



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

Extracción de colágeno por el método de hidrolisis alcalina a partir de tarsos de pollo provenientes del sector avícola.

**Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero
Agroindustrial**

Autor:

Bryan Steven Naranjo Naranjo

Tutor:

Ing. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

Riobamba, Ecuador. 2025

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **Bryan Steven Naranjo Naranjo**, con cédula de ciudadanía **210046816-0**, autor del trabajo de investigación titulado: **“Extracción de colágeno por el método de Hidrolisis alcalina a partir de los tarsos de pollo provenientes del sector avícola”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 21 de enero de 2025.



Bryan Steven Naranjo Naranjo
C.I: 2100468160

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, **Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga** catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería, por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación titulado: **“Extracción de colágeno por el método de Hidrolisis alcalina a partir de los tarsos de pollo provenientes del sector avícola”**, bajo la autoría de **Bryan Steven Naranjo Naranjo**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

Es todo cuanto informar en honor a la verdad; en Riobamba, a los 13 días del mes de enero de 2025.



Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga
C.I: 0603950577

Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga

C.I: 0603950577

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "EXTRACCIÓN DE COLÁGENO POR EL MÉTODO DE HIDROLISIS ALCALINA A PARTIR DE TARSOS DE POLLO PROVENIENTES DEL SECTOR AVÍCOLA", presentado por Bryan Steven Naranjo Naranjo, con cédula de identidad número 210046816-0, bajo la tutoría de Mgs. Sebastián Alberto Guerrero Luzuriaga.; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 21 de enero de 2025.

Ing. Paul Stalin Ricaurte Ortiz. PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Mgs. José Antonio Escobar Machado
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



MSc. Victor Hugo Valverde
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **Bryan Steven Naranjo Naranjo** con CC: **2100468160**, estudiante de la Carrera de **AGROINDUSTRIA**, Facultad de Ingeniería; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Extracción de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de tarsos de pollo provenientes del sector avícola.**", cumple con el 10%, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO MAGISTER+**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 13 de enero de 2025



Firmado digitalmente por
**SEBASTIAN ALBERTO
GUERRERO LUZURIAGA**

Mgs. Sebastián Guerrero L.
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a:

Dios quien ha sido mi guía y mi fortaleza durante todo este proceso brindándome siempre su mano y amor hasta el día de hoy presente.

A mis padres María Gabriela Naranjo Real y Galo Emilio Naranjo Zurita quienes han sido un pilar fundamental que, con su apoyo incondicional, paciencia, perseverancia y amor me han dado la fuerza de poder seguir adelante preparándome día a día y poder ser un gran profesional llegando así a cumplir con una de mis metas.

A mi hermana Emily Alejandra Naranjo que en el transcurso de esta preparación académica me brindo ese cariño incondicional para llegar a culminar esta importante etapa de mi vida.

A mi hijo Iker Santiago Naranjo quien ha sido un motivo, inspiración y bendición para poder llegar donde estoy ahora.

Finalmente dedico mi tesis a toda mi familia y amigos que me brindaron su apoyo durante mi vida universitaria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco infinitamente a Dios por cuidarme y protegerme durante todo mi camino dándome las fuerzas para superar cada obstáculo y dificultades que se me presentaba día a día a lo largo de toda mi vida universitaria.

A mis Padres, que con su demostración ejemplar me han enseñado a no desfallecer ni rendirme jamás y siempre perseverar a través de sus consejos.

A mi Abuela Marcela Real, por su apoyo incondicional y por demostrarme la gran fe que tenía en mí, que desde el cielo siempre me cuida y guía mis pasos.

Al Ing. Sebastián Guerrero, tutor de tesis quien ha sido uno de los pilares fundamentales, que con su paciencia y sabiduría me ayudado a realizar a cabalidad mi proyecto de grado.

A la Universidad Nacional de Chimborazo por abrirme las puertas, por haberme permitido formar parte de una gran institución y poder haber adquirido los conocimientos suficientes cumpliendo así una meta más en mi vida

Finalmente agradezco a toda mi familia, docentes y amigos que durante mi etapa universitaria supieron guiarme y hacer de mí una mejor persona

ÍNDICE GENERAL

DECLARATORIA DE AUTORÍA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CERTIFICADO ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
RESUMEN	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	14
1. INTRODUCCION.....	14
1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	16
1.3 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.4 OBJETIVOS.....	18
CAPÍTULO II.....	19
2. MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	19
2.2 MARCO TEÓRICO.....	21
2.2.1 COLÁGENO EN LOS SERES VIVOS.....	21
2.2.2 COLÁGENO EN EL SER HUMANO.....	22
2.2.3 MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DEL COLÁGENO.....	27
2.2.4 PRINCIPALES TIPOS DE HIDRÓLISIS.....	27
2.2.5 COLÁGENO EN LOS POLLOS.....	28
2.2.6 ESTRUCTURA DEL COLÁGENO.....	30
2.2.7 PRINCIPALES TIPOS DE COLÁGENO.....	32
CAPÍTULO III.....	34
3. METODOLOGIA.....	34
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	34

3.2 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	34
3.3 UNIDAD ESTADÍSTICA.....	34
3.4 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	34
3.5 PROCEDIMIENTO PARA LA OBTENCIÓN DE COLÁGENO	36
3.6. RENDIMIENTO DEL COLÁGENO EXTRAÍDO	36
3.7. POBLACIÓN DE ESTUDIO Y TAMAÑO DE MUESTRA	37
3.7.1 POBLACIÓN DE ESTUDIO	37
3.7.2 TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	37
3.8 MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS.....	37
CAPÍTULO IV.	39
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS OBTENIDOS DE LOS TRATAMIENTOS.....	39
4.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE LOS TRATAMIENTOS.	41
4.3 ANÁLISIS DEL RENDIMIENTO DE EXTRACCIÓN.	44
CAPÍTULO V.....	45
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	45
5.1 CONCLUSIONES.....	45
5.2 RECOMENDACIONES	45
ANEXOS	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tipos, composición y características estructurales del colágeno.....	26
Tabla 1. Tipos, composición y características estructurales del colágeno.....	26
Tabla 2. Tipos de colágenos en grupos.....	33
Tabla 3. Parámetros analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo.	34
Tabla 4. Concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH), tiempo de hidrolisis y extracción (h).	35
Tabla 5. Equipos utilizados en laboratorio.....	38
Tabla 6. Materiales utilizados para análisis físico-químicos.	38
Tabla 7. Reactivos utilizados para la extracción del colágeno de los tarsos de pollo.	38
Tabla 8. Resultados físico-químicos obtenidos en laboratorio.	39
Tabla 9. Resultados obtenidos en el proceso de extracción de los tratamientos.....	40
Tabla 10. Comparaciones de resultados del colágeno del tratamiento 2 con diferentes autores.	40
Tabla 11. ANOVA de los parámetros físico químicos del colágeno.	41
Tabla 12. Comparación Tukey para los tratamientos significativamente diferentes.....	42
Tabla 13. Resultado del análisis del rendimiento del proceso de extracción del colágeno de tarsos de pollo	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura y composición del colágeno.	21
Figura 2. Funciones del colágeno en el cuerpo humano.....	23
Figura 3. Edad de la piel.	24
Figura 4. Contenido aproximado de colágeno en un ser humano.	24
Figura 5. Anatomía de las extremidades inferiores de pollo.	30
Figura 6. Representación esquemática de la molécula de colágeno.....	31
Figura 7. Diagrama de flujo de la obtención de colágeno a partir de los tarsos de pollo (Mr. Pollo).	37
Figura 8. Medias de rendimiento de colágeno para los tratamientos.	43

RESUMEN

El trabajo de investigación tiene como objetivo determinar el rendimiento óptimo en el proceso de obtención de colágeno utilizando el método alcalino de extracción (T1:0.2N; T2:0.3N; T3:0.4N) a partir del tarso de pollo, que sirve como materia prima proveniente del faenamiento de aves en la industria alimentaria, así como analizar las características del colágeno como producto final, por tal razón se llevó a cabo una investigación sobre las cantidades de producción mensual y anual de carne de aves en Ecuador, con el propósito de identificar las posibles cantidades (toneladas por meses y toneladas por año) que podrían ser utilizadas para la obtención de colágeno, justificando de esta manera su viabilidad productiva. Para la parte de la caracterización fisicoquímica del colágeno obtenido se llevó a cabo en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería de la carrera de Agroindustria de la Universidad Nacional de Chimborazo, siguiendo las normativas nacionales vigentes. Los parámetros óptimos del proceso incluyen una concentración de 0.20M para la solución de NaOH, un tiempo de hidrólisis de 6 horas a temperatura ambiente, y finalmente, un tiempo de extracción del colágeno de 3 horas a una temperatura de 80 °C. Se obtuvo un rendimiento final de 9,09% para el tratamiento 2 el cual fue el más óptimo dentro de la investigación.

Palabras claves: Hidrolisis alcalina, Extracción, Colágeno, Tarsos de pollo

ABSTRACT

This thesis aims to determine the optimal performance in the collagen extraction process from chicken tarsus, which serves as raw material derived from poultry processing in the food industry. It also analyzes the characteristics of collagen as the final product. For this reason, research was conducted on Ecuador's monthly and annual poultry meat production volumes to identify potential quantities (tons per month and tons per year) that could be used for collagen production, thereby justifying its productive feasibility. The physicochemical characterization of the obtained collagen was carried out in the laboratories of the Engineering Faculty of the Agroindustry program at the National University of Chimborazo, following current national regulations. The optimal process parameters include a 0.20M concentration for the NaOH solution, a hydrolysis time of 6 hours at room temperature, and a collagen extraction time of 3 hours at 80 °C.

Keywords: Alkaline hydrolysis, Extraction, Collagen, Chicken tarsus, Temperature, Poultry.



firmado electrónicamente por:
JENIFFER VANESSA
PALACIOS MORENO

Reviewed by:
Mgs. Vanessa Palacios
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0603247487

CAPÍTULO I.

1. INTRODUCCION

1.1 Antecedentes

Según el Ministerio de Agricultura y Ganadería, el colágeno extraído por fuentes de origen animal puede ayudar a combatir la desnutrición infantil, ya que contiene vitaminas A, B, C, además de minerales como zinc, magnesio, entre otros. Dada esta importancia, colaboran en la supervisión y control de la producción la Agencia de Regulación y Control Fito y Zoonosanitario (Agrocalidad) y la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave). Actualmente, la avicultura aporta el 3% al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (MAG, 2021).

Los mataderos generan efluentes líquidos compuestos de grasas, proteínas y restos de animales. También generan los desechos sólidos, tales como: los huesos, las entrañas, patas, cabezas, piel y otros restos de carcasas (Biazus, 2016)

Comúnmente en las grandes industrias de faenamiento se generan desechos en grandes cantidades, que pudieran ser mejor aprovechados. Cabe mencionar que, en determinados lugares donde la producción se cataloga artesanal, los residuos animales son considerados como materia prima y son utilizados en productos tradicionales de valor agregado (Almeida et al, 2017).

La avicultura es una de las actividades productivas más importantes en el Ecuador y que conlleva un significativo aporte a la economía ecuatoriana, produce importantes cantidades de residuos, resultados del faenamiento y desprese de piezas de pollos.

En el Ecuador existen un aproximado de 1.819 granjas avícolas productivas en todo el territorio siendo el negocio de la avicultura un motor económicamente sustentable generando aproximadamente 32.000 fuentes directas de trabajo, 220.000 fuentes indirectas y alrededor de 2000 millones de dólares al año, es decir, el 16% del PIB agropecuario y el 2% del PIB total (Revista Avinews, 2021).

De acuerdo a la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO] (2022) el sector avícola en el Ecuador es una industria en crecimiento, solo del 2018 al 2019 se incrementó en un 27% el número de aves criadas en los campos y en granjas avícolas, y el consumo de pollo es importante en la alimentación ecuatoriana y parte de la alimentación básica, la carne y los huevos de aves de corral se encuentran entre los alimentos de origen animal más consumidos en el mundo, en culturas, tradiciones y religiones muy diversas.

Si bien la producción avícola se fundamenta en dos segmentos productivos, que son: la producción de carne de pollo y la de huevo comercial; entre estas dos actividades, sobresale muy por encima la crianza de pollos para el consumo de carne, considerando que

se trata de una de las proteínas más utilizadas dentro de la alimentación en nuestro país (Rosales, 2015).

Aumentar el consumo actual de 27 kilogramos de carne de pollo por persona al año, así como incluirlo en la oferta exportable para llevar más de Ecuador al mundo es parte de los propósitos que tiene el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), en el Gobierno del Encuentro. Para lograrlo, la ministra de Agricultura y Ganadería, indicó que se articulan acciones con cada uno de los actores del sector avícola, que el año 2020 produjo más de 495.000 toneladas métricas de carne pollo, que abastecieron toda la demanda nacional (MAG, 2021).

La avicultura ecuatoriana envuelve un futuro prometedor en la medida en que los productores de pollos de carne o engorde desarrollen procesos de innovación tecnológica e implementen alianzas estratégicas en toda la cadena avícola, sumando estos esfuerzos a disminuir los desperdicios o aprovechar los que se generan en alternativas como la que plantemos en esta investigación (Moreno, 2015).

En un marco de economía circular es importante aprovechar estos residuos para extraer colágeno de alta calidad y funcionalidad como una medida clave para reducir el impacto ambiental. Por lo tanto, el objetivo principal del artículo es analizarla eficacia y viabilidad de diferentes fuentes de materias primas en la extracción de colágeno, así como analizar crítica-mente investigaciones anteriores para identificar las condiciones óptimas de extracción. Además, ofrecer recomendaciones para promover prácticas sostenibles, con el fin de mejorar la eficiencia en la extracción de colágeno (Méndez, 2024).

Por otro lado, el colágeno es una proteína fibrosa que tiene múltiples aplicaciones especialmente en la industria farmacéutica y alimenticia. Esto es así gracias a sus propiedades físico-químicas y tienen la habilidad de formar geles térmicamente reversibles. También puede ser usado como agente emulsificante, estabilizante, o para mejorar algunas características como textura y capacidad de retención de agua (Correa & Lopes, 2013).

Ante esta problemática, diversas investigaciones muestran otras alternativas de extracción de colágeno a partir de fuentes marinas, crestas y patas de pollos, entre otras (Castro, 2016).

Por otro lado, el colágeno es una de las proteínas más abundantes presentes en el organismo. Esencial para la formación y reparación de cartílagos, músculos y huesos, se conoce que a partir de los 25 años nuestro cuerpo comienza a perder 1% de colágeno al año, lo que podría provocar el desgaste de músculos y cartílagos, generando falta de movilidad, flexibilidad, elasticidad, dolor articular, arrugas y flacidez en la piel (Hidrolágeno, 2022).

En diferentes investigaciones se han mencionado que las extremidades del pollo en las grandes industrias son de escaso interés comercial, gran parte de este producto es desechado como un residuo o subutilizado. Ante esta problemática, nace la necesidad de aprovechar los tarsos (patas) de pollo para la extracción de colágeno bajo un proceso de

hidrolisis, generando una nueva alternativa de explotación de este tipo de materia prima (Rivera et al, 2016).

1.2 Planteamiento del problema

El faenamiento de aves para consumo humano, genera una variedad de subproductos con poco o ningún valor agregado entre ellos están las pieles, intestinos, pescuezo y tarsos (patas) de pollo. Muchos residuos de alimentos llenos de sustancias que pueden ser aprovechadas en beneficio del hombre o como alimento para mascotas, ahora se transforman en subproductos con amplia aceptación comercial (colágeno, harinas, venta directa de consomé, etc.). Una alternativa para recuperar los residuos es el desarrollo de nuevos productos que usarían, o dar un destino más valioso para ellos. El desarrollo de colágeno a partir de tarsos de pollo busca generar un producto comercial y generar valor agregado de este residuo haciendo un colágeno de fácil extracción y bajo costo. (Mamani, 2018)

Por otro lado, el colágeno es una de las proteínas más abundantes presentes en el organismo. Esencial para la formación y reparación de cartílagos, músculos y huesos, se conoce que a partir de los 25 años nuestro cuerpo comienza a perder 1% de colágeno al año, lo que podría provocar el desgaste de músculos y cartílagos, generando falta de movilidad, flexibilidad, elasticidad, dolor articular, arrugas y flacidez en la piel (Hidrolágeno, 2022).

Los estudios sobre fuentes alternativas y nuevas fuentes de colágeno han experimentado un gran apogeo, en gran parte, debido al creciente interés en la valoración económica de los subproductos industriales y la búsqueda de las condiciones de procesamiento innovadoras (Gómez et al, 2018)

En diferentes investigaciones se ha mencionado que las extremidades del pollo en las grandes industrias son de escaso interés comercial, gran parte de este producto es desechado como un residuo o subutilizado. Ante esta problemática, nace la necesidad de aprovechar los tarsos (patas) de pollo para la extracción de colágeno bajo un proceso de hidrolisis, generando una nueva alternativa de aprovechamiento de este tipo de materia prima (Rivera et al, 2000).

1.3 Justificación

Según datos de la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE) las familias ecuatorianas consumen pollo de dos a tres veces por semana, en el año 2022, el consumo anual de pollo por persona fue de 27,31 kg, cifra que ha ido en incremento ya que actualmente el consumo es de 30,40 kg. Existen plantas especializadas para el procesamiento de aves a nivel industrial, de forma automática o semi-automática dependiendo de factores como: el costo de mano de obra, la producción requerida y la inversión de capital. En consecuencia, la transformación de esta materia prima genera inevitablemente residuos orgánicos de pollo como cabezas, sangre, plumas, órganos internos, patas e incluso pollos enteros no comestibles, efluentes líquidos y gaseosos que, debido al mal manejo y el

excesivo consumo de recursos, provocan diversos y fuertes impactos ambientales negativos que se deben eliminar o menguar (Barrera Cango, 2021).

En ciertas industrias avícolas latinoamericanas, como Brasil Colombia, Uruguay y Ecuador, consideran los tarsos del pollo (patas) como un residuo de la industria avícola de escaso interés comercial. Los precios por estos son muy bajos, debido a que la población no tiene interés en consumirlos y se ofertan en grandes cantidades. También, gran parte de estos residuos avícolas son desechado como un residuo, por falta de un mercado y otra parte es utilizado en la fabricación de los alimentos para animales (Rivera, 2012).

De acuerdo con Gómez-Guillén et al (2011) una alternativa a la valorización de estos restos o desperdicios (tarsos, pellejos, consomés, pescuezos, etc.), es el desarrollo de nuevos productos dando a los residuos un destino más noble y de mayor valor comercial.

Por lo que se propone la obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de las patas de pollo, justamente para darle un mayor valor comercial a los residuos de los tarsos del pollo que genera la industria avícola.

En resumen, se puede indicar las siguientes razones:

Abundancia y bajo costo: Los tarsos de pollo son un subproducto de la industria avícola, lo que significa que hay una gran cantidad de ellos disponibles a un costo relativamente bajo. Esto hace que sea una fuente económica de colágeno en comparación con otras fuentes, como los tejidos de mamíferos.

Alta concentración de colágeno: Los tarsos de pollo contienen una concentración relativamente alta de colágeno en comparación con otras partes del pollo. El colágeno es especialmente abundante en los tejidos conectivos, como las articulaciones y los tendones, presentes en los tarsos.

Las patas de pollo contienen alrededor de 12 gramos de colágeno por cada 100 gramos de peso, lo que equivale al 70% de la proteína que contienen. Las patas de pollo son una de las partes del pollo con mayor contenido de colágeno, junto con los muslos. Esto se debe a que contienen tejido conectivo y piel, donde se encuentra una cantidad considerable de este nutriente (Huamán, 2018).

Compatibilidad con los requisitos de extracción: El método de hidrólisis alcalina es un proceso químico que utiliza una solución alcalina para descomponer el tejido conectivo y extraer el colágeno. Los tarsos de pollo son adecuados para este método debido a su estructura y composición, lo que permite una extracción eficiente del colágeno.

Es importante destacar que la extracción de colágeno de los tarsos de pollo se realiza en el ámbito industrial y se utiliza en diversas aplicaciones, como en la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética. El colágeno extraído se procesa posteriormente para obtener

diferentes formas, como polvo o gelatina, que se utilizan en la producción de alimentos, suplementos dietéticos, medicamentos y productos de cuidado personal.

1.4 Objetivos

Objetivo General

- Extraer colágeno por el método de hidrolisis alcalina a partir de tarsos de pollo provenientes del sector avícola.

Objetivos Específicos

- Extraer el colágeno a partir de los tarsos de pollo por el método de hidrolisis alcalina.
- Determinar las características fisicoquímicas del colágeno (contenido de humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas).
- Analizar el rendimiento del proceso de extracción.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

El sector avícola es la mayor productora de aves de corral a nivel mundial (FAO, 2018), donde tan solo en el Ecuador se producen 251,37 millones de pollo faenados (INEC, 2024), siendo La provincia del Guayas la mayor productora de aves faenadas con 78,77 millones destinadas a ser comercializadas (INEC, 2022), como resultante de esto se generan desperdicios tales como patas de pollo, cartílagos, pieles, plumas y vísceras (López, 2019) de las cuales no se genera un aprovechamiento de estos residuos. (Ormaza & Santos, 2024).

Dicho esto, se puede denotar que las patas de pollo son consideradas un residuo orgánico como resultante de la faena de aves, donde se lo toma en consideración como un producto a obtener y no un subproducto que genere un beneficio comercial (López, 2019), es que 60% de las personas han consumido este producto porque se suelen integrar en platos típicos de diversas culturas (Razlan, 2023).

La faena de aves para la nutrición de la población genera una variedad de subproductos con escasa o nulo valor agregado entre ellos, los tarsos de pollo. Muchos residuos de alimentos antes dispuestos de sustancias como inútiles, ahora se transforman en subproductos con amplia aceptación comercial en el mercado. Una alternativa para recuperar los residuos es el desarrollo de nuevos productos con características nutricionales positivas que contribuyan un producto nutritivo a la población y al mismo tiempo ayude a reducir el nivel de desperdicios de estos subproductos tal es el caso del colágeno siendo este un potencial producto que puede ser extraído de forma eficiente y seguro a partir de este tipo de residuos avícolas. (Huamán, 2018).

La aplicación del colágeno es en su mayoría utilizada para la fabricación de gelatina, asimismo se usa en otras áreas como la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria que ha logrado mejorar las propiedades de los alimentos como la elasticidad y consistencia de varios alimentos, esto ha logrado que la producción del colágeno a gran escala se vean disminuidos debido a sus altos costos de producción, técnicamente esto hace viable la extracción del colágeno a partir de otras fuentes menos costosas como son los tarsos de pollo el cual es motivo de investigación del presente trabajo.

Una investigación realizada por Castrejón (2019) quien realizó la obtención del colágeno a partir de los tarsos de pollo empleando un método de extracción por microorganismos eficaces EM-1 donde evaluó las características fisicoquímicas (pH, humedad, proteínas y grasas) de las muestras de colágeno hidrolizado, obtuvo como resultado que el colágeno hidrolizado posee un pH de 8.2, proteínas 6.39%, en grasas 1.41%, y finalmente una humedad de 14.17 como promedios de los análisis realizados a las tres repeticiones realizadas. Parámetros aceptables en comparación con otros estudios realizados en temas muy similares. Como por ejemplo podemos citar a Carrasco (2024) quien realizó

la extracción de colágeno aviar, teniendo como resultado las siguientes características fisicoquímicas del colágeno: Humedad 11%, cenizas 2%, proteína 78.52%, grasa 6.91%.

Por otro lado el aprovechamiento del sector avícola sobre todo de las patas de pollo ha permitido obtener colágeno de gran calidad que a la vez puede ser utilizada en la industria alimentaria como un agente emulsificante que aportan a la industria como ligantes y gelificante. El aprovechamiento de este deshecho industrial puede ser empleado en diferentes matrices cárnicas, panificadoras, lácteas e incluso en el área de refrescos, ya que se evidencia que aporta a la textura final de los productos antes mencionados (Jiménez y Cortés, 2020).

Mamani (2018) en su trabajo de investigación “obtención de colágeno a partir de tarsos de pollo mediante hidrólisis alcalina” logró obtener colágeno mediante la utilización de NaOH como sustancia hidrolizante partir de (tarsos) de pollo. En el cual consideró tres factores principales para evaluar el rendimiento, tiempo de hidrólisis, tiempo de extracción y concentración de la solución de NaOH, cada una con tres niveles de evaluación diferentes tales como tiempo de hidrólisis (tres, seis y ocho horas), tiempo extracción (uno, dos y tres horas) y concentraciones de solución NaOH 0.20, 0.25 y 0.30M. Posterior a ello se determinó que el 0.25M influyó como concentración óptima de la solución de NaOH y el tiempo de seis horas para llevar a cabo la hidrólisis, logró un mejor rendimiento en la obtención del colágeno.

Por otro lado, el estudio realizado por Ormazza y Santos (2024) menciona en su estudio “Efecto del método de hidrólisis y temperatura de deshidratación en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento de colágeno de patas de pollo” que el método de extracción más eficiente para el rendimiento de colágeno a partir de patas de pollos fue el de hidrólisis alcalina a una temperatura de deshidratación de 65°C, posicionando con el mayor rendimiento (27.15%) de colágeno. Sin embargo, también menciona que la hidrólisis ácida tuvo un mayor efecto positivo sobre la obtención de colágeno de patas de pollo, permitiendo obtener las mejores medias de proteína (55.45%) y ceniza (8.79%), en tanto que, el nivel a2 (hidrólisis alcalina) permitió un mayor rendimiento de CRA (78.35%) y un mejor pH (6.73) mientras que para las variables humedad, grasa, acidez titulable, capacidad de emulsificación y rendimiento, ambos niveles, estadísticamente fueron similares.

Abarca e Hidalgo (2021) mencionan que el hidróxido de sodio (NaOH) utilizado en la hidrólisis alcalina, respeta los aminoácidos que se deterioran cuando se aplica una hidrólisis ácida. Este es un sólido blanco e industrialmente se usa como solución al 50%, debido a su fácil manejo.

En cuanto a la eficacia y la aceptabilidad del colágeno aviar en comparación con otros colágenos comerciales como el extraído de peces que resulta el más común, las encuestas demuestran que existe una mayor aceptación en cuanto al colágeno extraído de residuos avícolas (tarsos de pollo), a diferencia del extraído a base de residuos pesqueros,

reiterando nuevamente que el colágeno aviar presenta características aceptables en cuanto al sabor, olor, textura y apariencia (Machado, 2024).

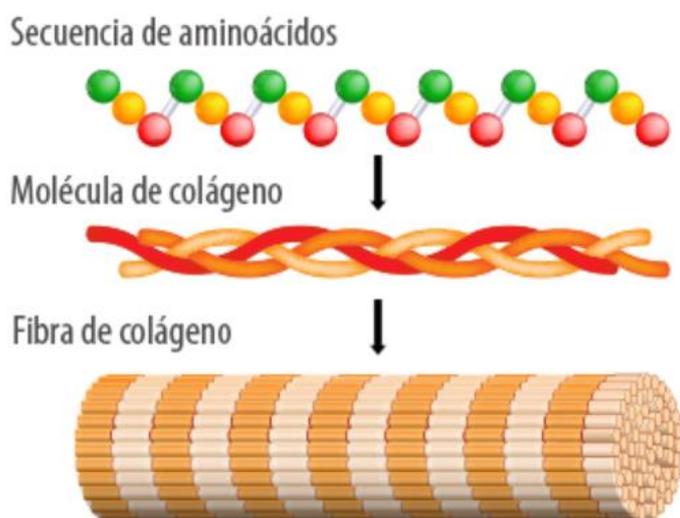
2.2 Marco Teórico

2.2.1 Colágeno en los seres vivos

El Colágeno es la proteína más abundante del organismo representa entre el 20% y el 30% de las proteínas que constituyen un ser vivo. Lo que la convierte en la proteína más importante. Como todas las proteínas, el colágeno está constituido por largas cadenas de aminoácidos, como podemos verificar en la figura 1, estas cadenas se pliegan y conectan entre sí, dando origen a cordones más gruesos llamados fibras colágenas que forman parte de numerosos tejidos en el cuerpo y cuya función es la de unir los tejidos conectivos (músculos, tendones, ligamentos, piel, huesos, cartílagos, tejido hematológico y adiposo y órganos). El colágeno actúa como un elemento de sostén y aportándoles resistencia y flexibilidad. En definitiva, son las responsables del grado de firmeza y elasticidad de estas estructuras y tiene un papel esencial en su hidratación (Dharma, 2016).

Figura 1.

Estructura y composición del colágeno.



Nota. *Obtenido de Construye tu colágeno desde los cimientos.Por (Méderi, 2022).*

La palabra colágeno deriva del griego kolla, que significa “pegamento”, y es así que los primeros usos dados a este producto eran como material adhesivo, valorado en la industria de la manufactura. En poco tiempo se le dio la importancia a sus propiedades medicinales y grandes beneficios para la salud.

Inicialmente se conoce que se extraía el colágeno haciendo hervir prolongado tiempo la piel de animales, escamas, los huesos, las articulaciones, tejidos y cartílagos de animales

terrestres y marinos. Posteriormente se empezó a usar el colágeno en forma de gelatina cuyo producto se secaba, se hidrataba con agua caliente, y se volvía a enfriar, lo que daba como resultado un gel muy utilizado en la industria alimenticia y de un valor nutricional aceptable (Schoenfeld, 2018).

Existen algunos formatos disponibles en el mercado de complementos nutricionales a base de colágeno, se puede encontrar productos en estado líquido, en comprimidos, en polvo o en cápsulas. Todos ellos son productos de confianza por su procedencia de seres vivos a nivel celular. Dependiendo del formato, el producto tendrá mayor o menor biodisponibilidad y nivel de absorción por el organismo. El colágeno en cápsula permite la dosificación controlada de forma que nos aseguramos que llegará la cantidad de colágeno que el organismo aproveche eficientemente sus beneficios (Colnatur, 2020).

El momento ideal para tomar estos suplementos es en la mañana, que es cuando se asimilan mejor las proteínas, debemos considerar que, así como tomar complementos es una medida segura y efectiva, el proceso y resultados no son rápidos ni drásticos pues tendrán que pasar unos meses para poder valorar los efectos (Dharma, 2016).

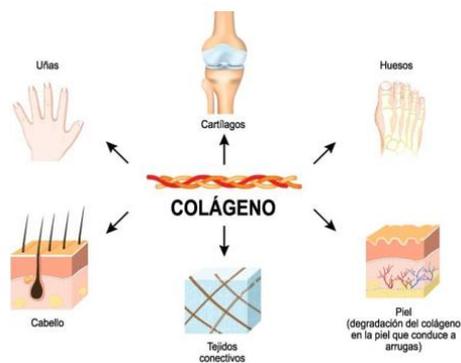
2.2.2 Colágeno en el ser humano

La proteína de colágeno se encuentra exclusivamente en el reino animal y de manera natural está presente en todos los animales. No se trata de una única proteína, sino una familia de proteínas que comparten la misma estructura básica y composición en aminoácidos (Martínez, 2019).

Siendo una proteína sorprendentemente versátil, la más abundante en el cuerpo humano, representa el principal constituyente de nuestros tejidos conjuntivos, proporciona la integridad estructural que nuestros tejidos y órganos necesita. Se conoce de lo antes citado que las funciones del colágeno son diversas en el cuerpo humano, ver figura 2, su función principal es la de mantener unidas las estructuras en las que se encuentra presente, podemos decir que actúa como un elemento de sostén en los diferentes tejidos conectivos. Entre ellos, los tejidos de la articulación (cartílagos, ligamentos y tendones), huesos y piel. (Schoenfeld, 2018).

Figura 2.

Funciones del colágeno en el cuerpo humano.



Nota. *Obtenido de Para que sirve el colágeno. Por (Colnatur, 2020).*

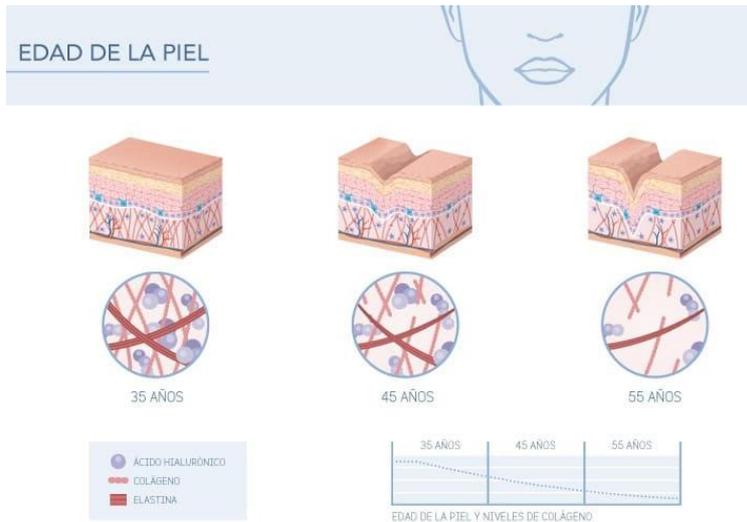
Asimismo, también se encarga de proporcionar cohesión a la pared de los vasos sanguíneos, la córnea ocular, la dentina, las encías y al tejido conjuntivo que protege nuestros músculos y órganos. Una de las particularidades de estas fibras de colágeno es que tienen la capacidad de mezclarse con otras sustancias para aportar resistencia a las diferentes estructuras, a nivel óseo, el colágeno se une con cristales de calcio para contribuir al mantenimiento de unos huesos fuertes. En los tendones, en cambio, crea una estructura paralela y cruzada para darles una gran fuerza de tracción. Y en cuanto a los cartílagos, forma un gel que absorbe los impactos producidos al mover las articulaciones (Colnatur, 2020).

El colágeno es una proteína singular en varios sentidos, contiene 3 aminoácidos que son poco frecuentes en el cuerpo humano: la glicina (33%), prolina (10%) e hidroxiprolina (10%). Los aminoácidos son los componentes básicos que se combinan para formar todas las proteínas del cuerpo humano, pueden ser aminoácidos esenciales y no esenciales (EL SEVIER, 2019).

Obtenemos los aminoácidos esenciales de los alimentos que consumimos y los no esenciales los produce nuestro propio cuerpo aun cuando no estén dentro de nuestra dieta. La glicina, prolina son aminoácidos no esenciales, nuestro cuerpo los podrá producir a pesar de que no los ingiramos, no obstante, cada vez hay más evidencia de que estos dos aminoácidos realizan varias funciones beneficiosas en el organismo humano. Un aminoácido condicionalmente esencial puede no ser necesario en la dieta de una persona saludable, sin embargo, se convierte en un aminoácido esencial durante los episodios de enfermedad o estrés (Schoenfeld, 2018).

En cuanto a la relación colágeno y piel, esta proteína se mezcla con la elastina a nivel cutáneo. Así pues, ambos componentes son los responsables de mantener la piel firme y elástica, como se observa en la figura 3.

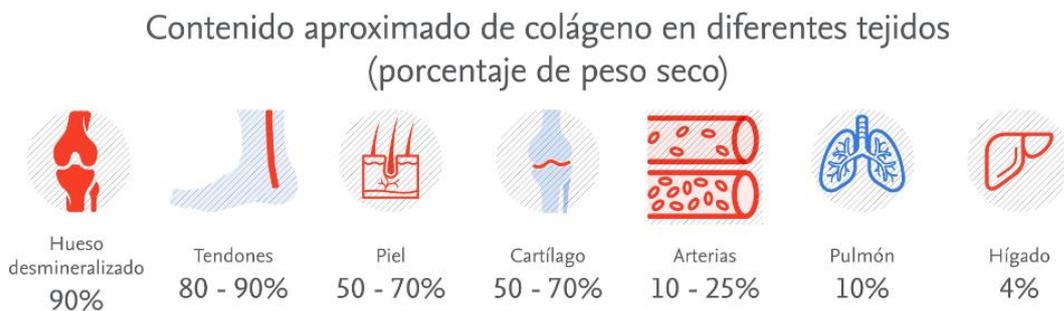
Figura 3.
Edad de la piel.



Nota. Obtenido de *Para que sirve el colágeno. Por (Colnatur, 2020).*

Es por todo ello que, al determinar para qué sirve el colágeno, debemos tener en cuenta que sus funciones variarán en función del órgano en el que se encuentre. Ver figura 4. Para generalizar podemos decir que la principal función del colágeno es la de formar fibras o redes de soporte que aporten cohesión, resistencia y flexibilidad. Asimismo, puede tener acciones más específicas en órganos concretos como el riñón, el hígado o el corazón (Colnatur, 2020).

Figura 4. Contenido aproximado de colágeno en un ser humano.



Nota. Obtenido de *Colagenos tipos composicion distribucion tejidos. Por (EL SEVIER, 2019)*

Quizá lo más importante esté en que el colágeno aporta la elasticidad, flexibilidad y fuerza necesaria para prevenir la degeneración de los tejidos. Menos deterioro y más regeneración mantienen una piel joven, el cabello se fortalece, los huesos son más resistentes, las articulaciones se desgastan menos, las uñas crecen más fuertes. Entre otros beneficios. Consumir colágeno es un hábito importante que puede contribuir a mejorar la calidad del colágeno producido por nuestro propio organismo. Nuevas investigaciones evidencian que la proteína de colágeno puede ayudar a resolver los problemas de peso y los

trastornos del sueño, la diabetes, la tensión sanguínea alta, la inflamación y problemas digestivos, y que aquella proteína de colágeno que ingerimos a través de la dieta parece mejorar el desarrollo muscular, reducir el dolor y la inflamación y contribuir a la salud articular (Schoenfeld, 2018).

Mencionan Figueres y Basés, que el cuerpo humano requiere 10g de colágeno al día, ayuda a controlar la ingestión de azúcar, grasa y carbohidratos. Además del control de peso, mantenimiento de la salud y bienestar. Los beneficios del colágeno son:

- Reducir dolores articulares, causados por reumatismo, artritis u osteoartritis, debido a que proporciona proteínas.
- Reducir el desgaste articular, debido a que estimula la creación de células cartilaginosa para compensar los tejidos dañados.
- Mejorar el aspecto de los cabellos y uñas.
- Disminuir la pérdida de masa ósea.
- Atenuar los signos de envejecimiento de la piel, proporciona vitalidad, y frescura a la piel.
- Proporciona firmeza en la córnea (Figueres & Basés, 2017).

Para que nos hagamos una idea de su importancia, constituye aproximadamente el 80% de los tendones, 74% de la piel, 64% de la córnea, 50% del cartílago, 23% del hueso cortical, 12-24% de las arterias, 10% del pulmón y 4% del hígado (Gelse et al, 2017).

La proteína de colágeno se renueva a tasas comparables a otras proteínas en el cuerpo, como en el músculo. Esto es importante porque muchas lesiones musculoesqueléticas son desgarros de tendones, por lo que tiene sentido para la persona que lleve un estilo de vida activo, el obtener colágeno adecuado a través de suplementos (CASI, 2019).

La eficacia de un producto en base a colágeno no depende de la especie ni tejido animal del que procede si no del grado de asimilación del mismo. La hidrólisis o fragmentación hace que su masa molecular sea siempre inferior a la masa molecular del colágeno nativo, favoreciendo que su tamaño sea lo adecuadamente pequeño y biodisponible, es decir fácil de digerir, absorber y asimilar por el organismo y de este modo llegar a todos los tejidos que lo van a utilizar como nutriente (Dharma, 2016).

El colágeno, no es una proteína única, se trata de una familia de moléculas estrechamente relacionadas, pero genéticamente distintas. Se describen varios tipos de colágeno que se diferencian entre ellos, por la forma en la que están distribuidas sus fibrillas, existen hasta 21 tipos de colágeno en los mamíferos, ver tabla 1, pero los más conocidos son el tipo I, II, III y IV (Méderi, 2022).

Tabla 1.*Tipos, composición y características estructurales del colágeno.*

Tipo	Composición	Características estructurales más comunes	Distribución en tejidos
I	a1 (1)2 a2(1)	67nm- fibrillas con bandas	Tipo más abundante en la mayoría de los tejidos conectivos.
II	(a1(b))3	67nm- fibrillas con bandas	Cartílago, humor vitreo
III	(a1(b1))3	67nm- fibrillas con bandas	Tejidos fetales, piel, sangre, vasos sanguíneos, pulmones, útero, intestino, tendones, cicatrices recientes.
IV	(a1(IV))2,a2(IV)	Dominio globular C-terminal; forma una red ramificada.	Todas las membranas basales

Tabla 2.*Tipos, composición y características estructurales del colágeno*

VI	a1(VI)a2(VI) a3(VI)	Dominios C-y N – terminales globulares forma una red.	Mayoría de los tejidos, incluyendo el cartílago.
VII	(a1(VII),a3)(VI)	Forma fibrillas de anclaje	Debajo de las membranas basales en la dermis y en la vejiga.
VIII	(a1(VII))3	Hélice corta, dominios terminales globulares, forma una red.	Formado por células endoteliales en la membrana de Descemet
IX	(a1(VIII) a2(VIII))	2, Con dermatan sulfato unido	Sobre la superficie de las fibrillas de colágeno de tipo II en el cartílago.
X	(a1(XI))3	Similar al tipo VIII	Cartílago en calcificación
XI	a1(XI)a2(XI), a3(XI)	67nm- fibrillas con bandas	Cartílago
XII	(a1(XIII))3	Múltiples dominios globulares	Sobre la superficie de las fibrillas de colágeno de tipo I
XIII	(a1(XIII))3 (?)	Con dominio transmembrana	Colágeno minoritario en la piel, intestino.
XIV	(a1(XIV))3	Asociado con fibrillas	Igual que el tipo XII

XV	(a1(XV))3 (?)	Múltiples dominios de triple hélice con interrupciones.	Capilares, testículos, riñón, corazón.
XVI	(a1(XVI))3 (?)	Asociados con fibrillas de colágeno	Dermis, riñón.
XVII	(a1(XVII))3	Con dominio transmembrana	Hemidesmosomas de la piel
XVIII	(a1(XVIII))3 (?)	Múltiples dominios de triple hélice con interrupciones.	Hígado, riñón, musculo esquelético.
XIX	(a1(XIX))3 (?)	En la superficie de las fibrillas de colágeno.	En la membrana basal

Nota. *Obtenido de Principios de Bioquímica médica. Recuperado por (Meisenbergs y Simons, 2020)*

Según la revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, se han identificado 28 tipos de colágenos numerados de esta manera (I-XXVIII), mismos que constituye aproximadamente un tercio de todas las proteínas del cuerpo y cuya biosíntesis es codificada por cuarenta y dos genes (Herrera et al., 2021).

2.2.3 Métodos de extracción del colágeno

Este trabajo de investigación busca un método de extracción para que el colágeno pueda ser absorbido, y para esto se debe realizar una hidrólisis del colágeno, esto ayuda a que las cadenas se rompan y se puedan absorber un 90% debido a que se convierten en moléculas. Cualquiera sea su presentación, el colágeno debe estar hidrolizado, si esto no sucede no aportará ningún beneficio al organismo, ya que se absorberá solo el 1% al contrario del gran porcentaje que se logra con el hidrolizado. Y además se busca caracterizar fisicoquímicamente el colágeno hidrolizado obtenido de extremidades de pollo (Cepeda, 2019).

2.2.4 Principales tipos de hidrólisis

Hidrólisis ácida

Proceso en el que se emplea catalizadores ácidos, los cuales convierte a la cadena de polisacáridos que da lugar a una biomasa (celulosa y hemicelulosa) en los monómeros principales.

Se basa en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácidas fuertes (HCl y H₂SO₄) como el ácido acético (AcOH), ácido cítrico, ácido láctico, entre otros, o de ácidos inorgánicos como el ácido clorhídrico. Este método destruye completamente el triptófano y parte de la serina y la treonina. Es el método más usado, pero solamente funciona con colágeno soluble en ácido. Este método conlleva el peligro de que las proteínas se desnaturalicen.

De manera bien escueta la metodología empleada se empieza con la exposición de la materia prima en una concentración de ácido durante un tiempo de larga duración. El papel que tiene esta solución ácida es aumentar la repulsión entre las moléculas de tropocolágeno

que son capaces de inducir la solubilización de las moléculas de colágeno. (Ouellette & Rawn, 2015)

Seguido se forma la fibra con precipitación salina y por último se realiza un proceso de purificación. (Naomi Ridzuan y H. Bahari, 2021)

Hidrólisis básica

Respetar los aminoácidos que se destruyen por la hidrólisis anterior, pero con gran facilidad, forma racematos. Normalmente se utiliza (NaOH e BaOH) (Núñez, 2011).

Hidrólisis alcalina

La base del proceso es el tratamiento de la materia prima con una solución básica, que comúnmente es hidróxido de sodio (NaOH), durante un largo tiempo, ya que se necesita una penetración más agresiva de estos agentes en la fuente. Posterior se realiza la formación de la fibra de colágeno y su respectiva purificación (Wu Kong et al., 2019).

Es el método más lento, se utiliza en materiales con alto grado de entrecruzamiento. Previamente a la fuente se la divide en partes pequeñas (cortándola, machacándola, triturándolas, etc.). Esto con el fin de que se tenga una mayor área de contacto. Después del proceso, se debe de filtrar el colágeno y descontaminar (Aragón, 2011).

Hidrólisis enzimática

Se utilizan enzimas proteolíticas cuya actividad es lenta y a menudo incompleta, no se destruyen los aminoácidos; por lo tanto, es muy específica. Esta hidrólisis proteica se realiza normalmente en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso. El sustrato se disuelve en agua hasta que el pH y la temperatura se estabilizan; seguido se agrega la proteasa (Tipo de enzima que descompone las proteínas en proteínas más pequeñas) dando inicio a la hidrólisis. A medida que ésta progresa se produce una disminución del pH debido a la rotura de los enlaces peptídicos. En los casos de hidrólisis enzimática el pH debe ser mantenido en el óptimo de la enzima mediante la adición de base diluida. Para finalizar la hidrólisis proteica la enzima puede ser inactivada con calor, mediante una disminución del pH o con una combinación de ambos (Núñez, 2011).

Debido a que las características para esta fase son leves no se obtienen 10 productos de degradación y su fermentación no se impide. El problema de esta operación es la cantidad que deben emplearse de celulosa, el cual aumenta los costos de elaboración.

2.2.5 Colágeno en los pollos

Para Almeida, las extremidades de los pollos son altamente desechadas debido a cuestiones sociales y gastronómicas, razón por la que esta materia prima es de fácil acceso y de bajo costo para la extracción de colágeno a comparación de la obtenida a partir de

desechos vacunos y porcinos, ya que son de alta demanda para obtener este producto lo cual ocasiona que su costo sea superior. Por las razones antes mencionadas se comenzaron a buscar otro tipo de fuentes como materia prima para la elaboración del colágeno, como lo son las extremidades de pollo (Almeida, 2018).

Los desechos que resultan de la producción avícola y que luego son descartados por las industrias alimentarias reciben el nombre de subproductos. Huesos, plumas, vísceras, patas, entre otros, hacen parte de los subproductos que se generan día a día con la producción cárnica del pollo, pato, pavo, entre otras aves. Todos ellos son una fuente competente de extracción de colágeno, que no sólo puede otorgar un valor agregado a estos desechos, si no que mitigaría problemas relacionados a la contaminación ambiental.

Los subproductos del pollo son la materia prima más utilizada dentro de las fuentes avícolas para el proceso de extracción de colágeno. Dentro de estos subproductos, las patas de pollo se destacan por su alto contenido de colágeno tipo I (Silvipriya et al., 2015).

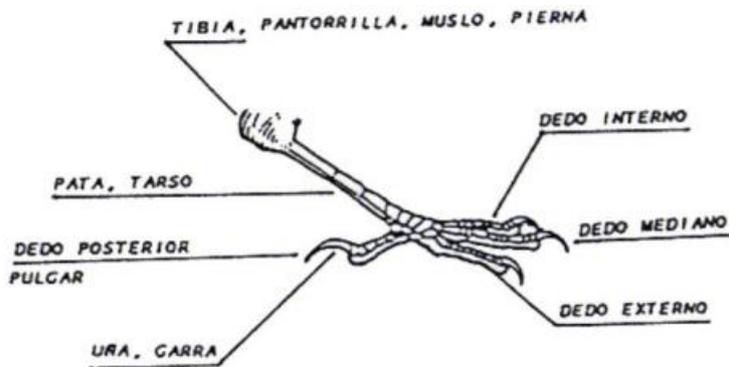
Las patas de pollo representan el 4% del peso original del ave. Dentro de su composición contiene 20% de colágeno el cual puede ser utilizado en diferentes aplicaciones industriales. Esta proteína es soluble en agua se obtiene mediante la hidrólisis del colágeno que es la proteína que se encuentra en el tejido conectivo de la piel, tendones, huesos y cartílagos. El rendimiento de la producción de colágeno y su calidad depende de la edad del animal, de la fuente de materia prima y del proceso empleado en su fabricación. La calidad está influenciada por el tiempo, temperatura, pH, grado de molienda, carga bacteriana, presencia de impurezas y aditivos que sean empleados en el proceso de extracción del colágeno. Los huesos y en especial las patas de pollo como materia prima de la cual se obtendrá colágeno, deben seguir un estricto cuidado higiénico-sanitario, Los equipos requeridos para obtener gelatina a partir de tarsos de pollo, son los mismos que se utilizan con los huesos de ganado.

Una de las principales propiedades del colágeno es su habilidad de formar geles, expresándose como poder gelificante en grados o valor Bloom; mientras más elevado sea, más sólido es el gel que se producen en condiciones normalizadas o meno es la cantidad de colágeno que ha de utilizarse para producir un gel normalizado (FUNDACION CIEPE, 2001).

La estructura anatómica de la pata de pollo se observa en la figura 5.

Figura 5.

Anatomía de las extremidades inferiores de pollo.



Nota. *Obtenido de obtención de colágeno de las patas de pollo con la aplicación de niveles de 2, 4, 6% de pepsina. Por (Tenelema, 2017)*

Miembros inferiores: Formados por tres núcleos de osificación:

Fémur: hueso del muslo. Presenta una cámara de aire en su interior y está dirigido oblicuamente de atrás hacia delante.

Rótula: formada por el seno de los tendones de la pata, situada en la parte anterior de la rodilla.

Tibia y peroné: la tibia es el hueso de la pierna, es vigoroso y resistente. El peroné es un hueso fino, rudimentario y parcialmente soldado, que se adosa a la cara externa de la tibia (Pareja, 2008).

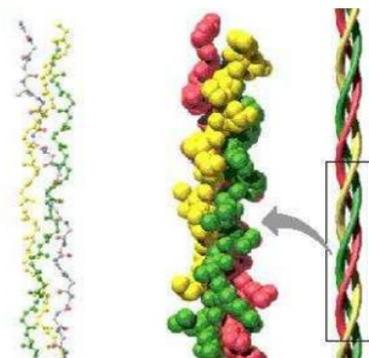
Por lo antes expuesto, diferentes estudios han implementado protocolos de extracción de colágeno a partir de las patas de pollo, o con órganos específicos como la piel y los huesos. Los resultados de caracterización que presentan los colágenos extraídos a partir de las patas de pollo resultan favorables pues revelan características únicas del colágeno y además proporcionan al producto extraído una baja antigenicidad (sustancia que al introducirse en el organismo induce en este una respuesta inmunitaria, provocando la formación de anticuerpos), sugiriendo que esta fuente puede ser una alternativa de obtención de colágeno de alta calidad (Schmidt & Mello, 2016). Sin embargo, es una fuente poco explorada, por lo tanto, la información relacionada que se presenta es relativamente limitada.

2.2.6 Estructura del Colágeno

El colágeno está compuesto por tres cadenas de polipéptidos que forman una triple hélice. Cada cadena tiene unos 1.400 aminoácidos de los cuales uno de cada tres es una glicina. A intervalos regulares se encuentran otros aminoácidos, la prolina y la hidroxiprolina, poco frecuentes en otras proteínas. La presencia de estos aminoácidos particulares permite que las tres cadenas se enrollen un alrededor de la otra formando una fibra muy resistente. Además, entre las cadenas se establecen puentes de hidrógeno que confieren al colágeno una gran estabilidad, como se presenta en la Figura 6.

Figura 6.

Representación esquemática de la molécula de colágeno.



Nota. Obtenido de *Bioquímica. Madrid: Pearson Education. Por (Mathews & Holde, 2002).*

La proteína de colágeno sea cual fuere la especie o tejido animal del que procede contiene los mismos y similar proporción de aminoácidos. Así, cuando se hidroliza o fragmenta un colágeno para hacerlo asimilable, se obtiene un producto, el colágeno hidrolizado (CH), que es prácticamente igual proceda de donde proceda, ya que pierde su especificidad y ni siquiera es posible detectar la especie de la que procede. La eficacia de un producto en base a colágeno no depende de la especie ni tejido animal del que procede si no del grado de asimilación del mismo. La hidrólisis o fragmentación hace que su masa molecular sea siempre inferior a la masa molecular el colágeno nativo, favoreciendo que su tamaño sea lo suficientemente pequeño y biodisponible, es decir fácil de digerir, absorber y asimilar por el organismo y de este modo llegar a todos los tejidos que lo van a utilizar como nutriente (Dharma, 2016).

Las proteínas son macromoléculas formadas por cadenas lineales de aminoácidos, constituidas básicamente por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y nitrógeno (N); aunque pueden contener también azufre (S) y fósforo (P) y, en menor proporción, hierro (Fe), cobre (Cu), magnesio (Mg), yodo (I), etc. Que desempeñan un papel fundamental para la vida y son las biomoléculas más versátiles y más diversas (Núñez, 2011).

Realizan innumerables funciones, entre las que destacan:

- Estructural (colágeno y queratina).
- Reguladora (insulina y hormona del crecimiento).
- Transportadora (hemoglobina).
- Defensiva (anticuerpos).
- Enzimática (sacarosa y pepsina).
- Contráctil (actina y miosina).

2.2.7 Principales tipos de colágeno

Colágeno Tipo I

Se caracteriza porque la molécula de tropocolágeno en este caso está constituida por dos cadenas que se denominan alfa 1 (I), o sea, dos cadenas alfa 1 idénticas y una segunda cadena que se denomina alfa 2, que tiene una secuencia de aminoácidos distinta. Este es un colágeno fabricado fundamentalmente por los fibroblastos. Predomina en el hueso, en los cartílagos y en la dermis, o sea, que la mayor parte de colágeno de la dermis, que es lo que estamos proponiendo, pertenece a este tipo I de colágeno (Núñez, 2011).

Son las fibras más gruesas de todas, fuertemente birrefringentes o con doble refracción, al microscopio de polarización y se tiñen selectivamente con un colorante específico del que se ha empleado en los últimos tiempos, que se denomina picrosirius. Este colorante permite distinguir el colágeno I del II del III y también del IV y el V. En este caso las fibras aparecen de un color amarillo rojizo. Estas fibras tienen el bandeo transversal, sea la periodicidad transversal bien desarrollada, bien característica y constituye el colágeno más importante desde el punto de vista estructural.

Colágeno Tipo II

Aparece en el cartílago y otras estructuras, como por ejemplo el líquido que rellena el globo ocular llamado humor. Son fibras, muy finas, que no se ven o se ven con dificultad en el microscopio óptico, pero sí se ven con el microscopio electrónico. Estas fibras que no presentan este bandeo característico que presenta las fibrillas del tipo I y están constituidas por tres cadenas denominadas alfa 1 (II). Son tres cadenas iguales, entrelazadas, donde lo característico es que hay más, hidroxilisina y lisina que en el colágeno ordinario de tipo I (Núñez, 2011).

Colágeno Tipo III

Corresponde a lo que clásicamente se denominaba a las fibrillas de reticulina. Es un colágeno que aparece con mucha frecuencia vinculado al músculo liso y es fundamentalmente el colágeno de las vísceras, aunque también está presente en mayores cantidades en la dermis, sobre todo alrededor de los nervios y los vasos sanguíneos que vimos que constituían parte de esa estructura (Núñez, 2011).

Desde el punto de vista de la composición de los polipéptidos tiene tres cadenas denominadas alfa 1 (III). O sea, tiene tres cadenas iguales, con una disposición de aminoácidos propia, donde predomina la hidroxiprolina y donde además aparece un aminoácido que no es muy común en otros colágenos, que es la cistina.

Colágeno Tipo IV Y V

Aparecen específicamente localizados en las membranas basales, o sea, en aquellas estructuras que separan generalmente los epitelios de los tejidos conjuntivos. El colágeno IV es muy frecuente en todas las membranas basales. El colágeno V se ha descrito específicamente en la membrana basal de la placenta, que citamos solo para dar un ejemplo de cómo esta proteína se adapta a distintas funciones biológicas que van apareciendo a lo largo de la evolución de las especies (Núñez, 2011).

En la siguiente tabla 2 se presenta los diferentes tipos de colágeno:

Tabla 3.

Tipos de colágenos en grupos.

TIPO	GRUPO	CARACTERISTICAS
Colágenos fibrilares	I	❖ Similar ruta biosintética y tamaño de las cadenas a ($M_r > 95.000$).
	II	
	III	❖ El dominio de triple hélice es largo e ininterrumpido con una secuencia de aminoácidos Gly-X-Y repetida.
	V	
	XI	❖ Forman fibras presentes en numerosos tejidos conectivos.
Colágenos fibrilares no	IV	❖ Cadenas a cortas ($M_r < 95.000$)
	VI	❖ Interrupciones en la secuencia repetida de Gly-X-Y de los dominios de triple hélice.
	VII	
	VIII	❖ Forman hojas que constituyen membranas basales.
Colágenos de cadena corta	IX	❖ Sus cadenas tipo a poseen menor tamaño que los anteriores tipos ($M_r \lll 95.000$).
	XII	
	XIV	❖ Estos están relacionados a las fibras tipo I y tipo II que presentan interrupciones en la triple hélice (FACITs).

Nota. *Obtenido de Tipos y característica del colágeno, química aplicada. Por (Adamiak, 2020).*

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de Investigación

Se llevó a cabo una investigación de tipo experimental ya que se elaboró tres diferentes tratamientos para observar el rendimiento de colágeno y escoger así el tratamiento que presente un mayor porcentaje de extracción. En esta instancia, se llevarían a cabo experimentos de manera controlada y sistemática con el propósito de analizar diversas variables e identificar el método más eficaz y eficiente para la extracción de colágeno.

El trabajo de investigación es de tipo cuantitativo experimental, dado que se manipularon diversas variables con el fin de crear múltiples formulaciones para la investigación. El objetivo fue seleccionar las tres formulaciones más apropiadas para los objetivos del proyecto, y los resultados fueron evaluados en los laboratorios de la carrera de Agroindustria, pertenecientes a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo.

3.2 Diseño de Investigación

Se llevaron a cabo diversas pruebas con el objetivo de obtener el colágeno, y determinar el tratamiento más efectivo. En este proceso, se realizaron pruebas con diferentes pesos de los tarsos de pollo. Para identificar las distintas formulaciones y sus repeticiones, se empleó una codificación de tipo aleatorio para cada tratamiento para poder diferenciarlos.

3.3 Unidad estadística

- Tarsos de pollo.

3.4 Técnicas de recolección de Datos

Para la recolección de datos se procedió a realizar una bitácora donde se registró cada resultado dentro del laboratorio para la obtención de los análisis físicos- químicos y poder realizar las comparaciones de los diferentes resultados de los tratamientos. En la tabla 3 se observa los parámetros analizados dentro del laboratorio.

Tabla 4.

Parámetros analizados en el laboratorio de la Universidad Nacional de Chimborazo.

Variables	Unidad de medida	Normativa aplicada
Humedad	%	INEN 1517
Cenizas	%	INEN 0520
Grasa	%	Método de Soxhtler
Proteína	%	INEN 0543
Fibra	%	INEN 0522

En la Tabla 4 se presenta las diferentes concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH) y el tiempo expresado en (h) que se utilizó en los respectivos tratamientos:

Tabla 5. Concentraciones de hidróxido de sodio (NaOH), tiempo de hidrolisis y extracción (h).

Concentración de NaOH, (N)	Tiempo de hidrolisis, (h)	Tiempo de extracción, (h)
0.20	6	3
0.30	6	3
0.40	6	3

Las fórmulas empleadas para los cálculos en los siguientes análisis empleados son:

A. Cenizas

$$\%cenizas = \frac{m_1 - m}{m_2 - m} * 100$$

Donde:

m = Peso del crisol vacío (g)

m_1 = Peso del crisol con las cenizas (g)

m_2 = Peso del crisol con la muestra humedad (g)

B. Grasa

$$\%Grasa = \frac{Peso\ grasa}{Peso\ muestra} * 100$$

D. Proteína

$$\%Proteína = \frac{14 * HCl(N) * V' * 100}{V * 1000}$$

Donde:

V' : Volumen consumido en titulación

V : Peso de la muestra seca (g)

E. Fibra

$$\%Fibra = \frac{P_1 - P_2}{P}$$

Donde:

P = Peso de la muestra (g)

P_1 = Peso de la muestra después de la estufa (g)

P_2 = Peso de la muestra después de la mufla (g)

3.5 Procedimiento para la obtención de colágeno

a) Recepción de materia prima

Después de recibir la materia prima (tarsos de pollo) provenientes de pollos de engorde cruzados de Cornualles faenados a las 6-8 semanas, se llevó a cabo una serie de procesos. Esto incluyó el corte de las uñas, la trituración y el lavado de los tarsos de pollo utilizando agua potable. El propósito de estos pasos fue eliminar cualquier residuo de sangre y cualquier otro material extraño que pudiera afectar el producto final.

b) Hidrólisis

Los tarsos de pollo fueron colocados individualmente en soluciones de hidróxido de sodio (0,2N 0,3N y 0,4N), cada uno con su etiquetado adecuadamente para facilitar la hidrólisis de la grasa y la desnaturalización del colágeno. Este proceso se llevó a cabo a temperatura ambiente, alrededor de 21°C, y los tarsos de pollo se dejaron en la solución de NaOH durante un período de 6 horas.

Después de la hidrólisis, se procedió a lavar el contenido de cada muestra y luego neutralizar con ácido acético hasta alcanzar un pH de 8.5 a 9.

c) Extracción de colágeno

Después de alcanzar un pH de 8, se procede a la extracción utilizando 500 ml de agua, la cual se calienta a una temperatura de 80° ±10°C durante 1,2 y 3 horas. Para lograr esta temperatura, se utiliza un baño María.

d) Filtración y concentración

Después de la extracción, el colágeno obtenido se filtró mientras aún estaba caliente. Luego, se llevó a cabo la concentración del colágeno reduciendo su volumen a temperatura de ebullición. Posteriormente, la solución concentrada se vertió en un molde para proceder con su secado.

3.6. Rendimiento del colágeno extraído

El rendimiento del proceso para obtener colágeno se calcula como la relación entre la masa de tarsos de pollo ingresados al proceso y la masa de colágeno extraída. A continuación, se presenta la fórmula matemática para este cálculo.

$$\%Rendimiento = \frac{M_{colágeno}}{M_{tarsos\ de\ pollo}} * 100$$

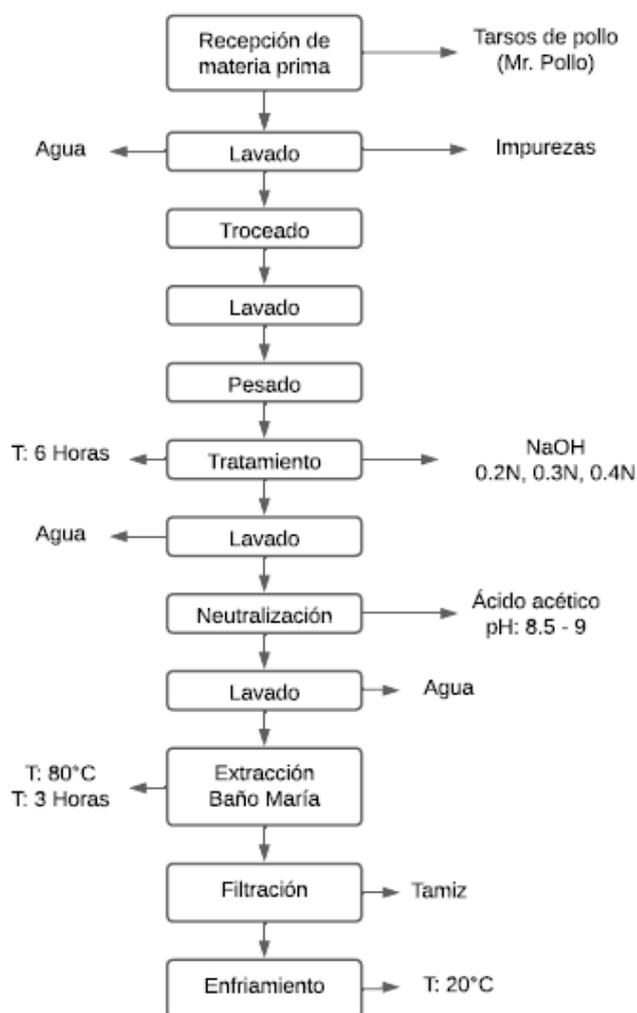
Donde:

$M_{colágeno}$: Masa de colágeno obtenidos, (g)

$M_{tarsos\ de\ pollo}$: Masa de tarsos de pollo ingresados, (g)

Figura 7.

Diagrama de flujo de la obtención de colágeno a partir de los tarsos de pollo (Mr. Pollo).



3.7. Población de estudio y tamaño de muestra

3.7.1 Población de estudio

- 1.50 kg de tarsos de pollo de la marca comercial Mr. Pollo. Adquiridas en el mercado oriental de la ciudad de Riobamba.

3.7.2 Tamaño de la muestra

- **Tratamiento 1:** 489 g de tarsos de pollo.
- **Tratamiento 2:** 473,6 g de tarsos de pollo.
- **Tratamiento 3:** 492,5 g de tarsos de pollo.

3.8 Materiales, Equipos y reactivos

En la Tabla 5 se puede observar los equipos utilizados para el análisis físico-químico del colágeno extraído.

Tabla 6.*Equipos utilizados en laboratorio.*

Equipos	Marca	Origen	Serie
Balanza analítica	Mettler toledo	Mettler Toledo group	PS1000.x2
Mufla	Thermo scientific	Estados Unidos	18-2880119
Estufa	memmert	Germany	18-2880098
Baño maría	Casera	N/A	N/A
Cámara de aire	Fisherbrand	Estados Unidos	18-00000228191

Los materiales utilizados para el análisis se detallan en la Tabla 6.

Tabla 7.*Materiales utilizados para análisis físico-químicos.*

Instrumento	Material	Medida
Balón aforado	Vidrio	1000ml
Vaso de precipitación	Vidrio	250ml, 1000ml
Pipeta	Vidrio	10ml
Varilla de agitación	Vidrio	N/A
Probeta	Vidrio	250ml
Espátula	Metal	N/A
Crisol	Porcelanato	N/A
Pinzas	Metal	N/A

Los reactivos utilizados para la extracción del colágeno se observan en la tabla 7.

Tabla 8.*Reactivos utilizados para la extracción del colágeno de los tarsos de pollo.*

Reactivos	Marca	Grado
Hidróxido de Sodio (NaOH)	Fisher Chemical	GR
Ácido acético (CH ₃ COOH)	Merck	GR

CAPÍTULO IV.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis físico-químicos obtenidos de los tratamientos

Cada uno de los tratamientos fue evaluado mediante un análisis físico-químico para determinar sus características. Los promedios de cada parámetro analizado, se presentan en detalle en la Tabla 8 adjunta:

Tabla 9. Resultados físico-químicos obtenidos en laboratorio.

Trat	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)	pH _i	pH _f	Fibra (%)
1	2.74 ± 0.71	2.2 ± 4.24	42.87 ± 7.04	-	11.69 ± 0.45	8.72 ± 0.24	4.51 ± 0.44
2	1.88 ± 0.24	1.0 ± 0.45	45.09 ± 8.27	12.88 ± 0.83	11.58 ± 0.57	8.70 ± 0.65	4.55 ± 0.26
3	1.87 ± 0.20	0.87 ± 0.55	22.22 ± 2.74	-	11.61 ± 0.38	8.91 ± 0.24	4.48 ± 0.37

Nota. “pH_i” pH inicial; “pH_f” pH final, los resultados presentados son analizados en función del proceso final del colágeno.

En la Tabla 8 de análisis físico-químicos del colágeno de tarsos de pollo se encuentran los valores promedios de los diferentes análisis proximales expresados en porcentaje como son para el tratamiento 1 con una concentración de 0.2 N con 2.74% de humedad con una desviación estándar del 0.71%; 2.2% de cenizas con una desviación estándar de 4.24%; 42.87% de grasa con una desviación estándar de 7.04%; 4.51% de fibra con una desviación estándar de 0.44%; así mismo, para el tratamiento 2 con una concentración de 0.3 N con 1.88% de humedad con una desviación estándar del 0.24%; 1% de cenizas con una desviación estándar de 0.45%; 45.09% de grasa con una desviación estándar de 8.27%; 12.88% de proteína con una desviación estándar de 0.83%; 4.55% de fibra con una desviación estándar de 0.26%; y por último el tratamiento 3 con una concentración de 0.4 N con 1.87% de humedad con una desviación estándar del 0.20%; 0.87% de cenizas con una desviación estándar de 0.55%; 22.22% de grasa con una desviación estándar de 2.74%; 4.48% de fibra con una desviación estándar de 0.37%

4.1.1 Proceso de extracción

La obtención del colágeno mediante el proceso de hidrólisis alcalina a partir de los tarsos de pollo como materia prima se llevó a cabo siguiendo la metodología experimental detallada en el capítulo III, así como también bajo un diseño de experimentos en el cual se evaluaron tres niveles de experimentación para cada variable independiente.

Las concentraciones de la solución de NaOH como método alcalino fue de 0.2 N, 0.3 N, 0.4 N, con un lapso de tiempo de 6 horas en hidrólisis y con un tiempo de extracción de 3 horas en baño maría con una temperatura constante de 80° ± 10°C. Como se detalla en la presente Tabla 9, donde se indica los parámetros analizados y el porcentaje de rendimiento de colágeno obtenido.

Tabla 10.

Resultados obtenidos en el proceso de extracción de los tratamientos.

Tratamientos	Concentración NaOH, (N)	Tiempo de hidrolisis, (h)	Tiempo de extracción, (h)	Rendimiento, (%)
1	0,2	6	3	3,05 ± 0.91
2	0,3	6	3	9,09 ± 1.30
3	0,4	6	3	2,18 ± 1.06

Nota. Los resultados detallados en esta tabla son en función al promedio de los tratamientos.

El análisis del colágeno a partir de los tarsos de pollo mostró un rendimiento para el tratamiento 1 de 3,05%; tratamiento 2 de 9,09% y para el tratamiento 3 de 2,18%. Por otro lado tomamos en cuenta que el mayor porcentaje de rendimiento del colágeno fue del tratamiento 2 en concentración de 0,3 N con un tiempo de hidrolisis de 6 horas y de extracción 3 horas. Human (2018) registró un rendimiento del 11,21%, esto puede deberse al nivel de concentración utilizado en el proceso de extracción (0,4N). También se puede mencionar a Buñay, (2017) quien obtuvo un rendimiento del 6,2% aclarando que su método de extracción del colágeno (hidrólisis ácida) difiere del utilizado en el presente trabajo de investigación.

Dado esta comparación de resultados se puede deducir que el tratamiento con mejor rendimiento fue el **tratamiento 2** (0,3N;6h;3h), por tal razón dicho tratamiento fue sometido a análisis físico químicos para analizar su composición y evaluar sus resultados.

En la Tabla 10 se presenta las comparaciones de los resultados obtenidos en el trabajo experimental realizado en laboratorio:

Tabla 11. Comparaciones de resultados del colágeno del tratamiento 2 con diferentes autores.

VARIABLES	Resultados experimentales	Huamán (2018)	Rivera (2020)
Rendimiento (%)	9.09	11.21	7.51
Humedad (%)	1.88	-	8.90
Cenizas (%)	1.00	7.23	2.96
Grasa (%)	45.09	2.24	5.51
Proteína (%)	12.88	75.57	76.87
Fibra (%)	4.55	0.23	-
pHi	11.58	-	-
pHf	8.70	-	-

Nota. “pHi” pH inicial; “pHf” pH final, los resultados presentados son analizados en función del proceso final del colágeno.

Los resultados observados muestran como existe una variabilidad en cuanto a las propiedades físicas y químicas del colágeno extraído de los tarsos de pollo. En cuanto a rendimiento se evidencia poca variabilidad en comparación con Rivera (2020) pero efectivamente existe una variabilidad significativa en comparación de Humán (2028). Esto puede deberse principalmente al método de extracción empleada ya como se observa en la Tabla 9 la concentración, tiempo de hidrolisis y tiempo de extracción afectan directamente el rendimiento de colágeno.

Para los demás parámetros fisicoquímicos evaluados se observa claramente una diferencia significativa en comparación con ambos autores, esto se puede dar debido a la diferencia de técnicas utilizadas para la valoración de los mismos. Por otro lado, este hecho no significa que los resultados obtenidos en el trabajo de investigación sean dudosos o de poca fiabilidad ya que se realizaron réplicas de cada análisis para la validación de los datos.

Es necesario aclarar que para el parámetro proteína se realizó únicamente en el tratamiento 2 esto debido a que dicho tratamiento presento mayor rendimiento. Además, dado que dicho análisis se realizó en un laboratorio externo a la universidad hace que los resultados de este parámetro sean más confiables y precisos en comparación a los autores citados.

4.2 Análisis estadístico de los tratamientos.

Los datos recopilados fueron sometidos a un contraste de normalidad, donde se pudo identificar que los mismos se ajustan a una ley normal, por tal razón se procedió a realizar un análisis de varianza de tipo paramétrica (ANOVA).

El análisis de varianza aplicado fue un Diseño Completo al Azar (DCA) para lo cual se formuló las siguientes hipótesis:

H₀: La media de los tratamientos CO₂, CO₃, CO₄ son iguales.

H₁: Al menos una de las medias de los tratamientos es diferente.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05$ (5%)

En la Tabla 11 se observa el estadístico de prueba en el análisis de varianza (ANOVA) para los parámetros físico químicos.

Tabla 12.

ANOVA de los parámetros físico químicos del colágeno.

Parámetro	P. valor	Decisión
Cenizas (%)	0,600	Media de los tratamientos son iguales
Fibra (%)	0,942	Media de los tratamientos son iguales
Grasa (%)	0,000	Al menos una media de los tratamientos es diferente.

Humedad (%)	0,064	Media de los tratamientos son iguales
pH _f	0,654	Media de los tratamientos son iguales
pH _i	0,913	Media de los tratamientos son iguales
Rendimientos (%)	0,014	Al menos una media de los tratamientos es diferente.

Nota. “P.valor” = estadístico de prueba.

Todos los parámetros a excepción de la grasa y el rendimiento no presentan una diferencia estadística significativa en cuanto a los tratamientos, esto indica que los tres tratamientos son muy similares en cuanto a la medición de estos parámetros. Sin embargo, la grasa y el rendimiento tienden a ser significativamente diferentes entre tratamientos, esto puede deberse a la concentración de NaOH y el método de extracción del colágeno el cual influyó directamente en la variable rendimiento y grasa.

Una vez realizado el análisis de varianza de los parámetros físico químico del colágeno se procedió a realizar una comparación de medias mediante Tukey a los parámetros que muestran una diferencia significativa entre tratamientos con la finalidad de determinar el tratamiento que presentó variabilidad dentro de la investigación.

En la Tabla 12 se detalla la comparación Tukey de medias para los tratamientos de los parámetros significativamente diferentes.

Tabla 13.

Comparación Tukey para los tratamientos significativamente diferentes.

Tratamiento	Parámetros	
	Grasa (%)	Rendimiento (%)
1	42,86 ±7,03 ^b	3,05 ±0,90 ^a
2	45,09 ±8,26 ^b	9,09 ±1,30 ^b
3	22,22 ±2,74 ^a	2,18 ±1,06 ^a

Nota. “a, b” = grupos estadísticos de estudio. Promedios con letra diferente son significativamente diferente, según la prueba Tukey ($\alpha=0,05$).

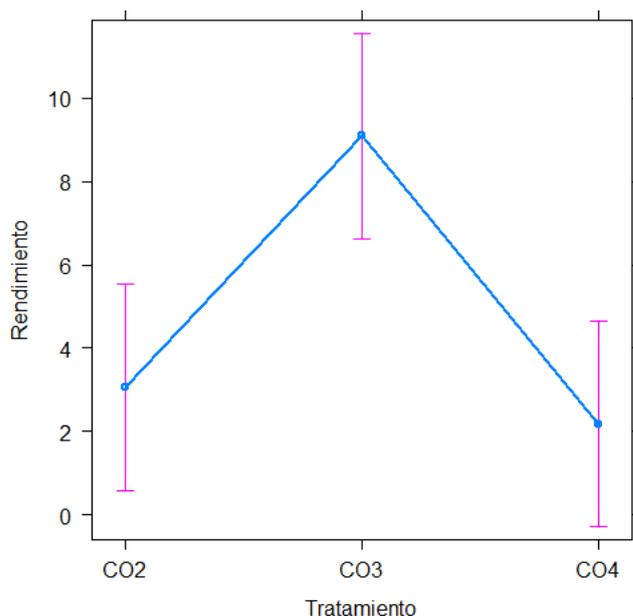
Los rangos de grasa obtenidos en esta investigación para los tratamientos 1,2 y 3 fueron de 42.86%, 45,09% y 22.22% respectivamente, mismos que no coinciden con los datos reportados por Castrejón (2019), quien estudió las características fisicoquímicas del colágeno hidrolizado tipo 1 obtenidas de extremidades de pollo, consiguiendo medias de grasa de entre 1.38% a 1.43%, lo que se pudo deber al método de extracción empleado, debido a que este autor utilizó microorganismos Eficaces EM. Por su parte Mamani (2018) trabajó con tarsos de pollo para la obtención de colágeno, obtuvo una media de grasa de 2.24%, la cual también fue muy inferior a las obtenidas en la presente investigación. De acuerdo con Castrejón (2019), las diferencias del porcentaje de grasa también están condicionados por la calidad del ave y la variedad de esta.

Por otra parte, el análisis Tukey reveló diferencias estadísticas significativas entre las medias de rendimiento de colágeno del T2, indicando que el rendimiento de este tratamiento

difiere de los demás. De esta manera, en la Figura 8 se presentan las medias de rendimiento de colágeno de los tratamientos, donde se aprecia que el T2 se posicionó como el tratamiento con el mayor rendimiento de colágeno (9,09%), mientras que el T3 presentó el rendimiento más bajo (2,18%).

Figura 8.

Medias de rendimiento de colágeno para los tratamientos.



Nota. “CO2, CO3, CO4” = Tratamiento 1,2 y 3 respectivamente. El rendimiento esta evaluado en porcentaje.

Por su parte Mamani (2018) obtuvo colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de tarsos de pollo, reportó que, los rendimientos dependen de la concentración de NaOH y tiempo de hidrólisis, indicando que su mejor tratamiento se dio a una concentración de 0.25N NaOH, con un tiempo hidrólisis de 8h y un tiempo de extracción de 3h, obteniendo una rendimiento promedio de 11.21%, el cual está por encima de las medias obtenidas en esta investigación; sin embargo, es importante recordar que los tiempo de extracción fueron menos prolongados (3h), obteniendo menores rendimientos.

También se puede mencionar la investigación realizada por Tenelema (2017) quien aplicando un proceso enzimático con 6% de pepsina en la extracción de colágeno en las patas de pollo, obtuvo un rendimiento del 62%, que no coincide con los obtenidos en esta investigación probablemente debido a las variables de proceso de extracción (hidrólisis, temperatura y tiempo).

4.3 Análisis del rendimiento de extracción.

A continuación, se presenta la Tabla 13, que muestra el valor óptimo en función al mejor tratamiento en el proceso de extracción de colágeno.

Tabla 14.

Resultado del análisis del rendimiento del proceso de extracción del colágeno de tarsos de pollo.

Concentración NaOH, (N)	Tiempo de hidrolisis, (h)	Tiempo de extracción, (h)	Rendimiento, (%)
0,3	6	3	9,09

Nota. El porcentaje de rendimiento detallado en esta tabla es en base a muestra húmeda.

Basado en los valores de la tabla anterior, se define el óptimo proceso de extracción a realizar, el cual implica una concentración de la solución alcalina de 0.3 N, un tiempo de 6 horas para la hidrólisis, y un tiempo de extracción del colágeno de 3 horas. Con estos parámetros, se determina que el mejor rendimiento alcanzado es del 9.09%.

CAPÍTULO V.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1 Conclusiones

- Los análisis fisicoquímicos revelan que el colágeno a partir de los tarsos de pollo contiene un 1.88% de humedad, un 12.88% de proteína, un 45.09% de grasa y un 1.0% de cenizas.
- Se establece una concentración óptima de 0.3 N para la solución de hidróxido de sodio y un tiempo de 6 horas para realizar la hidrólisis y mejorar el rendimiento en la obtención del colágeno.
- Basándose en lo mencionado, se deduce que el tiempo total óptimo para el proceso de obtención del colágeno es de 9 horas, considerando tanto la hidrólisis como la extracción propiamente dicha, siendo el tiempo óptimo de extracción del colágeno de 3 horas.
- En lo que se establece los tratamientos analizados, el tratamiento con mayor porcentaje de rendimiento fue con una concentración de 0.3 N, lo cual nos dio como resultado 9.09% de colágeno obtenido.

5.2 Recomendaciones

- Realizar una investigación comparativa entre el proceso de extracción mediante hidrólisis alcalina y el método de hidrólisis ácida, con el objetivo de analizar posibles mejoras en los resultados de rendimiento obtenidos.
- Proponer una investigación para determinar la edad óptima del pollo en la cual se logre extraer la máxima cantidad de colágeno.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida, P. (octubre de 2018). Aprovechamiento de patas de pollo como alternativa para disminuir residuos generados en los Mataderos. *Scielo*. Obtenido de <https://scielo.conicyt.cl/pdf/infotec/v23n4/art06.pdf>
- Almeida, P., Alves, W., Farias, T., & Santana, J. (2011). Tesis de grado: Elaboración y Clasificación Sensorial de Gelatinas de Patas de Pollos. *Información Tecnológica*, 23. doi:10.4067/S0718-07642012000600014
- Aragón, M. (2011). *Biomateriales*. Mexico. Obtenido de <https://es.scribd.com/doc/64642318/Fuentes-del-colageno-y-sus-metodos-de-extraccion>
- Barrera Cango, Y. (2021). *Trabajo de titulación: Diseño de un Programa de Producción más limpia para un mejoramiento del desempeño ambiental y procesos productivos*. Cuenca. Obtenido de <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/36790/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>
- Biazus, J. P., Santana, J. C., & Souza, R. R. (2006). Modelagem empírica do processo de biodegradação de efluentes protéicos por enzimas de Carica papaya. *Engenharia Agrícola e Ambiental*, 10(6), 436-440.
- BUÑAY, M. P. (2017). *“OBTENCIÓN DE COLAGENO DE LAS PATAS DE POLLO CON LA*. Riobamba-Ecuador: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.
- CASI. (31 de mayo de 2019). *CASI: Aplicación Clínica para la Innovación Científica* . Obtenido de <https://blog.designsforhealth.com/node/1031>
- Carrasco Machado, S. W. (2024). Colágeno aviar como alternativa emulsificante en la elaboración de salchicha, paté y mortadela (Bachelor's thesis, Babahoyo, Ecuador).
- Castrejón Cépeda, L. C. (2019). *Proyecto de Tesis: Caracterización Fisicoquímica Del Colágeno Hidrolizado Tipo I Obtenido De*. Trujillo: Universidad César Vallejo .
- Castro, D. (2016). Proyecto de Grado. Obtención de Colágeno de Crestas de Pollo. Obtenido de <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/478/2/145358.pdf>
- Colnatur. (20 de Febrero de 2020). *Para que sirve el colágeno*. Obtenido de Colnatur: <https://www.colnatur.com/blog/para-que-sirve-el-colageno>
- Coria, I. D., Bongiovanni, V., Bonomo, N., & De la Vega, N. (2009). Hydrocarbon Contaminated Soil: Geophysical-Chemical Methods for Designing Remediation Strategies. *Near Surface Geophysics*, 7(3), 227-236.
- Correa, M., & Lopes, C. (2013). Gelation property and water holding capacity of heat-treated collagen at different temperature and ph values. *Food Research*, 50(1), 213-223. doi:<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.10.016>.
- Dharma G. (2016). Optimización de la extracción del colágeno soluble en ácido de subproductos de tilapia roja (*Oreochromis spp*) mediante un diseño de superficie de respuesta. *Información tecnológica*, 28(1), 109-120.

- EL SEVIER. (2019). Colagenos tipos composicion distribucion tejidos. *El Sevier Connet*, 1. Obtenido de <https://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/colagenos-tipos-composicion-distribucion-tejidos>
- FAO. (2022). Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/poultry-production-products/products-andprocessing/es/#:~:text=La%20carne%20y%20los%20huevos%20no%20son%20los%20C3%BAnicos%20productos,pueden%20vender%20plumones%20y%20plumas.>
- Figueres, T., & Basés, E. (s.f.). *Revisión de los efectos beneficiosos de la ingesta de colágeno hidrolizado sobre la salud osteoarticular y el envejecimiento dérmico* (Vol. 32). Nutr Hosp. Obtenido de <http://www.nutricionhospitalaria.com/pdf/9482.pdf>
- FUNDACION CIEPE. (2001). Características de la gelatina de las patas de pollo obtenida por un. *LABORATORIO DE ALIMENTOS DE ORIGEN ANIMAL*.
- Gelse, K., Pöschl, E., & Aigne. (2003). Collagens—structure, function, and biosynthesis. *Nov* 28;55(12):1531-46.
- Gómez-Guillén, M. C., Giménez, B., & López-Caba, M. E. (2011). Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources. *Food Hydrocolloids*, 1813-1827. Obtenido de http://digital.csic.es/bitstream/10261/63157/4/Gomez-Guillen-collagenreview_CSIC.pdf
- Herbolario Dharma. (1 de Diciembre de 2016). *Herbolario Dharma*. Obtenido de Herbolario Dharma: <https://www.herbolariodharma.com/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-colageno.-descubre-las-diferentes-alternativas-su-origen-y-propiedades-y-decide-cual-es-tu-mejor-opcion>
- Herrera Batista, A. J., Ruiz Candina, H. J., & Zumeta Dubé, M. T. (14 de sep de 2021). La súper familia de las colágenas. *Cubana de Investigaciones Biomédicas*, 36(2), 260-270. doi:ISSN 0864-0300
- Hidrolágeno. (2022). *Colágeno Hidrolizado*. Obtenido de Hidrolágeno: https://hidrolageno.com/?gclid=Cj0KCQjw7KqZBhCBARIsAI-fTKItAKNJO9UU4uY60jNjr4cV6RfARYqVSfu8qs8b4u_E3d3CK1vE8E8aAICWEALw_wcB
- HUAMÁN, C. A. (2018). *“OBTENCIÓN DE COLÁGENO POR EL MÉTODO DE AREQUIPA-PERÚ: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA*.
- Jiménez M. Cotés F. (2020). *Proyecto de tesis: “OBTENCIÓN DE COLÁGENO POR HIDRÓLISIS ALCALINAENZIMÁTICA DEL RESIDUO DE “WET BLUE” EN EL PROCESO DE*. Riobamba.
- MAG. (2021). *Ministerio de Agricultura y Ganadería: Impulsa el consumo de carne de pollo*. Obtenido de <https://www.agricultura.gob.ec/mag-impulsa-el-consumo-de-carne-de-pollo/#:~:text=Tumbaco%2C%202022%20de%20julio%20de,en%20el%20Gobierno%20del%20Encuentro.>

- Mamani, H. C. (2018). *Tesis: Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de (Tarsos) de pollo provenientes de la Industria Avícola en la Región Arequipa*. Arequipa. Obtenido de <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/7216>
- Mathews, C. K., & Holde, V. (2002). *Bioquímica*. Madrid: Pearson Education.
- Méderi. (2022). *Construye tu colágeno desde los cimientos*. Obtenido de Nutrición integrativa;: <https://mederinutricion.com/construye-tu-colageno-desde-los-cimientos/>
- Meisenberg , G., & Simmons, W. (marzo de 2018). *Principios de Bioquímica médica*. España: 4ta. edición.
- Moreno, o. (2015). *Proyecto de Tesis: Proyecto de factibilidad para la producción y comercialización de carne de pollo en la provincia de Pichicha-Mejía*. Machachi.
- Naomi Ridzuan y H. Bahari. (agosto de 2021). Current Insights into Collagen Type I. *Polymers*, 13(16), 2642.
- Ormaza Mendieta, S. S., & Santos Minalla, E. F. (2024). *Efecto del método de hidrólisis y temperatura de deshidratación en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento de colágeno de patas de pollo* (Bachelor's thesis, Calceta: ESPAM MFL).
- Ouellette, R., & Rawn, D. (enero de 2015). 14 Amino Acids, Peptides, and Proteins. *Elsevier*, 371-396. doi:doi: 10.1016/B978- 0- 12- 802444-7.00014-8
- Pareja, M. (2008). *Anatomía y Fisiología Aviar*. Lima.
- Revista Avinews . (11 de diciembre de 2021). *Revista Avinews*. <https://avinews.com/diana-espin-laavicultura-alimenta-a-ecuador/>
- Rivera, J., Sebranek , J. G., & Rust, R. E. (2000). Functional properties of meat by-products and mechanically separated chicken (MSC) in a high-moisture model petfood system. *Meat Science*, 61-66.
- RIVERA, X. (2021). *COLÁGENO DE PATITA DE POLLO*. PERÚ: CAMALÉO.
- Rosales, P. (2015). Análisis Situacional de la Industria Avícola en el Ecuador. . *Library*, 59-64.
- Schmidt, M. M., Dornelles, P., & Mello, R. O. (2016). Collagen extraction process. *International Food Research Journal*, 23(3), 913-922. doi:issn: 1985-4668
- Schoenfeld, P. (2018). *The Collagen Diet*. Málaga, España: Sirio S.A. Obtenido de <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=0HDVDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT5&dq=que+es+el+col%C3%A1geno&ots=bA-v-iikrq&sig=WxwCcqHXMAx9T5IE8QA0t2W9WTw#v=onepage&q=que%20es%20el%20col%C3%A1geno&f=false>
- Silvipriya, K. S., Kumar , K., Bhat, A., Kumar, B., Lakshmanan, P., & John, A. (2015). Collagen: Animal Sources and Biomedical Application. doi:10.7324/JAPS.2015.50322
- Tenelema, M. (2017). *Tesis: “OBTENCIÓN DE COLAGENO DE LAS PATAS DE POLLO CON LA APLICACIÓN DE NIVELES DE 2, 4, 6% DE PEPSINA*. Escuela Politécnica de Chimborazo , Riobamba.

Wu, J., Kong, L., Zhang, J., & Chen, W. (abril de 2019). Extraction and Properties of Acid-Soluble Collagen and Pepsin-Soluble Collagen. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(4), 2923-2930 . doi:issn: 1230-1485, 2083-5906. doi: 10.15244/pjoes/93742.

ANEXOS

- a) Materia prima para la extracción de colágeno marca comercial Mr. Pollo



- b) Pesaje de hidróxido de sodio NaOH



c) Lavado y troceado de los tarsos de pollo para hidrolisis alcalina



d) Tratamientos con adición de hidróxido de sodio (NaOH)



e) Muestras con hidróxido de sodio NaOH en un lapso de 3 horas



f) Tratamientos en baño maría a una temperatura de $80^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$



g) Colágeno extraído de los tarsos de pollo

