

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI



FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

Tema: “Optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo”

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del
título de Ingeniero en Alimentos

AUTOR: López Pérez Cristian David

TUTORA: Ing. Rodríguez Machado Ana Lucía, Msc.

Tulcán, 2024.

CERTIFICADO DEL TUTOR

Certifico que el estudiante López Pérez Cristian David, con el número de cédula 1756291967 ha desarrollado el Trabajo de Integración Curricular: "Optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo".

Este trabajo se sujeta a las normas y metodología dispuesta en el Reglamento de la Unidad de Integración Curricular, Titulación e Incorporación de la UPEC, por lo tanto, autorizó la presentación de la sustentación para la calificación respectiva.

Ing. Rodríguez Machado Ana Lucía, Msc.

TUTORA

Tulcán, enero de 2024

AUTORÍA DE TRABAJO

El presente Trabajo de Integración Curricular constituye un requisito previo para la obtención del título de Ingeniero en la Carrera de alimentos de la Facultad de Industrias Agropecuarias y Ciencias Ambientales.

Yo, López Pérez Cristian David con cédula de identidad número 1756291967, declaró que la investigación es absolutamente original, auténtica, personal y los resultados y conclusiones a los que he llegado son de mi absoluta responsabilidad.

A handwritten signature in blue ink that reads "Cristian López". The signature is written over a horizontal line. There are several loops and flourishes in the writing, and a small circled 'c' is visible above the end of the signature.

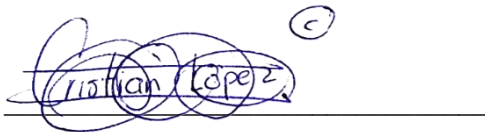
López Pérez Cristian David

AUTOR

Tulcán, enero de 2024

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Yo López Pérez Cristian David declaró ser autor de los criterios emitidos en el Trabajo de Integración Curricular: "Optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo" y eximo expresamente a la Universidad Politécnica Estatal del Carchi y a sus representantes de posibles reclamos o acciones legales.

A handwritten signature in blue ink that reads "Cristian Lopez". The signature is written over a horizontal line. There are several loops and flourishes in the handwriting, and a small circled 'c' is visible above the signature.

López Pérez Cristian David

AUTOR

Tulcán, enero de 2024

AGRADECIMIENTO

El inicio de mi agradecimiento es proporcionarlo a mi madre y mi hermana que han sido el motor que impulsan a que logre mis sueños y mis anhelos, que estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Quiénes me proporcionaron que cada día me levante para lograrlo. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Al igual, a mi tutora Msc. Ana Rodríguez que con su asesoramiento hizo posible que este tema florezca, por último y no menos importante a mis compañeros y profesores de laboratorios que día a día aprendemos cosas importantes para nuestra vida.

DEDICATORIA

Una dedicatoria por lo general se hace a una minoría en consecuencia de eso quiero hacerlo amplio. Quiero empezar conmigo gracias a la bendición de Dios puedo decir que mi entrega fue la adecuada para lograr este objetivo en mi vida. Se lo dedicó a mis padres en especial a mi madre que día a día lucha para que sepa los valores y obligaciones que me servirán para la vida. Seguidamente a mi hermana que, con su carisma, su apoyo incondicional logró que disfrute hacer lo que me gusta y seguir adelante. Para concluir, a las personas que quieres este objetivo en su vida que a pesar de las dificultades si se puede lograr adicional a esto que disfruten el proceso.

ÍNDICE

RESUMEN	13
ABSTRACT	14
INTRODUCCIÓN	15
I. EL PROBLEMA	17
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.3 JUSTIFICACIÓN	18
1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN	19
1.4.1. Objetivo General.....	19
1.4.2. Objetivos Específicos.....	20
1.4.3. Preguntas de Investigación	20
II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.2. MARCO TEÓRICO	22
2.2.1 Pollo	22
2.2.2. Características biológicas	23
2.2.2.1 Rasgos biológicos	23
2.2.2.2 Taxonomía	23
2.2.3 Valor nutricional.....	23
2.2.4 La producción de pollo en Ecuador	24
2.2.5 Desarrollo del Sector Avícola en el Ecuador	25
2.2.6 El colágeno	26
2.2.6.1 Definición y funciones	26
2.2.6.2 Clases y familias del colágeno	26
2.2.6.3 Tipos de colágeno	27
2.2.6.4 Propiedades fisicoquímicas del colágeno	27
2.2.6.5 Usos y aplicaciones del colágeno	28
2.2.6.6 Fuentes de obtención	28
2.2.7 Hidrólisis.....	28
2.2.7.1 Tipos de hidrólisis	29
2.2.7.1.1 Hidrólisis ácida	29
2.2.7.1.2 Hidrólisis básica:	29
2.2.7.1.3 Hidrólisis enzimática:.....	29

2.2.8 Condiciones del hidrolizado	29
2.2.9 Gelatina	30
2.2.10 Producción de gelatina en Ecuador	31
2.2.11 Beneficios de la gelatina:	31
2.2.12 Aplicaciones de la gelatina	32
2.2.13 Requisitos fisicoquímicos y reológicos.....	32
2.2.13.1 Requisitos para la gelatina comestible: Norma INEN 1961.....	32
2.2.13.2 Determinación de la pérdida por calentamiento: Norma 1953	32
2.2.13.3 Determinación de cenizas Norma INEN 1954.....	33
2.2.13.4 Determinación de proteína Norma INEN 781:1985	33
2.2.13.5 Determinación de pH Norma INEN 1519.....	33
2.2.13.6 Determinación de la fuerza del gel Norma INEN 1955	33
2.2.13.7 Determinación de tiempo de gelificación Norma INEN 1520.....	33
2.2.13.8 Viscosidad aparente	33
III. METODOLOGÍA	35
3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO	35
3.1.1. Enfoque	35
3.1.2. Tipo de investigación	35
3.2. IDEA A DEFENDER	35
3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES	36
3.3.1 Definición de las variables	36
3.3.2. Operacionalización de las variables	36
3.4. MÉTODOS UTILIZADOS	36
3.4.1 Descripción del proceso	37
3.4.1.1 Recepción de la materia prima	37
3.4.1.2 Lavado y limpieza de los subproductos	37
3.4.1.3 Pre – tratamiento	37
3.4.1.3.1 Preparación de solución.....	38
3.4.1.4 Enjuague del producto	38
3.4.1.5 Hidrólisis	38
3.4.1.6 Neutralización	38
3.4.1.8 Concentración.....	39
3.4.1.9 Laminado y secado.....	39
3.4.1.10 Molienda.....	39

3.4.1.11 Envasado	39
3.4.2 Diagrama de flujo	40
3.4.3. Técnicas	41
3.4.3.1 Análisis fisicoquímicos	41
3.4.3.1.1 Proteína total Norma INEN- 781:1985	41
3.4.3.1.2 Determinación de la pérdida por calentamiento: Norma INEN 1953	42
3.4.3.1.3 Determinación de cenizas Norma INEN 1954	43
3.4.3.1.4 Determinación de la concentración de potencial de hidrógeno (pH) Norma INEN 1519	44
3.4.3.2 Análisis Reológico	44
3.4.3.2.1 Determinación de la fuerza del gel Norma INEN 1955.....	45
3.4.3.2.2 Determinación de tiempo de gelificación Norma INEN 1520	45
3.4.3.2.3 Viscosidad Aparente.....	46
3.4.4. Cálculos.....	46
3.4.4.1 Determinación del rendimiento del proceso	46
3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	47
3.5.1 Esquema del experimento.....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
4.1. RESULTADOS	49
4.1.1 Gelatina a base de subproductos de pollo	49
4.1.1.2 Rendimiento de la gelatina de subproductos de pollo	49
4.1.2 Características fisicoquímicas de la gelatina obtenida	52
4.1.2.1 Proteína.....	52
4.1.2.2 Humedad	53
4.1.2.3 Ceniza	53
4.1.2.4 pH	54
4.1.3 Características reológicas de la gelatina obtenida	54
4.1.3.1 Fuerza de gel.....	54
4.1.3.2 Tiempo gelificación	55
4.1.3.3 Análisis de Viscosidad.....	55
4.1.4 Optimización de recursos utilizados en la hidrólisis ácida – básica	55
4.1.4.1 Selección de reactivos en la hidrólisis	56
4.1.4.2 Niveles óptimos de ácido y base	56

4.2. DISCUSIÓN	58
4.2.1 Rendimiento.....	58
4.2.2 Análisis bromatológico.....	59
4.2.2.1 Proteína.....	59
4.2.2.2 Humedad	60
4.2.2.3 Ceniza.....	60
4.2.2.4 pH	61
4.2.3 Análisis reológico	61
4.2.3.1 Fuerza de gel.....	61
4.2.3.2 Tiempo de gel	62
4.2.3.3 Viscosidad	62
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	63
5.1. CONCLUSIONES	63
5.2. RECOMENDACIONES	63
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
VII. ANEXOS	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Taxonomía del pollo	23
Tabla 2. Valores nutricionales del pollo	24
Tabla 3. Producción de carne en el Ecuador	24
Tabla 4. Requisitos para la humedad de la gelatina natural.....	32
Tabla 5. Requisitos para ceniza de la gelatina natural.....	33
Tabla 6. Requisitos para proteína de la gelatina natural	33
Tabla 7. Requisitos para pH de la gelatina natural	33
Tabla 8. Requisitos para la fuerza de gel de la gelatina natural	33
Tabla 9. Requisitos para el tiempo de gelificación de la gelatina natural	33
Tabla 10. Operacionalización de variables	36
Tabla 11. Requisitos fisicoquímicos NTE INEN 1961	41
Tabla 12. Requisitos reológicos NTE INEN 1961 y 1521	44
Tabla 13. Factores y niveles para los tratamientos.....	47
Tabla 14. Tratamientos con su descripción con ácido clorhídrico	48
Tabla 15. Tratamientos con su descripción con ácido fosfórico.....	48
Tabla 16. Rendimientos de los tratamientos de la hidrólisis con ácido clorhídrico.	49
Tabla 17. Rendimiento de hidrólisis con ácido clorhídrico	50
Tabla 18. Rendimiento con tratamientos con ácido fosfórico.....	50
Tabla 19. Rendimiento de hidrólisis con ácido fosfórico.....	51
Tabla 20. Comparación de rendimiento entre los dos ácidos.....	52
Tabla 21. Porcentaje de proteína de la gelatina natural.	53
Tabla 22. Porcentaje de humedad de la gelatina natural.	53
Tabla 23. Porcentaje de ceniza de la gelatina natural.	54
Tabla 24. Porcentaje pH de la gelatina natural.	54
Tabla 25. Grados Bloom de la gelatina natural.....	54
Tabla 26. Tiempo de gelificación de la gelatina natural.....	55
Tabla 27. Viscosidad de la gelatina natural	55
Tabla 28. Comparación de rendimientos con otros autores.	59
Tabla 29. Comparación de proteína con otros autores.	60
Tabla 30. Comparación de humedad con otros autores.	60
Tabla 31. Comparación de ceniza con otros autores.	61
Tabla 32. Comparación de pH con otros autores.....	61
Tabla 33. Comparación de Fuerza de gel con ficha comerciales.....	61

Tabla 34. Comparación de la viscosidad aparente con fichas comerciales	62
--	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Producción Avícola	25
Figura 2. Estructura química primaria (a), secundaria, terciaria (b) y cuaternaria (c) del colágeno tipo I.	27
Figura 3. Estructura química de hidrólisis de la proteína	29
Figura 4. Diagrama de proceso de gelatina a partir de subproductos de pollo.....	40
Figura 5. Representación gráfica de los rendimientos con ácido clorhídrico.....	50
Figura 6. Representación gráfica del rendimiento de hidrólisis con ácido fosfórico. .	51
Figura 7. Diagrama de Pareto estandarizado para rendimiento	57
Figura 8. Efectos principales para rendimiento.	57
Figura 9. Superficie de respuesta ácido(X) y base(Y) con concentraciones (M)	58
Figura 10. Preparación de materia prima y soluciones de cada reactivo.	76
Figura 11. Pre tratamiento del colágeno.	76
Figura 12. Hidrólisis del colágeno	76
Figura 13. Filtrado con bomba al vacío	77
Figura 14. Filtración de los tratamientos	77
Figura 15. Neutralización hasta un pH neutro.	77
Figura 16. Análisis de ceniza en mufla	78
Figura 17. Análisis de humedad	78
Figura 18. Análisis de proteína	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC	69
Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas	70
Anexo 3. Norma INEN 1961	71
Anexo 4. Evidencias fotográficas.....	76
Anexo 5. Pruebas reológicas de la gelatina natural.....	79

RESUMEN

La gelatina desempeña un papel fundamental en la industria alimentaria en la elaboración de productos y sirve como agente espesante, estabilizante y ligante, entre otros; tiene la capacidad de modificar las propiedades sensoriales de los alimentos (Paspuel, 2010). Esta investigación se centró en la extracción de gelatina a partir de subproductos de pollo que contienen colágeno, mediante hidrólisis ácido - básica. Se consideró un diseño experimental de A x B, donde el factor A son las concentraciones de hidróxido de sodio (0,2 M y 0,3 M) y el factor B concentraciones de ácido (4M y 6 M), se trabajó con ácido clorhídrico y fosfórico con 8 tratamientos y 3 réplicas. Se comparó los rendimientos obtenidos mediante prueba de Tukey donde se obtuvo un rendimiento de $25,51\% \pm 0,7483$ con ácido clorhídrico. Posteriormente, se evaluó las características fisicoquímicas obteniendo los siguientes resultados: proteína $90,61\% \pm 0,36$, humedad $10,16\% \pm 0,90$, ceniza $1,54\% \pm 0,08$ y pH 7. En el aspecto reológico, la gelatina presentó una fuerza de gel correspondiente a 179 °Bloom y una viscosidad aparente de 203,28 cP. Se concluye que la gelatina aportará en la textura de los alimentos, cumpliendo con los valores establecidos tanto en la norma INEN 1961 como en fichas técnicas comerciales. Se optimizó la etapa de extracción del colágeno para la obtención de gelatina donde se evaluó mediante la metodología de superficie dando como resultado la relación 0,30 M de hidróxido de sodio y 6 M ácido clorhídrico. De esta manera se demostró que los subproductos de pollo son una buena alternativa para la obtención de la gelatina natural.

Palabras Claves: hidrólisis, fisicoquímicos, reológicos, optimización, colágeno.

ABSTRACT

Gelatine performs a critical role in the food industry by acting various roles in the fabrication of products. It acts as a thickening, stabilizing and binding agent, among other properties, and can modify the sensory characteristics of food (Paspuel, 2010). In this context, the present research focused on the extraction of gelatine from chicken by-products containing collagen, using an acid-basic hydrolysis process. The experimental design adopted was type A x B, with factor A being sodium hydroxide concentrations (0.2 M and 0.3 M) and factor B acid concentrations (4M and 6 M). Hydrochloric and phosphoric acid were used in 8 treatments, each with 3 replicates. The comparison of the yields obtained was made using the Tukey test, revealing a yield of $25.51\% \pm 0.7483$ with hydrochloric acid. Subsequently, the physicochemical characteristics were evaluated, obtaining the following results: protein $90.61\% \pm 0.36$, humidity $10.16\% \pm 0.90$, ash $1.54\% \pm 0.08$ and pH 7. In terms of rheological properties, gelatin exhibited a gel strength corresponding to 179 °Bloom and an apparent viscosity of 203.28 cP. In conclusion, it was determined that gelatin will contribute significantly to the texture of food, complying with the standards established both in the INEN 1961 standard and in the commercial technical data sheets. The collagen extraction step was optimized, using surface methodology, and it was found that the optimal ratio is 0.30 M sodium hydroxide and 6 M hydrochloric acid. In this way, it was demonstrated that chicken by-products represent an excellent alternative for obtaining natural gelatin.

Keywords: hydrolysis, physicochemical, rheological, optimization, collagen.

INTRODUCCIÓN

La gelatina natural es una proteína pura, alimento natural, que se elabora utilizando comúnmente cuero de bovino, porcino o subproductos de animales; los cuales, son hidrolizados para la obtención de colágeno para generar este producto. De esta manera en la industria alimentaria, se lo toma como un ingrediente de alta calidad que tiene muchas propiedades positivas, entre las cuales se encuentran: la capacidad gelificante para la formación de espuma, la estabilización y la textura. Además, se debe reconocer que los principales usos de la gelatina se dan en la confitería, los postres en polvo e instantáneos, yogurt, pastas, espumas, helados, productos cárnicos, entre otros (Certad y Pérez, 2001).

Respecto a lo anterior, en los últimos años la demanda de producción en el sector avícola va en aumento, por esta razón los consumidores actualmente desean ingerir este tipo de carne por su costo accesible y alto contenido nutricional. Ratificando lo anterior, se cita a la Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (CONAVE, 2023) que manifiesta que en el Ecuador se produce 263 mil toneladas de pollo, representando un promedio de consumo por cada habitante equivalente a 30 kg de este alimento al año. Las anteriores cifras llevan a considerar que, debido a la alta producción de este producto alimenticio, se produce una elevada cantidad de subproductos esenciales para la ejecución del presente proyecto.

Por otro lado, esta investigación busca contribuir con el cuidado del medio ambiente, a través del aprovechamiento y buen manejo de los subproductos del pollo, puesto que la disposición inadecuada de estos, causan un daño severo al ambiente donde se depositen, generando daños externos como la emanación de malos olores y proliferación de roedores (Tenelema, 2017, p. 32).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente, estos subproductos de pollo son fuente de un alto porcentaje de colágeno, lo cual puede contribuir con la obtención de la gelatina natural (Valverde et al, 2015, p. 635). Teniendo en cuenta, que existen varios procesos de hidrolizado que no proporcionan rendimientos altos y con tiempos de extracción más extensos, se ha escogido el proceso más pertinente y completo denominado hidrólisis ácido – básica, el cual mezcla dos tipos de extracción que consta de un pretratamiento y obtención de colágeno en menor tiempo con mayor rendimiento.

En este caso, se utilizarán reactivos como ácido fosfórico y ácido clorhídrico en distintas concentraciones en la hidrólisis; previamente a la materia prima se le realizará un pretratamiento con una base fuerte (hidróxido de sodio) para la eliminación de residuos provenientes del faenamiento. Por consiguiente, se logrará una reducción en consumo de insumos al momento de su implementación para la optimización. Se realizará pruebas fisicoquímicas, reológicas para caracterizar la gelatina obtenida, con la finalidad de garantizar la calidad y comparar los parámetros con las normas para lograr tener un adecuado producto final.

Para optimizar el proceso de extracción se utilizará una regresión lineal múltiple que ayuda a comprender cómo las variables predictoras están relacionadas con la variable de respuesta y qué influencia tienen en ella (Quintero y Zapata, 2017). Se complementará el estudio con herramientas estadísticas como son el gráfico de superficie que representa la relación entre el ácido y la base, diagrama de Pareto para comprender si la relación entre variables es fuerte. Para finalizar se encontrará un modelo matemático para optimizar con el cual, se podrá analizar el consumo de los insumos para el proceso.

I. EL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El impacto causado por los residuos en el medio ambiente es muy significativo, en este caso específicamente señalando los subproductos del pollo como patas, cartílagos, piel, generados durante los procesos de faenamiento, por lo general para la alimentación humana (Neyra, 2014). Buscando cumplir con los parámetros de selección que se refieren al cumplimiento del peso y contenido nutricional adecuado para ser industrializado. Así mismo, se hace necesario emplear estrategias de gestión de aprovechamiento y buen uso de residuos, a través del manejo correcto de estos.

En los últimos años el consumo de pollo y la generación de subproductos se ha incrementado. Según datos de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2022) "con la creciente demanda de un 40% de carne de pollo, la producción de este alimento ha aumentado constantemente", este incremento de subproductos debería ser aprovechados por la industria, teniendo en cuenta que son una fuente potencial de proteína. Siendo conscientes que a través de un buen manejo de estos se minimiza el impacto al medio ambiente.

Además, "Podría ser considerado como una fuente importante de empleo y materias primas que contribuyen al desarrollo sostenible del país a través de la prevención, reducción y aprovechamiento de los residuos" Instituto Nacional de Biodiversidad (INABIO, 2019. p, 1). Con el fin de promover el desarrollo sostenible y el respeto al medio ambiente, se ha implantado una estrategia de desarrollo que defiende los derechos de la población a vivir en un ambiente sano, el respeto a los derechos de la naturaleza y el acceso a fuentes modernas, renovables y eficientes de energía (INABIO, 2019). Comúnmente estos sobrantes orgánicos no son utilizados, sino que son separados en lugares poco convencionales los cuales causan un daño severo al ambiente donde se depositan (Osiriphun et al, 2022), ocasionando otro tipo de consecuencia tales como la generación de desechos, desprendimiento de malos olores, proliferación de roedores e incubación de insectos, creando malestares ambientales.

Se debe reconocer que dentro del proceso de faenamiento hay una pérdida del 30% de subproductos, desaprovechando una fuente significativa de colágeno al desconocer sus contenidos nutricionales (Neyra, 2014). De igual forma, se carece de información adecuada proporcionando una idea sobre la fuente proteica y de nutrientes que contienen los subproductos de pollo. Esta investigación se enfoca en la elaboración de gelatina, a partir de la extracción de colágeno que se encuentra en los subproductos de pollo, por medio de un proceso de extracción denominado hidrólisis ácido – básica, considerando el impacto económico y ambiental.

En este orden de ideas, para obtener el producto final, que en este caso es la gelatina, es esencial llevar a cabo un proceso conocido como hidrólisis ácido - básica. La combinación de estos dos métodos ofrece la posibilidad de optimizar las condiciones de extracción, lo que puede resultar en rendimientos significativamente más altos. Además, esta estrategia representa una alternativa innovadora en comparación con los métodos extractivos convencionales.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se puede optimizar el proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácida - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo?

1.3 JUSTIFICACIÓN

La presente investigación tiene como eje fundamental optimizar el proceso de obtención de gelatina mediante hidrólisis ácido – básica del colágeno a partir de subproductos de pollo. En este proceso, se busca principalmente descomponer los enlaces polipeptídicos del colágeno utilizando sustancias reactivas, como ácidos fuertes y bases, que permiten descomponerlo en enlaces peptídicos más simples. Los reactivos más comúnmente utilizados en este proceso suelen ser el NaOH y el HCl. Es así, que esta idea nace al reconocer que estos tipos de residuos son fuente de un alto porcentaje de colágeno. Dentro de estos subproductos, las patas, cartílago, piel de pollo se destacan por su alto contenido de colágeno tipo I (Silvipriya et al, 2015).

Cabe resaltar que existen variedad de colágeno, clasificados por tipos, expuestos a continuación:

Tipo I: Afecta al 90% de la piel, cabello, uñas, órganos, huesos y ligamentos.

Tipo II: Formación de cartílago.

Tipo III: Lo encontramos en huesos, cartílagos, dentina, tendones y otros tejidos conectivos.

De esta manera, será aprovechada para una extracción y cuantificación que posteriormente se convertirá en gelatina natural. Según datos obtenidos del Observatorio de complejidad económica (OCE, 2021) menciona que "Ecuador importó \$11,6M de kilogramos de gelatina al año, convirtiéndolo en el exportador número 26 de gelatina en el mundo. En el mismo año, la gelatina fue el producto número 71 más exportado en Ecuador." Es decir, que tiene ya una importancia por la producción de este producto, el notable aumento en la producción de la materia prima es un indicador de la capacidad de lograr una mayor producción de este alimento. Sin embargo, es relevante señalar que en Ecuador no se ha potenciado la producción interna, y en cambio, se ha recurrido a la importación de gelatina procedente de Colombia. En este contexto, Colombia se destaca como uno de los principales países con empresas líderes en la producción de gelatina.

Según la corporación de avicultores del Ecuador el consumo de pollo en el año anterior a nivel nacional fue de 27.7 kilogramos por persona. Esto da pie a darle importancia a los subproductos buscando transformar y elaborar un producto que vaya en pro del desarrollo económico y ambiental de nuestro contexto (CONAVE, 2023). Se opta por utilizar este método combinado, el cual ayudará a conocer las condiciones necesarias para que haya extracción total o parcial del colágeno. Se conoce sobre el rendimiento de manera individual, sin embargo, se desea mejorar las condiciones de extracción al combinar los métodos. El objetivo es minimizar la cantidad de experimentos necesarios para que se obtenga los resultados óptimos al momento de su implementación, gracias a la optimización de recursos con el método de superficie empleada para examinar y establecer un vínculo entre una variable dependiente (la cual se busca predecir o explicar) y una o más variables independientes (que se emplean para prever o explicar la variable dependiente) (Devore, 2012).

1.4. OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo General

Optimizar el proceso de obtención de gelatina mediante hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Establecer los reactivos y concentración idóneos para la hidrólisis ácido - básica para la extracción de colágeno a partir subproductos de pollo.
- Analizar el proceso con mayor rendimiento en la extracción de colágeno a partir subproductos de pollo para la obtención de gelatina.
- Determinar las características fisicoquímicas y reológicas de la gelatina obtenida de los subproductos de pollo.

1.4.3 Preguntas de Investigación

- ¿Qué concentraciones y reactivos de ácido - base influenciará en la hidrólisis para la extracción del colágeno a partir de los subproductos de pollo?
- ¿Cuál será el proceso óptimo que genere el mejor rendimiento en la obtención de gelatina?
- ¿Cuáles serán las características fisicoquímicas y reológicas que tiene la gelatina a partir de los subproductos de pollo?
- ¿Cuáles son los parámetros que permiten determinar la optimización de la gelatina?

II. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Según Osiriphun et al (2022) en el marco de esta investigación, se llevó a cabo un análisis exhaustivo de las propiedades fisicoquímicas de una gelatina saludable obtenida a partir de la piel de tilapia. Los resultados revelaron que esta gelatina contenía un impresionante $96,77 \pm 0,96$ % de proteína y exhibió una notable fuerza de ruptura con un valor de $5,21 \pm 0,58$ g, lo que indica una alta resistencia del gel formado. Con el objetivo de mejorar aún más la calidad nutricional de esta gelatina, se procedió a incorporar una variedad de arroz en su formulación, lo que dio lugar a una gelatina con propiedades gomosas. Este proceso fue sometido a un riguroso análisis organoléptico utilizando una escala hedónica de nueve puntos, y el suplemento de baya de arroz obtuvo una alta puntuación de aceptación, alcanzando un impresionante 90%

Kim et al (2020) menciona que en su estudio se centraron en investigar el tratamiento previo óptimo, las condiciones para inflar la piel de pato y los procedimientos de extracción, considerándolos como una fuente innovadora. Se emplearon diversos métodos para la extracción de gelatina, incluyendo baño de agua, sonicación, vapor sobrecalentado y microondas. Se encontró que el método de extracción con vapor sobrecalentado demostró los mayores rendimientos tanto en la extracción de gelatina como en la producción de gelatina en polvo.

Peralta et al (2012) presenta en esta investigación, donde se procedió a determinar el colágeno mediante un proceso de hidrólisis ácido-básica, utilizando soluciones de NaOH al 5% y al 7%, así como $C_6H_8O_7$ al 5%. El objetivo principal de este proceso fue identificar cuál de las dos concentraciones de NaOH era la más adecuada para preparar el material y permitir su reducción a través de la operación de licuado. Como resultado de este análisis, se obtuvieron datos sobre la humedad, contenido de ceniza, grasa y proteínas presentes en los cascotes bovinos. Estos datos se utilizaron para llevar a cabo pruebas funcionales que evaluaron la calidad del producto final.

Además, se planteó la cuestión de cuál de las concentraciones de hidróxido de sodio mencionadas anteriormente ofrecía las mejores características para la extracción.

Fernández et al (2018) presenta: Una tesis de pregrado, el cual, determinó el rendimiento óptimo del proceso de obtención de colágeno a partir de tarso de pollo, para beneficiarse de las aves en la industria alimentaria y las propiedades fisicoquímicas de ambas para la obtención de colágeno como producto final. Los parámetros óptimos para este proceso son a concentraciones de solución NaOH 0.25M, tiempo de 6 horas, temperatura ambiente en la hidrólisis, tiempo de 3 horas y temperatura de 80 °C. En esta extracción de colágeno con estas condiciones, es posible lograr 11.21% como el mejor desempeño del proceso. Siendo el producto "colágeno" resultante es apto para su aplicación industrial, ya que se puede obtener un 75,57% de contenido proteico que pertenece a la gama típica del colágeno.

Quintero y Zapata (2017) menciona que el colágeno es una proteína que se encuentran principalmente en piel, cartílagos, tejido conectivo, entre otros. Teniendo en cuenta que representa el 25-30% en los animales. Esta proteína animal, un elemento característico de todos los animales el tejido corporal puede obtenerse esencialmente de fuentes bovinas, cerdo. Sin embargo, se están buscando nuevas fuentes de proteína; por algunas razones se rechaza por enfermedad del ganado y otras contravenciones que hacen este proceso. En la actualidad se utiliza especies marinas para la extracción de colágeno, ha ganado más aplicabilidad en este proceso ya que en su limpieza se obtienen espinas, escamas, que son residuos que generan señales de impactos ambientales importantes.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1 Pollo

Es una de las especies domésticas más antiguas, la cual, se empezó a criar para poder producir y servir de alimento para el ser humano. Este es un tipo de gallo joven que es faenado en un tiempo de 5 a 16 semanas de a ver nacido. Su peso es aproximadamente de 1 a 4 kilogramos, posee una carne tierna blanco o un poco amarillenta (Castrejón, 2019). Este tipo de ave hace parte del denominado pollo industrial: su alimentación se basa en la ingesta de cereal complementado con suplementos de crecimiento. Su tiempo de engorde es inferior a otro tipo de animales, puesto que puede llegar a su peso más alto en tan solo 4 meses, tiene un costo menor y carece de competitividad frente a los pollos de corral (Castrejón, 2019).

2.2.2. Características biológicas

2.2.2.1 Rasgos biológicos

Es un animal de pequeño tamaño y mínimo peso. De esta forma, puede alcanzar una altura de 0,70 cm con un peso de 4 kg. En cuanto a su vida útil, varía de 4 a 5 años. Una de las principales características de este animal, que puede crecer rápidamente, por lo que las granjas crían de manera exponencial. Su porción comestible es de 70 g por 100 g de pollo entero. Siendo una gran fuente de nutrientes y sustancias no nutritivas tales como: proteínas de alto valor biológico, colesterol, hierro, fósforo y niacina.

2.2.2.2 Taxonomía

La clasificación taxonómica del pollo:

Tabla 1. Taxonomía del pollo

Datos del pollo	
Clasificación	Vertebrado / Ave
Reproducción	Ovíparo
Alimentación	Omnívoro
Hábitat	Terrestre
Orden	Galliformes
Familia	Phasianidae
Género	Gallus
Longevidad	5 – 10 años
Tamaño	30– 40 cm

Fuente: (Animal, 2022)

2.2.3 Valor nutricional

El pollo es un alimento principal, alrededor del 70% de la población del Ecuador lo consume. En la tabla 2, se encuentra la cantidad de proteínas que posee. Respecto a sus características se puede mencionar que es una carne magra, con gran porcentaje de grasa monoinsaturadas que contiene principalmente ácido oleico, seguidas de saturadas, representadas principalmente por ácido palmítico (Sorrentino, 2013). Por otra parte, el pollo se diferencia de la carne de res o cerdo en que tiene un menor contenido de colesterol y además causa menos daño a la salud del consumidor, no contiene carbohidratos. Además, es una buena fuente de minerales, incluidos el hierro y el zinc con un alto valor biológico (Sorrentino, 2013).

Así mismo, el contenido de fósforo y potasio es muy importante, también se encontraron pequeñas cantidades de calcio, magnesio y selenio. Las principales vitaminas pertenecen actualmente al grupo B, en particular la tiamina, la riboflavina

especialmente niacina. Contiene una pequeña cantidad de ácido fólico. El bajo contenido en grasas (si se come sin piel) y la facilidad de digestión hacen del pollo en un alimento para el consumo (Sorrentino, 2013).

Tabla 2. Valores nutricionales del pollo

Porción de 150 g de pollo sin piel	
Energía	176 kcal
Proteínas	32.7 g
Grasas	5.0g
Sodio	91 mg
Potasio	496 mg
Fósforo	323 mg
Hierro	0.7 mg

Fuente: Sorrentino (2013)

2.2.4 La producción de pollo en Ecuador

Es un producto principal avícola, es una base directa para los hogares de esta localidad y forma parte de la canasta familiar; su consumo alto en nutrientes hace que mejore la alimentación, ayudando a la mejora del ahorro en cada hogar, convertirse en una proteína disponible relativamente asequible en el mercado de alimentos (FAO, 2020).

A nivel nacional el pollo es el primer alimento con mayor producción luego del cerdo. Pronaca (2021) “la producción de carne de pollo revela un incremento de 2,38% en el año 2020 debido al año 2021, estos indicadores se reflejan en la Tabla 3, respecto de la balanza de producción de carne en Ecuador, medidas en millones de toneladas”

Tabla 3. Producción de carne en el Ecuador

Año	2019	2020	2021
Carne de cerdo	118,55	123,23	125,35
Carne de pollo	120,14	123,20	125,35
Carne de bovino	69,85	71,72	72,80
Carne de ovino	16,56	16,85	17,14
Producción	325,10	332,48	337,14

Fuente: Pronaca (2021)

En el transcurso del año 2022, Ecuador experimentó un notorio aumento en la producción de carne de pollo, alcanzando un total de 495,000 toneladas. Este incremento, que representó un 3.13% más en comparación con el año precedente, fue revelado por la Conave. Cabe resaltar que este crecimiento se logró a pesar de los desafíos significativos enfrentados por el sector, tales como el paro indígena y la persistente pandemia (CONAVE, 2023).

Aunque la magnitud de este aumento es significativa, aún no logra equiparar los niveles pre-pandemia del 2019, cuando la producción de carne de pollo ascendió a 528,799 toneladas, registrando un incremento del 6.83% en comparación con el año 2022. Es relevante señalar que la producción del año 2022 igualó las cifras del año de la pandemia (2020), cuando se produjeron 495,732 toneladas, superando ligeramente las 480,357 toneladas registradas en 2021 (CONAVE, 2023).

2.2.5 Desarrollo del Sector Avícola en el Ecuador

En Ecuador la producción de esta carne en el año 2021 fue de "494 mil toneladas de carne de pollo a partir de la cría de 263 millones de pollos de engorde, lo que quiere decir, que en promedio un ecuatoriano consume 28 kg de pollo al año" (CONAVE, 2020, p. 18). El aumento del consumo per cápita de pollo y huevos a lo largo del tiempo demuestra la contribución de la industria avícola a la seguridad alimentaria, a través de la provisión de proteína animal a bajo costo, que es consumida por la mayoría de la población de manera regular e independiente de tu nivel de ingresos (CONAVE, 2023)

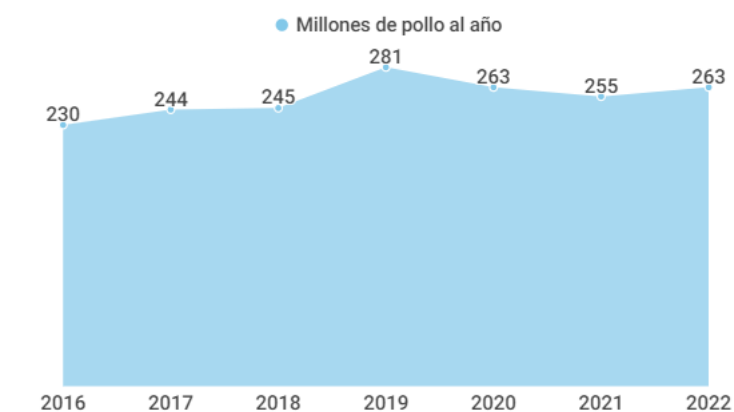


Figura 1. Producción Avícola
Fuente: CONAVE (2023)

Como se puede evidenciar la producción de pollo tiene como objetivo final la venta a nivel nacional en la tendencia creciente en los años 2021 y 2022. Lo cual se registra un total de 263 millones de pollo en producción y venta (CONAVE, 2023).

Según la Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC) postula:

En el Ecuador, la evolución de la producción de aves (pollos, pavos y demás) con destino a las ventas en toneladas métricas, presenta una tasa promedio de variación decreciente igual a $-0,8\%$ durante el período 2015-2020 lo que

indica que el sector no ha sufrido cambios sobresalientes o de mayor importancia (p. 27).

Generación de subproductos en consecuencia del incremento de la producción de pollo, decir que, el rendimiento del procesamiento del pollo es de aproximadamente del 75 %, queriendo decir que 500 g de cada 2 Kg de ave, pueden ser clasificados como desperdicio del procesamiento (CONAVE, 2023).

2.2.6 El colágeno

2.2.6.1 Definición y funciones

"El colágeno es una proteína que forma tejido conectivo, es un componente fundamental de la piel y las articulaciones; sin embargo es conocido el hecho de que su deterioro provoca la falta de tersura y envejecimiento prematuro de la piel" (Lajusticia, 2006. solapa). Se destaca por su gran resistencia, ya que una fibra de colágeno con un diámetro de 1 mm puede soportar una carga de 10 a 40 kg. El colágeno está compuesto por tres cadenas polipeptídicas que contienen alrededor de 1.000 aminoácidos cada una, estas cadenas se agrupan en una estructura helicoidal.

Está formado por tres cadenas unidas de aminoácidos o triple hélice, otorgándole una excelente resistencia mecánica y capacidad de retener la humedad. La función principal del colágeno es mantener la estructura de los tejidos animales y mejora la fuerza, resistencia y flexibilidad de los tejidos. "Cuando se pierde la calidad y cantidad de esta proteína, también hay fragilidad en uñas, pérdida de elasticidad, aparición de manchas oscuras lunares en brazos y manos, tejidos duros, válvulas del corazón y fragilidad del disco" (Zurita, 2019)

2.2.6.2 Clases y familias del colágeno

Existen 19 tipos de colágeno conocidos y llamados tipo I, tipo II respectivamente; en otros artículos postulan de 26 tipos de colágeno distintos, que varían significativamente en su complejidad y su diversidad estructural. Cada uno de estos tipos de colágeno están ubicados en diferentes partes del cuerpo que poseen características singulares (Gelse et al, 2013). Constituye más del 90% de la masa orgánica piel, ligamentos, córnea y tejidos conectivos al igual que en los órganos y en los huesos que determina las propiedades carga biomecánica, rigidez torsional como resistencia a la tracción (Gelse et al, 2013). Su función primordial radica en la

preservación de la estructura de los tejidos animales y en el mejoramiento de su fuerza, resistencia y flexibilidad (Zurita, 2019).

2.2.6.3 Tipos de colágeno

Tipo I: Estos se encuentran en los huesos, tendones, ligamentos, donde la fuente dominante es los organismos vertebrados ya que estos poseen dos tipos de cadenas que su composición tienen hidroxilisina e hidroxilisina glucosilada.

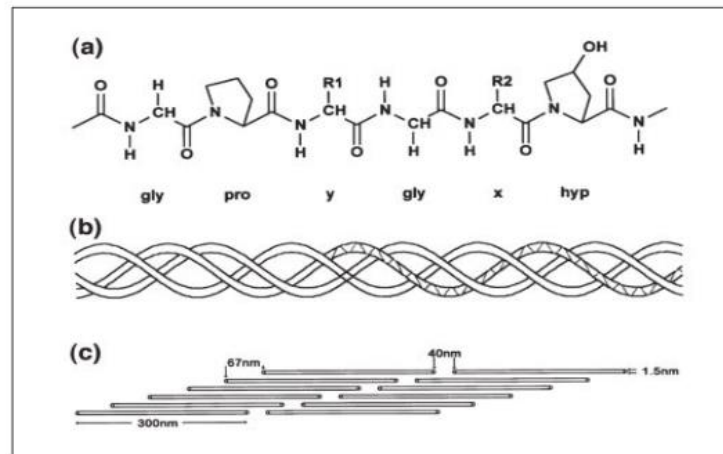


Figura 2. Estructura química primaria (a), secundaria, terciaria (b) y cuaternaria (c) del colágeno tipo I.

Fuente: Friess (1998, p. 115)

Tipo II: Se localizan en la parte de los cartílagos y su contenido tiene un alto contenido de hidroxilisina e hidroxilisina glucosilada.

Tipo III: Se sitúan en piel, arterias y útero en el cual contiene hidroxiprolina y forma enlaces de disulfuro que están presentes entre estas cadenas.

Tipo IV: Se lo encuentra en las importantes zonas globulares (Rodríguez et al, 2017).

2.2.6.4 Propiedades fisicoquímicas del colágeno

La estructura del colágeno se compone de tres cadenas polipeptídicas que se entrelazan formando una estructura en forma de hélice triple. Cada una de estas cadenas está compuesta por una secuencia repetitiva de aminoácidos, siendo los más comunes la glicina, prolina e hidroxiprolina.

El colágeno tiene la capacidad de crear fibras insolubles que son muy resistentes a la tracción y tienen una estructura en forma de varilla super helicoidal triple. Todos los tipos de colágeno comparten una característica común, que es la presencia de dominios que contienen repeticiones de tripéptidos ricos en prolina, los cuales son importantes para la formación de la estructura de triple hélice del colágeno.

2.2.6.5 Usos y aplicaciones del colágeno

Villela (2015) afirma que: "El colágeno ahora tiene aplicaciones muy importantes en el campo de los materiales biomédicos y biomateriales, un material biológico es una sustancia, elemento o combinación de estos, ya sea sintético o natural", se puede utilizar para reemplazar parcial o permanentemente una función que realiza una parte del cuerpo humano, también se ha definido como factores que son capaces de adaptarse al cuerpo humano y desarrollar una función específica.

Los biomateriales más utilizados son aleaciones metálicas, polímeros, cerámicas y sustancias orgánicas. Entre las sustancias biológicas, el colágeno es una de las más utilizadas y comerciales para una diversidad de productos tanto alimentarios, cosméticos, aditivo (Villela, 2015).

2.2.6.6 Fuentes de obtención

La obtención de colágeno se encuentra sujeta a diversas limitaciones. Esto se debe a que algunas de las especies utilizadas para la extracción de colágeno presentan costos elevados, lo que reduce su eficiencia en la producción de colágeno. En consecuencia, se ha vuelto crucial explorar alternativas en la búsqueda de diferentes fuentes de materias primas de piel, ligamentos y muchos tejidos conectivos de diferentes clases porcinos, vacunos, aves y peces para la obtención de este valioso colágeno (Daza y Rodríguez, 2017)

2.2.7 Hidrólisis

La hidrólisis sigue un proceso en varias etapas. En la primera etapa, se añade agua a la sustancia que se desea hidrolizar, dividiendo la molécula de agua en iones hidroxilo (OH^-) y de hidrógeno (H^+). En la segunda etapa, los iones OH^- y H^+ atacan los enlaces químicos en la molécula objetivo. Los iones OH^- tienden a dirigirse hacia los enlaces covalentes, mientras que los iones H^+ pueden interactuar con grupos funcionales específicos de la sustancia, dependiendo de las condiciones del proceso. Esta acción conjunta resulta en la ruptura de los enlaces químicos en la molécula objetivo. Como consecuencia de esta ruptura, la sustancia experimenta una descomposición en fragmentos más pequeños, los productos de hidrólisis, que constituyen las sustancias finales y que pueden ser componentes más simples en comparación con la molécula original (Quintero y Zapata, 2017).

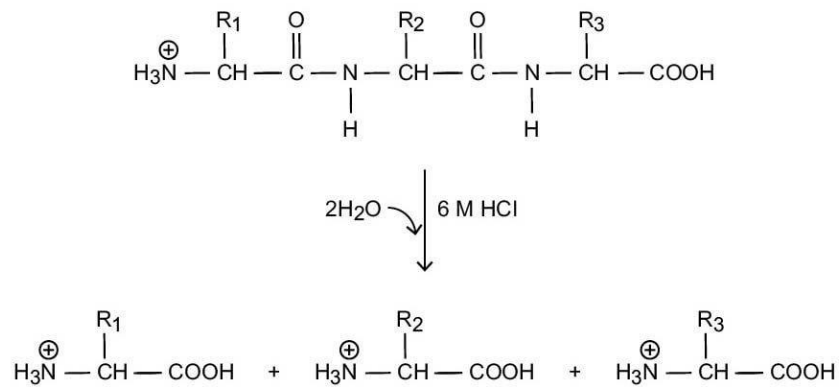


Figura 3. Estructura química de hidrólisis de la proteína
Fuente: Waters (2023)

2.2.7.1 Tipos de hidrólisis

2.2.7.1.1 Hidrólisis ácida

"Se basa en la ebullición prolongada de la proteína con soluciones ácida fuertes (HCl y H₂SO₄). Este método destruye completamente el triptófano y parte de la serina y la treonina" (Mamani, 2018, p.23).

2.2.7.1.2 Hidrólisis básica:

Respeto los aminoácidos que se destruyen por la hidrolisis anterior, pero con gran facilidad, forma racimos. Normalmente se utiliza (NaOH y BaOH) (Mamani, 2018, p.23).

2.2.7.1.3 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. Está hidrólisis proteica se realiza normalmente en un reactor, con control de agitación, pH, temperatura y tiempo del proceso" (Mamani, 2018, p.23).

2.2.8 Condiciones del hidrolizado

Las variables que determinan la reacción de hidrólisis para el análisis de datos son la temperatura, el pH, la relación de ácido - base y el tiempo de reacción. Los mencionados anteriormente dependerán del hidrolizado que se realice. Los 3 términos mencionados anteriormente determinaran la velocidad de reacción y en especial el tipo de reactivo que se utilice (Quintero y Zapata, 2017).

El proceso de hidrólisis implica una serie de consideraciones fundamentales. En primer lugar, es necesario contar con una sustancia que sea susceptible a la hidrólisis, lo que significa que debe tener enlaces químicos que puedan ser rotos mediante la adición

de agua o un reactivo específico. Esta sustancia se combina con agua o un reactivo hidrolítico apropiado, cuya elección depende del tipo de hidrólisis que se pretenda realizar. Además, las condiciones de temperatura y presión son factores determinantes que pueden variar según el tipo de hidrólisis y la velocidad deseada de la reacción (Quintero y Zapata, 2017). El tiempo de reacción juega un papel crítico para asegurar que la descomposición de la sustancia de partida se complete de manera satisfactoria. En hidrólisis ácidas o alcalinas, resulta esencial ajustar el pH mediante el uso de ácidos o bases para crear el entorno químico adecuado. La mezcla y la agitación apropiadas de los reactivos son cruciales para garantizar una reacción uniforme, y es importante supervisar y controlar la formación de productos y subproductos con el fin de obtener los compuestos deseados (Quintero y Zapata, 2017).

2.2.9 Gelatina

Proteína natural, en su elaboración interviene la piel de distintos animales, así como sus subproductos, estos previamente han sido aprobados para el consumo humano. Dichos materiales son los principales en la elaboración de la gelatina. El contenido de esta sustancia se compone principalmente de proteína, oscilando entre el 84% y el 90%. Además, contiene aproximadamente un 2% de sales minerales, y el resto de su composición es agua. Es importante destacar que se clasifica como un producto alimenticio, no como un suplemento. Además, carece de conservantes o preservantes, lo que lo convierte en un alimento exento de grasa, colesterol y ácido úrico. (Mamani, 2018).

Las propiedades fisicoquímicas de esta estructura están determinadas por factores intrínsecos como la fuente, la edad, el hábitat del animal y del visitante, como las condiciones de pretratamiento y el procedimiento de extracción debido a que la fuente primaria de gelatina son las pieles de ganado vacuno y porcino. La diferencia entre la gelatina comercial y de pescado es que, en comparación, la gelatina de pescado tiene puntos de fusión y glicación más altos, pero una viscosidad relativamente más alta (Ramírez et al, 2013).

Desempeña un papel multifacético en la industria alimentaria. En primer lugar, se utiliza para conferir textura y consistencia a una amplia gama de alimentos, desde postres hasta productos cárnicos, gracias a su capacidad de gelificar y formar estructuras sólidas o gelatinosas. Además, se destaca como agente estabilizante en

numerosas preparaciones y productos, manteniendo la uniformidad de las mezclas y evitando la separación de fases. Su versatilidad la convierte en un componente esencial en la formulación de alimentos, pues se adapta a una variedad de aplicaciones culinarias y sabores (Villela, 2015). Su suave sabor y capacidad para complementar diversos sabores y aromas la convierten en un ingrediente popular entre un amplio público (Schoof,H et al, 2016).

2.2.10 Producción de gelatina en Ecuador

La producción de gelatina en Ecuador es un tema de creciente interés y relevancia en la industria alimentaria y la economía del país. La gelatina, un producto derivado del colágeno presente en tejidos animales, ha experimentado una demanda constante en el mercado ecuatoriano debido a su versatilidad y múltiples aplicaciones en la fabricación de alimentos, productos farmacéuticos y otros sectores. En este contexto, la producción y el consumo de alimentos procesados están en constante aumento, comprender el panorama de la producción de gelatina siendo un \$11,6M de kilogramos de gelatina al año en Ecuador se vuelve esencial. Es decir, que tiene ya una importancia por la producción de este producto, el notable aumento en la producción de la materia prima es un indicador de la capacidad de lograr una mayor producción de este alimento. Sin embargo, es relevante señalar que en Ecuador no se ha potenciado la producción interna, y en cambio, se ha recurrido a la importación de gelatina procedente de Colombia. En este contexto, Colombia se destaca como uno de los principales países con empresas líderes en la producción de gelatina.

2.2.11 Beneficios de la gelatina:

- La gelatina es una proteína pura, construida por una cadena de aminoácidos, siendo su aporte calórico casi nulo.
- Contribuye a la elasticidad y salud de la piel, por su aporte del 30% de colágeno, también en su firmeza y tono fortaleciendo así sus tejidos conectivos.
- Fuente de minerales que aporta a la salud ósea, así como la reconstrucción y fortalecimiento de estos.
- Incluye glicina, cuya función es estimular el ácido en el estómago para una correcta absorción de proteínas y nutrientes.
- Regenerativo del cartílago de las articulaciones.

- Es un reductor de inflamaciones.

Es importante manifestar, que en hospitales y clínicas incluyen la gelatina como alimento por su gran valor proteico, ya que es de fácil ingestión tanto para niños, adultos mayores e incluso para personas que están iniciando un tipo de régimen alimentario. Tiene gran valor en la hidratación del cuerpo, disminución del dolor de las articulaciones, pérdida de peso, evita problemas gastrointestinales, puede ayudar en la recuperación de las heridas y regeneración de tejidos (Mamani, 2018).

2.2.12 Aplicaciones de la gelatina

La gelatina tiene una amplia variedad como hidro polímeros que son utilizados para la industria alimentaria y farmacéutica. La aplicabilidad de la gelatina tiene una gran lista de usos que en la actualidad se siguen innovando. Entre estos usos se puede mencionar: conservante adicionado de manera seca en productos de carnes enlatas; al igual que como agente gelificante en los alimentos para la elaboración de carne, alimentos enlatados, sopas y embutidos entre otros. Así mismo, se utiliza en mermeladas sin azúcar debido a su retención de agua ligada, que se pueden utilizar para la producción de golosinas (Mamani, 2018).

2.2.13 Requisitos fisicoquímicos y reológicos

Las propiedades fisicoquímicas y reológicas se establecen en la norma INEN 1961 y se mencionan, además, algunas normas para las pruebas que se tomarán como referente para la realización de las pruebas de la gelatina obtenida en esta investigación; estas normas se describen a continuación.

2.2.13.1 Requisitos para la gelatina comestible: Norma INEN 1961

En la norma se explica los requisitos que debe cumplir la gelatina natural comestible requiere una solución de gelatina comestible en agua destilada con una concentración del 1% a una temperatura de 40°C que no tenga sabor ni olor desagradable. La gelatina comestible debe ser producida siguiendo los estándares de buenas prácticas de fabricación.

2.2.13.2 Determinación de la perdida por calentamiento: Norma INEN 1953

Tabla 4. Requisitos para la humedad de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
Humedad %	-	12

Fuente: (NTE INEN 1961, 2018 - 04)

2.2.13.3 Determinación de cenizas Norma INEN 1954

Tabla 5. Requisitos para ceniza de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
Cenizas totales %	-	2

Fuente: (NTE INEN 1961, 2018 - 04)

2.2.13.4 Determinación de proteína Norma INEN 781:1985

Tabla 6. Requisitos para proteína de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
Proteína %	88.8	99.3

Fuente: (NTE INEN 1961, 2018 - 04)

2.2.13.5 Determinación de pH Norma INEN 1519

Tabla 7. Requisitos para pH de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
pH de solución 1% a 25 °C	3.5	7.5

Fuente: (NTE INEN 1961, 2018 - 04)

2.2.13.6 Determinación de la fuerza del gel Norma INEN 1955

Tabla 8. Requisitos para la fuerza de gel de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
Fuerza de gel (Bloom)	50°	300°

Fuente: (NTE INEN 1961, 2018 - 04)

2.2.13.7 Determinación de tiempo de gelificación Norma INEN 1520

Tabla 9. Requisitos para el tiempo de gelificación de la gelatina natural

Requisitos	Min	Max
Tiempo de gelificación (horas)	1	3

Fuente: (NTE INEN 1520, 1986 - 10)

2.2.13.8 Viscosidad aparente

La viscosidad aparente se refiere a la medida de la resistencia de un material a fluir, pero en el contexto de sistemas complejos, como suspensiones, emulsiones o geles, donde la presencia de partículas, burbujas u otras estructuras puede afectar la viscosidad de manera significativa. En estos casos, la viscosidad aparente es una medida que tiene en cuenta la influencia de estas estructuras en la fluidez del material (Mamani, 2018).

III. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE METODOLÓGICO

3.1.1. Enfoque

El presente trabajo investigativo tiene un enfoque cuantitativo, utilizando diversas técnicas para encontrar información estadística, cálculos matemáticos, tasa de porcentajes y variables, que se deben interpretar para encontrar los resultados (Fernández, 2019). Con la implementación de herramientas como: histogramas, diagramas de Pareto, dispersión y de superficie, los cuales, aportaran con exactitud la comparación de la varianza entre las medias de los tratamientos. De igual manera, serán utilizados para explicar de manera gráfica las pruebas de calidad (fisicoquímicas y reológicas). Además, en el proceso de optimización, se empleará este enfoque cuantitativo junto con sus herramientas correspondientes con el propósito de minimizar el consumo de los insumos necesarios y determinar la ecuación que cumpla con dicho objetivo.

3.1.2. Tipo de investigación

La presente investigación tiene una línea experimental y descriptiva debido a que se busca el mejor rendimiento que proporcionen el mejor rendimiento y la optimización. De igual manera, se busca la determinación de las características, parámetros, indicadores, medidas para llegar a la elaboración de un producto.

3.2. IDEA A DEFENDER

Ho: La optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo no influye en el rendimiento y características fisicoquímicas y reológicas de la gelatina natural.

Hi: La optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo influye en el rendimiento y características fisicoquímicas y reológicas de la gelatina natural.

3.3. DEFINICIÓN Y OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

3.3.1 Definición de las variables

Variables independientes: Concentraciones de hidróxido de sodio, ácido fosfórico y ácido clorhídrico en la extracción de colágeno de subproductos de pollo.

Variables dependientes: Optimización de insumos, características fisicoquímicas y reológicas de la gelatina natural.

3.3.2. Operacionalización de las variables

En la siguiente tabla se presenta la operación de las variables, donde aparecen los métodos e instrumentos que se utilizaran para llevar a cabo la hidrólisis ácida - básica para la extracción de colágeno a partir subproductos del pollo para la obtención de gelatina, así como también en la realización del análisis fisicoquímico, reológico y optimización.

Tabla 10. Operacionalización de variables

Variables	Dimensión	Indicadores	Técnica	Instrumento
Independientes: Parámetros para la extracción de colágeno	Concentración de hidróxido de sodio	0.2, 0.30 (M) de Hidróxido de sodio		
	Concentración de ácido fosfórico	4, 6 (M) de Ácido fosfórico	Hidrólisis ácida-básica	(Mamani, 2018) Quintero y Zapata, (2017)
	Concentración de ácido clorhídrico	4, 6 (M) Ácido clorhídrico		
Dependientes: Características de la gelatina	Características fisicoquímicas	%Proteína %Humedad %Ceniza pH	Método de Kjeldahl Método termogravimétrico, Método de calcinación pHmetro	NTE INEN-781:1985 NTE INEN 1953 NTE INEN 1954 NTE INEN 1519
	Propiedades Reológicas	Fuerza de gel (°Bloom) Tiempo de gelificación Viscosidad	Test de Bloom Tiempo de gelificación Reómetro	NTE INEN 1955 NTE INEN 1520
	Rendimiento	Porcentajes	Metodología de superficie	(Ibarra, 2018)

3.4. MÉTODOS UTILIZADOS

Para la elaboración de gelatina a partir de la extracción de colágeno de subproductos de pollo. Una vez obtenidos dichos elementos, para el proceso de

hidrólisis ácida - básica son necesarios varios reactivos proporcionados por parte de la universidad.

3.4.1 Descripción del proceso

3.4.1.1 Recepción de la materia prima

La materia prima recibida tiene una cantidad de 1 kg, conformada por huesos, cartílagos y piel que componen los subproductos del pollo, lo cuales se procederán a pelar, y reducir el tamaño en porciones aproximadamente de 1 cm², obteniendo un tamaño de muestra de 120 g para cada uno de los tratamientos.

3.4.1.2 Lavado y limpieza de los subproductos

Se realizó un lavado con agua potable, para obtener la eliminación de la mayor cantidad de residuos de sangre o cualquier material orgánico, que afecte al momento de la reacción.

3.4.1.3 Pre – tratamiento

El objetivo de esta etapa es realizar una limpieza profunda de todos los residuos orgánicos que pudieran estar aún presentes, en donde se utilizó el reactivo NaOH, cuya reacción se realizó en un vaso de precipitación de 500 ml durante una hora. Haciendo uso de los 120 g de subproductos en una solución de 0.2 M de reactivo a una temperatura constante de 75° C y con 125 rpm.

Se destaca que estas condiciones son esenciales para la eliminación de compuestos que dificulten la extracción de nuestro producto, y así poder utilizar las concentraciones de NaOH al 0.2 M y 0,30 M.

3.4.1.3.1 Preparación de solución

Para el pre-tratamiento se utilizó el hidróxido de sodio teniendo una concentración de 0,20 y 0,30 M, utilizando 120g de materia prima junto a 250 mL de disolución. A continuación, se presentan el cálculo:

$$\begin{aligned}n &= M * v \\n &= (0.20 M)(0.250 l) \\0.05 \text{ mol} * 39.997 \frac{\text{g}}{\text{mol}} &= 1.99 \text{g NaOH} \\1.99 \text{g NaOH} * \frac{99}{100} &= 1.9701 \text{ g} \\1.9701 \text{g} \div 2.13 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3} &= 0.924 \text{ cm}^3\end{aligned}$$

3.4.1.4 Enjuague del producto

Se realizó un lavado con agua potable a los subproductos de pollo, con el fin de eliminar en su totalidad de NaOH, evitando que contenga residuos del reactivo y no genere interferencia en posteriores pasos.

3.4.1.5 Hidrólisis

En las soluciones de ácido fosfórico y clorhídrico, se colocarán los subproductos de pollo por separado con su respectivo marcado para su identificación, de esta manera facilitar la desnaturalización de la proteína. Para esta hidrólisis se aclara que hay un equipo que realizó este proceso con los dos parámetros importantes (temperatura y agitación orbital); los subproductos se mantendrán en las soluciones de hidróxido de sodio por un tiempo de 1 hora con la finalidad de eliminar los residuos que se encuentran en la materia prima.

3.4.1.6 Neutralización

Simultáneamente se procederá hacer una disolución de una base de hidróxido de sodio en las mismas concentraciones de los dos ácidos. Se realizó con un pH metro y una bureta manteniendo una agitación para que se homogenice en cual sea exacto este proceso.

3.4.1.7 Filtración

Después de lograr tener un pH de 7 se procederá a filtrar los sólidos del colágeno con una bomba de succión para minimizar el tiempo y así al momento de su gelatinización no tenga residuos.

3.4.1.8 Concentración

Luego de la extracción se procede al baño maría, buscando mantener una mayor concentración y aplicarlo en un volumen reducido a temperatura de ebullición, para finalmente proceder a su secado.

3.4.1.9 Laminado y secado

Para este paso se laminará la gelatina y se colocará en papel aluminio o en moldes, para poder llevarlo al secado donde se eliminó la cantidad de agua restante.

3.4.1.10 Molienda

Posteriormente se llevó la gelatina al proceso de molienda reduciendo sus partículas y obtener el producto final.

3.4.1.11 Envasado

La gelatina en estado sólido se llevará un envasado al vacío para su conservación.

3.4.2 Diagrama de flujo

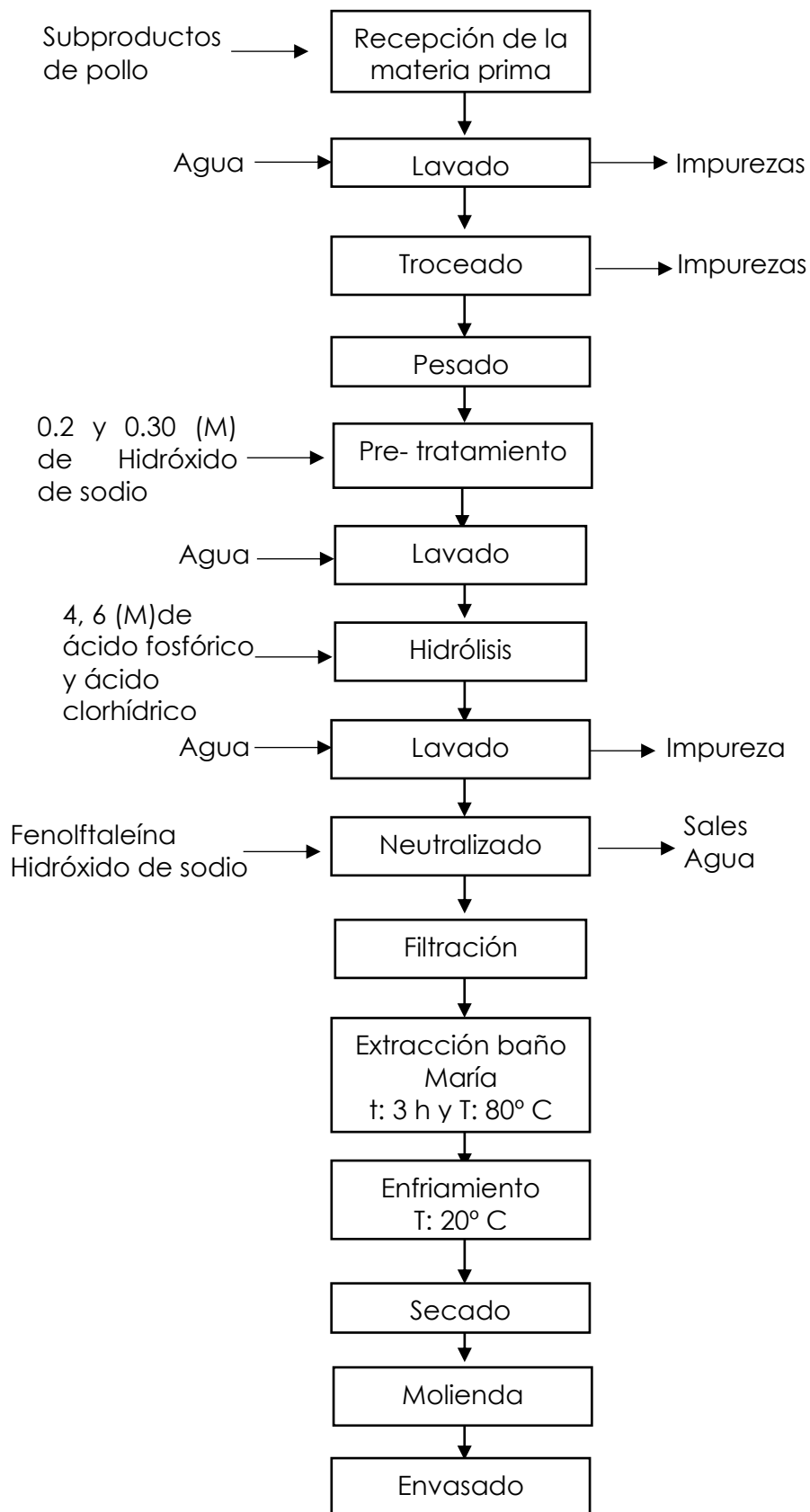


Figura 4. Diagrama de proceso de gelatina a partir de subproductos de pollo.

Fuente: (López, 2023)

3.4.3. Técnicas

3.4.3.1 Análisis fisicoquímicos

La Norma INEN 1961, nos indica los requisitos fisicoquímicos que deben estar presentes en la gelatina comestible (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1961, p. 4). en la tabla 9 se denotará los requisitos y métodos a utilizar. En la tabla 10 se indica las normas donde se puede encontrar todo el proceso detallado para cada uno de los requisitos.

Tabla 11. Requisitos fisicoquímicos NTE INEN 1961

Requisitos	Método de ensayo
Humedad	NTE INEN-182:2013
Cenizas totales	NTE INEN 1517
Proteína	NTE INEN 1954
pH de la solución 1% a 25 °C	NTE INEN 1519

Se rotuló en cada uno de los productos finales, especificando que tratamiento se ejecutó para posteriormente analizarlo. Para este estudio fisicoquímico, consideraron los parámetros proximales con sus respectivos métodos, los cuales se determinarán en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi; señalados a continuación:

- El análisis de proteína se realizó utilizando el método Kjeldahl.
- El porcentaje de humedad se utilizó el secado por estufa.
- En la determinación de cenizas se aplicó la calcinación en mufla.
- El análisis de pH se lo realizó a través del potenciómetro.

3.4.3.1.1 Proteína total Norma INEN- 781:1985

Fundamento y procedimiento

El contenido proteico de los alimentos puede ser determinado con varios métodos: Uno de ellos es el método de Kjeldahl el cual consiste en la determinación de nitrógeno, que se basa en la digestión de la muestra con H_2SO_4 concentrado empleando Cu_2SO_4 que actúa como catalizador. Seguido de esto, a la muestra se le añade NaOH al 40% y se procede a destilar el nitrógeno liberado hacia la solución de H_3BO_3 . Una vez que se obtiene el destilado se titula con H_2SO_4 normalizado. Para transformar el nitrógeno en proteína total se emplea el factor 6,25. Cabe recalcar que dicha determinación fue realizada por triplicado (Agustinelli, 2014). Tomando en cuenta a la norma NTE INEN-781:1985.

Ecuación 1

$$N = \frac{0.0014 * (V_1 - V_2) * N}{m} * 100$$

Donde:

N: Contenido de nitrógeno, en porcentaje de masa.

V₁: Volumen de la solución 0.1N de ácido clorhídrico utilizado en la muestra.

V₀: Volumen de la solución 0.1N de ácido clorhídrico gastado en el ensayo en blanco en cm³.

N: Normalidad de la solución 0.1N de ácido clorhídrico.

m: Masa de la muestra en gramos (g).

3.4.3.1.2 Determinación de la pérdida por calentamiento: Norma INEN 1953

Fundamento

Este método puede ser utilizado en alimentos sólidos, líquidos o pastosos que no se degraden a temperaturas superiores a 105°C. Sin embargo, no es adecuado para productos que contengan altas cantidades de sustancias volátiles que no sean agua.

Para cumplir con este concepto se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Estufa
- ✓ Mortero
- ✓ Cápsula
- ✓ Desecador
- ✓ Pinzas

Procedimiento

Como primer paso, se debe triturar la muestra en un mortero para colocar 2 g de gelatina en la cápsula, para posteriormente, llevar a la estufa hasta alcanza una temperatura de 105°C por un tiempo de 17 horas, se retira con cuidado con el uso de las pinzas, posteriormente se lleva a enfriar al desecador con repeticiones de 30 minutos hasta encontrar una masa constante, y finalmente ser calculado con la siguiente formula:

$$Pc = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - n_1} \times 100 \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

P_c : pérdida por calentamiento, en porcentaje en masa

n_1 : masa de la cápsula vacía con tapa, en gramos

m_1 : masa de la cápsula con tapa y más la muestra sin secar, en gramos

m_2 : masa de la cápsula con tapa, más la muestra seca, en gramos

3.4.3.1.3 Determinación de cenizas Norma INEN 1954

Fundamento

El propósito de esta norma es definir el procedimiento para medir la cantidad de ceniza en la gelatina comestible pura. Este proceso implica quemar la muestra de prueba a una temperatura de 550°C, lo que produce cenizas de un color grisáceo/blanquecino. Luego se pesa la muestra hasta que se alcance una masa constante. Para cumplir con este concepto se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Mufla
- ✓ Mortero
- ✓ Cápsula
- ✓ Desecador
- ✓ Pinzas

Procedimiento

Dentro de este accionar, se debe secar, enfriar y tarar, a continuación, se tritura la muestra en un mortero para colocar 5 g de la gelatina en el crisol, y llevar a la mufla hasta alcanzar una temperatura de 550°C hasta observar el color de su ceniza con una tonalidad blanco grisáceo, se retira con cuidado con el uso de las pinzas, posteriormente se lleva a enfriar al desecador para su pesaje inmediato, finalmente se calcula con la siguiente fórmula:

$$\%(m/m) = \frac{(m_1 - m_2)}{m} \times 100 \quad \text{Ecuación 3}$$

Donde:

$\%(m/m)$: contenido de cenizas en porcentaje

m : masa de la muestra, en gramos

m_1 : masa del crisol con la masa final de la muestra, en gramos

m_2 : masa del crisol vacío, en gramos.

3.4.3.1.4 Determinación de la concentración de potencial de hidrógeno (pH) Norma INEN 1519

Fundamento

El valor del pH indica la acidez o alcalinidad de una sustancia, en una escala de 0 al 14, donde el pH de 7 se considera neutro, valores de pH menores a 7 son ácidos y valores de pH mayor a 7 son básicos (Romero, 2008). Para cumplir con este concepto se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Matraz Erlenmeyer
- ✓ Vaso de precipitación
- ✓ Probeta
- ✓ Agitador
- ✓ Potenciómetro

Procedimiento

Para esta determinación se realizó por triplicado en la misma muestra. Como primer paso se lavó el electrodo con agua destilada para calibrar el potenciómetro usando las soluciones tampón pH 4 y pH 7. Se introduce el electrodo en la muestra de gelatina teniendo como precaución de no tocar las paredes y efectuar la lectura directa. Cabe destacar que se lo realizó a una temperatura de 25 °C.

3.4.3.2 Análisis Reológico

La Norma INEN 1961 y 1521, nos indica los requisitos reológicos que deben estar presentes en la gelatina comestible (Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN], 1961, p. 4). en la tabla 9 se describirán los requisitos y métodos a utilizar.

Tabla 12. Requisitos reológicos NTE INEN 1961 y 1521

Requisitos	Método de ensayo
Fuerza de gel (Bloom)	NTE INEN 1955
Tiempo de gelificación	NTE INEN 1520
Viscosidad	

Para este estudio reológico, se consideraron los parámetros con sus respectivos métodos, los cuales se determinarán en los laboratorios de la Universidad Politécnica Estatal del Carchi; señalados a continuación:

- Fuerza de gel (Bloom) se utilizó el método

- Tiempo de gelificación se utilizó la propiedad que tiene la gelatina de formar gel a bajas temperaturas.
- Viscosidad se utilizó el reómetro Compacto Modular: MCR 102e

3.4.3.2.1 Determinación de la fuerza del gel Norma INEN 1955

Fundamento

El propósito de esta norma es definir el procedimiento para medir la fuerza del gel en la gelatina comestible pura. El procedimiento implica la medición de la rigidez de un gel de gelatina pura, expresada en grados Bloom.

Procedimiento

Para ello, se utiliza una concentración del 6.67%, lo que equivale a 7.5 gramos de gelatina en polvo disueltos en 105 cm³ de agua destilada. Posteriormente, se ajusta la temperatura entre 10 – 14°C, a continuación, se asegura la bola de Bloom donde este limpia y seca, además, calibrar la sonda a las especificaciones del equipo. La solución de gelatina se vierte en el recipiente de manera que forme una capa uniforme y se deja reposar para eliminar posibles burbujas. Posteriormente, el recipiente con la gelatina se coloca en un baño maría controlado para mantener la temperatura requerida. Se inicia el cronómetro y se sumerge la bola de Bloom en la gelatina, asegurándose de que esté completamente sumergida y en el centro del recipiente. Se registra el tiempo que la bola de Bloom tarda en penetrar la gelatina hasta una distancia específica, medido en segundos. Luego, se anota el tiempo de penetración y se realiza la conversión a grados Bloom utilizando una tabla específica para el tipo de sonda y las condiciones de prueba.

3.4.3.2.2 Determinación de tiempo de gelificación Norma INEN 1520

Fundamento

El método se basa en la propiedad que tiene la gelatina de formar gel a bajas temperaturas. Para cumplir con este concepto se utilizaron los siguientes materiales:

- ✓ Balanza analítica
- ✓ Vasos de precipitación
- ✓ Probeta de vidrio
- ✓ Agitador de vidrio
- ✓ Equipo de refrigeración

Procedimiento

Para calcular el tiempo, se tomó una muestra de ensayo de 85 g y se colocó en un vaso de precipitación de 1,000 cm³. Luego, se añadieron 250 cm³ de agua destilada caliente y se disolvió la muestra con la ayuda de una probeta. Posteriormente, se agregó agua destilada a una temperatura de entre 20°C y 25°C, hasta alcanzar un volumen total de 500 cm³.

3.4.3.2.3 Viscosidad Aparente

Fundamento

Para el proceso de determinación de viscosidad se realizó el procedimiento como lo indica el manual del Reómetro Compacto Modular: MCR 102e siendo un dispositivo de laboratorio utilizado para evaluar la forma en que un líquido o una mezcla se desplaza bajo la influencia de fuerzas específicas es conocido como un equipo de medición de la reología de un líquido o fluido. Donde su software intuitivo RheoCompass ofrece pruebas predefinidas, personalizadas y definiciones de este análisis correspondiente a exportar sus datos reológicos y generar informes.

Procedimiento

Se ajusta y se monta el reómetro de acuerdo con las condiciones de medición, se vierte la muestra en el recipiente, evitando la formación de burbujas. Se inicia, ajustando la velocidad de rotación y especificaciones del equipo, se registran los valores de viscosidad proporcionados a lo largo del tiempo o la velocidad establecida. Los resultados se anotan.

3.4.4. Cálculos

3.4.4.1 Determinación del rendimiento del proceso

Para poder obtener el rendimiento en la extracción de colágeno se tomará en cuenta la masa de los subproductos de pollo ingresado al inicio del proceso y la masa de la gelatina. Se presentará la fórmula matemática para su cuantificación

$$\%R = \frac{M_{subproductos}}{M_{colageno}} \times 100 \quad \text{Ecuación 4}$$

Donde:

- R: rendimiento del proceso (%)
- $M_{colageno}$: masa de colágeno obtenidos, (g)

- $M_{subproductos}$: masa de subproductos de pollo ingresados, (g)

3.5. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

En esta instancia, se opta por emplear la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%, aplicada en la comparación entre los distintos tratamientos. Se aplicará a los factores con el propósito de discernir si la hipótesis nula debe ser rechazada o aceptada, basándonos en el valor p. Además, se implementa una técnica de pruebas de comparaciones múltiples para cuantificar los parámetros fisicoquímicos y reológicos. Este proceso se desarrolla mediante la ejecución de cálculos exhaustivos y la creación de gráficos estadísticos, que arrojan los resultados de los análisis de varianza realizados durante la elaboración de la gelatina. Todo este proceso es ejecutado con el objetivo de determinar el tratamiento más eficaz. Para llevar a cabo dicho análisis estadístico, se utiliza la herramienta (Infostat y Statgraphics), la cual proporciona la infraestructura necesaria.

3.5.1 Esquema del experimento

En la siguiente tabla se presentará cual tratamiento tiene el mejor rendimiento en la extracción de colágeno para la elaboración de gelatina se realizó 8 tratamiento con 3 repeticiones. La tabla a continuación se muestran las concentraciones de cada uno de los reactivos que serán utilizados en el proceso de extracción.

Tabla 13. Factores y niveles para los tratamientos

Factores	Niveles
A: concentración molar de hidróxido de sodio	A1: 0,20 M A2: 0,30 M
B: concentración molar de ácido clorhídrico y concentración molar de ácido fosfórico	B1: 4 M B2: 6 M B3: 4 M B4: 6 M

De acorde al estudio de la extracción de colágeno mediante hidrólisis ácida – básica para la elaboración de gelatina, en tabla anterior se muestra tratamiento por interacción A x B con una unidad experimental de 4 tratamiento con el primer ácido y 4 tratamientos con el segundo ácido, en donde se realizará 3 repeticiones cada uno, generando 24 repeticiones en total en todo el proceso tal como se muestra en la tabla 13 y 14.

Tabla 14. Tratamientos con su descripción con ácido clorhídrico

Nº1	Tratamientos	Descripción	Repetición
1	A1; B1	0,20 M de concentración de hidróxido de sodio, 4 M concentración de ácido clorhídrico.	3
2	A1; B2	0,20 M de concentración de hidróxido de sodio, 6 M concentración de ácido clorhídrico.	3
3	A2; B1	0,30 M de concentración de hidróxido de sodio, 4 M concentración de ácido clorhídrico.	3
4	A2; B2	0,30 M de concentración de hidróxido de sodio, 6 M concentración de ácido clorhídrico.	3

Tabla 15. Tratamientos con su descripción con ácido fosfórico.

Nº2	Tratamientos	Descripción	Repetición
5	A1; B3	0,20 M de concentración de hidróxido de sodio, 4 M concentración de ácido fosfórico.	3
6	A1; B4	0,20 M de concentración de hidróxido de sodio, 6M concentración de ácido fosfórico.	3
7	A2; B3	0,30 M de concentración de hidróxido de sodio, 4 M concentración de ácido fosfórico.	3
8	A2; B4	0,30 M de concentración de hidróxido de sodio, 6 M concentración de ácido fosfórico.	3

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se presentan a continuación los resultados obtenidos en esta investigación:

4.1. RESULTADOS

4.1.1 Gelatina a base de subproductos de pollo

Se llevaron a cabo experimentos utilizando diferentes concentraciones de hidróxido de sodio, ácido clorhídrico y ácido fosfórico en etapas de pretratamiento e hidrólisis. Se mantuvieron constantes el tiempo de 6 horas en total, 70°C de temperatura y 110 rpm de agitación en las pruebas. El análisis de los resultados se centró en comprender cómo estas variables afectan el rendimiento general del proceso de extracción en los dos medios (ácido y básico).

4.1.1.2 Rendimiento de la gelatina de subproductos de pollo

En la tabla 15 y 17 se puede observar que, a partir de la materia prima se obtuvo rendimientos con los dos ácidos implementados en este análisis. Se presentan los datos obtenidos mediante tres repeticiones para llegar a un promedio entre los tratamientos. Y proporcionando los rendimientos para la elección estadístico adecuado.

Tabla 16. Rendimientos de los tratamientos de la hidrólisis con ácido clorhídrico.

Tratamiento	Materia prima inicial (g)	Materia final (g)	Rendimiento (%)
1	120	28,03	23,36
2	120	25,12	20,93
3	120	25,23	21,03
4	120	30,61	25,51

Respecto al análisis del rendimiento en los diferentes tratamientos que tiene como valor máximo 25,51% en el tratamiento 4 y un valor mínimo 20,93% en el tratamiento 1. Con referencia a su p es menor a 0,05 indica que existen diferencias significativas en cada uno de los tratamientos, al igual que los 3 y 2 son estadísticamente iguales por sus medias y comparten la misma nomenclatura, como esta visualiza en la tabla 16. Se detalla el mejor tratamiento utilizando el programa estadístico (Infostat), el cual nos proporcionó el análisis de medias y su p>valor.

Tabla 17. Rendimiento de hidrólisis con ácido clorhídrico

Tratamientos	Medias		p> valor
4	25,51 ± 0,7483	A	0.0072
1	23,35 ± 0,7483	AB	
3	21,02 ± 0,7483	B	
2	20,93 ± 0,7483	B	

En la figura 5 se representan los rendimientos de la hidrólisis con el ácido clorhídrico, se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento, para obtener el mejor resultado fue considerado el promedio del rendimiento, como se observa en el diagrama de barras nos señala, como el mejor, el tratamiento cuatro por sus concentraciones altas.

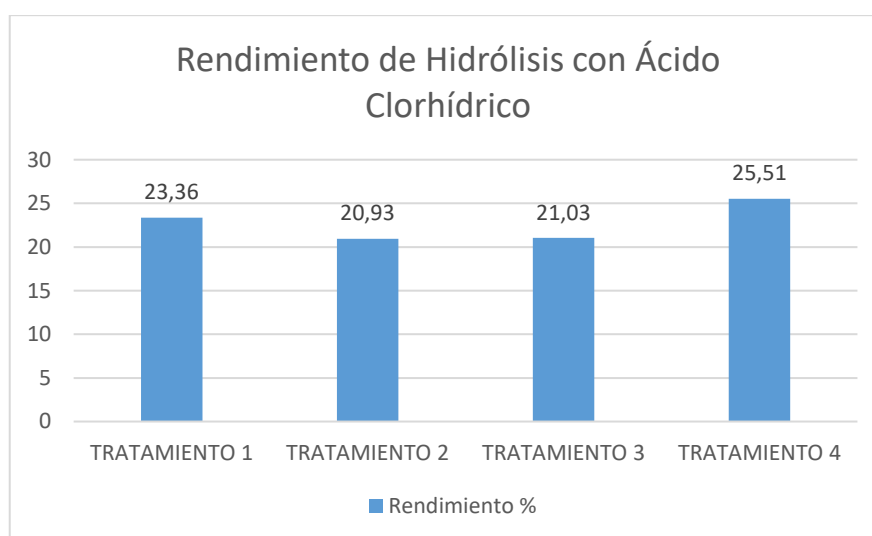


Figura 5. Representación gráfica de los rendimientos con ácido clorhídrico.

Se presentan los datos obtenidos mediante tres repeticiones para llegar a un promedio con el uso del ácido fosfórico, que nos proporcionara los rendimientos para la elección estadístico del adecuado.

Tabla 18. Rendimiento con tratamientos con ácido fosfórico.

Tratamiento	Materia prima inicial (g)	Materia final (g)	Rendimiento (%)
5	120	21,11	17,59
6	120	21,88	18,23
7	120	24,47	20,39
8	120	29,36	24,47

Respecto al análisis del rendimiento en los diferentes tratamientos que tiene como valor máximo 24,47 % en el tratamiento 8 y un valor mínimo 17,59% en el tratamiento 1. Con referencia a su p es menor a 0,05 lo cual se indica que existen diferencias significativas en cada uno de los tratamientos, al igual que el 8, 7 y 6 son

estadísticamente iguales por el valor de sus medias y compartir la misma nomenclatura como esta visualiza en la tabla 18. En la tabla se presentada el mejor tratamiento utilizando el programa estadístico (Infostat), el cual nos proporcionó el análisis de medias y su p>valor.

Tabla 19. Rendimiento de hidrólisis con ácido fosfórico

Repetición	Medias		p> valor
8	24,46 ± 1,03	A	0.0306
7	20,39 ± 1,03	AB	
6	18,23 ± 1,03	AB	
5	17,58 ± 1,03	B	

En la figura 6 se representan los rendimientos con ácido fosfórico, se realizaron 3 repeticiones de cada tratamiento, para obtener resultado del promedio del rendimiento, como se observa en el diagrama de barras nos señala, como el mejor, el tratamiento 8.

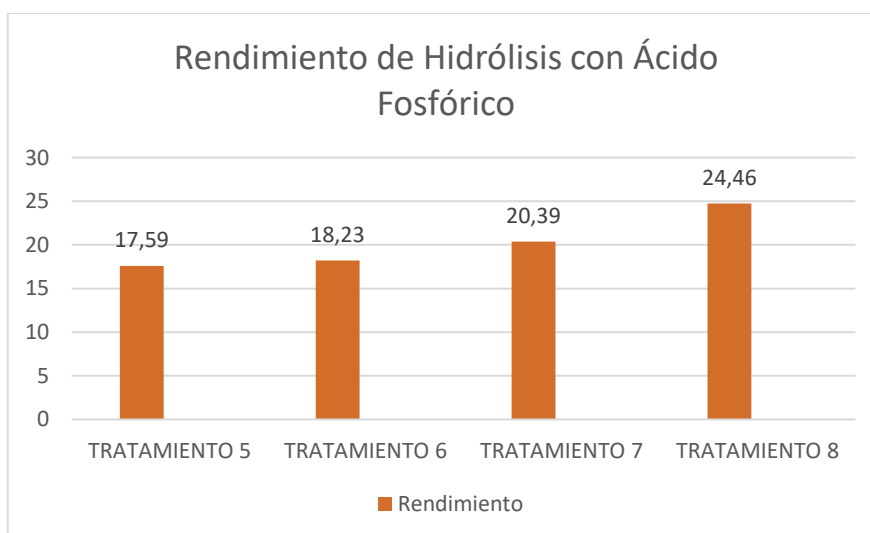


Figura 6. Representación gráfica del rendimiento de hidrólisis con ácido fosfórico.

Con respecto a lo mencionado previamente, se observa una disparidad de carácter relevante, conforme se detalla en la figura 6. Esta deriva de la eficacia del tratamiento óptimo que resulta del empleo del ácido clorhídrico. Esta elección se justifica por su aplicabilidad y su reconocida naturaleza como ácido fuerte. Su aplicación conlleva la desarticulación de los enlaces peptídicos que unen los aminoácidos en la cadena polipeptídica. Estos enlaces se forman mediante la unión del grupo amino con el grupo carboxilo de otro aminoácido, proceso que conlleva la liberación de una molécula de agua. La ventaja distintiva de esta implementación radica en que la evaporación del ácido permite la recuperación del producto hidrolizado, lo cual se demuestra especialmente eficaz cuando se trata con muestras

de reducido tamaño. "Además, la versatilidad del HCl posibilita su empleo tanto en la hidrólisis en fase líquida como en la hidrólisis en fase de vapor" (Song et al., 2019, p. 5).

Tabla 20. Comparación de rendimiento entre los dos ácidos.

Repetición	Medias		p> valor
4	24,99 ± 1,01	B	0.0055
3	20,71 ± 1,01	A	
2	20,47 ± 1,01	A	
1	19,58 ± 1,01	A	

De acuerdo con los datos de comparación de la tabla 19, hay un efecto significativo entre la comparación de los ácidos utilizados para este proceso, debido a que se puede experimentar variaciones en función de las condiciones aplicadas, como el pH, la temperatura y el tiempo de reacción. Estas condiciones, pueden afectar la eficiencia y selectividad de la hidrólisis, así como la preservación de los aminoácidos obtenidos, ya que al ser diferentes no nos proporcionaría los mismos rendimientos mencionados anteriormente. Con referencia a su p es menor a 0,05 lo cual se indica que existen diferencias significativas en el tratamiento 4, al igual que el 3, 2 y 1 son estadísticamente iguales por el valor de sus medias y compartir la misma nomenclatura. En la tabla se presentada el mejor tratamiento utilizando el programa estadístico (Infostat), el cual nos proporcionó el análisis de medias y su p>valor.

4.1.2 Características fisicoquímicas de la gelatina obtenida

De acuerdo con los resultados obtenidos anteriormente, se consideró por su rendimiento mayor en la hidrólisis al tratamiento 4 que corresponde con la utilización de ácido clorhídrico, al igual que el tratamiento 8 con la utilización de ácido fosfórico, donde se procede a las pruebas fisicoquímicas; que se realizaron tomando en cuenta los parámetros establecidos en la Norma INEN 1961 para gelatina comestible donde se especifica cada una de ellas.

4.1.2.1 Proteína

Para el proceso de determinación de proteína se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 781:1985 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible. En la cual se utilizó la ecuación 1. Para obtener los resultados de la tabla 20 donde se encuentra el porcentaje de proteína de los tratamientos que se consideraron, en el cual se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media del tratamiento 4 de 90,61 % y 89,97% 8, donde el porcentaje de proteína está acorde a

los que establece la Norma INEN 1961. Los datos presentados en la tabla fueron analizados con estudios de los antecedentes investigativos dando como resultado datos similares a los que los autores analizaron en el mismo producto final. Siendo el pollo uno de la alternativa confiable para este parámetro.

Tabla 21. Porcentaje de proteína de la gelatina natural.

Tratamiento	Media % Proteína	% Proteína según la Norma INEN 1961
4	90,61 ± 0,72	88,8 – 99,3
8	89,97 ± 0,36	

4.1.2.2 Humedad

Para el proceso de determinación de humedad se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 1953 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible en la cual se utilizó la ecuación 2. Para obtener los resultados de la tabla 21 donde se encuentra el porcentaje de humedad de los tratamientos que se consideraron, se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media de 10,16% en el tratamiento 4 y 9,87% 8, en donde el porcentaje de humedad está acorde a los que establece la Norma INEN 1961. En la tabla se muestra el valor de la humedad que fue comparada con los autores de los antecedentes los cuales nos proporcionaron datos similares en la norma.

Tabla 22. Porcentaje de humedad de la gelatina natural.

Tratamiento	Media % humedad	% humedad según la Norma INEN 1961
4	10,16 ± 0,90	0 – 12
8	9,87 ± 0,53	

4.1.2.3 Ceniza

Para el proceso de determinación de ceniza se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 1954 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible, en la cual se utilizó la ecuación 3. Para obtener los resultados de la tabla 22 donde se encuentra el porcentaje de ceniza de los tratamientos que se consideraron, en el cual se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media de 1,54% en el tratamiento 4 y 1,34% 8, en donde el porcentaje de proteína está acorde a los que establece la Norma INEN 1961. En la tabla se encuentran los valores de ceniza que fueron comparados con los antecedentes nos proporcionan datos similares, con lo realizado se interpreta que está dentro de los parámetros.

Tabla 23. Porcentaje de ceniza de la gelatina natural.

Tratamiento	Media % ceniza	% ceniza según la Norma INEN 1961
4	1,54 ± 0,08	0 – 2
8	1,36 ± 0,07	

4.1.2.4 pH

Para el proceso de determinación de pH se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 1519 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible. Para obtener los resultados de la tabla 23 donde se encuentra el valor del pH de los tratamientos que se consideraron, en el cual se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media de 7 en el tratamiento 4 y 7 en 8, en donde el porcentaje de proteína está acorde a los que estable la Norma INEN 1961.

Tabla 24. Porcentaje pH de la gelatina natural.

Tratamiento	pH	pH según la Norma INEN 1961
4	7	3.5 – 7.5
8	7	

4.1.3 Características reológicas de la gelatina obtenida

De acuerdo con los resultados obtenidos en la hidrólisis el tratamiento 4 que corresponde a la utilización de ácido clorhídrico y 8 con ácido fosfórico elegidos por su alto rendimiento, es por esta razón que se procede a las pruebas reológicas, que se realizaron tomando en cuenta los parámetros establecidos en la Norma INEN 1961 para gelatina comestible donde se especifica cada una de ellas.

4.1.3.1 Fuerza de gel

Para el proceso de determinación de la fuerza de gel se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 1955 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible. Para obtener los resultados de la tabla 24 donde se encuentra en los grados Bloom de los tratamientos que se consideraron, en el cual se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media de 179 en el tratamiento 4 y 179 en 8, en donde los grados Bloom está acorde a los que estable la Norma INEN 1961.

Tabla 25. Grados Bloom de la gelatina natural.

Tratamiento	Grados Bloom	Fuerza de gel según la Norma INEN 1961
4	179	50° - 300°
8	179	

4.1.3.2 Tiempo gelificación

Para el proceso de determinación de tiempo de gelificación se realizó el procedimiento indicado Norma INEN 1520 la cual fue sugerida por la Norma INEN 1961 de la gelatina natural comestible. Para obtener los resultados de la tabla 25 donde se encuentra los tiempos de gelificación en los tratamientos que se consideraron, se realizó su análisis por triplicado, obteniendo una media de 1 en el tratamiento 4 y 1,20 en 8, en donde el tiempo de gelificación está acorde a los que establecido la Norma INEN 1961.

Tabla 26. Tiempo de gelificación de la gelatina natural.

Tratamiento	Tiempo de gelificación (h)	Tiempo de gelificación según la Norma INEN 1551 (h)
4	1	1 – 3
8	1,20	

4.1.3.3 Análisis de Viscosidad

Se ingresó la muestra 4 que corresponde con la utilización de ácido clorhídrico, al igual que el 8 con la utilización de ácido fosfórico, proporcionando los siguientes resultados sobre viscosidad. Tomando en cuenta que esta prueba la realizó a una temperatura de 25 °C en reómetro expuesto con anterioridad.

Tabla 27. Viscosidad de la gelatina natural

Tratamientos	Tasa de corte(1/s)	Esfuerzo de corte (Pa)	Viscosidad (mPa*s)
4 Y 8	16,31	1,58	203,28

4.1.4 Optimización de recursos utilizados en la hidrólisis ácida – básica

En la obtención de gelatina se busca encontrar las condiciones óptimas que maximicen el rendimiento y minimicen los recursos utilizados. Esto implica la identificación y ajuste de los parámetros clave del proceso, como son la concentración de los reactivos.

En este caso, se utilizó la metodología de superficie, que consiste en una regresión lineal, esta técnica de modelado estadístico es empleada para examinar y establecer un vínculo entre una variable dependiente (la cual se busca predecir o explicar) y una o más variables independientes (que se emplean para prever o explicar la variable dependiente). Seguidamente, se realizará gráficos estadísticos como diagrama de Pareto que se empleará para detectar y dar prioridad a los problemas o elementos que están teniendo un impacto más significativo en un

resultado no deseado o en un conjunto de problemas (Devore, 2012). Para finalmente elaborar el gráfico de superficie y encontrar la relación entre las variables

4.1.4.1 Selección de reactivos en la hidrólisis

En esta fase se indicó los reactivos más adecuados mediante 2 ácidos y 1 base combinados. Donde se utilizó el análisis estadístico con la prueba de Tukey en donde se determinó que la mejor combinación ácida – básica fue ácido clorhídrico e hidróxido de sodio (13:1), extrayendo la mayor cantidad de colágeno de los subproductos.

4.1.4.2 Niveles óptimos de ácido y base

Se optimizó la etapa de extracción de colágeno con el diseño experimental 2^2 compuesto de los reactivos utilizados, el cual fue evaluado mediante la metodología de superficie, por consiguiente, se ha conseguido optimizar el consumo del ácido y la base, al minimizar la cantidad de experimentos necesarios para que se obtenga los resultados óptimos. Los resultados del diseño expuesto se lo realizaron con un análisis de regresión lineal, obteniendo:

$$\text{Rendimiento} = 17,342 + 0,083457 \cdot \text{ACIDO} + 1,03535 \cdot \text{BASE}$$

Donde:

ACIDO: es la concentración de ácido en molaridad

BASE: es la concentración de base en molaridad

El coeficiente de correlación R^2 se sitúa en un 16,25%, lo que indica la falta de más datos para la predicción y ajuste del modelo. Este valor se encuentra por debajo del 50%, lo que sugiere que se requiere la adquisición de más datos para mejorar la capacidad de predicción y aumentar la confiabilidad del modelo a un nivel superior al 80%. Sin embargo, a pesar de esta limitación, se emplearon los datos mencionados anteriormente para desarrollar una ecuación que pueda incorporar este proceso. El diagrama de Pareto se obtuvo a partir de la fórmula del rendimiento expuesto anteriormente que será empleado para detectar y dar prioridad a las concentraciones que están teniendo un impacto más significativo.

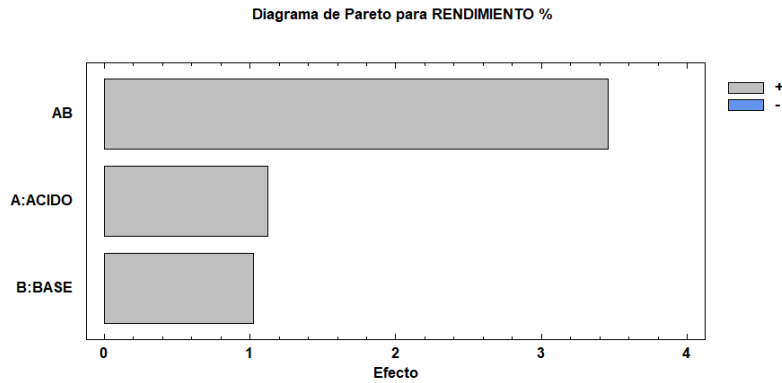


Figura 7. Diagrama de Pareto estandarizado para rendimiento

En la Figura 9, que representa los efectos principales, se observa claramente que el aumento en la relación ácido-base tiene un impacto positivo en el rendimiento con respecto a la variable de respuesta. Se indica que concentraciones elevadas de ácido y base podrían resultar en la hidrólisis de la molécula de colágeno, a pesar de su naturaleza fibrosa y resistente. Por lo tanto, no se aconseja el uso de temperaturas o concentraciones elevadas debido a que el tiempo debe ser considerado, ya que al incrementar la temperatura y las concentraciones pueden degradar el colágeno y su rendimiento disminuirá ya que tendrá otras sustancias no deseadas (Serrano, 2011).

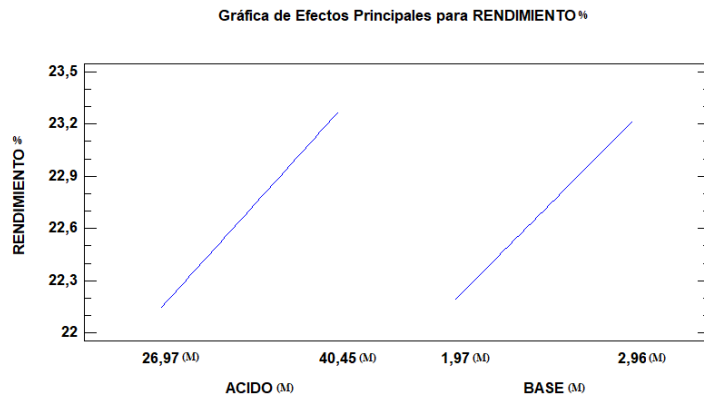


Figura 8. Efectos principales para rendimiento.

A continuación, se presenta la figura 10, que es un gráfico de superficie que representa la relación entre el ácido y la base, manteniendo constantes otras condiciones. Es evidente que a medida que aumenta la concentración de ácido y base, el rendimiento también aumenta. Sin embargo, es importante tener en cuenta que, si se aumenta significativamente el tiempo y la temperatura, esto podría llevar a la degradación del colágeno disminuyendo el rendimiento en la extracción.

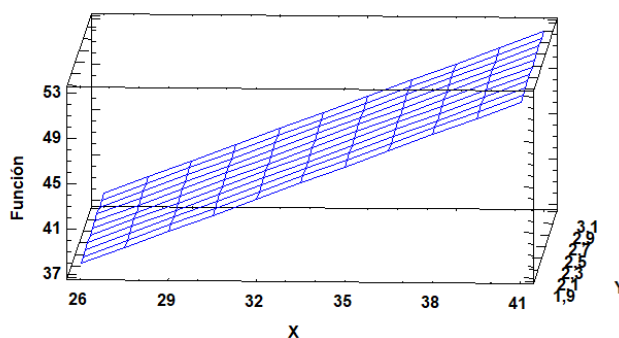


Figura 9. Superficie de respuesta ácido(X) y base(Y) con concentraciones (M)

En esta instancia, se determinó la combinación óptima de concentraciones que maximiza la variable de rendimiento en el experimento. Se concluyó que se requería una concentración de ácido de 6 M y una concentración de base de 0,3 M, las cuales se obtuvieron a partir de la cantidad de gramos utilizados para lograr estas concentraciones específicas. Para obtener estos parámetros, se empleó la herramienta de optimización disponible en el software STATGRAPHICS, que permitió encontrar la configuración óptima de acuerdo con los objetivos de la investigación.

4.2. DISCUSIÓN

4.2.1 Rendimiento

En este estudio, se obtuvo rendimientos de gelatina por el método de hidrólisis con los ácidos fosfórico y clorhídrico consiguiendo 24,46% y 25,51% respectivamente. Estos valores representan el porcentaje de colágeno extraído de los subproductos de pollo que se convirtió en gelatina utilizable. Esto indica que aproximadamente una cuarta parte del colágeno presente en los subproductos de pollo fue convertida exitosamente en gelatina. De acuerdo con lo que menciona Peralta et. al (2012) obtuvo un valor de 19,2% de rendimiento en masa del colágeno, utilizando como materia prima cascotes de bovino siendo este un animal más grande del mencionado anteriormente, para conocer si afectaba en este parámetro.

Al igual que Kim et al (2020) según su estudio, se encontró que el rendimiento de extracción de gelatina de la piel de pato tiene como resultado un valor de 11,71 %. Estos rendimientos dependen del método utilizado, cabe destacar que los estudios utilizaron la hidrólisis ácida – básica. Esto quiere decir que la implementación del pretratamiento e hidrolizado aportan significativamente, mejorando los valores del rendimiento. En el caso de Peralta et. al (2012) que utilizó bovino se observa que su rendimiento es menor porque este animal no contiene el porcentaje de colágeno que tiene el pollo, al analizar el estudio de Kim et al (2020) podemos ver que en el pato al tener un porcentaje más alto en grasa que el pollo, no posee mayor grado de colágeno en sus subproductos. Siendo los subproductos de pollo una buena alternativa que pueda ser aprovechada.

Tabla 28. Comparación de rendimientos con otros autores.

Análisis	Resultados experimentales	Kim et al (2020)	Peralta et al (2012)
% Rendimiento	H3PO4: 24,47 % HCl: 27,77 %	11,71 %	19,2 %

4.2.2 Análisis bromatológico

4.2.2.1 Proteína

El análisis de las propiedades bromatológicas se realizó a los mejores tratamientos en función del rendimiento obtenido, siendo considerado los dos más altos. Los resultados obtenidos para el análisis de proteína que se pueden mirar en la tabla 19 fueron 4 fue 90,61 %, mientras que 8 fue 89,97 %, cuyos valores se encuentra dentro de la norma (Norma INEN 1961) con relación a la gelatina natural comestible, que nos indica el porcentaje máximo y mínimo. Un alto contenido de proteína en la gelatina es deseable, ya que la proteína es uno de los componentes clave que confiere a la gelatina sus propiedades estructurales y funcionales. Una mayor concentración de proteína puede indicar una gelatina con mejor capacidad de formación de gel, mayor estabilidad y mayor valor nutricional.

Con respecto a lo mencionado se encuentran dentro de este porcentaje. En el estudio que realizó Mamani (2018) obtuvo un porcentaje de 75,57 % de proteína, utilizando como materia prima pollo. Como también Peralta et al (2012) obtuvieron un porcentaje $80 \pm 1,76$ % de proteína, cabe recalcar que en este estudio su materia principal es el bovino. En comparación el porcentaje de proteína se encuentra aproximado al de los autores y la norma. En el caso del estudio de Mamani (2018) su porcentaje es menor ya que simplemente utilizó tarsos de pollo, en este caso sí se

encuentra colágeno, pero para poder aumentar lo mencionado tendría que colocar todos los subproductos para mejorar el rendimiento de la extracción.

Tabla 29. Comparación de proteína con otros autores.

Análisis Bromatológico	Resultados experimentales	Mamani (2018)	Peralta et al (2012)
Proteína %	H3PO4: 89,97 HCl: 90,61	75,57	80 ±1,76

4.2.2.2 Humedad

Los datos que se resumen en la tabla 29 señalan que el valor de humedad es de 10,16 y 9,87 % que se encuentran dentro de la norma, al igual que los autores que se mencionaran. Es así como Osiriphun et al (2022) en su estudio de investigación en la extracción de colágeno, obtuvo un porcentaje 5,30 % como también de Fernández et al (2012) en su estudio también realizó extracción de colágeno obteniendo un porcentaje 8,31 % de humedad. En conclusión, los datos son aproximadamente similares ya que la humedad en producto final (gelatina) pose estas características. Se puede decir que la gelatina conserva cantidad agua que posteriormente al ser hidratada se convertirá el gel fácilmente.

Tabla 30. Comparación de humedad con otros autores.

Análisis Bromatológico	Resultados experimentales	Osiriphun et al (2022)	Fernández et al (2012)
Humedad%	HCl: 10,16 H3PO4: 9,87	5,30	8,31

4.2.2.3 Ceniza

En análisis de propiedades bromatológicas se evaluó ceniza (tabla 21). Se puede observar que el tratamiento 4 fue 1,54 %, mientras que 8 fue 1,36 %, cuyos valores se encuentra dentro de la norma (Norma INEN 1961) con relación a la gelatina natural comestible, dentro de ella nos indica el porcentaje máximo y mínimo. Con respecto a lo mencionado se encuentran dentro de este porcentaje. En el estudio que realizo Osiriphun et al (2022) obtuvo un porcentaje de 0,60 ± 0,18% como también Flores (2016) obtuvieron un porcentaje 0,55 % de ceniza. En los valores expuesto se encuentra en los parámetros que menciona la norma (Norma INEN 1961). Es decir, se encuentran abundancia los minerales y compuestos inorgánicos, tales como calcio, fósforo, hierro y potasio, respecto a los dos autores mencionados.

Tabla 31. Comparación de ceniza con otros autores.

Análisis Bromatológico	Resultados experimentales	Osiriphun et al (2018)	Flores (2016)
Ceniza %	H ₃ PO ₄ : 1,36 HCl: 1,54	0,60 ± 0,18	0,55

2.2.2.4 pH

La norma técnica ecuatoriana, INEN 1961 para gelatina natural comestible nos indica el rango de pH para este tipo gelatina debe estar en entre 3,2 y 7,5; al realizar una comparación con los resultados obtenidos en el análisis a los tratamientos y réplicas de la gelatina obtenidos se analiza que los tratamientos se encuentran dentro de los rangos establecidos, ya que se encuentra en un pH neutro asegurando la calidad del producto, deduciendo que no se encuentra ningún residuo de ácido y base.

Tabla 32. Comparación de pH con otros autores.

Análisis Bromatológico	Resultados experimentales	INEN 1961
pH	7	3,2 – 7,5

4.2.3 Análisis reológico

4.2.3.1 Fuerza de gel

Un valor de 179 Bloom indica una fuerza de gel relativamente alta. Al comparar los grados Bloom respecto a la norma y fichas técnicas sus datos son relativamente similares. Esto significa que la gelatina posee una estructura sólida y resistente, capaz de retener su forma y resistir la deformación bajo estrés. Esta característica puede ser beneficiosa en diversas aplicaciones donde se requiere una mayor estabilidad y firmeza, como en la producción de productos cárnicos, postres gelificados o productos de confitería.

Es importante destacar que el valor de Bloom también puede tener implicaciones en la textura y la calidad sensorial de la gelatina. Un valor de Bloom más alto generalmente se asocia con una textura más firme y una sensación en boca más sólida.

Tabla 33. Comparación de Fuerza de gel con ficha comerciales

Análisis Reológico	Resultados experimentales	Fichas comerciales	INEN 1961
Fuerza de gel (grados Bloom)	179°	(sosa) 180° (zarchem)250°	50° - 300°

4.2.3.2 Tiempo de gel

Un tiempo de gel de 1 a 1,30 horas indica que la gelatina requiere un período de enfriamiento y solidificación relativamente corto para adquirir su estructura de gel. Esto puede ser beneficioso en términos de eficiencia de producción y disponibilidad rápida de los productos finales. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el tiempo de gel puede variar dependiendo de factores como la concentración de gelatina, la temperatura de enfriamiento y las condiciones de almacenamiento. Por lo tanto, es necesario realizar pruebas y ajustes para garantizar un tiempo de gel consistente y óptimo en cada lote de producción.

4.2.3.3 Viscosidad

En este estudio, se obtuvo valores de viscosidad de 203,28 cP a 25°C en comparación a fichas técnicas comerciales estas se encuentran una viscosidad aparente de 3,8 y 6,67 cP a 60°C, indicando primeramente que a mayor temperatura menor viscosidad y viceversa, es decir, que las viscosidades teniendo a una misma temperatura se encuentran dentro del rango establecido por los datos analizados. Estos valores indican la resistencia al flujo de la gelatina, donde un valor más alto de viscosidad sugiere una mayor consistencia y una menor fluidez del producto. Siendo este valor favorable para ciertas aplicaciones en la industria alimentaria, como espesantes o gelificantes en productos que requieren una textura más sólida. Esto puede ser deseable para aplicaciones donde se requiera una mayor capacidad de dispersión y mezcla, como en productos líquidos o semilíquidos. Su comparación en fichas técnicas de las marcas

Tabla 34. Comparación de la viscosidad aparente con fichas comerciales

Análisis Reológico	Resultados experimentales	Fichas comerciales
Viscosidad (mPa*s)	91,83 – 203,28 (25°C)	(zarchem) 6,67 (60°C) (sosa) 3,8 (60°C)

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- A través de nuestro estudio, se logró determinar los reactivos y las concentraciones adecuadas para obtener la máxima eficiencia en la extracción de colágeno de los subproductos de pollo. En este caso la combinación de ácido clorhídrico al 6 M e hidróxido de sodio al 0,3 M generó los mejores resultados en términos de rendimiento de la gelatina extraída.
- Luego de evaluar diferentes procesos de extracción de colágeno a partir de subproductos de pollo, se identificó el método que proporcionó el mayor rendimiento en la obtención de colágeno. El uso de una relación ácido - base de 13:1 aproximadamente de ácido clorhídrico al 6 M e hidróxido de sodio al 0,3 M generó un alto rendimiento en la obtención del colágeno.
- Los datos obtenidos en este estudio revelan que las concentraciones óptimas de ácido y base, específicamente 6 M y 0,3 M respectivamente, maximizan la variable de rendimiento del experimento. La herramienta de optimización del software STATGRAPHICS desempeñó un papel fundamental en este proceso al ayudarnos a encontrar la configuración más eficiente y efectiva de acuerdo con los objetivos de nuestra investigación.
- Mediante análisis fisicoquímicos y reológicos, se determinó las características de la gelatina obtenida a partir de los subproductos de pollo. Observamos que la gelatina presentaba un alto grado de fuerza de gel adecuada para su uso en aplicaciones alimentarias y farmacéuticas. La gelatina mostró una viscosidad adecuada, un punto de gelificación óptimo y características adecuadas para este tipo de materia prima alternativa.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar estudios adicionales para explorar la influencia de otros parámetros, como tiempo, temperatura y relación ácida – base. Esto puede ayudar a identificar condiciones aún más eficientes para la extracción de colágeno y mejorar el rendimiento del proceso.

- Además de la hidrólisis ácido-básica, se sugiere explorar otros métodos de extracción de colágeno, como la hidrólisis enzimática. Comparar y evaluar diferentes enfoques puede proporcionar información adicional sobre la eficiencia y calidad del colágeno obtenido, lo que permitirá seleccionar el método más adecuado para la industria.
- Es importante realizar un análisis detallado de las propiedades de la gelatina obtenida, incluyendo la determinación de su composición, capacidad de formación de gel y grado de pureza. Estos datos adicionales brindarán una comprensión más completa de la calidad y aplicabilidad de la gelatina, permitiendo su uso en diversas industrias de manera más precisa.
- Es importante implementar estrategias eficientes para la recolección, almacenamiento y procesamiento de los subproductos de pollo. Esto garantizará la calidad y seguridad de los materiales utilizados en la extracción de colágeno, así como la minimización del desperdicio y la reducción del impacto ambiental.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abedinia, A., Ariffin, F., Huda, N. y Nafchi, A. M. (2017). *Extraction and characterization of gelatin from the feet of Pekin duck (Anas platyrhynchos domestica) as affected by acid, alkaline, and enzyme pretreatment. International Journal of Biological Macromolecules*, 98, 586-594. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.01.139>
- Almeida, P. F., Alves, W. A., Farias, T., y Curvelo Santana, J. C. (2012). *Elaboración y clasificación sensorial de gelatinas de patas de pollos: Correlación usando redes neuronales artificiales. Información tecnológica*, 23(6), 129-136.
- Akram, A. N., y Zhang, C. (2020). *Effect of ultrasonication on the yield, functional and physicochemical characteristics of collagen-II from chicken sternal cartilage. Food Chemistry*, 307, 125544. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125544>.
- Castillo Romero, E. J. (2019). *Costos de producción de alimentos agroecológicos de la asociación regional de soberanía alimentaria del territorio Kayambi "Resak", provincia de Pichincha [Tesis de pregrado, Universidad Técnica del Norte]. Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9419>.*
- Castrejón Cépeda, L. C. (2019). *Caracterización fisicoquímica del colágeno hidrolizado tipo I obtenido de extremidades de pollo (Gallus Gallus Domesticus) extraído con microorganismos eficaces EM-1.*
- Centro de innovación y economía circular (2021). *Libro Blanco de Economía Circular de Ecuador.* https://www.produccion.gob.ec/wp-content/uploads/2021/05/Libro-Blanco-final-web_mayo102021.pdf.
- Certad, M., y Pérez, B. (2001). *Características de la gelatina de patas de pollo obtenida por un proceso ácido. Revista Científica de la Facultad de Ciencias Veterinarias*, 11(4), 322-329.
- Corporación Nacional de Avicultores del Ecuador (Conave). (2023). *Producción de carne de pollo.* Recuperado de: <https://avinews.com/ecuador-carne-de-pollo-tiene-perdidas/>.
- Daza, T. E, y Rodríguez, W. P. (2017). *Obtención y caracterización de un hidrolizado de colágeno purificado producido mediante el uso de la enzima delvolase.* In *Anales Científicos*, vol. 78, No. 2, p. 251-259.

- Devore, J. L. (2012). *Probabilidad y estadística para Ingeniería y Ciencias*. https://openlibrary.org/books/OL26233421M/Probabilidad_y_estad%C3%ADstica_para_ingenier%C3%ADa_y_ciencias.
- Díaz, L. (2010). *Principios básicos de bioquímica de los alimentos*. Editorial Universidad de La Serena.
- Fernández de Almeida, P., y Curvelo, J. (2012). *Produção da Gelatina*. Maringá.
- Friess, W. (1998). *Collagen – biomaterial for drug delivery*1Dedicated to Professor Dr. Eberhard Nürnberg, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, on the occasion of his 70th birthday.1. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*, 45(2), 113-136. [https://doi.org/10.1016/s0939-6411\(98\)00017-4](https://doi.org/10.1016/s0939-6411(98)00017-4).
- Waters, (2023). *Hidrólisis de proteínas y péptidos purificados*. <https://www.waters.com/nextgen/xg/es/education/primers/comprehensive-guide-to-hydrolysis-and-analysis-of-amino-acids/hydrolysis-of-purified-proteins-and-peptides.html>.
- Instituto Nacional de Biodiversidad (2019). *Gestión Integral de Desechos Sólidos (PNGIDS)*. <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2019/01/30/4-produccion-y-consumo-sostenibles/>
- Kim, T. K., Ham, Y. K., Shin, D. M., Kim, H. W., Jang, H. W., Kim, Y. B., y Choi, Y. S. (2020). *Extraction of crude gelatin from duck skin: effects of heating methods on gelatin yield*. *Poultry Science*, 99(1), 590–596. <https://doi.org/10.3382/ps/pez519>
- Lajusticia, A. M. (2017). *La respuesta está en el colágeno*. EDAF.
- Lee, K.H. Kim, Y.S. Kim, E.K. Kim, J.W. Hwang, B.O. Lim, S.H. Moon, B.T. Jeon, Y.J. Jeon, C.B. Ahn, P.J. (2012), *Park Actividad biológica de los hidrolizados de gelatina de los subproductos de la piel de pato* *Process Biochem*, 47 p. 1150-1154
- Mamani Huamán, C. A. (2018). *Obtención de colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de (Tarsos) de pollo provenientes de la Industria Avícola en la Región Arequipa*.
- Neyra Montoya, Y. (2014). *Obtención de gelatina para consumo humano directo a partir de huesos y piel de lisa (Mugil Cephalus) y caballa (Scomber Japonicus)*.

- Osiriphun, S., Rachtanapun, P., Wangtueai, S., y Jirarattanarangsri, W. (2022). *Influence of physicochemical properties on the production of alternative healthy gummy jelly from tilapia (*Oreochromis niloticus*) skin with added Thai rice powder*. *Food Chemistry: X*, 15, 100365. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100365>
- Paspuel, A. (2010). *Gomas: Una Aproximación a la Industria de Alimentos*. *Revista Amazónica de Investigación Alimentaria*, (1), 6 - 12.
- Peralta, C., Rivera, N., y Gualdron, L. (2012). *Extracción de colágeno en medio ácido-básico a partir de los cascós de bovinos*. *Revista Epsilon*, 18(1), 59 -69
- Quintero, J, y Zapata, J E. (2017). *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. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642017000100011>
- Ramírez-Navas, J. S. (2006). *Introducción a la reología de los alimentos*. *Revista ReCiTeIA*.
- Ramírez-Guerra HE, Ramírez-Suárez JC y Mazorra-Manzano MA. (2013) *Propiedades Biológicas De Péptidos Derivados Del Colágeno De Organismos Marinos*. Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/6729/672971124006.pdf>
- Romero, I. (2008). *Medición de pH y Dureza*. *Procedimientos Complementarios. Ensayos toxicológicos para la evaluación de sustancias químicas en agua y suelo. La experiencia en México*. México D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. Norma técnica ecuatoriana obligatoria. NTE INEN 1961 (2018): *Gelatina natura comestible*. Requisitos. Quito- Ecuador
- Servicio Ecuatoriano de Normalización INEN. Norma técnica ecuatoriana obligatoria. NTE INEN 1551 (2005): *Postre de gelatina*. Requisitos. Quito- Ecuador <<http://www2.ine.gob.mx/publicaciones/libros/573/cap24.pdf>>.
- Serrano, C. (2011). *Estandarización de un proceso de extracción de colágeno a partir de los residuos de fileteo de tilapia (*Oreochromis sp*) y cachama (*Piaractus brachypomus*)*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 5-65.
- Silvipriya, K., Kumar, K., Bhat, A., Kumar, B., John, A. y Lakshmanan, P. (2015). *Collagen: Animal Sources and Biomedical Application*. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 123-127. <https://doi.org/10.7324/japs.2015.50322>

Song, Y., Li, X., Han, G., Zhang, Y., & Jiang, W. (2019). *Comparison of different methods to produce pineapple leaf fibers with steam explosion*. *Journal of Natural Fibers*, 18(1), 12-20. <https://doi.org/10.1080/15440478.2019.1612301>


Tenelema., M. (2017) *Obtención de colágeno de las patas de pollo con la aplicación de niveles de 2, 4, 6% de pepsina*. Escuela superior Politécnica de Chimborazo.

Gutiérrez, L. (2013). *Efecto Del Tipo De Carnaza Sobre Las Propiedades Reológicas Del Licor De Gelatina Pura De Origen Bovino (Tesis de Pregrado)*, otorgado por la Universidad Técnica de Ambato a través de la Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos)

Velarde-Rodríguez, M. G., Beltrán-Acosta, A. C., Pichardo-Velarde, J. G., y Amezcua-Vega, C. (2015). *Extracción de colágeno a partir de pieles de tilapia*. *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias [Internet]*, 2(4), 631-639.

VII. ANEXOS

Anexo 1. Acta de la sustentación de Predefensa del TIC




UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI

FACULTAD DE INDUSTRIAS AGROPECUARIAS Y CIENCIAS AMBIENTALES

CARRERA DE ALIMENTOS

ACTA

DE LA SUSTENTACIÓN ORAL DE LA PREDENSA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR




ESTUDIANTE: LÓPEZ PÉREZ CRISTIAN DAVID	CÉDULA DE IDENTIDAD: 1756291967
PERIODO ACADÉMICO: 2023B	
PRESIDENTE TRIBUNAL: MSC. MARCO RUBÉN BURBANO PULLES	DOCENTE TUTOR: MSC. ANA LUCÍA RODRÍGUEZ MACHADO
DOCENTE: MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER	
TEMA DEL TIC: "Optimización del proceso de obtención de gelatina por hidrólisis ácida - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo."	

No.	CATEGORÍA	Evaluación cuantitativa	OBSERVACIONES Y RECOMENDACIONES
1	PROBLEMA - OBJETIVOS	9,00	
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	8,33	Incorporar más argumentos en torno al componente reológico
3	METODOLOGÍA	8,00	Mejorar diagramas de flujo. Explicar de manera más detallada el procedimiento estadístico. Corregir términos empleados. Explicar el componente reológico
4	RESULTADOS	8,00	Revisar modelo de rendimiento. Argumentar de forma más detallada el componente reológico
5	DISCUSIÓN	8,00	
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	8,00	Corregir las recomendaciones señaladas por el tribunal
7	DEFENSA, ARGUMENTACIÓN Y VOCABULARIO PROFESIONAL	8,00	Mejorar el uso de términos técnicos en las argumentaciones
8	FORMATO, ORGANIZACIÓN Y CALIDAD DE LA INFORMACIÓN	8,00	Mejorar el reporte de datos


Obteniendo una nota de: **8,13** Por lo tanto, **APRUEBA** : debiendo el o los investigadores acatar el siguiente artículo:

Art. 36.- De los estudiantes que aprueban el informe final del TIC con observaciones.- Los estudiantes tendrán el plazo de 10 días para proceder a corregir su informe final del TIC de conformidad a las observaciones y recomendaciones realizadas por los miembros del Tribunal de sustentación de la pre-defensa.


Para constancia del presente, firman en la ciudad de Tulcán el 30/11/2023




MSC. MARCO RUBÉN BURBANO PULLES
PRESIDENTE TRIBUNAL



MSC. ANA LUCÍA RODRÍGUEZ MACHADO
DOCENTE TUTOR



MSC. FREDDY GIOVANNY TORRES MAYANQUER
DOCENTE



Anexo 2. Certificado del abstract por parte de idiomas



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI
FOREIGN AND NATIVE LANGUAGE CENTER

ABSTRACT- EVALUATION SHEET				
NAME: Cristian David López Pérez				
DATE: 4 de enero de 2024				
"Optimización del proceso de obtención de la gelatina por hidrólisis ácido - básica del colágeno a partir de subproductos de pollo."				
MARKS AWARDED QUANTITATIVE AND QUALITATIVE				
VOCABULARY AND WORD USE	Use new learnt vocabulary and precise words related to the topic	Use a little new vocabulary and some appropriate words related to the topic	Use basic vocabulary and simplistic words related to the topic	Limited vocabulary and inadequate words related to the topic
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1 Vera Játiva Edwin Andrés,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
WRITING COHESION	Clear and logical progression of ideas and supporting paragraphs.	Adequate progression of ideas and supporting paragraphs.	Some progression of ideas and supporting paragraphs.	Inadequate ideas and supporting paragraphs.
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
ARGUMENT	The message has been communicated very well and identify the type of text	The message has been communicated appropriately and identify the type of text	Some of the message has been communicated and the type of text is little confusing	The message hasn't been communicated and the type of text is inadequate
	EXCELLENT: 2 <input checked="" type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
CREATIVITY	Outstanding flow of ideas and events	Good flow of ideas and events	Average flow of ideas and events	Poor flow of ideas and events
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
SCIENTIFIC SUSTAINABILITY	Reasonable, specific and supportable opinion or thesis statement	Minor errors when supporting the thesis statement	Some errors when supporting the thesis statement	Lots of errors when supporting the thesis statement
	EXCELLENT: 2 <input type="checkbox"/>	GOOD: 1,5 <input checked="" type="checkbox"/>	AVERAGE: 1 <input type="checkbox"/>	LIMITED: 0,5 <input type="checkbox"/>
TOTAL/AVERAGE	9 - 10: EXCELLENT 7 - 8,9: GOOD 5 - 6,9: AVERAGE 0 - 4,9: LIMITED		TOTAL 9	

Anexo 3. Norma INEN 1961



**NORMA
TÉCNICA
ECUATORIANA**

NTE INEN 1961
Primera revisión
2018-04

GELATINA COMESTIBLE. REQUISITOS

EDIBLE GELATIN. REQUIREMENTS

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 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 cármicos - 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	Minimo	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 ^d		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	Minimo	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 ^a	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.

Anexo 4. Evidencias fotográficas



Figura 10. Preparación de materia prima



Figura 11. Pre tratamiento del colágeno.



Figura 12. Hidrólisis del colágeno



Figura 13. Filtrado con bomba al vacío



Figura 15. Neutralización hasta un pH neutro.



Figura 14. Filtración de los tratamientos



Figura 16. Análisis de ceniza en mufla





Figura 17. Análisis de humedad



Figura 18. Análisis de proteína

Anexo 5. Pruebas reológicas de la gelatina natural

	DEPARTAMENTO DE CIENCIA DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA (DECAB) Ladrón de Guevara E11-253, Edificio 19 - segundo piso Telf: 2976300 ext4236, email: decab@epn.edu.ec PO-Box 17-01-2759 - Quito-Ecuador	CÓDIGO: F-PT-7.7-01-04	
		FECHA DE VIGENCIA: 2023/06/26	
ISO/IEC 17025		VERSIÓN: 04	

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO O TRABAJO

CLIENTE/EMPRESA: López Pérez Cristian David **INFORME No:** IE-LEV-23-001
Persona de contacto: Cristian López **Teléfono:** 0959082223
Dirección cliente: UPEC **Fax:** N/A
Correo electrónico: 1flopezcristian@gmail.com **Tipo de muestra:** Sólida
Fecha de muestreo: N/A (proporcionada por el cliente)
Referencia al plan y método de muestreo: N/A (proporcionada por el cliente)
Fecha de recepción muestra en SC: 2023-07-26
Fecha de realización análisis: 2023-08-02 a 2023-08-04
Fecha de emisión informe: 2023-08-08
Condiciones ambientales (T, HR): (si aplica de acuerdo con el método)

ORDEN DE TRABAJO: DC-OT0068-2023

IDENTIFICACIÓN DE LA(S) MUESTRA(S) Y SERVICIO (S)

No. muestra	ID Muestra	Descripción muestra	Servicio/Analito	Laboratorio
1	DC-MU9686	Gelatina natural	Dureza	Extractos Vegetales
1	DC-MU9686	Gelatina natural	Trabajo de penetración	Extractos Vegetales
1	DC-MU9686	Gelatina natural	Fuerza de gel	Extractos Vegetales
1	DC-MU9686	Gelatina natural	Pegajosidad	Extractos Vegetales
1	DC-MU9686	Gelatina natural	Adhesividad	Extractos Vegetales

RESULTADOS

ID Muestra	Servicio/Analito	Resultado	Unidades	Método
DC-MU9686	Dureza	1 751,00	gf	Texturómetro (Sonda de acero inoxidable de 25 mm de Ø)
	Trabajo de penetración	29 607,50	gf.mm	
	Fuerza de gel	179,00	gf	
	Pegajosidad	0,00	gf	
	Adhesividad	0,00	gf.mm	