez del cual se pretende extraer colágeno, es importante mencionar que las condiciones de extracción, como el tiempo o la concentración de las soluciones, dependen en gran medida del ambiente y la manera en la que se han desarrollado los peces, también se logró analizar que se puede obtener un mayor rendimiento de colágeno en especies que se han desarrollado en un ambiente cálido. De esta manera se realiza el proceso de obtención en base a una experimentación con una molaridad entre el rango de estos valores, fue de 0.4M y una duración de 3 horas. El proceso de desmineralización se encontraba estandarizado en cada procedimiento con una duración de 48 horas y EDTA 0.5M pH 8.0 para eliminar el contenido de hidroxapatita y carbonato de calcio. El proceso de extracción de colágeno se realizó con ácido acético 0.5M durante 12, 18 y 24 horas para finalmente separar el producto de la solución y proceder a pesarlo para calcular el rendimiento de este el cual fue de 0.745% en peso seco, a diferencia de Minh, Okazaki y Osako (2014) que consiguieron un rendimiento de 1.43% por otra parte autores como Bhagwat y Dandge (2016), El-Rashidy et al. (2015) Pati et al. (2010) obtuvieron una solución de colágeno con ensayos similares en escamas de carpas, tilapias, labeo rohita y catla catla el rendimiento que fueron de entre 5 y 9%, cabe recalcar que sus experimentaciones se realizaron usando escamas de la misma especie de pez. Como segundo caso fue la obtención de colágeno parcialmente hidrolizado en donde se realiza un proceso de desnaturalización, para su análisis se ha basado en la propuesta de Ramos (2018) en la “Obtención y caracterización de colágeno a partir de las escamas rojo y pardo”, el autor del método realizó su experimentación hasta

obtener una solución de colágeno y posteriormente caracterizarla llevando a cabo un proceso de desnaturalización, ahora bien, para completar el análisis y compararlo con el primer procedimiento secó la muestra para calcular su rendimiento que fue del 15.44%, no obstante, el producto presentó coloraciones oscuras y no homogéneo en toda la muestra.

Para definir el método para la obtención de colágeno, se basó en el rendimiento obtenido en cada experimentación, también se tomó en cuenta el uso de reactivos que intervienen en todo el proceso y las ventajas que nos presenta cada procedimiento. El colágeno de alta pureza se absorbe de mejor manera por el cuerpo humano debido a las cortas cadenas de aminoácidos que está posee, que son las proteínas del colágeno específicamente, sin embargo, el rendimiento no era ventajoso y realizar el proceso a escala industrial no permitiría obtener beneficios. El colágeno parcialmente hidrolizado, o conocido popularmente como gelatina, debido a sus grandes cadenas de aminoácidos, pocas de estas moléculas se hidrolizan en el cuerpo humano, facilitando su absorción, ahora bien, los estudios realizados por Arquer et al. (2014) indican que el ácido ascórbico facilita la absorción de aminoácidos, por lo que se puede plantear más adelante obtener un producto de colágeno de escamas de pescado enriquecido con vitamina C. Además, el rendimiento es relativamente alto a comparación del procedimiento para la obtención de colágeno purificado, la desventaja es el color que presenta el producto final, lo cual se debía a la presencia de partículas como la hidroxapatita y el carbonato de calcio que permanecían después de triturar las escamas, por este motivo, se adicionó pasos para que la tonalidad oscura no se manifieste en el producto final. El fosfato y carbonato de calcio al alcanzar temperaturas altas adquieren tonalidades grisáceas según Ramos (2018), de esta manera se prefiere omitir la trituración para que el producto mantenga una tonalidad clara y uniforme. También se llevó la materia prima al secador de bandejas para deshidratar partículas que no se han logrado remover en el lavado como es la piel que permanece adherida y eliminarla. Después de deshidratar los componentes de la materia prima, se tamiza para llevar al tanque de calentamiento, en donde se desnaturaliza la proteína dando así la solución de colágeno la cual pasa por el evaporador para concentrar la solución. Se lleva la solución concentrada a un secador de bandejas y cuando las láminas de colágeno se hayan formado se pulveriza para obtener un tamaño uniforme. Al separar la piel de las escamas y reducir el contenido carbonatos y fosfatos, se evitó que pasen al proceso de calentamiento provocando que la solución adquiriera colores grisáceos, los cuales se concentran cuando se obtiene el producto en polvo.

Para realizar los cálculos de ingeniería, se tomó en cuenta que la producción mensual debía ser 90kg al mes y esta se realizará semanalmente por lo tanto el diseño del proceso esta aplicado para la producción de 22.5kg de colágeno parcialmente hidrolizado. Se tomó en cuenta los rendimientos de cada proceso, realizando los respectivos balances de masa para conocer el volumen que ocuparía la materia en cada uno de los procesos para proceder a dimensionar los

equipos que requiere la planta para procesar la materia en un solo paso, como el secador de bandejas que se ha decidido adquirir uno que soporte 400kg de producto húmedo debido a que la cantidad necesaria es de 398,10kg, el congelador y el refrigerador de 600L para almacenar la materia prima hasta su proceso, así como el molino con una capacidad 20kg/h. La mezcla de escamas y el agua ocuparon un volumen total.

Para validar la factibilidad técnica del producto se tomó en cuenta la Norma Técnica Ecuatoriana 1961: Gelatina pura comestible. Requisitos para realizar los correspondientes ensayos en donde el contenido de proteínas debe encontrarse sobre un 86.02% y el colágeno obtenido tiene un 78.25%. Por otro lado, el análisis microbiológico indicó la ausencia de Coliformes totales, *Escherichia coli*, *Salmonella* y *Staphylococcus*. Al analizar las proteínas este se realizó con una muestra que contenía bicarbonato de sodio, el cual representa otra fracción en la muestra, es decir, que al no estar este presente, el porcentaje de proteínas incrementaría. También, mediante los análisis FTIR, se identificó los grupos funcionales presentes en el colágeno como es la hidroxiprolina, glicina, ácido glutámico y prolina en el espectro del colágeno obtenido.

El análisis del punto de equilibrio requiere de los valores de costos fijos y variables que fueron \$1472.08 y \$397.08. Este análisis permitió fijar un precio en el costo del producto cuando se establece un margen de ganancia del 40% en \$17.31 por cada frasco de 500g del colágeno parcialmente hidrolizado, de esta manera se halla el punto de equilibrio en volumen en 98 unidades y el punto de equilibrio en valor de \$1687.09.

El primer año se pretende producir 2160 unidades y dentro de 5 años se producirán 2917 unidades para generar ingresos de \$28036.25 y 39574.33 respectivamente. También se tomó en cuenta generar un préstamo con el fin de cubrir los gastos generados el primer año con un interés del 12%. Los datos recolectados permitieron realizar el flujo de caja durante los próximos 5 años con un capital inicial de \$24821.97 y recibir \$5.565,35 \$7.882,94 \$10.442,51 \$13.267,54 \$16.383,76 cada año durante 5 años.

CONCLUSIONES

- Se analizó los procedimientos existentes, y por sus condiciones cambiantes dependiendo del tipo de escama y el tipo de colágeno que se desea obtener, se agrupó estos en dos métodos para obtener colágeno de alta pureza y colágeno parcialmente hidrolizado, al analizarlos, el método para la obtención de colágeno de alta pureza, debido a las variaciones en condiciones de extracción en diferentes tipos de especies, produjo un rendimiento de 0.745% que no resulta ser favorable, mientras que en la obtención de colágeno parcialmente hidrolizado, al requerir una desnaturalización sobre los 30°C independientemente de la especie, posibilitó obtener un alto rendimiento 15.44%.
- El método definido para el proyecto se basó en la obtención de colágeno parcialmente hidrolizado, sin embargo, se adicionaron procesos que permitieron obtener un producto pulverizado y con buenas propiedades organolépticas.
- El proceso de obtención de colágeno se llevó a cabo, principalmente, en un tanque de calentamiento y un evaporador, por este motivo se realizó el diseño de ambos equipos. Partiendo de una producción semanal 22.5kg, el tanque de calentamiento se obtuvo que el volumen de diseño del tanque de calentamiento sería de 1.76m³, el diámetro de 1.31m, la altura del tanque 1.31m, el material usado es de acero inoxidable. En el tanque evaporador se calculó el área de transferencia de calor 3.39m², es decir, permitió obtener las dimensiones como la longitud, la altura y el volumen del serpentín que fueron 50.68m, 0.406 m y 0.0150m³ respectivamente, así como el volumen total del tanque de evaporación de 2m³, el diámetro y altura de 1.38m.
- Se validó la factibilidad técnica del proyecto mediante el análisis FTIR de las muestras analizadas, en donde se logró comprobar cualitativamente que el producto final se trataba de colágeno, y en base a la norma NTE INEN 1961 los resultados fueron de: 78.25% en proteínas, ausencia de coliformes, *Escherichia coli*, *salmonella* y *staphylococcus*. La factibilidad económica se realizó mediante el análisis VAN y TIR el cual mostró un resultado positivo en ambos valores, 11592.45 y 26% respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda proponer un paso que permita eliminar el olor característico de las escamas para evitar añadir bicarbonato en la operación de evaporación y así incrementar el porcentaje en proteínas del producto.
- Establecer un paso extra para producir colágeno purificado a partir del colágeno parcialmente hidrolizado y que sea económicamente viable.
- Realizar el análisis cuantitativo del colágeno parcialmente hidrolizado.
- Si las escamas no serán usadas en ese instante, se almacenan. Se recomienda congelar las mismas a una temperatura de -18°C y descongelarlas gradualmente en una refrigeradora para evitar la degradación enzimática.
- Realizar una espectrofotometría de masas para determinar la distribución de las moléculas del colágeno en la muestra.
- Para el método de extracción de colágeno de alta pureza requiere realizarse con una muestra de escamas secas tomando en cuenta si la desviación estándar mejora o no.

GLOSARIO

Aminoácido: Es una pequeña molécula orgánica que contiene, como mínimo, un grupo amino de naturaleza básica y un grupo carboxilo de carácter ácido unidos al mismo átomo de carbono (Moreno, 2015, p.70).

Colágeno: Es una proteína estructural que sostiene, refuerza, da forma y sostiene los tejidos y órganos. Las células del tejido conectivo la sintetizan y expulsa al espacio extracelular. Se encuentra principalmente en huesos, dientes, piel, tendones (Martínez, 2018, p.4).

Desnaturalización de proteínas: Es un proceso que se da cuando hay una alteración en la estructura tridimensional de la proteína. Este proceso se puede dar por factores como temperatura, pH o ciertos agentes químicos (Medina, 2014, p.26).

Hidrólisis: Es el rompimiento de un enlace por la incorporación de uno de los iones del agua o bien de los dos en los productos de la hidrólisis, se aplica a la reacción que disocia los iones hidronio e hidroxilo por acción de sustancias que se combinan con una especie u otra. También se aplica para la ruptura de un enlace peptídico (Flores et al., 2008: pp.136- 137).

Proteínas: Son parte de todos los tejidos vivos. Se diferencian químicamente de los lípidos y los hidratos de carbono por poseer nitrógeno. Es una cadena de polímeros de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos la cuál puede contener cientos o miles de aminoácidos. La disposición o secuencia de su estructura determina la función de la proteína (Guillén, 2013, p.1).

Método de Kjeldahl: Es el método aceptado universalmente como estándar para determinar el contenido de nitrógeno orgánico total (Zumbado, 2002, p. 223).

BIBLIORAFÍA

ACUÑA, F. *Química orgánica* [en línea]. California-USA: Editorial Universidad Estatal a Distancia, 2006. [Consulta: 12 enero 2022]. Disponible en: <https://www.worldcat.org/title/quimica-organica/oclc/1079980310>.

AGUT, J.; FERNANDEZ, C.; JUNCA, J.; JUNCA, M.; & JUNGA, F. “Hidrolizado enzimático de colágeno y proceso de obtención”. *Patente* [en línea], 2008. [Consulta: 20 agosto 2009]. Disponible en: <https://patentimages.storage.googleapis.com/99/be/d5/2d32fb41becbcb/WO2008049942A1.pdf>.

ANIMALES. *Corvina ¿Qué es? Características, hábitat y alimentación.* [blog]. 2018. [Consulta: 22 enero 2022]. Disponible en: <https://www.animales.website/corvina/>

ARQUER, A.; GARCÍA, M.; ANTONIO, J.; RIUS, M.; BLÀVIA, M.; FONTSERÈ, J.; HERNÁNDEZ, C.; BOLUDA, J.; KRANJCEC, T.; DE LA TORRE, A.; DÍAZ, G.; FREITAG, K.; VILLALÓN, J.; BASELGA, J.; HERNÁNDEZ, P.; GONZALEZ, J.; RODRÍGUEZ, G.; RODRÍGUEZ, H.; MARÍA, J.; SIMORTE, C.T.; VICENTE, I.; RAMÍREZ, P.; & MARTÍNEZ, D. “Eficacia y seguridad de un tratamiento oral a base de mucopolisacáridos , colágeno tipo I y vitamina C en pacientes con tendinopatías”. *Apunts Medicina de l'Esport* [en línea], 2014, (España) 49(182), pp. 31-36. [Consulta: 04 febrero 2022]. ISSN 1886-6581. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apunts.2013.12.005>.

ALZAMORA, J.; RUIZ, S.; & SILVA, D. Obtención y caracterización de colágeno a base de escamas de mero (*Acanthistius pictus*) (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú. 2019. pp. 78. [Consulta: 2022-07-28]. Disponible en: <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2315>

AZUMA, K.; OSAKI, T.; TSUKA, T.; IMAGAWA, T.; OKAMOTO, Y.; & MINAMI, S.. “Effects of fish scale collagen peptide on an experimental ulcerative colitis mouse model”. *PharmaNutrition* [en línea], 2014, (Japón) 2(4), pp. 161-168. [Consulta: 24 julio 2021]. ISSN 22134344. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.phanu.2014.10.001>.

BHAGWAT, P.; & DANDGE, P. “Isolation, characterization and valorizable applications of fish scale collagen in food and agriculture industries”. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* [en línea], 2016, (India) 7(58), pp. 234-240. [Consulta: 27 diciembre 2021].

ISSN 18788181. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bcab.2016.06.010>.

BONMAT, M.; & LEÓN, G. “Estudio del proceso de transformación del colágeno en gelatina”. *Revistas UM* [en línea], 2010, (España) 39(40), pp. 135-146. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://revistas.um.es/analesumciencias/article/view/100971>

CÁMARA NACIONAL DE PESQUERÍA. *Exportaciones pesqueras (Enero - Abril 2021)* [blog]. Ecuador: 2021. [Consulta: 22 enero 2022]. Disponible en: <https://camaradepesqueria.ec/exportaciones-pesqueras-enero-abril-2021/>

CENGEL, Y; & BOLES, M. *Termodinámica*. 7^{ma} ed. México: Mc Graw Hill, 2012. ISBN 978-0-07-352932-5, pp. 914-916.

CENGEL, Y; y GHAJAR, A. *Transferencia de calor y masa*. 4^a ed. México DF: Mc Graw Hill, 2011. ISBN 978-607-15-0540-8, pp. 582-601.

COLNATUR. *¿Qué es el tropocolágeno?* [blog]. 2020. [Consulta: 25 octubre 2021]. Disponible en: <https://www.colnatur.com/blog/que-es-el-tropocolageno>

DELITÉ. *Gelatina en polvo*. [blog]. España: 2019. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <https://www.delitebe.com/doc/FichasTecnicas/7778990045.pdf>.

DÍAZ, R. Preparación y caracterización de fibras poliméricas por electrohilado para aplicación en cultivo celular (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad de Sonora, Hermosillo, Sonora. pp. 96. 2012. [Consulta: 2021-02-21]. Disponible en: <http://www.repositorioinstitucional.uson.mx/bitstream/20.500.12984/319/1/diazocanaraquelm.pdf>.

EL-RASHIDY, A; GAD, A.; ABU-HUSSEIN, A.E.H.G.; HABIB, S.I.; BADR, N.A. & HASHEM, A. “Chemical and biological evaluation of Egyptian Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) fish scale collagen”. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2015, (Egipto) 79(2), pp. 618-626. [Consulta: 24 julio 2021]. ISSN 18790003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2015.05.019>.

EL UNIVERSO. *El consumo de pescado en Ecuador está por debajo del promedio mundial*. [blog]. Ecuador: 2021. [Consulta: 22 enero 2022] Disponible en: <https://www.eluniverso.com/noticias/economia/el-consumo-de-pescado-en-ecuador-esta-por->

debajo-del-promedio-mundial-nota/.

EUROPEAN FOOD SAFETY AUTHORITY. “Opinion of the Scientific Panel on biological hazards (BIOHAZ) on the safety of collagen and a processing method for the production of collagen”. *The EFSA Journal* [en línea], 2005, pp. 1-9. [Consulta: 10 noviembre 2021]. ISSN 18314732. Disponible en: DOI 10.2903/j.efsa.2005.174. 2005.

EVANGELISTA, I.; NEVES DOS SANTOS, L.; & GONZALEZ, A. “Effects of temperature and salinity on bilateral symmetry of *Eugerres brasiliensis* (Cuvier, 1830) larvae: Implications for Brazilian mojarra rearing”. *Aquaculture* [en línea], 2019, 512(27), pp. 1-6. [Consulta: 22 enero 2022]. ISSN 00448486. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734327>.

FAO. “El estado mundial de la pesca y la acuicultura”. [en línea], 2020, (Roma). [Consulta: 21 julio 2021]. ISBN 978-92-5-132456-2. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.01.032><http://dx.doi.org/10.1016/j.tws.2012.02.007><http://www.fao.org/publications/es>.

FIGUERES, T.; & BASÉS, E. “Revisión de los efectos beneficiosos de la ingesta de colágeno hidrolizado sobre la salud osteoarticular y el envejecimiento dérmico”. *Nutrición hospitalaria* [en línea], 2015, 32, pp. 62-66. [Consulta: 19 enero 2022]. Disponible en: <http://www.aulamedica.es/nh/pdf/9482.pdf>.

FLORES, J.; CABALLERO, C.; & MOREIRA, M. “Una interpretación aproximativa del concepto Hidrólisis en estructuras peptídicas en un curso de Bioquímica del IPC en el contexto de la Teoría de los Campos Conceptuales de Vergnaud”. *Revista de Investigación* [en línea], 2008, 64, pp. 136- 137. [Consulta: 13 marzo 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2670642.pdf>

GEANKOPLIS, C. *Procesos de transporte y operaciones unitarias*. 3^{ra} ed. Minnesota: CECSA, 1998. pp 59.

GUILLÉN, S. *Manual de Nutrición y Dietética* [en línea]. Valencia-España, 2013. [Consulta: 05 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.ucm.es/data/cont/docs/458-2013-07-24-cap-5-proteinas.pdf>

IKOMA, T.; KOBAYASHI, H.; TANAKA, J.; WALSH, D.; & MANN, S. “Physical properties of type I collagen extracted from fish scales of *Pagrus major* and *Oreochromis niloticus*”. *International Journal of Biological Macromolecules* [en línea], 2003. 32(3) pp. 199-204. [Consulta: 24 julio 2021]. ISSN 01418130. Disponible en: 10.1016/S0141-8130(03)00054-0.

INEC Boletín técnico N° 01-2021-IPC. *Resultado precios índice de precios al consumidor Enero (2018).*

INEC Boletín Técnico N°01-2022-IPC. *Índice de precios al consumidor.*

INSTITUTO SMITHSONIAN DE INVESTIGACIONES TROPICALES. *Peces Costeros del Pacífico Oriental, Sistema de Información en línea.* [blog]. 2015. [Consulta: 22 enero 2022]. Disponible en: <https://biogeodb.stri.si.edu/sfstep/es/thefishes/species/1520>.

LÓPEZ, S.; & ALMEIDA, M. “Obtención de colágeno de escamas hidrolizado con rennina”. *Revista Caribeña de Ciencias Sociales* [en línea], 2018, 227(1), pp. 1-8. [Consulta: 10 febrero 2021]. ISSN 2254-7630. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/06/obtencion-colageno.html>

LUGO, J.P.; SAIYED, Z.; y LANE, N. “Efficacy and tolerability of an undenatured type II collagen supplement in modulating knee osteoarthritis symptoms : a placebo-controlled study”. *Nutrition Journal* [en línea], 2016, 15(14), pp. 1-15. [Consulta: 19 enero 2022]. ISSN 1475-2891. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12937-016-0130-8>.

MAMANI, C. Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de (tarsos) de pollo provenientes de la industria avícola en la región Arequipa (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. 2018. pp.19-23. [Consulta: 2022-01-22]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7216>.

MARTÍNEZ, P. Suplementos de colágeno: ¿Moda o salud? (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Complutense, Madrid, España. 2018. p.4. [Consulta: 2022-02-15]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/PABLO%20MARTINEZ%20VALIENTE.pdf>

MCCABE, W; SMITH, J; & HARRIOT, P. *Operaciones Unitarias en Ingeniería Química.* 7^{ma} ed. México: Mc Graw Hill, 2007. ISBN 9789701061749, pp. 833.

MEDINA, E. Aminoácidos y proteínas (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, Arequipa, Perú. 2014. p.26. [Consulta: 2022-03-17]. Disponible en:

<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/6553/IAIomej.pdf?sequence=3&isAllowed=y>

MINH, L.; OKAZAKI, E.; & OSAKO, K. “Isolation and characterization of acid-soluble collagen from the scales of marine fishes from Japan and Vietnam”. *Food Chemistry* [en línea], 2014, (Japón) 149(3), pp. 264-270. [Consulta: 27 diciembre 2021]. ISSN 03088146. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.10.094>.

MORENO, S. *Temas selectos de Bioquímica General* [en línea]. México, 2015. [Consulta: 05 febrero 2022]. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/smoreno/Temas%20Selectos%20de%20Bioqu%C3%ADmica%20General.pdf>

MOTT, R. *Mecánica de fluidos*. 6^{ta} ed. México: PEARSON EDUCACIÓN. 2006. ISBN 970-26-0805-8, pp. 601-602.

NTE INEN 1961. *Gelatina comestible. Requisitos*.

PATI, F.; ADHIKARI, B.; & DHARA, S. “Isolation and characterization of fish scale collagen of higher thermal stability”. *Bioresource Technology* [en línea], 2010, (India) 101(10), pp. 3737-3742. [Consulta: 27 diciembre 2021]. ISSN 09608524. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.133>.

QUINTERO, J.; & ZAPATA, J. “Optimización de la Extracción del Colágeno Soluble en Ácido de Subproductos de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) mediante un Diseño de Superficie de Respuesta”. *Informacion Tecnologica* [en línea], 2017, (Colombia) 28(1), pp. 109-120. [Consulta: 15 julio 2021]. ISSN 07180764. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315326524_Optimizacion_de_la_Extraccion_del_Colageno_Soluble_en_Acido_de_Subproductos_de_Tilapia_Roja_Oreochromis_spp_mediante_un_Disenio_de_Superficie_de_Respuesta

RAMOS, C. Obtención y caracterización de colágeno a partir de las escamas de pescados rojo y pardo (Trabajo de titulación). [En línea] Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 2018. pp. 4-20. [Consulta: 2021-07-28]. Disponible en:

<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/17289>

RODRÍGUEZ, F.; MORÁN, L.; GONZÁLEZ, G.; TRONCOSO, E.; & ZÚÑIGA, R. “Physicochemical characterization of pepsin-soluble collagen extracted from the byssus of Chilean mussels (*Mytilus Chilensis*)”. *Revista de la Facultad de Ciencias Químicas* [en línea], 2015, (México) 10(1), pp. 51-60. [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: <https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/quimica/article/view/352>

RUIZ, L. Diseño de un secador de bandejas para la deshidratación de plátano en la parroquia veracruz del cantón Pastaza (Trabajo de titulación). [En línea] Escuela Superior Politécnica del Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 2016. pp. 14-15. [Consulta: 2022-01-19]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/5677>

SANTOS, C. Obtención de colágeno a partir de los residuos de pescado provenientes del mercado de abastos del distrito de Huacho (Trabajo de titulación). [En línea]. Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho, Perú. 2020. Disponible en: <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/handle/UNJFSC/4614>

SHURVELL, H. “Spectra- Structure Correlations in the Mid- and Far-Infrared”. *Handbook of Vibrational Spectroscopy* [en línea], 2006, (Canadá). [Consulta: 15 noviembre 2021]. Disponible en: DOI 10.1002/0470027320.s4101.

TORRES, W.; PACHECO, R.; SOTELO, R.; ROUZAUD, O.; & EZQUERRA, J.. “Caracterización parcial del colágeno extraído a partir del manto, aleta y tentáculos de calamar gigante (*Dosidicus gigas*)”. *Ciencia y Tecnología Alimentaria* [en línea], 2008, (México) 6(2), pp. 101-108. [Consulta: 27 diciembre 2021]. ISSN 11358122. Disponible en: DOI 10.1080/11358120809487634.

TVL. *Teoría de Vapor*. [blog]. 2020. [Consulta: 23 febrero 2022]. Disponible en: <https://www.tlv.com/global/LA/steam-theory/heating-with-steam.html>.

VALERO, D. *El mercado mundial de colágeno nutre a la medicina de regeneración de tejidos*. *Inspira Biotech* [blog]. 2019. [Consulta: 24 julio 2022]. Disponible en: <https://inspirabiotech.com/2018/05/21/el-mercado-mundial-de-colageno-nutre-a-la-medicina-de-regeneracion-de-tejidos-esta-empresa-espanola-pretende-convertirse-en-productora-lider-de-colageno-hidrolizado/>.

VITALE, P.; TASCA, J.; BAX, M.; FLORES, A.; & POLITIS, G. “Análisis mediante FTIR de la conservación del colágeno y la posible contaminación en muestras óseas del cuaternario pampeano”. *Anales de Arqueología y Etnología* [en línea], 2019, (Argentina) 74(2), pp. 169-189. [Consulta: 15 febrero 2022]. Disponible en: <https://revistas.uncu.edu.ar/ojs/index.php/analarqueyetno/article/view/3737>

WADE, L. *QUÍMICA ORGÁNICA Volumen 2*. 7^{ma} ed. México: PEARSON EDUCACIÓN, 2011. ISBN 978-607-32-0793-5, pp. 556.

X115. *Colágeno nativo tipo 2. Beneficios para las articulaciones*. [blog]. 2020. [Consulta: 15 enero 2022]. Disponible en: <https://magazine.x115.it/es/x115/colageno-nativo-tipo-2/>.

ZUMBADO, H. *Análisis Químico de los Alimentos Métodos Clásicos*. 1^{ra} ed. Cuba: Instituto de farmacia y alimentos Universidad de la Habana, 2002. p.223.

ANEXOS

ANEXO A: NTE INEN 1961: GELATINA PURA COMESTIBLE. REQUISITOS.



Quito – Ecuador

NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA

NTE INEN 1961
Primera revisión
2018-04

GELATINA COMESTIBLE. REQUISITOS

EDIBLE GELATIN. REQUIREMENTS

GELATINA COMESTIBLE REQUISITOS

1. OBJETO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma establece los requisitos para la gelatina comestible.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Los siguientes documentos, en su totalidad o en parte, son indispensables para la aplicación de este documento. Para referencias fechadas, solamente aplica la edición citada. Para referencias sin fecha, aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda).

NTE INEN-ISO 21527-2, *Microbiología de alimentos y productos de alimentación animal - Método horizontal para la enumeración de mohos y levaduras - Parte 2: Técnica de recuento de colonias en productos con actividad acuosa (Aw) inferior o igual a 0,95*

NTE INEN-ISO 2859-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por atributos. Parte 1. Programas de muestreo clasificados por el nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote*

NTE INEN-ISO 2859-2, *Procedimientos de muestreo para la inspección por atributos. Parte 2: Planes de muestreo para las inspecciones de lotes independientes, tabulados según la calidad límite (CL)*

NTE INEN-ISO 3951-1, *Procedimientos de muestreo para inspección por variables - Parte 1: Especificación para planes de muestreo simple clasificados por nivel aceptable de calidad (AQL) para inspección lote a lote para una única característica de calidad y un solo AQL*

NTE INEN-ISO 3951-2, *Procedimientos de muestreo para la inspección por variables. Parte 2: Especificación general para los planes de muestreo simples tabulados según el nivel de calidad aceptable (NCA) para la inspección lote por lote de características de calidad independientes*

NTE INEN-ISO 7937, *Microbiología de los alimentos para consumo humano y animal. Método horizontal para el recuento de Clostridium perfringens. Técnica del recuento de colonias*

NTE INEN-ISO 6579, *Microbiología de los alimentos para consumo humano y alimentación animal. Método horizontal para la detección de salmonella SPP*

NTE INEN-ISO 937, *Carnes y productos cárnicos - Determinación del contenido de nitrógeno (Método de referencia)*

NTE INEN 1334-1, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 1. Requisitos.*

NTE INEN 1334-2, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 2. Rotulado nutricional. Requisitos*

NTE INEN 1334-3, *Rotulado de productos alimenticios para consumo humano. Parte 3. Requisitos para declaraciones nutricionales y declaraciones saludables.*

NTE INEN 1955, *Gelatina pura comestible. Determinación de la fuerza de gel*

NTE INEN 1519, *Postre de gelatina. Determinación de la concentración del ion hidrógeno (pH)*

NTE INEN 1953, *Gelatina pura comestible. Determinación de la pérdida por calentamiento*

NTE INEN 1954, *Gelatina pura comestible. Determinación de cenizas*

NTE INEN 1957, *Gelatina pura comestible. Determinación de sustancias oxidantes*

NTE INEN 768, *Carne y productos cárnicos. Detección y recuento de estafilococos aureus (S. Aureus)*

NTE INEN 1956, *Gelatina pura comestible. Determinación del dióxido de azufre*

NTE INEN 1958, *Gelatina pura comestible. Determinación del contenido de arsénico*

Official Method AOAC 985.35, *Minerals in Infant Formula, Enteral Products, and Pet Foods. Atomic Absorption Spectrophotometric Method*

Official Method AOAC 986.15, *Arsenic, Cadmium, Lead, Selenium, and zinc in human and pet foods. Multielement method*

Official Method AOAC 999.11, *Lead, Cadmium, Copper, Iron and Zinc in Foods. Atomic Absorption Spectrophotometry after Dry Ashing*

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma, se adopta la siguiente definición

3.1

gelatina comestible

Producto sólido de naturaleza proteica que se obtiene por hidrólisis parcial del colágeno contenido en la piel, tejido conjuntivo y de los huesos de los animales, se presenta en forma de hojas, trozos, hojuelas o escamas, granulada o en forma de polvo fino, sólida, con olor y sabor característico, transparente, quebradiza, de color amarillo muy pálido o ámbar, variando su intensidad según el tamaño de las partículas.

3.2

fuerza de gel

Fuerza aplicada para provocar una deformación a una concentración y temperatura estandarizada en un gel.

4. REQUISITOS

4.1 Una solución de gelatina comestible en agua destilada, a una concentración de 1 %, a 40 °C no deberá poseer ni gusto ni olor desagradable.

4.2 El producto gelatina comestible debe cumplir con los principios de buenas prácticas de fabricación.

4.3 La gelatina comestible debe cumplir con los requisitos físicos y químicos establecidos en la Tabla 1.

TABLA 1. Requisitos físicos y químicos para la gelatina comestible.

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Humedad	%*	-	12	NTE INEN 1953
Cenizas totales	%*	-	2	NTE INEN 1954
Nitrógeno (N)	%*	15,5	17,9	NTE INEN-ISO 937
Proteína, base seca (N x 5,55)	%*	86,02	99,3	
pH de la solución al 1 %* a 55 °C		3,8	7,6	NTE INEN 1519
Dióxido de azufre	mg/kg	--	50	NTE INEN 1956
Sustancias oxidantes		NEGATIVO		NTE INEN 1957
Fuerza de gel ^a		50°	300°	NTE INEN 1955

^a Bloom: Fuerza, expresada en gramos, necesaria para penetrar 4 mm la superficie de un gel de gelatina con una sonda cilíndrica de diámetro estándar de 0,5 pulgadas.

* Fracción en masa expresada en porcentaje (%).

4.4 La gelatina comestible debe cumplir con los requisitos de metales pesados establecidos en la Tabla 2.

TABLA 2. Requisitos de metales pesados para la gelatina comestible

Requisitos	Unidad	Mínimo	Máximo	Método de ensayo
Arsénico	mg/kg	-	1	NTE INEN 1958
Plomo	mg/kg	-	5	AOAC 986.15
Cobre	mg/kg	-	30	AOAC 999.11
Hierro	mg/kg	-	30	AOAC 985.35
Zinc	mg/kg	-	100	AOAC 986.15

4.5 La gelatina comestible debe cumplir con los requisitos microbiológicos señalados en la Tabla 3.

TABLA 3. Requisitos microbiológicos para gelatina comestible

Requisitos	Unidad	Caso	n	c	m	M	Método de ensayo
<i>Staphylococcus aureus</i>	*UFC/g	8 ^a	5	1	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^4$	NTE INEN 768
<i>Clostridium perfringens</i>	*UFC/g	8 ^a	5	1	$1,0 \times 10^2$	1×10^4	NTE INEN-ISO 7937
Mohos	*UFC/g	2 ^b	5	2	1×10^1	1×10^2	NTE INEN-ISO 21527-2
Salmonella SPP	*UFC/g	11 ^c	10	0	Ausencia		NTE INEN-ISO 6579

* UFC: Unidades formadores de colonia

^a Caso 8 Peligro moderado, usualmente no amenaza la vida, usualmente no hay secuelas, normalmente son de corta duración, los síntomas son autolimitantes, pueden haber incomodidades severas.

^b Caso 2 Utilidad: contaminación general, reducción de la vida útil, deterioro incipiente.

^c Caso 11 Peligro serio, incapacitante, pero que usualmente no amenaza la vida, las secuelas son raras, la duración es moderada.

donde

n es el número de muestras a analizar;

m es el límite de aceptación;

M es el límite superado el cual se rechaza;

c es el número de muestras admisibles con resultados entre m y M.

5. MUESTREO

La cantidad de muestras y los criterios de aceptación y rechazo serán acordados por las partes de acuerdo con lo establecido en las siguientes normas técnicas:

- NTE INEN-ISO 2859-1
- NTE INEN-ISO 2859-2
- NTE INEN-ISO 3951-1
- NTE INEN-ISO 3951-2

6. ENVASADO Y EMBALADO

La gelatina comestible debe envasarse en materiales de naturaleza tal que no alteren las características sensoriales, físicas, químicas y microbiológicas del producto, ni produzcan sustancias tóxicas. Deben proporcionar, además, protección contra la humedad, contaminación e infestación.

7. ROTULADO

El rotulado de la gelatina comestible debe cumplir con lo especificado en NTE INEN 1334-1, NTE INEN 1334-2 y NTE INEN 1334-3.

BIBLIOGRAFÍA

NTC 1629:1981, *Industrias Alimentarias. Gelatina*

NTP 209.086:2012, *Gelatinas. Definiciones, clasificación y requisitos generales*

COVENIN 2946:1992, *Gelatina comestible*

Gelatin Handbook Gelatin manufacturers institute of America, GMIA

INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA

Documento: NTE INEN 1961 Primera revisión	TÍTULO: GELATINA COMESTIBLE. REQUISITOS	Código ICS: 67.020
ORIGINAL: Fecha de iniciación del estudio:	REVISIÓN: Fecha de aprobación por Consejo Directivo Oficialización con el Carácter de Obligatoria por Acuerdo Ministerial No. 600 de 1993-12-28 publicado en el Registro Oficial No. 351 de 1994-01-04 Fecha de iniciación del estudio: 2014-09-01	

Fechas de consulta pública: 2015-04-28 a 2015-06-26

Comité Técnico de Normalización: **Gelatina**

Fecha de iniciación: 2015-08-25

Integrantes del Comité:

Fecha de aprobación: 2016-11-30

NOMBRES:

Ing. María José Camino (Presidenta)
B.Q.F. Oscar Pinto
Dra. Nelly Narváez
Quím. Patricia Sosa
Ing. David Castro J. (Secretario técnico)

INSTITUCIÓN REPRESENTADA:

PRODEGEL
LEVAPAN
LEVAPAN
MONDELEZ
INEN

Otros trámites: Esta NTE INEN 1961:2018 (Primera revisión) reemplaza a la NTE INEN 1961:1993

La Subsecretaría de la Calidad del Ministerio de Industrias y Productividad aprobó este proyecto de norma.

Oficializada como: Voluntaria
Registro Oficial No. 213 de 2018-04-03

Por Resolución No. 18067 de 2018-02-26

Servicio Ecuatoriano de Normalización, INEN - Baquerizo Moreno E8-29 y Av. 6 de Diciembre
Casilla 17-01-3999 – Telfs: (593 2)3 825960 al 3 825999
Dirección Ejecutiva: direccion@normalizacion.gob.ec
Dirección de Normalización: consultanormalizacion@normalizacion.gob.ec
Centro de Información: centrodeinformacion@normalizacion.gob.ec
[URL:www.normalizacion.gob.ec](http://www.normalizacion.gob.ec)

ANEXO B: ANÁLISIS DE PROTEÍNAS DE LA MATERIA PRIMA



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de enero del 2022
Análisis solicitado por: María Fernanda Bastidas
Tipo de muestras: Muestras de escamas de pescado
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Nitrógeno	%	INEN 16	5.8
Proteína (factor 5.55)	%	INEN 16	32.19

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



**ANEXO C: ANÁLISIS QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS DEL COLÁGENO
PARCIALMENTE HIDROLIZADO**



Contáctanos: 0998580374 - 032924417
Av. 11 de Noviembre y Milton Reyes Riobamba – Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS

Fecha: 17 de enero del 2022
Análisis solicitado por: Srta. María Fernanda Bastidas Guayanay
Tipo de muestras: Muestras de colágeno parcialmente hidrolizado
Localidad: Riobamba

Análisis Químico

Parámetros	Unid.	Método	Resultados
Nitrógeno	%	INEN 16	14.1
Proteína (factor 5.55)	%	INEN 16	78.25

Análisis Microbiológico

Parámetros	Unid.	Método	Resultado
Recuento de Aerobios mesófilos	UFC/g	INEN 1 529-4	500
Coliformes Totales	UFC/g	INEN 1 529-6	Ausencia
Escherichia coli	UFC/g	INEN 1 529-8	Ausencia
Salmonella	UFC/25g	INEN 1 529-15	Ausencia
Staphylococcus	UFC/g	INEN 1 529-14	Ausencia
Mohos y Levaduras	UFC/g	INEN 1 529-10	< 10

Observaciones:

Atentamente.

Dra. Gina Álvarez R.
RESPONSABLE TÉCNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada



ANEXO D: COSTOS DE CONTRUCCIÓN DE EQUIPOS

TANQUE EVAPORADOR

<i>Descripción materiales y equipos</i>	Cantidad	Precio unitario	Costo
<i>Tubería de acero inoxidable de 1/2" x 6 m</i>	9	5,54	\$ 49,86
<i>Planchas de acero inoxidable 120 x 240 x 0,2 cm</i>	3	131,91	\$395,73
<i>Válvula de alivio</i>	1	190	\$190,00
<i>Válvulas de cierre rápido 1/2"</i>	4	35	\$140,00
<i>Paquete de electrodos para acero inoxidable</i>	1	2,8	\$2,80
<i>Soldadura</i>	1	415	\$415,00
<i>Mano de obra de instalación</i>	1	500	\$500,00
<i>Tansporte materiales y equipos</i>	1	100	\$100,00
Total			\$1.793,39

TANQUE DE CALENTAMIENTO

<i>Descripción materiales y equipos</i>	Cantidad	Precio unitario	Costo
<i>Planchas de acero inoxidable 120 x 240 x 0,2 cm</i>	3	131,91	\$395,73
<i>Tubería de acero inoxidable de 1" x 6m</i>	1	99,68	\$99,68
<i>Bomba centrifuga 0,5 HP, 35L/Min, 110V, 60HZ</i>	1	135	\$135
<i>Válvula de compuerta con bridas pre montada</i>	1	45,35	\$45,35
<i>Tanque de agua de alimentación acero inoxidable 304</i>	1	150	\$150
<i>Paquete de electrodos para acero inoxidable</i>	1	2,8	\$2,8
<i>Adapatador para tanque de 1/2"</i>	1	1,86	\$1,86
<i>Soldadura</i>	1	415	\$415
<i>Tansporte materiales y equipos</i>	1	100	\$100
<i>Mano de obra de instalación</i>	1	500	\$500
Total			\$1845,42



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

*UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL*

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 20 / 06 / 2022

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Maria Fernanda Bastidas Guayanay
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Química
Título a optar: Ingeniera Química
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.



Firmado electrónicamente por:

LEONARD
O FABIO
MEDINA
NUSTE



1040-DBRA-UTP-2022