



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ  
MANUEL FÉLIX LÓPEZ**

**CARRERA DE AGROINDUSTRIA**

**INFORME DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A  
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA AGROINDUSTRIAL**

**MECANISMO: PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**TEMA:**

**EFEECTO DEL MÉTODO DE HIDRÓLISIS Y TEMPERATURA DE  
DESHIDRATACIÓN EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA,  
FISICOQUÍMICA Y RENDIMIENTO DE COLÁGENO DE PATAS DE  
POLLO**

**AUTORAS:**

**SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA  
ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**

**TUTOR:**

**ING. DENNYS LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ, Mgtr.**

**CALCETA, FEBRERO DE 2024**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Yo **SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA**, con cédula de ciudadanía 131368593-3, y **ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**, con cédula de ciudadanía 030295981-2, declaramos bajo juramento que el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MÉTODO DE HIDRÓLISIS Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y RENDIMIENTO DE COLÁGENO DE PATAS DE POLLO** es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, concedemos a favor de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos, conservando a nuestro favor todos los derechos patrimoniales de autor sobre la obra, en conformidad con el Artículo 114 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación.



---

**Selene Stefania Ormaza Mendieta**  
**CC: 131368593-3**



---

**Erika Fernanda Santos Minalla**  
**CC: 030295981-2**

## AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

**SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA**, con cédula de ciudadanía 131368593-3, y **ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**, con cédula de ciudadanía 030295981-2, autorizamos a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López, la publicación en la biblioteca de la institución del Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MÉTODO DE HIDRÓLISIS Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y RENDIMIENTO DE COLÁGENO DE PATAS DE POLLO**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.



---

**Selene Stefania Ormaza Mendieta**  
CC: 131368593-3



---

**Erika Fernanda Santos Minalla**  
CC: 030295981-2

## **CERTIFICACIÓN DEL TUTOR**

**ING. DENNYS LENIN ZAMBRANO VELÁSQUEZ, Mgtr**, certifica haber tutelado el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MÉTODO DE HIDRÓLISIS Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y RENDIMIENTO DE COLÁGENO DE PATAS DE POLLO**, que ha sido desarrollado por **SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA** y **ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AGROINDUSTRIAL** de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Ing. Dennys Lenin Zambrano Velásquez, Mgtr.**

**CC: 131034276-9**

**TUTOR**

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

Los suscritos integrantes del Tribunal correspondiente, declaramos que hemos **APROBADO** el Trabajo de Integración Curricular titulado: **EFFECTO DEL MÉTODO DE HIDRÓLISIS Y TEMPERATURA DE DESHIDRATACIÓN EN LA CALIDAD BROMATOLÓGICA, FISICOQUÍMICA Y RENDIMIENTO DE COLÁGENO DE PATAS DE POLLO**, que ha sido desarrollado por **SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA** y **ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**, previo a la obtención del título de **INGENIERA AGROINDUSTRIAL**, de acuerdo al **REGLAMENTO DE LA UNIDAD DE INTEGRACIÓN CURRICULAR DE CARRERAS DE GRADO** de la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.

---

**Ing. Pablo Israel Gavilanes López, Mgtr.**

**CC: 180324724-4**

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Eddy Gregorio Mendoza Loor, Mgtr.**

**CC: 131455506-9**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

---

**Ing. Diana Carolina Cedeño Alcivar,  
Mgtr.**

**CC: 131367808-6**

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por haberme acompañado a lo largo de este camino, por darme sabiduría y fortaleza para cumplir este objetivo importante en mi vida;

A mis padres Gilberto Ormaza y Quinche Mendieta por ser los pilares fundamentales en mi vida, por darme su amor y apoyo incondicional, por cada consejo y palabra de superación; gracias por inculcarme valores, principios, enseñanzas y por saberme guiar hacia el camino del bien;

A mi querida y prestigiosa Carrera de Agroindustria por acogerme en el transcurso de mi formación como profesional, por permitirme conocer excelentes personas, gracias a cada docente que se cruzó en mi camino de aprendizaje, en los cuales me demostraron respeto, compromiso y dedicación;

A mi tutor Mgtr. Dennys Lenin Zambrano Velásquez por ser un excelente guía e impartir sus conocimientos, a los miembros de tribunal por aportar sus saberes, y en especial al Ing. Ramón Tobías por ayudarme al inicio de este trabajo, por darme ánimos y palabras de motivación;

A mi extraordinaria compañera de tesis Erika Santos por su amistad, dedicación, compromiso, esfuerzo y por no rendirse a lo largo de esta trayectoria;

A mis compañeros David Bermeo, Jandry Loor, Jimy Zambrano y los Ingenieros Jorge Teca y Eudaldo Loor, quienes estuvieron en toda la ejecución de este trabajo;

A mis amigas incondicionales Angela Mendoza, Andrea Moreira y Dexcy Zambrano con quien compartí momentos inolvidables, gracias por quererme, escucharme, aconsejarme y sobre todo por estar conmigo en las buenas y malas.

**SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA**

## **AGRADECIMIENTO**

A la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López que me dio la oportunidad de crecer como ser humano a través de una educación superior de calidad y en la cual he forjado mis conocimientos profesionales día a día;

A Dios por mantenerme con vida y salud, por brindarme las fuerzas necesarias para superar cada obstáculo que día a día se interponen en mi camino para así lograr alcanzar cada uno de los objetivos que me he propuesto durante toda mi vida tanto estudiantil como personal;

A mis padres quienes han sido mi pilar fundamental y apoyo incondicional durante toda mi trayectoria estudiantil, quienes siempre me han alentado a salir adelante preparándome, sin duda alguna es la mejor herencia que me han podido dar;

A mis hermanos quienes también han sido participe de mi trayectoria universitaria y de alguna u otra manera siempre tengo su apoyo, de igual manera a mis demás familiares;

A mi querida compañera de tesis por su ayuda, apoyo, dedicación y compromiso en esta ardua tarea y durante todo este tiempo universitario;

A mi tutor el Ing. Lenin Zambrano por su paciencia y asesoramiento brindado y a cada uno de los docentes y técnicos que forman parte de la ESPAM MFL, quienes fueron una guía en esta etapa de aprendizaje aportando excelentes conocimientos en mi formación profesional y por la ayuda que me brindaron para la realización de este trabajo;

A mis amigos, compañeros y conocidos que me han apoyado en el transcurso de mi carrera universitaria.

**ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi mayor compañía, porque me ha permitido concluir uno mis anhelos más deseados lleno de vida, salud y mil experiencias;

A mis padres Gilberto Ormaza y Quinche Mendieta por su amor incondicional, por los sacrificios que hicieron para que pudiera salir adelante y convertirme en una profesional, por ser mi inspiración en todo momento y porque para mí es un orgullo y privilegio tenerlos como padres.

**SELENE STEFANIA ORMAZA MENDIETA**

## **DEDICATORIA**

Principalmente a Dios por darme la dicha de disfrutar con vida y salud, sin él nada podría ser posible. Por su fortaleza y sabiduría en aquellos momentos en los que creí que no iba a poder lograr este sueño tan esperado y anhelado. No cabe duda de que el tiempo de Dios es perfecto.

A mi familia, en especial y de manera sincera a mi Madre Mariana Minalla Dueñas y Padre Manuel Santos Zambrano por ser ese pilar fundamental y apoyo incondicional en todo momento, a mis hermanos Kelvin Manuel, Antonio Adolfo, Alan Emanuel y Wendy Anahy que en conjunto con mis padres me alentaron motivándome y dando buenas energías para no permitir que dejara mis estudios en los momentos difíciles que cursamos en nuestras vidas.

A mis hermosos ángeles que tengo en el cielo, que también han sido parte de mi inspiración para lograr superarme.

A mis adorados sobrinos Arlet Antonella e Iker Sebastian que llegaron a llenar mi vida de infinita alegría.

A mis cuñadas Jennifer y Doménica también va dedicado este trabajo como motivación de que somos dueños de nuestro destino y de esta manera les imparto que hay que luchar por cada uno de sus sueños.

**Este logro alcanzado es por ustedes y para todos ustedes...**

**Los Adoro...**

**ERIKA FERNANDA SANTOS MINALLA**

## CONTENIDO GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	ii
AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN .....	iii
CERTIFICACIÓN DEL TUTOR .....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
DEDICATORIA.....	viii
DEDICATORIA.....	ix
CONTENIDO GENERAL.....	x
CONTENIDO DE TABLAS .....	xii
CONTENIDO DE FIGURAS.....	xiii
CONTENIDO DE FÓRMULAS .....	xiv
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT .....	xvi
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES .....	1
1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	1
1.2. JUSTIFICACIÓN .....	2
1.3. OBJETIVOS.....	4
1.3.1. OBJETIVO GENERAL.....	4
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	4
1.4. HIPÓTESIS.....	4
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. PATAS DE POLLO .....	5
2.2. BENEFICIOS DE LA PATAS DE POLLO .....	5
2.3. COLÁGENO.....	5
2.4. CALIDAD BROMATOLÓGICAS.....	6
2.4.1. PROTEÍNA .....	6
2.4.2. HUMEDAD.....	6
2.4.3. GRASAS.....	7
2.4.4. CENIZAS .....	7
2.5. CALIDAD FISICOQUÍMICA .....	7

2.5.1. pH .....	7
2.5.2. ACIDEZ.....	8
2.5.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA).....	8
2.5.4. CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN (CE) .....	8
2.6. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COLÁGENO .....	9
2.6.1. MÉTODO EN MEDIO ÁCIDO .....	9
2.6.2. MÉTODO ALCALINO .....	9
2.7. DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE .....	9
CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO .....	11
3.1. UBICACIÓN .....	11
3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO.....	11
3.3. MÉTODOS.....	11
3.3.1. EXPERIMENTAL .....	11
3.3.2. BIBLIOGRÁFICO.....	12
3.4. TÉCNICAS.....	12
3.5. FACTORES EN ESTUDIO.....	16
3.5.1. NIVELES.....	16
3.5.2. TRATAMIENTOS.....	16
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL.....	16
3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL.....	17
3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO .....	17
3.8.1. Fase 1. Determinar el efecto del método químico (hidrólisis ácida y alcalina) en la extracción del colágeno de patas de pollo sobre las variables bromatológicas y fisicoquímicas de humedad, cenizas, grasa, proteína, pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación .....	23
3.8.2. Fase 2. Determinar el efecto de la temperatura de deshidratación por estufa (60 y 65°C) en la extracción de colágeno de patas de pollo sobre las variables bromatológicas y fisicoquímicas de humedad, cenizas, grasa, proteína, pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación .....	23
3.8.3. Fase 3. Establecer el tratamiento con mayor rendimiento de colágeno deshidratado de patas de pollo en función de los métodos de extracción por hidrólisis y deshidratación.....	24
3.9. VARIABLES A MEDIR .....	24
3.9.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS.....	24

3.9.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS .....	24
3.9.3. RENDIMIENTO .....	24
3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	24
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
4.1. CONTENIDO BROMATOLÓGICO DEL COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN .....	26
4.1.1. HUMEDAD.....	26
4.1.2. CENIZAS .....	27
4.1.3. GRASA .....	29
4.1.4. PROTEÍNA .....	31
4.2. CALIDAD FÍSICOQUÍMICA, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN DEL COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN .....	36
4.2.1. pH .....	36
4.2.2. ACIDEZ TITULABLE.....	41
4.2.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA.....	42
4.2.4. CAPACIDAD DE EMULSIÓN .....	44
4.3. MÉTODO CON MAYOR RENDIMIENTO DE COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO .....	46
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	49
5.1. CONCLUSIONES .....	49
5.2. RECOMENDACIONES .....	49
BIBLIOGRAFÍA .....	51
ANEXOS .....	57

## CONTENIDO DE TABLAS

Tabla 1. Tratamientos .....	16
Tabla 2. Esquema del ANOVA .....	16
Tabla 3. Supuestos del ANOVA para las variables dependientes en estudio .....	25
Tabla 4. Pruebas de hipótesis de Kruskal-Wallis para los tratamientos en función de la variable humedad .....	26
Tabla 5. Pruebas de hipótesis para la variable ceniza en función de los tratamientos .....	28

Tabla 6. Pruebas de hipótesis para la variable grasa en función de los tratamientos .....	29
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable proteína .....	31
Tabla 8. Prueba de Tukey al 5% de error para la variable proteína de los tratamientos.....	35
Tabla 9. Análisis de varianza para la variable pH.....	37
Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% de error para la variable pH de los tratamientos .....	40
Tabla 11. Pruebas de hipótesis para la variable acidez titulable en función de los tratamientos.....	41
Tabla 12. Pruebas de hipótesis para la variable CRA en función de los tratamientos .....	42
Tabla 13. Pruebas de hipótesis para la variable CE en función de los tratamientos .....	44
Tabla 14. Pruebas de hipótesis para la variable rendimiento de colágeno en función de los tratamientos .....	46

## **CONTENIDO DE FIGURAS**

Figura 1. Ubicación del campus politécnico .....	11
Figura 2. Diagrama de proceso de extracción del colágeno por hidrólisis ácida (ácido clorhídrico).....	18
Figura 3. Diagrama de proceso de extracción del colágeno por hidrólisis alcalina (hidróxido de sodio).....	21
Figura 4. Medias de humedad para los tratamientos en estudio .....	27
Figura 5. Medias de cenizas para los tratamientos en estudio.....	28
Figura 6. Medias de grasa para los tratamientos en estudio.....	30
Figura 7. Diferencias de proteínas otorgadas por los niveles del factor A.....	32
Figura 8. Diferencias de proteínas otorgadas por los niveles del factor B.....	33
Figura 9. Interacción de factores en relación de la variable proteína .....	34
Figura 10. Medias porcentuales de proteína para los tratamientos en estudio ....	35
Figura 11. Diferencias de pH otorgadas por los niveles del factor A.....	37
Figura 12. Diferencias de pH otorgadas por los niveles del factor B.....	38
Figura 13. Interacción de los niveles de los factores.....	39
Figura 14. Medias de pH para los tratamientos en estudio .....	40

Figura 15. Medias de acidez titulable para los tratamientos en estudio .....	42
Figura 16. Medias de CRA para los tratamientos en estudio .....	43
Figura 17. Medias de CE para los tratamientos en estudio.....	45
Figura 18. Medias de rendimiento de colágeno para los tratamientos en estudio	47

## **CONTENIDO DE FÓRMULAS**

Fórmula 1. Determinación de humedad .....	12
Fórmula 2. Determinación de cenizas .....	12
Fórmula 3. Determinación de grasa .....	13
Fórmula 4. Determinación de proteína .....	13
Fórmula 5. Determinación de acidez.....	14
Fórmula 6. Determinación de CRA.....	15
Fórmula 7. Determinación de CE .....	15
Fórmula 8. Determinación de rendimiento .....	15

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo determinar el efecto del método de hidrólisis y temperatura de deshidratación en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento de colágeno de patas de pollo. Aplicando un método experimental donde se estudió dos factores con dos niveles, evaluando las características bromatológicas (humedad, cenizas, grasa, proteína), fisicoquímicas (pH, acidez, capacidad de retención de agua, capacidad de emulsificación) y rendimiento. Además, se aplicó un arreglo bifactorial AXB, teniendo en cuenta cuatro tratamientos con tres réplicas obteniendo 12 unidades experimentales. Es por ello, que mediante el método de hidrólisis ácida las características bromatológicas indistintamente de la temperatura de deshidratación permitieron obtener los mejores promedios de proteína, humedad y cenizas, mientras que, la hidrólisis alcalina en combinación con una temperatura de 65°C permitió obtener un mayor porcentaje de grasa. Por otra parte, los análisis fisicoquímicos revelaron que la hidrólisis ácida, en combinación con una temperatura de 65°C permitió obtener las mejores medias de pH, acidez titulable y capacidad de emulsificación, mientras que la hidrólisis alcalina en combinación con una temperatura de 60°C permitió obtener mejores promedios de capacidad de retención de agua. Finalmente, se determinó que el método de extracción más eficiente para la obtención de colágeno de patas de pollos fue el de hidrólisis alcalina a una temperatura de deshidratación de 65°C, posicionando al T4 (Hidrólisis alcalina + 65°C) con el mayor rendimiento de colágeno.

## PALABRAS CLAVES

Extracción, hidrólisis, colágeno, método, deshidratación.

## **ABSTRACT**

The objective of this research was to determine the effect of the hydrolysis method and dehydration temperature on the bromatological and physicochemical quality and yield of chicken leg collagen. An experimental method was applied where two factors with two levels were studied, evaluating the bromatological (moisture, ash, fat, protein), physicochemical (pH, acidity, water retention capacity, emulsification capacity) and yield characteristics. In addition, a bifactorial AXB arrangement was applied, taking into account four treatments with three replicates, obtaining twelve experimental units. Thus, by means of the acid hydrolysis method, the bromatological characteristics, regardless of the dehydration temperature, allowed obtaining the best averages of protein, moisture and ash, while alkaline hydrolysis in combination with a temperature of 65°C allowed obtaining a higher percentage of fat. On the other hand, physicochemical analyses revealed that acid hydrolysis in combination with a temperature of 65°C yielded the best averages of pH, titratable acidity and emulsification capacity, while alkaline hydrolysis in combination with a temperature of 60°C yielded the best averages of water retention capacity. Finally, it was determined that the most efficient extraction method for obtaining collagen from chicken feet was alkaline hydrolysis at a dehydration temperature of 65°C, positioning T4 (alkaline hydrolysis + 65°C) with the highest collagen yield.

## **KEY WORDS**

Extraction, hydrolysis, collagen, method, dehydration.

# **CAPÍTULO I. ANTECEDENTES**

## **1.1. PLANTEAMIENTO Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

Según la Cooperación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE] (2021), la producción de crianza de pollos destinados para carne en el año 2021 fue de 255 millones, mientras que, en el año 2020 se produjeron 263 millones de pollos, cantidades bastante altas conforme al Congreso Internacional en Tecnología Innovación y Docencia [CITID] (2021), el cual destaca que la industria avícola genera desechos contaminantes como, por ejemplo: las patas de pollos, cartílagos, pieles, plumas, vísceras, etc. En lo que corresponde a este subproducto, el mismo autor sostiene que estas representan el 4% del peso total del ave y su composición posee aproximadamente un 20% de colágeno.

No obstante, este colágeno no es aprovechado por la razón de que las patas de pollo comúnmente son catalogadas como un subproducto de escaso interés industrial (Rodríguez y Múnera, 2022), en donde el 40% de la población prefiere no consumirlas o desecharlas porque consideran que no contienen carne y músculos reales, destacando que están compuestas únicamente por piel y tendones, mientras que, el 60% las consume, pero usualmente lo hace en platos típicos de comida como caldos o sopas (Razlan, 2023).

El problema del consumo de las patas de pollo es que al momento de ser sometidas a un proceso térmico este incide en el contenido final de sus componentes o nutrientes. En el caso de las proteínas, en mayor parte estas al ser sometidas a altas temperaturas (70°C – 80°C) son desnaturalizadas, debido al calor excesivo, alta salinidad, sustancias que modifican el pH, entre otros factores. Por lo consiguiente, cabe destacar que las proteínas también se desnaturalizan al ser enfriadas a bajas temperaturas de 10°C a 15 °C (Alzamora et al., 2019).

Con relación a lo anterior, el Consejo de Educación Técnico Profesional (2020) recalca que son pocas las proteínas que pueden permanecer biológicamente activas a más de una temperatura de 50°C. Sabiendo que mayor parte del tiempo

que se cocina un alimento, se usan temperaturas muy elevadas y esto provoca su desnaturalización.

Por lo cual, Torres (2022) menciona que una alternativa de solución del sector avícola es el desarrollo de nuevos productos de los residuos generados día a día y no aprovechados; no solo dándole un valor comercial, si no también reduciendo problemas relacionados con la contaminación ambiental. Es importante mencionar que, las patas de pollo tienen como principal característica que las proteínas se desnaturalizan al momento de someterlas a altas temperaturas, por ese motivo y porque en nuestro medio no se aprovechan se optó por extraer colágeno de este subproducto.

En la actualidad hay pocas investigaciones que se enfocan en aprovechar las patas de pollo por su contenido de colágeno. Por su versatilidad, el colágeno puede ser empleado en diversos procesos como en la elaboración de dulces, repostería, helados entre otros, y también se lo puede aprovechar en diversas industrias como la cosmética, farmacéutica y alimentaria, es por ello, que con la información recabada y mediante el análisis que presenta la problemática se plantea la siguiente interrogante:

¿Cuál método de extracción de colágeno de patas de pollo influirá en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento?

## **1.2. JUSTIFICACIÓN**

El Salvador (2019) menciona que el pollo es uno de los alimentos más consumidos en el mundo, debido a que posee diversos beneficios y gran contenido de proteínas, las cuales brindan varios beneficios para la salud. De todas las partes del pollo, las patas son las más nutritivas porque aportan a nuestro organismo muchos nutrientes y vitaminas. También son una excelente fuente de colágeno, que fortalece y mejora la apariencia del cabello, uñas, la piel, entre otros.

Razlan (2023) argumenta que las patas de pollo aparte de ser ricas en colágeno también son una buena fuente de sulfato de condroitina y ácido hialurónico, por lo que este se proporciona como la fuente de la juventud, debido a que puede prevenir

los efectos del envejecimiento, por lo que beneficiaría a las personas con problemas en las articulaciones.

De igual importancia, Castillo (2021) alude que esta materia prima aparte de ser rica en proteína (colágeno) también contiene minerales como calcio, magnesio, fósforo, silicio y azufre, que pueden ayudar a combatir problemas como la artritis y el dolor articular. También aporta vitamina B2, que interviene en la producción de glóbulos rojos y en el mantenimiento de la piel y las mucosas. Por otra parte, Santana (2019) revela que cada 100g de patas de pollo contienen unas 215 calorías, de las cuales el 63% son grasas, 0% carbohidratos y 37% proteínas.

Por otro lado, Mamani (2018) exterioriza que la disposición final de los subproductos en beneficio de los animales sin duda tiene un impacto ambiental en la sociedad en la que vivimos, muchas de las normas del Departamento de Medio Ambiente siguen vigentes para esta industria, como así lo consideran estos subproductos (tarsos de pollo) como materia prima para su uso en otros procesos industriales motivó el desarrollo de estudios en los que se confirma dicho uso.

Mamani (2018) determina en su investigación que, para extraer colágeno de tarsos de pollo, el hidróxido de sodio es una buena alternativa, debido que facilita la hidrólisis de la grasa, además ayuda a extraer el colágeno con facilidad. Además, la temperatura utilizada para el secado con estufa es 60°C, debido a que, si se eleva la temperatura, cambia la estructura de las proteínas, dando como resultado la desnaturalización de las proteínas; el cual puede cambiar las propiedades organolépticas del alimento o producto (Hernández, 2020).

La presente investigación tiene correspondencia con la línea de investigación “Desarrollo de procesos y/o productos agroindustriales”, por lo que está encaminada a optimizar nuevos procesos agroindustriales contribuyendo al desarrollo económico.

## **1.3. OBJETIVOS**

### **1.3.1. OBJETIVO GENERAL**

Determinar el efecto del método de hidrólisis y temperatura de deshidratación en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento de colágeno de patas de pollo.

### **1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Determinar el efecto del método químico (hidrólisis ácida y alcalina) en la extracción del colágeno de patas de pollo sobre las variables bromatológicas y fisicoquímicas de humedad, cenizas, grasa, proteína, pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación.
- Determinar el efecto de la temperatura de deshidratación por estufa (60 y 65°C) en la extracción de colágeno de patas de pollo sobre las variables bromatológicas y fisicoquímicas de humedad, cenizas, grasa, proteína, pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación.
- Establecer el tratamiento con mayor rendimiento de colágeno deshidratado de patas de pollo en función de los métodos de extracción por hidrólisis y deshidratación.

## **1.4. HIPÓTESIS**

Al menos uno de los métodos de extracción (hidrólisis y deshidratado) de colágeno de patas de pollo influirá positivamente en la calidad bromatológica, fisicoquímica y rendimiento.

## **CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. PATAS DE POLLO**

Bocanegra et al., (2018) exteriorizan que es la extremidad posterior del pollo, la cual puede ser consumida de diversas maneras como en caldos, sopas, snacks, entre otros. Este alimento posee nutrientes como el calcio y colágeno, pero hoy en día en nuestro país es poco consumido. La mayor parte de la carne de las patas es comestible, consiste en piel y tendones. Esto le da a las patas de pollo una textura distintiva que es diferente al resto de la carne del animal. Están compuestas principalmente de cartílago, razón por la cual su resultado es muy viscoso o gelatinoso. Por otra parte, Hernández (2021) indica que, contienen el 70% de colágeno y pese a que representan una buena fuente de colágeno, no son un alimento común en algunas partes del mundo.

### **2.2. BENEFICIOS DE LA PATAS DE POLLO**

Son una rica fuente de colágeno, en realidad contienen más que gelatina, por lo que comerlas mantiene la piel saludable, promueve la elasticidad y la flexibilidad y reduce las arrugas. Por otro lado, ayuda a reparar las lesiones de la piel promoviendo la cicatrización. Además, es excelente para fortalecer las uñas, los ligamentos y los huesos, y sus nutrientes mejoran la función del cartílago. Gracias a que aporta minerales como calcio, magnesio, fósforo, silicio y azufre, ayuda a combatir problemas como la artritis y el dolor articular (Castillo, 2021).

### **2.3. COLÁGENO**

Se considera la proteína mayoritaria del tejido conectivo en vertebrados y en invertebrados. Esta proteína fibrosa e insoluble en agua está compuesta por tres cadenas polipeptídicas que determinan su fuerza. Es el principal componente fibroso de los huesos, dientes y tejidos conectivos (cartílagos, tendones). En relación con la proteína tiene múltiples aplicaciones, principalmente por sus propiedades fisicoquímicas, tanto en la industria farmacéutica como en la alimentaria, pudiendo ser utilizada como emulsionante, estabilizante y gelificante (Alzamora et al., 2019).

Por otro lado, Durán et al. (2018) expresan que es una molécula proteica, también conocida como proteína, que forma fibras de colágeno. Además, son secretadas por células del tejido conjuntivo, como los fibroblastos, así como por otros tipos de células. Por lo cual, es el componente más abundante de la piel y los huesos, representando el 25% de la masa proteica total en los mamíferos y otras especies.

## **2.4. CALIDAD BROMATOLÓGICAS**

### **2.4.1. PROTEÍNA**

Son moléculas biológicas compuestas principalmente de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. También pueden contener azufre en algunas proteínas, fósforo, hierro, magnesio y cobre. Se pueden considerar como polímeros de pequeñas moléculas llamadas aminoácidos, es decir, monómeros. Así, las proteínas son cadenas de aminoácidos plegadas en una estructura tridimensional, lo que les permite realizar miles de funciones (Mendiburu, 2020).

Por otro lado, Quesada y Gómez (2019) expresan que pueden ser de origen animal o vegetal; las de origen animal son una excelente fuente de zinc, hierro hemínico, vitamina B y aminoácidos esenciales de los que se absorben más ligeros y aportan todos los aminoácidos esenciales.

### **2.4.2. HUMEDAD**

Indica la estabilidad del producto, debido a que existe una relación entre el contenido de agua del alimento y su caducidad. Es uno de los métodos más importantes y ampliamente utilizados en el procesamiento, control y conservación de alimentos. El control de la humedad es un factor sustancial en la evaluación de muchos procesos industriales, debido a que permite conocer el contenido de agua de un producto o materia prima para la preparación del producto y estimar las pérdidas físicas del proceso (Zumbado 2002 citado por Quispe, 2019).

Para Botella (2019) el manejo de la humedad de los alimentos es esencial por una variedad de razones, desde la optimización económica de los recursos alimentarios hasta la prevención del crecimiento microbiano, incluida la mejora del proceso de almacenamiento en sí. Por lo tanto, es importante comprender los procesos y métodos utilizados para realizar este control de humedad.

### **2.4.3. GRASAS**

Se refieren a la cantidad de compuestos orgánicos hidrófobos normalmente solubles en disolventes orgánicos menos polares (acetona, cloroformo, éter, etc.). Los compuestos que forman parte de esta fracción son diversos y varían mucho en tamaño y polaridad (Farrán, 2020).

La importancia nutricional de la grasa radica en que es el macronutriente más denso, siendo este el último nutriente energético. En comparación, 1g de grasa proporciona 9kcal; aportando 4kcal por gramo de proteínas y carbohidratos (Cancer y Moreno, 2019).

### **2.4.4. CENIZAS**

Es el proceso de calcinación el cual está formado por los residuos inorgánicos que quedan después de que la materia orgánica se haya quemado. Es de suma importancia comprobar el contenido de este factor, debido a que nos revela la cantidad presente de materia inorgánica en la muestra y de esta manera también podemos comprobar la calidad del producto (Veintimilla, 2020).

Por otro lado, (Cruz, Añazco, y Silva, 2016 y Bueno, Huanaco, y Núñez, 2020 citado por Castillo y Soliz, 2021) argumentan que el análisis de cenizas en los alimentos es parte del próximo análisis químico, el cual se compone únicamente de ingredientes minerales. Este análisis se refiere a la formación de residuos de alimentos inorgánicos debido a la combustión completa de la materia orgánica.

## **2.5. CALIDAD FISICOQUÍMICA**

### **2.5.1. pH**

Terra Food Tech (2022) establece que es un hidrógeno latente o de posibles iones de hidrógeno que se usa para demostrar la alcalinidad de un alimento o cualquier otro modo de comprobar, dependiendo de la densidad de iones de hidrógeno positivos en la mezcla. El nivel de pH es el resultado de la composición del alimento en sí; al igual que el tiempo, la temperatura, los nutrientes, el agua y la salinidad. El pH afecta la vida útil del producto, siendo este un valor imprescindible a la hora de pasteurizar o esterilizar alimentos y según la acidez o alcalinidad del alimento proliferan los microorganismos.

### **2.5.2. ACIDEZ**

Es un parámetro muy importante que previene el crecimiento de bacterias, microorganismos y hongos en los alimentos, permitiendo determinar la presencia de algunos ácidos inorgánicos, ácidos orgánicos, sales de ácidos, bases fuertes y débiles (Valdiviezo, 2019).

Las mediciones de acidez juegan un papel importante, sirven para garantizar que los productos de consumo cumplan con los requisitos de atributos como apariencia, textura, sabor y valor nutricional. Estos métodos aseguran que los alimentos fabricados para el consumo tengan características consistentes y bien definidas, como la vida útil (Mettler, 2022).

### **2.5.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)**

Se la define como la propiedad de una proteína de carne para retener tanto su propia agua como la adicional cuando se expone al proceso de fabricación (tratamiento térmico, prensado, etc.). Razón por la cual esta propiedad es la más estudiada desde el punto de vista de la tecnología alimentaria y de ella dependen otras propiedades, como el color, la textura y la jugosidad de los productos cárnicos. Por ende, es importante que en todo producto cárnico debido a que determina parámetros económicos importantes como: la reducción de peso durante el procesamiento y la calidad del producto resultante. El 70% del agua muscular está contenida en proteínas miofibrilares; 20% en células estromales y 10% en tejido conectivo (Álvarez, 2018).

### **2.5.4. CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN (CE)**

Es la propiedad de unión de grasas de las proteínas, siendo de gran importancia en la aplicación y desarrollo de muchos productos en la industria alimentaria. Es necesario recalcar que el papel de las proteínas en una emulsión es formar un monocapa límite entre las dos fases que componen la emulsión apolar y la fase polar, cambiando así su estructura, orientando sus grupos en fase abierta (Cantú et al., 2019 citado por Reyes, 2022).

## **2.6. MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE COLÁGENO**

### **2.6.1. MÉTODO EN MEDIO ÁCIDO**

Torres (2022) describe que el ácido clorhídrico (HCl) es utilizado para extraer colágeno soluble en ácido. Por ende, el papel de esta solución ácida es aumentar la repulsión entre las moléculas de tropocolágeno, lo que puede provocar la disolución de las moléculas de colágeno.

En una investigación realizada por (González 1998 citado por Quipo, 2020) en la cual obtuvo una base proteica a partir de los residuos sólidos de curtiembres para la manufactura de alimentos balanceados, el cual utilizó HCl a una concentración de 6M en un tiempo promedio de 22 a 24h a una temperatura de 110 °C determinó que se obtuvo una alta base proteica.

### **2.6.2. MÉTODO ALCALINO**

Abarca y Hidalgo (2021) fundamentan que el hidróxido de sodio (NaOH) para la hidrólisis alcalina, respeta los aminoácidos que se destruyen por la hidrólisis ácida. Este es un sólido blanco e industrialmente se usa como solución al 50%, debido a su fácil manejo.

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

## **2.7. DESHIDRATACIÓN POR AIRE CALIENTE**

El secado o deshidratación con aire caliente es una tecnología que utiliza el calor para evaporar o eliminar la humedad contenida en los alimentos, evitando el crecimiento de algunas bacterias que no pueden sobrevivir en ambientes secos (Vega y Fito 2005 citado por Mena et al., 2019). Por otro lado, Sagastibelza (2018)

indica que es un método muy común para el secado de los alimentos. Este lleva un proceso no complejo, en el cual se somete al alimento a una temperatura determinada por un periodo de tiempo establecido hasta alcanzar el valor de humedad deseado. Sin embargo, este requiere de largas horas de proceso, generalmente entre 1 a 7 horas, dependiendo de la temperatura, el contenido de humedad, la estructura del producto y altas temperaturas de aire caliente pudiendo alcanzar hasta los 180°C.

## CAPÍTULO III. DESARROLLO METODOLÓGICO

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación se realizó en los laboratorios de Bromatología y Química General de la Carrera de Agroindustria. Por otro lado, los respectivos análisis bromatológicos, fisicoquímicos y rendimiento se desarrollaron en los laboratorios correspondientes a la Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí “Manuel Félix López” (ESPAM MFL), ubicada en el sitio El Limón del Cantón Bolívar, Ciudad de Calcuta, provincia de Manabí, entre las coordenadas  $0^{\circ}49'27.9''$  de latitud Sur y  $80^{\circ}10'27.2''$  longitud Oeste a una altitud de 15.5m.s.n.m.1. (Google Maps, 2022).

### 3.2. DURACIÓN DEL TRABAJO

La presente investigación tuvo una duración de 20 semanas, a partir de la aprobación de la planificación en el mes de abril del año 2023.

Figura 1. Ubicación del campus politécnico



### 3.3. MÉTODOS

#### 3.3.1. EXPERIMENTAL

Esta investigación se realizó en el método experimental, considerando condiciones de métodos, temperaturas y variables controladas para corroborar su efecto dentro de la calidad bromatológica (humedad, cenizas, grasa y proteína), fisicoquímica (pH, acidez, capacidad de retención de agua y capacidad de emulsificación) y rendimiento del colágeno en polvo de patas de pollo.

### 3.3.2. BIBLIOGRÁFICO

Para el desarrollo de este proyecto se recopiló información de fuentes secundarias (libros, revistas, artículos científicos y sitios web los cuales facilitaron resolver la problemática planteada)

### 3.4. TÉCNICAS

#### DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS

**Humedad:** Se realizó mediante el método gravimétrico, el cual se pesó 2g de muestra en una balanza analítica Sartorius previamente pesado, después, ingresó la muestra durante 2 horas a la estufa Memmert UFE 600 a una temperatura de 135 °C por 2 horas, posterior a ello se trasladó al desecador por 30 minutos y finalmente se pesó para emplear la siguiente fórmula:

Fórmula 1. Determinación de humedad

$$Pc = \frac{m - m_1}{m} \times 100 \quad [1]$$

**Donde:**

**Pc=** Pérdida por calentamiento, en porcentaje de masa.

**m=** Masa de la muestra inicial, en g.

**m<sub>1</sub>=** Masa de la muestra seca o residuo, en g (Delgado y Granda, 2023).

**Cenizas:** Se lo realizó mediante el método gravimétrico, pesando 2g de la muestra y se lo colocó en un crisol de porcelana, para iniciar con el proceso de calcinación durante 25 minutos, luego se trasladó la muestra a la mufla a una temperatura de 600 °C y finalmente se deja enfriar la muestra en un desecador durante 30 minutos para proceder a pesarla y aplicar la siguiente fórmula:

Fórmula 2. Determinación de cenizas

$$C = \frac{m_2 - m_1}{m_1 - m} \times 100 \quad [2]$$

**Donde:**

**C=** Contenido de ceniza en el colágeno, en porcentaje de masa.

**m=** Masa del crisol vacío en g.

**m<sub>1</sub>=** Masa del crisol con la muestra (antes de la incineración), en g.

**m<sub>2</sub>**= Masa del crisol con las cenizas (después de la incineración), en g (Delgado y Granda, 2023).

**Grasa:** Se realizó mediante el método Soxhlet el cual ayudó a extraer contenido de materia grasa, mediante un solvente orgánico (hexano), el cual después se eliminó para pesar el residuo extraído, efectuando así los cálculos con la siguiente fórmula:

Fórmula 3. Determinación de grasa

$$G = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100 \quad [3]$$

**Donde:**

**G**= Contenido de grasa en el colágeno, en porcentaje de masa.

**m<sub>1</sub>**= Masa del matraz de extracción, con grasa extraída en g.

**m<sub>2</sub>**= Masa del matraz de extracción vacío, en g.

**m**= Masa del material, tomada en el ensayo, en g (Delgado y Granda, 2023).

**Proteína:** Para este análisis se utilizó la técnica del método Kjeldahl, en el cual se pesó 1.5 g de la muestra sobre un pedazo de papel parafinado en una balanza analítica Sartorius y se colocó el papel con la muestra en un balón Kjeldahl, luego, se le agregó 125 mL de hidróxido de sodio (NaOH) y una pastilla Kjeldahl, después se llevó al equipo Kjeldahl durante 1 hora 30 minutos y se dejó enfriar por 1 hora, transcurrido ese tiempo se realizó la segunda fase, en un matraz de 250 ml se agregó 50 mL de ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) con 0.1g de rojo de metilo y en el balón se colocó 150 mL de agua destilada, 80 mL de solución Kjeldahl, 75 g de parafina, una granalla de zinc, y se dejó destilar por 1 hora 30 minutos. Por último, se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) hasta el primer cambio de color amarillo pato, y finalmente se tomó en cuenta el consumo de NaOH. Para efectuar el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

Fórmula 4. Determinación de proteína

$$PP = \frac{(Cc. H_2SO_4 * N - cc NaOH * N) * Meq * FC}{Pm} \times 100\% \quad [4]$$

**Donde:**

**Cc H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**= Consumo de ácido sulfúrico.

**Cc NaOH**= Consumo de hidróxido de sodio.

**N=** Normalidad.

**Meq=** Miliequivalente (0.014).

**FC=** Factor de conversión (6.25).

**Pm=** Peso de la muestra (López y Mora, 2023).

## **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS**

**pH:** Este análisis se determinó con el equipo de potenciómetro, el cual se pesó 10 g de la muestra a la que se incorporó con 50 mL de agua destilada en un vaso de precipitación, luego se introdujo el electrodo en la solución durante un minuto para obtener la lectura del pH de la muestra (Muñoz, 2022).

**Acidez:** Se determinó por medio del método volumétrico, en la cual se pesó en una balanza analítica 5g de la muestra y se añadió dentro de un Erlenmeyer de 250 mL donde se incorporó alcohol neutro y se agitó hasta obtener una disolución homogénea y se dejó reposar por 24 horas. Una vez estipulado el tiempo, se procedió a titular, en la cual se retiró 10 mL de la muestra con una pera de succión y una pipeta volumétrica de 10 mL y se incorporó la muestra en un matraz Erlenmeyer añadiendo 3 gotas del indicador fenolftaleína, luego, se empezó a titular con la solución de hidróxido de sodio al 0.1N y se homogeneizó hasta que la muestra obtuvo una coloración rosada. Para efectuar el cálculo se utilizó la siguiente fórmula:

**Fórmula 5.** Determinación de acidez

$$PA = \frac{C \text{ NaOH} * \text{Meq} \text{ \acute{a}c.} * N \text{ NaOH}}{Pm} \times 100\% \quad [5]$$

**Donde:**

**PA=** Porcentaje de acidez.

**C NaOH=** Consumo de hidróxido de sodio.

**Meq \acute{a}c=** Miliequivalente químico del ácido.

**N NaOH=** Normalidad del hidróxido de sodio.

**Pm =** Peso de muestra (Muñoz, 2022).

**Capacidad de retención de agua CRA:** Se lo realizó mediante el método gravimétrico, utilizando la metodología de Álvarez y Romero (2017), en el cual se colocó 5g de la muestra en un tubo de ensayo, luego, se le agregó 8 mL de solución

NaCl al 0.6M y se agitó durante 1 minuto, después se colocó el tubo con la muestra en un baño de hielo picado durante 30 minutos, pasado el tiempo estipulado, se colocaron las muestras en la centrifuga durante 15 minutos y finalmente se decantó el líquido sobre drenaje en una probeta y se midió el volumen no retenido de los 8 mL de solución de NaCl. Para realizar el cálculo se efectuó la siguiente fórmula:

**Fórmula 6.** Determinación de CRA

$$CRA = \frac{\text{Solución } 0.6M \text{ de NaCl-Líquido sobrenadante (ml)}}{\text{Peso de la muestra (g)}} \times 100\% \quad [6]$$

**Capacidad de emulsificación CE:** Se realizó mediante el método gravimétrico, usando la metodología de Reyes (2022) donde se pesaron 25 g para cada muestra con 100 mL de solución de NaCl al 0.1M en una licuadora hasta obtener una pasta, luego se tomó 50 g de la pasta y se le añadió 75 mL de NaCl al 0.1M a 5 °C y se licuó nuevamente durante 5 minutos a baja velocidad, transcurrido ese tiempo se le va agregando aceite vegetal con una bureta hasta que este deje de integrarse a la pasta, proceso el cual se lo realizó para que exista una ruptura de emulsión. Finalmente se efectuó la determinación por duplicado mediante la siguiente fórmula:

**Fórmula 7.** Determinación de CE

$$CE = \frac{\text{Muestra de la pasta} * \text{Muestra del colágeno (g)}}{\text{Muestra del colágeno (g)} + \text{Solución de NaCl}} \times 100\% \quad [7]$$

## DETERMINACIÓN DE RENDIMIENTO

Mediante la aplicación de fórmula para evaluar el porcentaje del rendimiento del colágeno de patas de pollo se efectuó la fórmula descrita por Abarca y Hidalgo (2017) utilizando el programa Microsoft Excel 2016, donde determinó el rendimiento presentado por cada método de extracción, y así evidenciar cuál brindó mejores resultados, tanto en calidad como en su rendimiento.

**Fórmula 8.** Determinación de rendimiento

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Masa final del producto (g)}}{\text{Masa inicial de las patas de pollo (g)}} \times 100\% \quad [8]$$

### 3.5. FACTORES EN ESTUDIO

**Factor A:** Método de Hidrólisis

**Factor B:** Temperatura de deshidratación por aire caliente

#### 3.5.1. NIVELES

Para el factor A (método de hidrólisis) se utilizaron los siguientes niveles:

**a<sub>1</sub>:** Hidrólisis ácida (ácido clorhídrico)

**a<sub>2</sub>:** Hidrólisis alcalina (hidróxido de sodio)

Para el factor B (temperatura de deshidratación por aire caliente), se tuvo en cuenta los siguientes niveles:

**b<sub>1</sub>:** 60°C por 30 horas

**b<sub>2</sub>:** 65°C por 30 horas

#### 3.5.2. TRATAMIENTOS

Al desarrollar la combinación de los diferentes niveles de cada factor se obtuvieron como resultado los siguientes tratamientos mostrados en la tabla 1.

**Tabla 1.** Tratamientos

TRATAMIENTOS	CÓDIGOS	DESCRIPCIÓN
T1	a <sub>1</sub> b <sub>1</sub>	Hidrólisis ácida - 60 °C por 30 horas
T2	a <sub>1</sub> b <sub>2</sub>	Hidrólisis ácida - 65 °C por 30 horas
T3	a <sub>2</sub> b <sub>1</sub>	Hidrólisis alcalina - 60 °C por 30 horas
T4	a <sub>2</sub> b <sub>2</sub>	Hidrólisis alcalina - 65 °C por 30 horas

### 3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

Se aplicó un arreglo bifactorial AXB con dos factores y dos niveles, en un diseño completamente al azar, teniendo un total de cuatro tratamientos con tres réplicas; como se detalla en la tabla 2.

**Tabla 2.** Esquema del ANOVA

ESQUEMA DEL ANOVA	
Fuente de variación	Gl
Total	11
Factor A	1
Factor B	1
Interacción AXB	1
Error	8

### **3.7. UNIDAD EXPERIMENTAL**

Para cada unidad experimental se tomó una muestra de 2kg de patas de pollo para cada uno de los tratamientos, sometiéndose a los dos tipos de hidrólisis con sus respectivas temperaturas de deshidratación.

### **3.8. MANEJO DEL EXPERIMENTO**

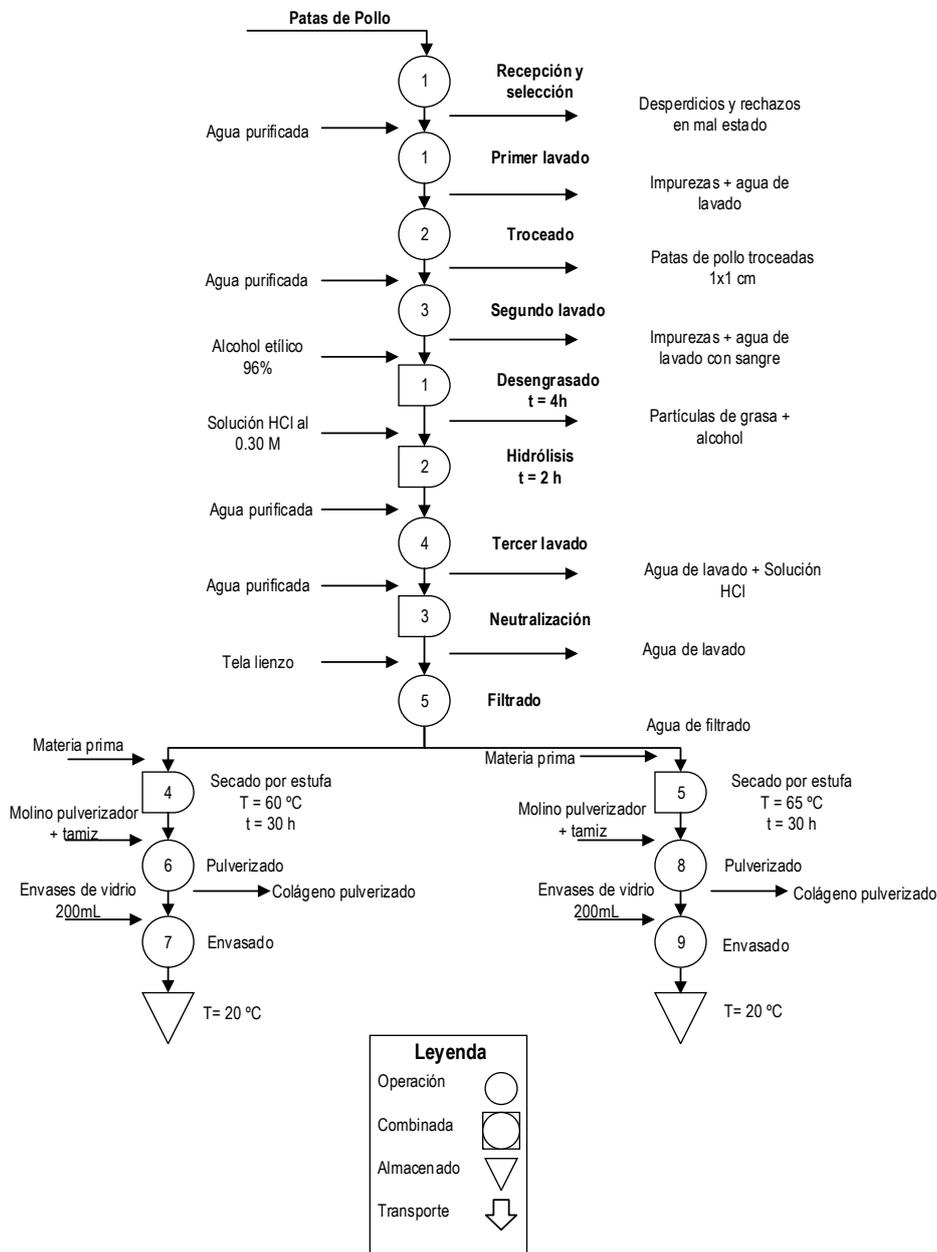
Para el cumplimiento de los objetivos se desarrollaron las siguientes actividades:

En los laboratorios de bromatología se receptaron las patas de pollo procedentes del mercado de Calceta las cuales se les realizó una inspección y selección a cada una de ellas para descartar las que estén en mal estado (magulladas, color extraño, etc.), seguidamente se le realizó un primer lavado manual con agua purificada para retirar materias ajenas y restos de sangre impregnadas en la piel.

Una vez obtenidas las patas de pollo seleccionadas (2kg para cada UE) se procedió a la extracción del colágeno, el cual se lo realizó por dos métodos de extracción los cuales fueron el método ácido y alcalino. A continuación, se describen los diagramas de procesos para la extracción del colágeno de patas de pollo:

## PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL COLÁGENO POR HIDRÓLISIS ÁCIDA (ÁCIDO CLORHÍDRICO)

Figura 2. Diagrama de proceso de extracción del colágeno por hidrólisis ácida (ácido clorhídrico)



## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL COLÁGENO POR HIDRÓLISIS ÁCIDA (ÁCIDO CLORHÍDRICO)

**Recepción y selección:** En este proceso se recibieron las patas de pollo (broiler) provenientes del mercado de Calceta, las cuales se sometieron a una inspección para seleccionar las que no presentaban golpes y también retirando materia ajena. Además, con la ayuda de una balanza analítica (sartorius), se tomaron los pesos de las patas de pollo que ingresan al proceso.

**Primer lavado:** Se sometieron a un primer lavado con dos litros de agua, para retirar partículas ajenas y el exceso de sangre que contengan superficialmente.

**Troceado:** Las patas de pollo fueron cortadas con cuchillos de acero inoxidable (tramontina) manualmente, se obtuvieron trozos de aproximadamente 1x1cm, para facilitar la extracción del colágeno.

**Segundo lavado:** Una vez troceadas se procedió a un segundo lavado con cuatro litros de agua purificada para retirar los restos de sangre.

**Desengrasado:** Se colocaron en una solución de alcohol etílico al 96% durante cuatro horas, esto se realizó con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de grasa posible. Además, se homogeneizó de forma manual cada 30 minutos.

**Hidrólisis:** Las patas de pollo troceadas se colocaron en una bandeja de plástico y se les incorporó 62.1mL de ácido clorhídrico al 0.3M, en una temperatura de 20°C con un tiempo de dos horas, los cuales facilitaron la hidrólisis del colágeno.

**Tercer lavado:** Se lo realizó manualmente con cuatro litros de agua purificada para retirar las trazas de grasa y para eliminar el ácido clorhídrico.

**Neutralización:** Después, se realizaron varios lavados con agua purificada, hasta neutralizar la muestra y obtener un pH siete, en el cual se utilizó un pH-metro OAKTON.

**Filtración:** Concluido con el lavado, se procedió a la filtración con una tela lienzo, el cual se lo realizó con el objetivo de retirar los restos líquidos.

**Deshidratación:** Se sometieron las muestras en una estufa Memmert UFE 600 a temperaturas de 60 y 65°C, durante 30 horas tiempo el cual ayudó a extraer la mayor cantidad de humedad presente en las muestras.

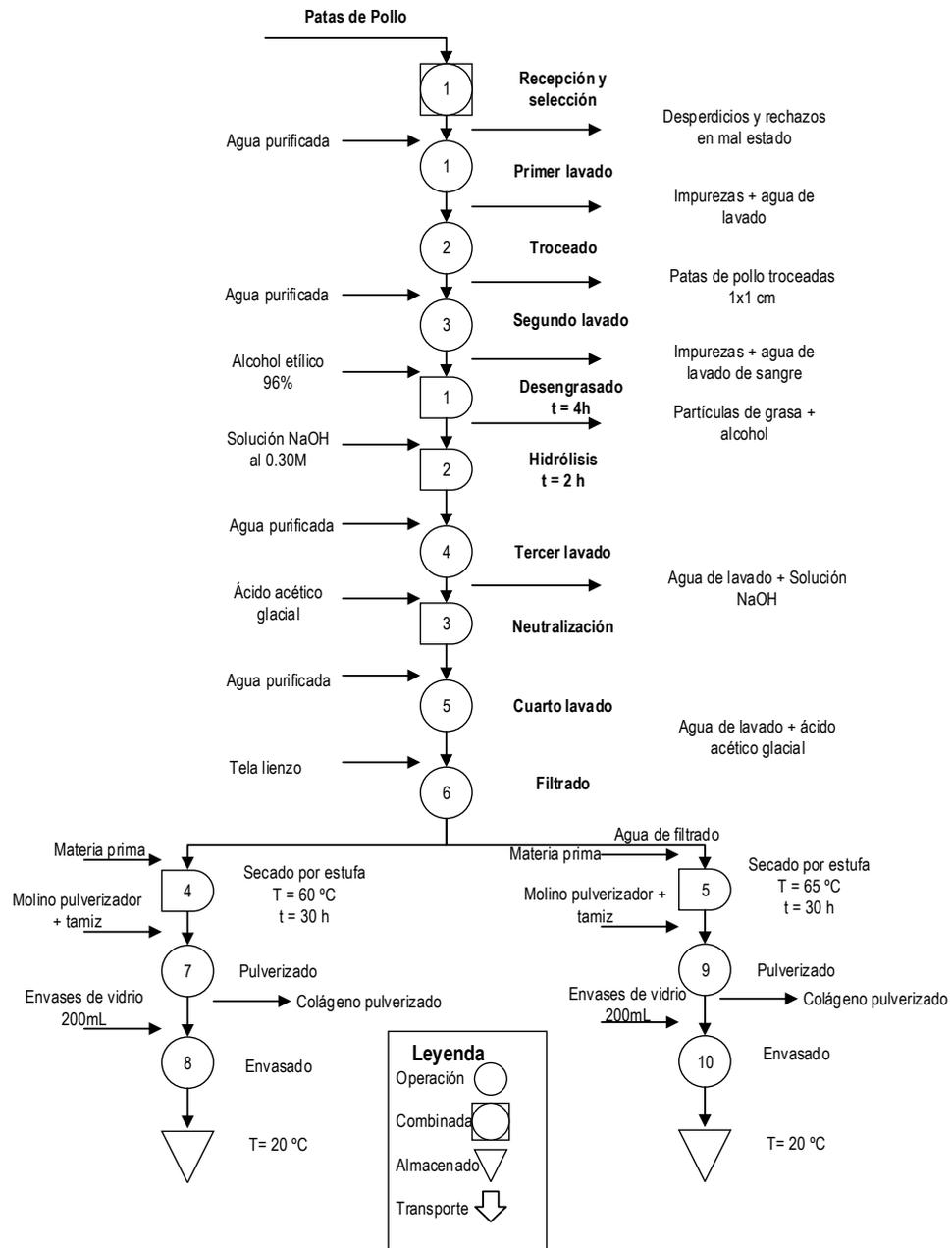
**Pulverizado:** Se trituró la materia prima en un molino pulverizador GRINDER durante cinco minutos, y luego pasó por un tamiz #30 para obtener partículas pequeñas del colágeno pulverizado.

**Envasado:** El colágeno pulverizado se envasó manualmente en recipientes transparentes de vidrio de 200mL.

**Almacenado:** Se colocó el colágeno envasado en un desecador, para evitar que la muestra gane humedad.

## PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL COLÁGENO POR HIDRÓLISIS ALCALINA (HIDRÓXIDO DE SODIO)

Figura 3. Diagrama de proceso de extracción del colágeno por hidrólisis alcalina (hidróxido de sodio)



## DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE EXTRACCIÓN DEL COLÁGENO POR HIDRÓLISIS ALCALINA (HIDRÓXIDO DE SODIO)

**Recepción y selección:** En este proceso se recibieron las patas de pollo (broiler) provenientes del mercado de Calceta, las cuales se sometieron a una inspección para seleccionar las que no presentaban golpes y también retirando materia ajena. Además, con la ayuda de una balanza analítica (sartorius), se tomaron los pesos de las patas de pollo que ingresan al proceso.

**Primer lavado:** Se sometieron a un primer lavado con dos litros de agua, para retirar partículas ajenas y el exceso de sangre que contengan superficialmente.

**Troceado:** Las patas de pollo fueron cortadas con cuchillos de acero inoxidable (tramontina) manualmente, se obtuvieron trozos de aproximadamente 1x1cm, para facilitar la extracción del colágeno.

**Segundo lavado:** Una vez troceadas se procedió a un segundo lavado con cuatro litros de agua purificada para retirar los restos de sangre.

**Desengrasado:** Se colocaron en una solución de alcohol etílico al 96% durante cuatro horas, esto se realizó con la finalidad de eliminar la mayor cantidad de grasa posible. Además, se homogeneizó de forma manual cada 30 minutos.

**Hidrólisis:** Las patas de pollo troceadas se colocaron en una bandeja de plástico y se les incorporó 2500mL de hidróxido de sodio al 0.3M, en una temperatura de 20°C con un tiempo de dos horas, los cuales facilitaron la hidrólisis del colágeno.

**Tercer lavado:** Se lo realizó manualmente con cuatro litros de agua purificada para retirar las trazas de grasa y para eliminar el hidróxido de sodio.

**Neutralización:** Se le agregó ácido acético glacial hasta cubrir toda la muestra, proceso el cual ayudó a neutralizar la muestra y obtener un pH siete, en el cual se utilizó un pH-metro OAKTON.

**Cuarto lavado:** Se realizó de forma manual con seis litros de agua purificada, con la finalidad de retirar el ácido acético glacial de la muestra.

**Filtración:** Concluido con el lavado, se procedió a la filtración con una tela lienzo, el cual se lo realizó con el objetivo de retirar los restos líquidos.

**Deshidratación:** Se sometieron las muestras en una estufa Memmert UFE 600 a temperaturas de 60 y 65°C, durante 30 horas tiempo el cual ayudó a extraer la mayor cantidad de humedad presente en las muestras.

**Pulverizado:** Se trituro la materia prima en un molino pulverizador GRINDER durante cinco minutos, y luego pas6 por un tamiz #30 para obtener partculas pequeas del col6geno pulverizado.

**Envasado:** El col6geno pulverizado se envas6 manualmente en recipientes transparentes de vidrio de 200mL.

**Almacenado:** Se coloc6 el col6geno envasado en un desecador, para evitar que la muestra gane humedad.

### **3.8.1. Fase 1. Determinar el efecto del m6todo qu6mico (hidr6lisis 6cida y alcalina) en la extracci6n del col6geno de patas de pollo sobre las variables bromatol6gicas y fisicoqu6micas de humedad, cenizas, grasa, prote6na, pH, acidez, capacidad de retenci6n de agua y capacidad de emulsificaci6n**

Despu6s, de 24 horas de la obtenci6n del col6geno, las muestras fueron trasladadas en vasos de precipitaci6n (cubiertos con papel aluminio) al laboratorio de Bromatolog6a donde se realizaron los an6lisis de humedad y cenizas, mediante las t6cnicas de estufa y mufla. Mientras que, la variable grasa y prote6na se realizaron bajo los m6todos Soxhlet y Kjeldahl en el laboratorio de Qu6mica General de la ESPAM MFL.

### **3.8.2. Fase 2. Determinar el efecto de la temperatura de deshidrataci6n por estufa (60 y 65°C) en la extracci6n de col6geno de patas de pollo sobre las variables bromatol6gicas y fisicoqu6micas de humedad, cenizas, grasa, prote6na, pH, acidez, capacidad de retenci6n de agua y capacidad de emulsificaci6n**

Al igual que la fase uno, se procedi6 a realizar los an6lisis fisicoqu6micos en el laboratorio de Bromatolog6a de la ESPAM MFL para determinar la calidad del col6geno. Donde, el pH se determin6 mediante un potenci6metro, la acidez bajo el m6todo volum6trico, la capacidad de retenci6n de agua y capacidad de emulsificaci6n mediante el m6todo gravim6trico.

### **3.8.3. Fase 3. Establecer el tratamiento con mayor rendimiento de colágeno deshidratado de patas de pollo en función de los métodos de extracción por hidrólisis y deshidratación**

Además, se realizó el cálculo de rendimiento mediante fórmula y luego, se registraron los datos obtenidos de las variables en un archivo de Microsoft Excel 2016. Finalmente, se procedió a realizar el análisis estadístico de las variables respuestas para definir el mejor tratamiento.

## **3.9. VARIABLES A MEDIR**

### **3.9.1. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS BROMATOLÓGICAS**

- Humedad (%)
- Cenizas (%)
- Grasa (%)
- Proteína (%)

### **3.9.2. ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS**

- pH
- Acidez
- Capacidad de retención de agua
- Capacidad de emulsificación

### **3.9.3. RENDIMIENTO**

- Rendimiento (%)

## **3.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Se utilizó el software SPSS versión 21 (libre) y se efectuaron las siguientes pruebas: En la tabla 3 se presentan los supuestos del ANOVA (normalidad y homogeneidad), donde se aprecia que las variables: proteína y pH, se distribuyeron de manera normal y homogénea ( $Sig. \geq 0.05$ ), al cumplir con el supuesto de normalidad (Shapiro-Wilk) y homogeneidad (Levene), pasando a ser analizados mediante pruebas paramétricas en tanto que, los datos para humedad, cenizas, grasa, acidez titulable capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de emulsión (CE) y rendimiento de colágeno, no cumplieron con estos supuestos, presentando diferencias estadísticas significativas ( $Sig. < 0.05$ ), pasando a ser analizadas mediante pruebas no paramétricas.

**Tabla 3.** Supuestos del ANOVA para las variables dependientes en estudio

Variables dependientes		Shapiro-Wilk			Estadístico de Levene
		Estadístico	GI	Sig.	
Bromatológicas	Humedad (%)	0.844	12	0.031	---
	Cenizas (%)	0.922	12	0.301	0.008
	Grasa (%)	0.770	12	0.004	---
	Proteína (%)	0.875	12	0.076	0.071
Fisicoquímicas	pH	0.908	12	0.198	0.388
	Acidez titulable (%)	0.822	12	0.017	---
	CRA	0.802	12	0.010	---
	CE	0.767	12	0.004	---
Rendimiento	Colágeno (%)	0.878	12	0.083	0.007

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CONTENIDO BROMATOLÓGICO DEL COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN

#### 4.1.1. HUMEDAD

El ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis reveló diferencias estadísticas significativas entre las medias de humedad de los tratamientos (*Sig.*<0.05), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias (tabla 4).

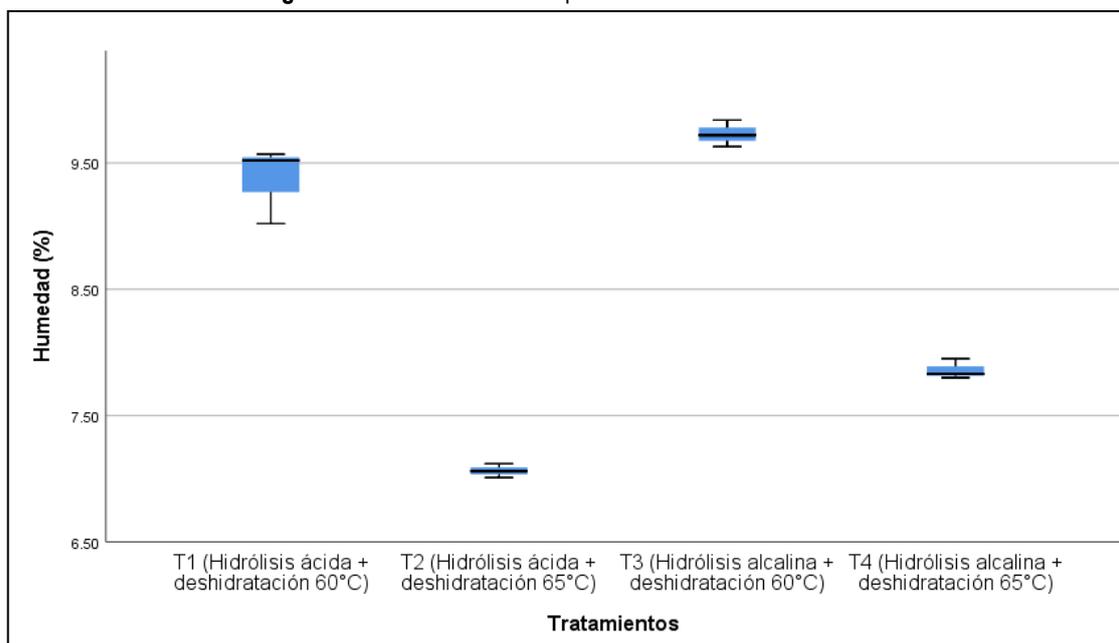
**Tabla 4.** Pruebas de hipótesis de Kruskal-Wallis para los tratamientos en función de la variable humedad

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Humedad es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.016	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba no paramétrica de comparación por parejas (Anexo 1-A), donde se compararon los tratamientos todos contra todos, evidenciando diferencias estadísticas significativas (*Sig.*<0.05) entre las medias del T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C) y T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C) respecto de la humedad, es decir, el promedio de humedad entre estos dos tratamientos, difieren de los demás.

Por lo antes expuesto, en la figura 4 se presentan los promedios de humedad de los tratamientos, donde se aprecia que el T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C) se posicionó como el tratamiento con el mayor promedio de humedad (9.73%), mientras que el T2 (Hidrólisis ácida + 65°C) presentó el porcentaje de humedad más bajo, lo que lo hace el más conveniente para el estudio, para evitar contaminación microbiana.

Figura 4. Medias de humedad para los tratamientos en estudio



Los rangos de humedad reportados para el colágeno estuvieron entre 7.06% y 9.73%, los cuales guarda relación con lo estipulado por Mamani (2018), estudió la obtención del colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de tarsos de pollo, obteniendo medias de humedad de entre 8.90% y 10.59%. De acuerdo con Lavid (2019), debido a la hidrólisis las propiedades moleculares de las proteínas cambian produciéndose la disminución del peso molecular, el aumento de la carga y la liberación de grupos hidrofóbicos, entre otros fenómenos. Como se observa en la figura 4, las medias de humedad de los tratamientos estuvieron en función de la temperatura, donde se aprecia que aquellos tratamientos donde se utilizó una temperatura de 65°C, obtuvieron una media más baja, siendo mejores debido a que no son tan susceptibles de contaminación.

#### 4.1.2. CENIZAS

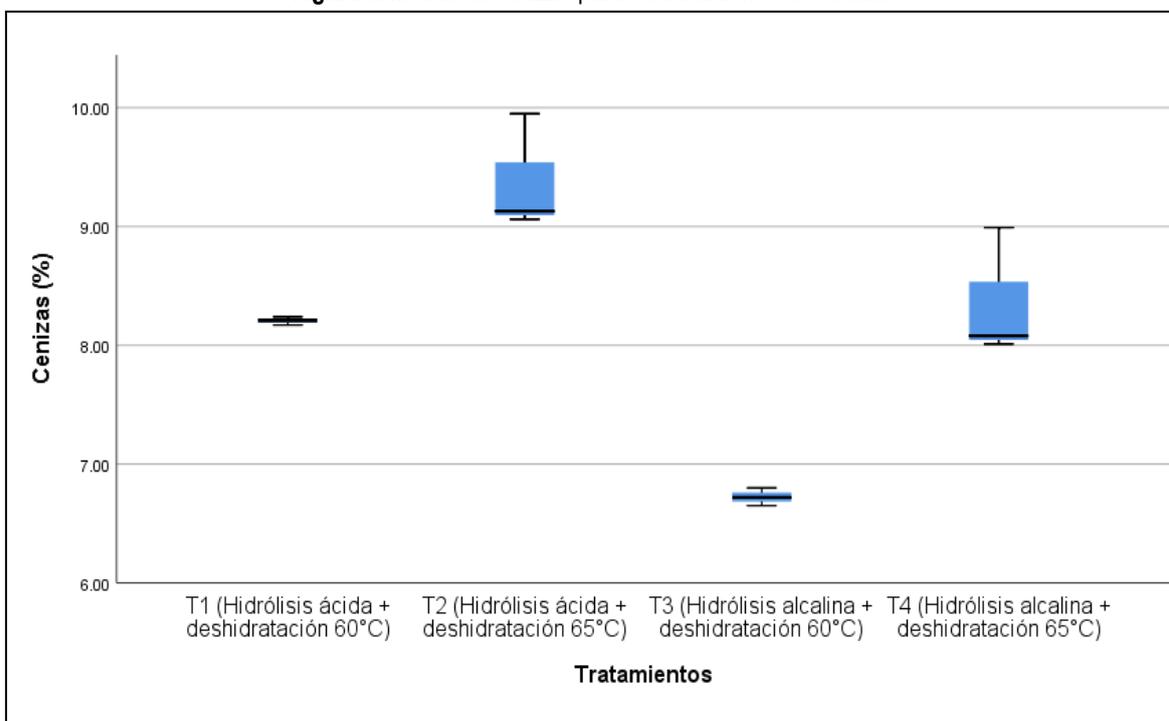
El ANOVA no paramétrico de Kruskal-Wallis, indicó diferencias estadísticas significativas entre las medias de ceniza de los tratamientos ( $Sig.<0.05$ ), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias entre todos los tratamientos (tabla 5).

**Tabla 5.** Pruebas de hipótesis para la variable ceniza en función de los tratamientos

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Cenizas es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.024	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba no paramétrica de comparación por parejas (Anexo 1-B), la cual demostró diferencias estadísticas significativas (Sig.<0.05) entre las medias de ceniza de los tratamientos T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C) y T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C), indicando que difieren de los demás tratamientos.

En la figura 5 se presentan las medias de cenizas reportadas para los tratamientos, evidenciando lo antes expuesto, donde se aprecia que el T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C) se posicionó como el tratamiento con el mayor promedio porcentual de cenizas (9.38%), dejando al T3 (Hidrólisis alcalina + 60°C) con el menor promedio (6.72%). En este contexto, la hidrólisis ácida en combinación con una temperatura de 65°C permitió obtener un porcentaje más elevado de cenizas.

**Figura 5.** Medias de cenizas para los tratamientos en estudio

Azanza (2014), estudió la obtención de colágeno de las patas de pollo por tratamiento térmico para la sustitución de emulsión en la elaboración de salchicha vienesa, donde se demostró que el colágeno procesado a una temperatura más elevada, obtuvo una mayor concentración de cenizas; sin embargo, en esta investigación, las temperaturas utilizadas (60°C y 65°C), no influyeron sobre esta variable, debido a que el rango entre una y otra fue pequeño. Este autor concluye que, al aplicar mayor temperatura, la concentración del porcentaje de minerales también se ve notablemente afectada, provocando que aumente al mínimo la concentración de sólidos totales en la concentración de ceniza.

Los rangos de ceniza reportados en esta investigación fueron entre 6.72% y 9.38%, los cuales coinciden con los valores de Mamani (2018), quien obtuvo una media de 7.23% para colágeno de patas de pollos hidrolizado mediante el método alcalino, utilizando un tiempo de hidrólisis de 8 horas, lo que también afectó los rendimientos. En este sentido y de acuerdo con lo observado en la figura 5 la temperatura de 65°C en conjunto con la hidrólisis ácida (T2), fue más efectiva en la obtención de cenizas, debido a que los tiempos de extracción fueron más prolongados.

#### 4.1.3. GRASA

La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis reveló diferencias estadísticas significativas (*Sig.*<0.05) entre los promedios de grasa de los tratamientos, rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias, tal y como se lo muestra en la tabla 6.

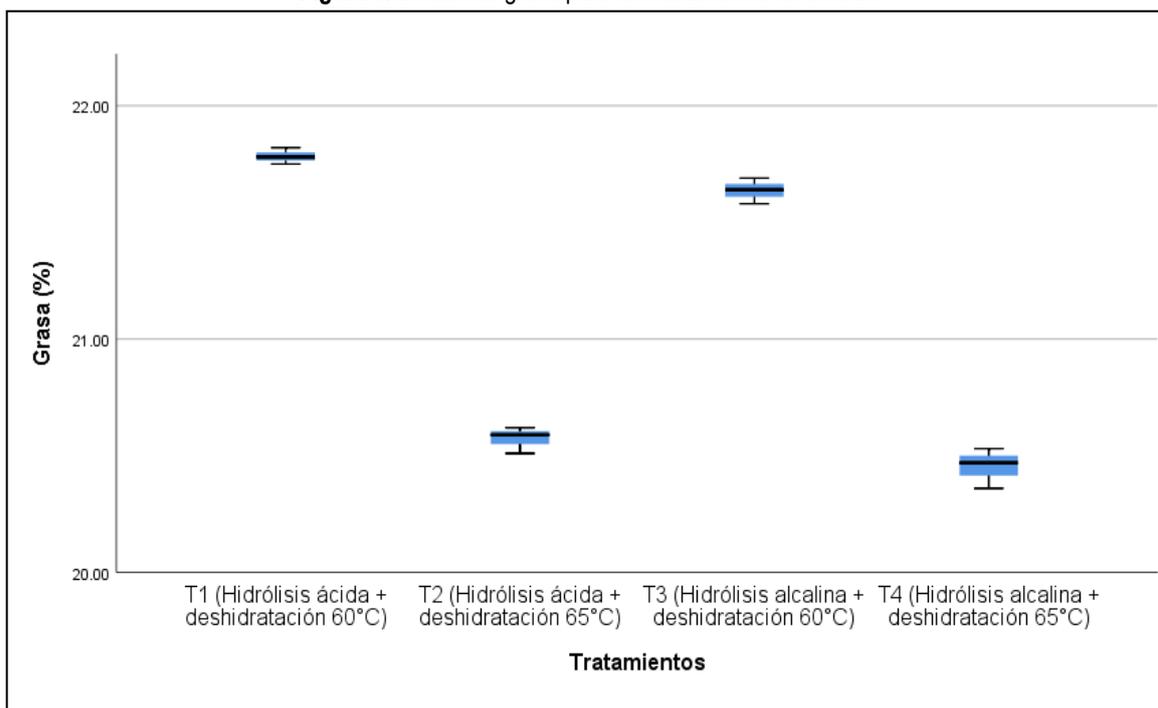
**Tabla 6.** Pruebas de hipótesis para la variable grasa en función de los tratamientos

<b>Resumen de prueba de hipótesis</b>				
	<b>Hipótesis nula</b>	<b>Prueba</b>	<b>Sig.</b>	<b>Decisión</b>
1	La distribución de Grasa es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.019	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para demostrar las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba no paramétrica de comparación por parejas (Anexo 1-C), la cual indicó diferencias estadísticas significativas (*Sig.*<0.05) entre los tratamientos T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C) y el T1 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C), indicando que difieren de los demás tratamientos en relación del porcentaje de

grasa. En este sentido, para demostrar las diferencias cuantitativas, en la figura 6 se presentan los promedios de grasa, donde se aprecia que el T1 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 60°C) se posicionó como el tratamiento con la mayor media de grasa (21.78%), mientras que el T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C) presentó el porcentaje de grasa más bajo (20.45%).

**Figura 6.** Medias de grasa para los tratamientos en estudio



Los rangos de grasa obtenidos en esta investigación fueron de entre 20.45% a 21.78%, mismos que no coinciden con los datos reportados por Castrejón (2019), quien estudió las características fisicoquímicas del colágeno hidrolizado tipo 1 obtenidas de extremidades de pollo, consiguiendo medias de grasa de entre 1.38% a 1.43%, lo que se pudo deber al método de extracción empleado, debido a que este autor utilizó microorganismos Eficaces EM. Por su parte Mamani (2018) trabajó con tarsos de pollo para la obtención de colágeno, obtuvo una media de grasa de 2.24%, la cual también fue muy inferior a las obtenidas en la presente investigación (Figura 6). De acuerdo con Castrejón (2019), las diferencias del porcentaje de grasa también están condicionados por la calidad del ave y la variedad de esta.

Por su parte La Madrid y Cárcamo (2022), mencionan algo similar, indicando que las diferencias de grasa en el colágeno de patas de pollos, estará en función de los métodos de extracción utilizados y de las temperaturas, añadiendo además que

otros factores importantes a considerar son la diferencia de climas, raza y el tipo de alimentación que recibió el animal. Por lo antes manifestado, se posicionó al T4 (hidrólisis alcalina + 65°C) como el mejor tratamiento, debido a que presentó la media de grasa más baja (20.47%).

#### 4.1.4. PROTEÍNA

En la tabla 7 se presenta el análisis de varianza para la variable proteína, donde se observa diferencias altamente significativas en los efectos principales del modelo estadístico ( $Sig.<0.05$ ), donde el factor A (Método de hidrólisis), factor B (Temperatura de deshidratación por aire caliente) y la interacción de ambos, incidieron sobre las medias de proteína. Es decir, el método de hidrólisis (ácida y alcalina) en combinación con la temperatura de deshidratación por aire caliente (60°C y 65°C), influyen en el contenido de proteína a los tratamientos.

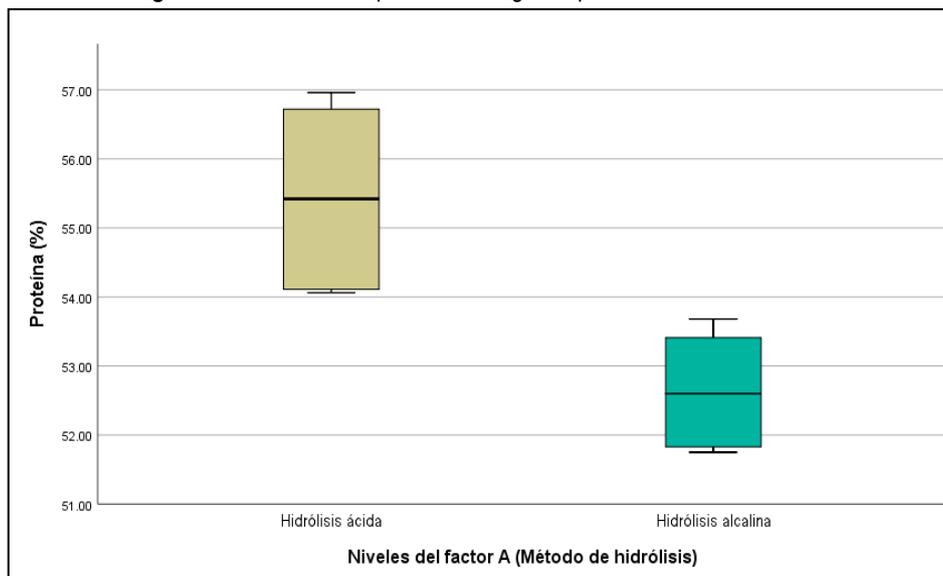
Tabla 7. Análisis de varianza para la variable proteína

Pruebas de efectos inter-sujetos					
Variable dependiente: Proteína					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor A (Método de hidrólisis)	23.576	1	23.576	1521.853	0.000
Factor B (Temperatura de deshidratación por aire caliente)	14.127	1	14.127	911.890	0.000
Factor A * Factor B	0.811	1	0.811	52.364	0.000
Error	0.124	8	0.015		
Total	35091.144	12			

a. R al cuadrado = .997 (R al cuadrado ajustada = .996)

Para establecer las diferencias ejercidas por los niveles del factor A (Método de hidrólisis) sobre la variable respuesta, se aplicó un diagrama de cajas y bigotes, donde se puede apreciar que la hidrólisis ácida (nivel  $a_1$ ), permitió obtener una media de proteína más alta en el colágeno de patas de pollo (55.45%), mientras que la hidrólisis alcalina ( $a_2$ ), con una media de 52.65%, condescendió un menor porcentaje de proteína (Figura 7).

**Figura 7.** Diferencias de proteínas otorgadas por los niveles del factor A



Lo reportado en la figura 7, tiene relación con lo manifestado por Cobeña et al. (2022) destacan que la hidrólisis ácida por encima de la alcalina, indicando que la ácida se enfoca en la ebullición prolongada de las proteínas presentes en sustancias proteicas por medio de la utilización de ácidos, donde estos hidrolizan la triple hélice del colágeno y solubilizan sus cadenas simples en solución, donde tiene lugar la despolimerización de proteínas pesadas en péptidos más cortos. La interacción entre el ácido y las moléculas de colágeno rompen los enlaces cruzados presentes en la hélice de colágeno y aumenta la eficiencia de extracción (Tan y Chang, 2017).

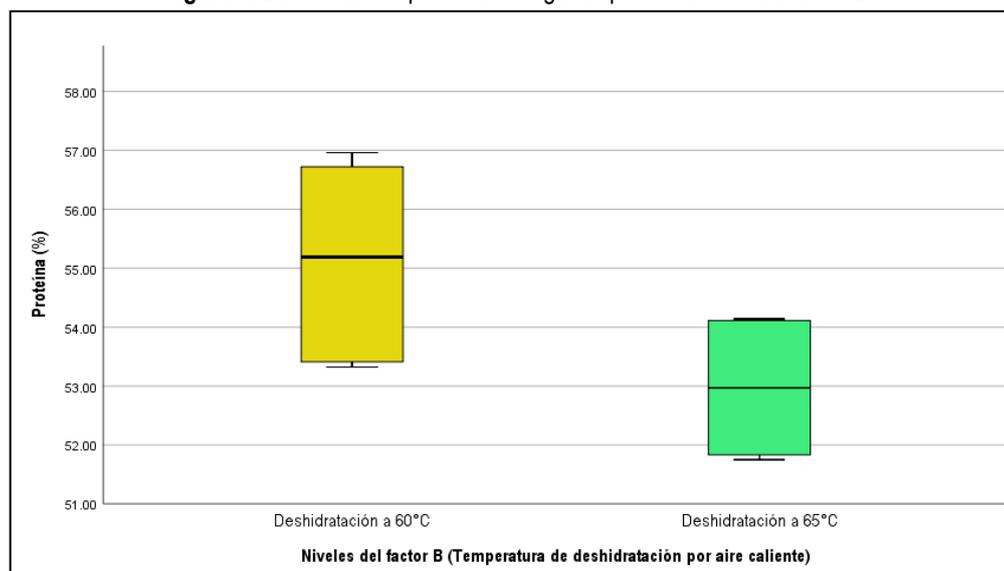
A pesar de la eficiencia de la hidrólisis ácida en cuanto a la obtención de proteínas, es importante mencionar que, no es recomendable trabajar con concentraciones altas de ácido. Si bien se puede aumentar la cantidad de gelatina obtenida debido al aumento de hidrólisis de colágeno, esto no garantiza un producto de buena calidad, viéndose afectada las propiedades fisicoquímicas y bromatológicas del colágeno, debido a que los enlaces químicos de este son perjudicados (Cabrera, 2021).

Por lo tanto, Lavid (2019), estudió la determinación de dosis de enzimas y tiempos óptimos de hidrólisis para mejorar la digestibilidad de las proteínas obtenidas de residuos de pescado, menciona que la hidrólisis química afectan la calidad

nutricional de los elementos resultantes, así, la hidrólisis alcalina destruye los aminoácidos arginina y cisteína y la hidrólisis ácida elimina el triptófano y desamina los aminoácidos serina y treonina; sin embargo este último método de extracción es más efectivo.

En cuanto a las diferencias ejercidas por los niveles del factor B (Temperatura de deshidratación por aire caliente), el diagrama de cajas y bigotes reveló que a una temperatura de 60°C (nivel b<sub>1</sub>) se obtuvo un mayor rendimiento proteico del colágeno de patas de pollo (55.13%), en tanto que a 65°C (nivel b<sub>2</sub>) los porcentajes fueron menores (52.96%), lo que en consecuencia se debió a la desnaturalización, que si bien es cierto que las temperatura no fueron altas, el tiempo prolongado de obtención del colágeno (30 horas) influyó para que esos 5°C hagan la diferencia (Figura 8).

**Figura 8.** Diferencias de proteínas otorgadas por los niveles del factor B

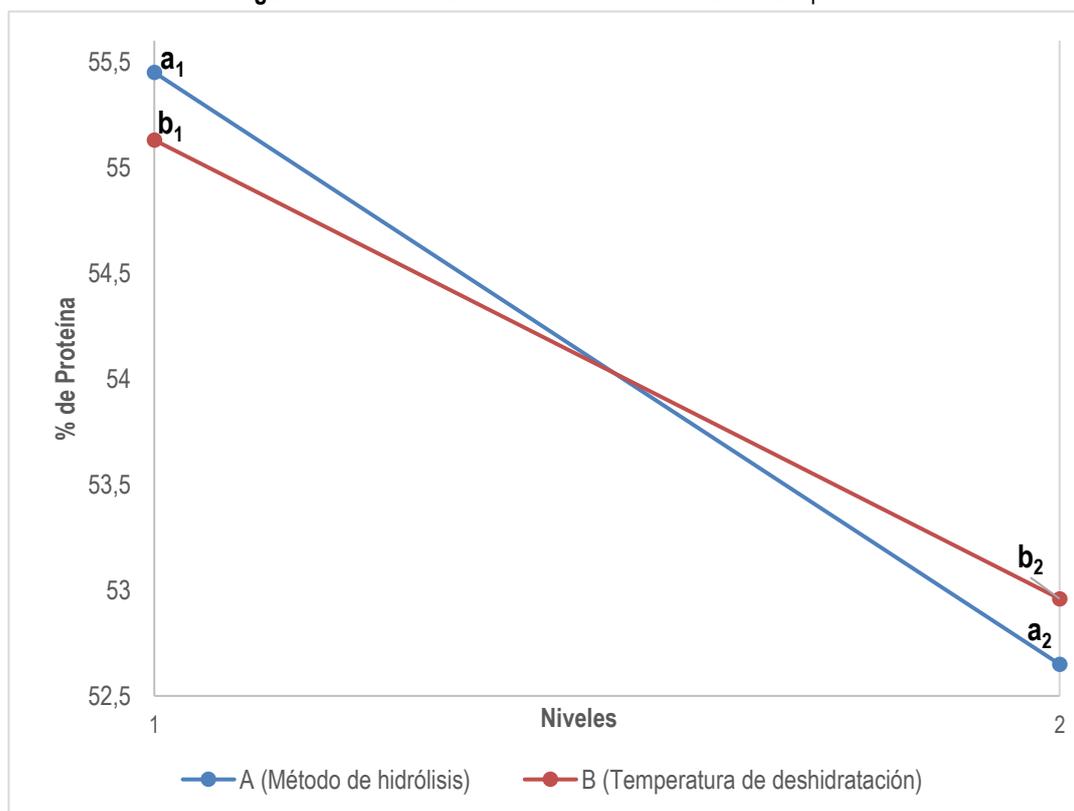


Lo expuesto en la figura 8 tiene relación con lo mencionado por Cobeña et al. (2022) afirman que, aunque los métodos de extracción con ácido son los más usados para el aislamiento de colágeno, la alta acidez, el tiempo de procesamiento prolongado y la alta temperatura en los métodos de extracción, pueden inducir negativamente en una alta degradación de las cadenas de colágeno soluble, viéndose afectada la calidad fisicoquímica del mismo. En este sentido, aunque las temperaturas utilizadas en esta investigación fueron bajas, el tiempo prolongado de extracción

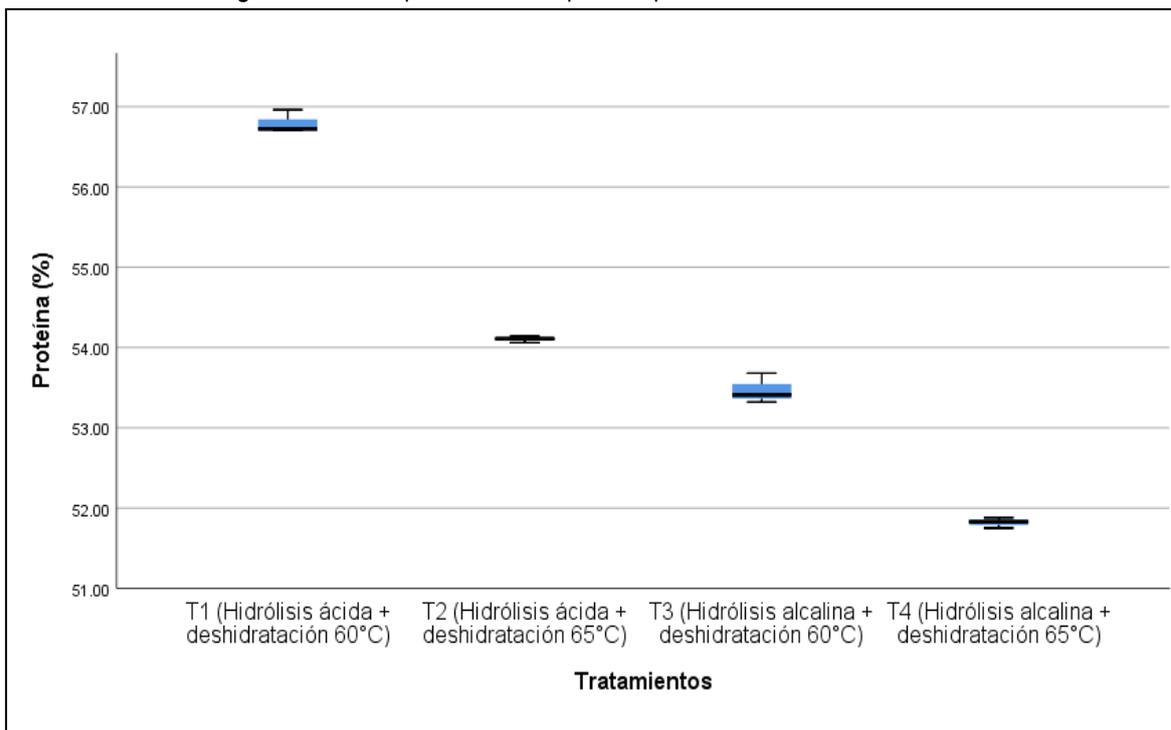
(30 horas) influyó para que a una temperatura mayor haya habido desnaturalización a pesar de que la diferencia solo fue de 5°C.

En la figura 9 se puede apreciar que la obtención de colágeno mediante hidrólisis ácida ( $a_1$ ), a una temperatura de 60°C ( $b_1$ ) permitió obtener los mayores rendimientos de proteína, habiendo una interacción positiva entre estos niveles. Por otro lado, los tipos de hidrólisis no fueron mayormente eficientes a 60°C, no obstante, estos métodos de extracción al someterse a 65°C producen mejores rendimientos de proteína, pero distintos. En este sentido, la mejor combinación entre los factores en estudio se dio para el nivel  $a_1b_1$ .

Figura 9. Interacción de factores en relación de la variable proteína



La combinación que permitió obtener la mayor media de proteína se muestra en la figura 10, en las que se presentan con las medias de proteína para los tratamientos, donde se aprecia que el T1 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 60°C) se posicionó con la media más alta, mientras que el T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C), ostentó la media más baja. Estos resultados ratificaron que una hidrólisis ácida y una temperatura de deshidratación de 60°C, permitieron obtener las medias más altas de proteína en el colágeno de patas de pollos.

**Figura 10.** Medias porcentuales de proteína para los tratamientos en estudio

Para establecer las diferencias cuantitativas entre los tratamientos se aplicó la prueba de Tukey al 5% de error (tabla 8), la cual categorizó a los tratamientos indicado que difieren entre sí, donde el T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C) se ubicó en el primer subconjunto con el promedio más bajo de proteína (51.82%), mientras que en el subconjunto cuatro se ubicó el T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C) con la media más alta (56.79%), ratificando que la mejor combinación fue a1b1.

**Tabla 8.** Prueba de Tukey al 5% de error para la variable proteína de los tratamientos

Tratamientos	N	HSD Tukey <sup>a,b</sup>			
		Subconjunto			
		1	2	3	4
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	3	51.8200			
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	3		53.4700		
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	3			54.1033	
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3				56.7933

Tenelema (2017) obtuvo colágeno de las patas de pollo con la aplicación de niveles de 2%, 4%, 6% de pepsina, reportó que los mayores contenidos de proteína se encontraron al aplicar 4 y 6% de pepsina representando el 78%, mientras que al utilizar los niveles de 2% y el grupo control, se redujo su contenido proteico entre

62% y 67%, valores que estuvieron por encima de los reportados en esta investigación, aclarando que los tiempos utilizados por este autor, para el proceso de extracción fue menor (24h) al utilizado en esta investigación (30h), lo que influyó en las medias obtenidas de proteína, además, el método utilizado fue enzimático, mismo que tiene mayor eficiencia que la hidrólisis química como ya se lo mencionó anteriormente.

Lavid (2019) menciona que la hidrólisis química (mediante ácido o álcali), afectan la calidad nutricional de los elementos resultantes, siendo la vía enzimática la más ventajosa debido a que en el proceso hay mayor control y selectividad, además es menos drástica y genera un producto de mayor valor nutricional, indicando también que, las temperaturas y tiempos son fundamentales.

Azanza (2014) establece que, con un tiempo superior a 6 horas, se obtienen porcentajes más bajos de proteína, debido a que éstas, al ser expuestas a altas temperaturas por largos periodos de tiempos se desnaturaliza perdiendo sus características generales básicas y se vuelven por lo tanto inestables, inactivas e inservibles, perdiendo su potencial. Es importante mencionar que los tiempos utilizados por este autor para el proceso de extracción fue menor (24h) al utilizado en esta investigación, lo que influyó en los valores promedios de proteína. En este sentido, el mejor tratamiento para la variable proteína fue el T1 (Hidrólisis ácida + 60°C), debido a que presentó la media de proteína más alta.

## **4.2. CALIDAD FISICOQUÍMICA, CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA Y CAPACIDAD DE EMULSIFICACIÓN DEL COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO POR LOS DOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN**

### **4.2.1. pH**

El análisis de varianza para la variable pH, indicó diferencias altamente significativas para los efectos principales del modelo estadístico (*Sig.*<0.05), donde el factor A (Método de hidrólisis), en sus niveles, incidió sobre la variable respuesta, al igual que el factor B (Temperatura de deshidratación por aire caliente) y la interacción de ambos, indicando que tanto los tipos de hidrólisis (ácida y alcalina)

como las temperaturas de deshidratación (60°C y 65°C), concedieron diferentes medias de potencial de hidrógeno al colágeno (tabla 9).

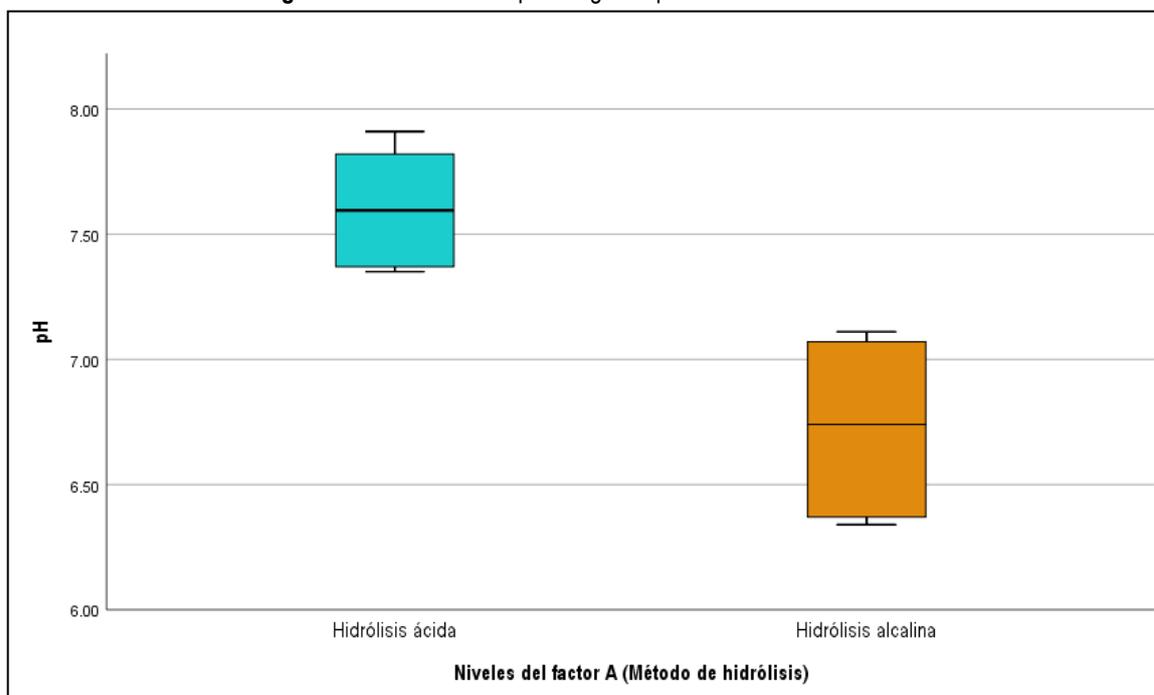
**Tabla 9.** Análisis de varianza para la variable pH

<b>Pruebas de efectos inter-sujetos</b>					
Variable dependiente:					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Factor A: Método de hidrólisis	2.314	1	2.314	1102.099	0.000
Factor B: Temperatura de deshidratación por aire caliente	1.003	1	1.003	477.813	0.000
Factor A * Factor B	0.042	1	0.042	20.004	0.002
Error	0.017	8	0.002		
Total	619.853	12			

a. R al cuadrado = .995 (R al cuadrado ajustada = .993)

Para estimar las diferencias ejercidas por los niveles del factor A (Método de hidrólisis) sobre la variable respuesta, se aplicó un diagrama de cajas y bigotes (Figura 11), donde se observa que la hidrólisis ácida (nivel a<sub>1</sub>), otorgó la media de pH más elevada (7.61) al colágeno, que la hidrólisis alcalina (nivel a<sub>2</sub>), con una media de 6.73.

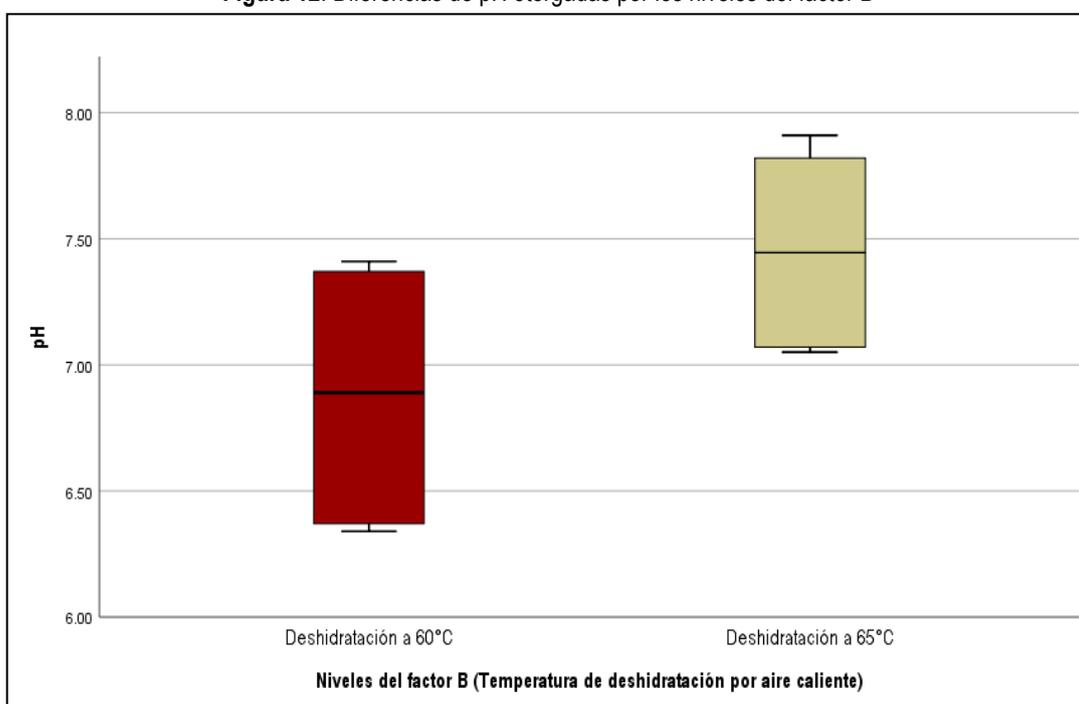
**Figura 11.** Diferencias de pH otorgadas por los niveles del factor A



Lo expuesto en la figura 11 guarda relación con lo mencionado por Cabrera (2021) estudió la extracción de gelatina mediante ácido acético utilizando como materia prima desechos de curtiembres, expuso que el producto obtenido vía ácida es mejor que con vía básica, esto se debe a que los ácidos ingresan fácilmente a la estructura de triple hélice de las fibras de colágeno; además, el tiempo empleado es más corto y su costo es menor.

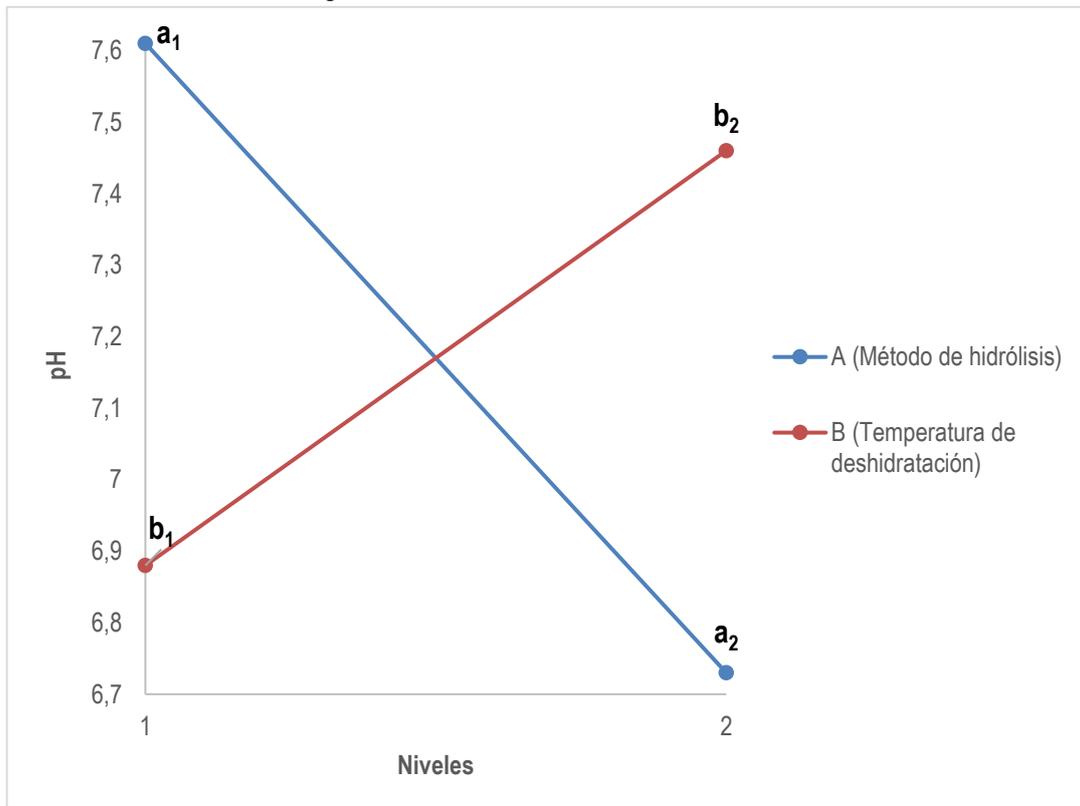
En cuanto a las diferencias ejercidas por los niveles del factor B, se demostró que el nivel  $b_1$  ( $60^{\circ}\text{C}$ ), otorgó la menor media de pH al colágeno (6.88), en tanto que el  $b_2$  ( $65^{\circ}\text{C}$ ), concedió mayores promedios de pH (7.46) (Figura 12).

**Figura 12.** Diferencias de pH otorgadas por los niveles del factor B



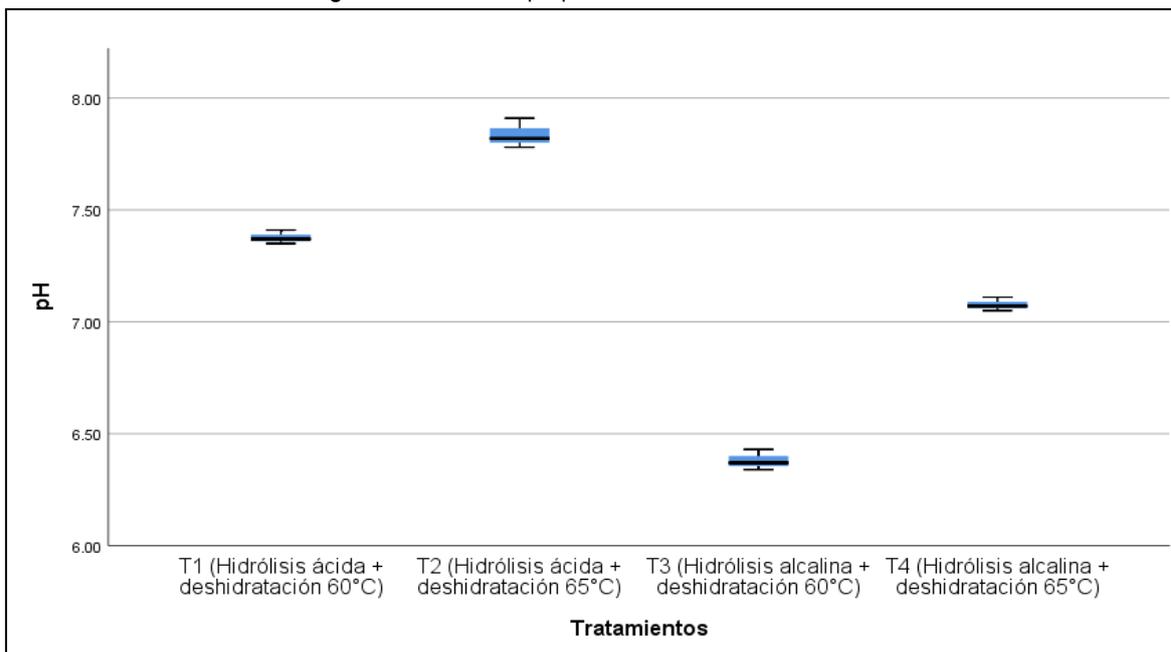
En la figura 13 se demostró que la hidrólisis ácida ( $a_1$ ) otorgó promedios más altos de pH al colágeno, es decir, valores alcalinos; siendo más alcalino la combinación de hidrólisis ácida y una temperatura de  $65^{\circ}\text{C}$  ( $a_1b_2$ ). Por otra parte, la hidrólisis alcalina ( $a_2$ ), en combinación con una temperatura de  $60^{\circ}\text{C}$  otorgó la media de pH más ácida, es decir, el promedio más bajo. En este sentido, ambos factores influyeron sobre la variable respuesta; sin embargo, las temperaturas tuvieron un mayor efecto.

Figura 13. Interacción de los niveles de los factores



En la figura 14 se aprecia que el T2 (hidrólisis ácida + 65°C) presentó la media más elevada de pH, mientras que la más baja se dio para el T3 (hidrólisis alcalina + 60°C). Lo antes manifestado ratificó que, la hidrólisis ácida otorgó un mayor pH al colágeno (alcalino), mientras que la alcalina permitió obtener promedios de pH ácidos y alcalinos. En cuanto a la temperatura, a 60°C se obtuvieron menores promedios de pH, mientras que, a los 65°C, sucede lo contrario.

Figura 14. Medias de pH para los tratamientos en estudio



Para ratificar de manera más precisa las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey a 5% de error (tabla 10), donde se demostró que todos los tratamientos difieren entre sí. En este contexto, el análisis ubicó al T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C) en el primer subconjunto con el promedio de pH más bajo (6.38), mientras que el T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C) se posicionó en el subconjunto cuatro con la mayor media de pH (7.83).

Tabla 10. Prueba de Tukey al 5% de error para la variable pH de los tratamientos

Tratamientos	N	HSD Tukey <sup>a,b</sup>			
		1	2	3	4
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	3	6.3800			
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	3		7.0767		
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3			7.3767	
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	3				7.8367

Mamani (2018) manifiesta que el punto isoeléctrico del colágeno obtenido por un proceso ácido está entre pH 7 y 9; lo cual coincide con los resultado reportados en la figura 14, para los tratamientos en los que se empleó hidrólisis ácida; sin embargo, Vallejo et al. (2019), quienes estudiaron la evaluación de la hidrólisis alcalina-enzimática para la obtención de colágeno hidrolizado a partir de virutas de cuero curtido, mencionan que el pH del colágeno debe estar entre 3.7 y 7.5 por razones de conservación y propiedades físicas del colágeno, lo que guarda relación

con los resultados reportados en esta investigación. Por su parte, Azanza (2014), obtuvo colágeno a 100°C durante 5 horas, reportó un valor promedio de pH de 6.74, indicando que la temperatura y el tiempo, influyen sobre esta variable.

De acuerdo con las medias de pH obtenidas, se escoge como mejor tratamiento al T2 (Hidrólisis ácida + 65°C), debido a que según Vallejo et al. (2019), expresan que un pH alcalino permite una mayor recuperación de colágeno hidrolizado, es decir, cuando el pH del medio es alcalino.

#### 4.2.2. ACIDEZ TITULABLE

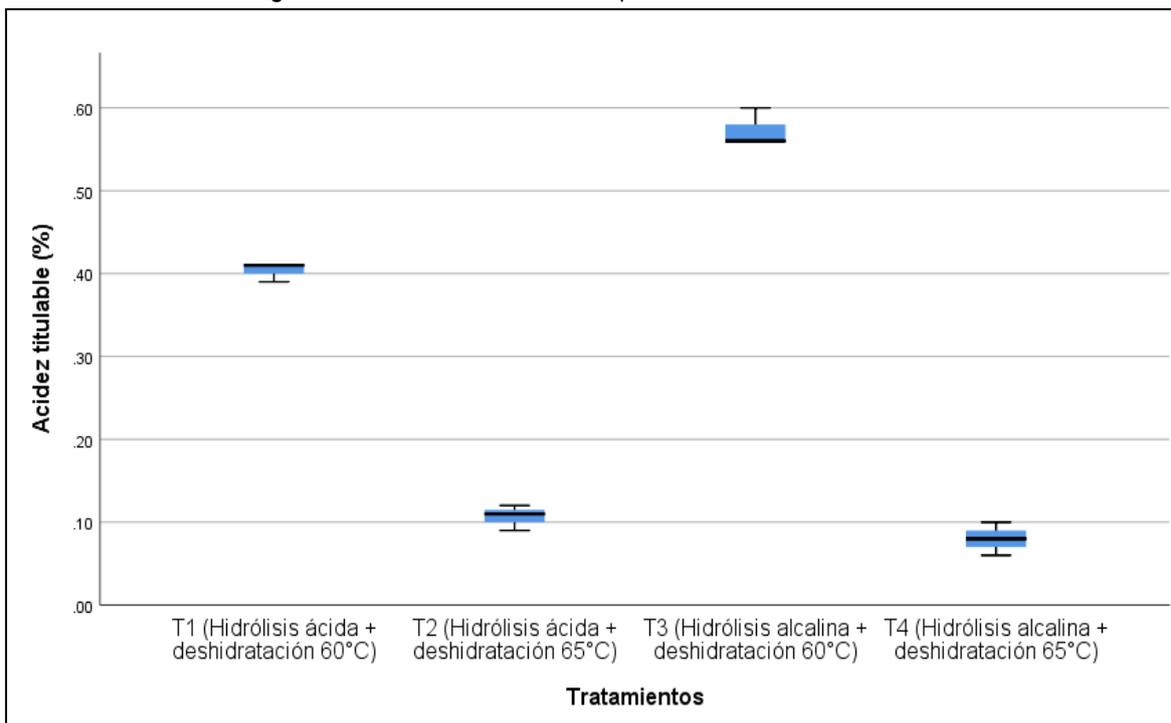
El ANOVA no paramétrica de Kruskal Wallis indicó diferencias estadísticas significativas entre los promedios de acidez titulable de los tratamientos (*Sig.* <0.05), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias, es decir, la combinación de los niveles de los factores en estudio, incidió sobre la variable respuesta (tabla 11).

**Tabla 11.** Pruebas de hipótesis para la variable acidez titulable en función de los tratamientos

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Acidez titulable es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.018	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias entre los tratamientos se aplicó la prueba de comparación por parejas (Anexo 1-D), la cual indicó diferencias estadísticas significativas (*Sig.* <0.05) entre las medias de acidez titulable de los tratamientos T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C) y el T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C), indicando que difieren de los demás en relación de la variable respuesta. En este sentido, en la figura 15 se muestran las medias de acidez titulable reportadas para los tratamientos, donde se aprecia que el T3 (Hidrólisis alcalina + 60°C) se posicionó como el tratamiento con la mayor media porcentual de acidez (0.57%), dejando al T4 (Hidrólisis alcalina + 65°C) con el menor promedio porcentual de ácidos orgánicos generados (0.08%).

Figura 15. Medias de acidez titulable para los tratamientos en estudio



Las medias de acidez reportadas por los tratamientos fueron entre 0.08% y 0.57%, rangos que se asemeja con la media reportada por Azanza (2014) quien estudió la obtención de colágeno de las patas de pollo por tratamiento térmico para la sustitución de una emulsión en la elaboración de salchicha vienesa, obteniendo 0.075% para un colágeno obtenido a 100°C por 5 horas. En este sentido, los mejores tratamientos fueron fue el T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C) y el T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C), debido que estos tratamientos, por su baja acidez, optimizaron el proceso de hidrólisis (Vallejo et al., 2019).

#### 4.2.3. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA

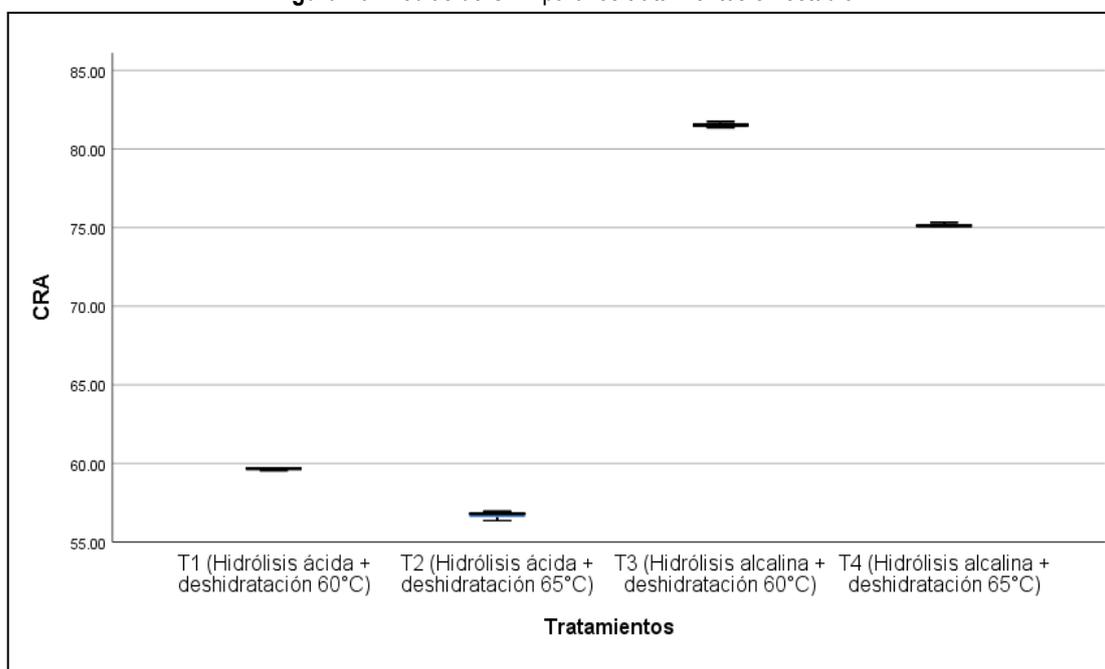
El ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis indicó diferencias estadísticas significativas entre las medias de CRA de los tratamientos ( $Sig.<0.05$ ), rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias (tabla 12).

Tabla 12. Pruebas de hipótesis para la variable CRA en función de los tratamientos

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CRA es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.016	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

En este sentido, se aplicó la prueba de comparación por parejas entre los tratamientos (Anexo 1-E), evidenciando diferencias estadísticas significativas entre las medias de capacidad de retención de agua del T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C) y el T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C), indicando que difieren de los demás tratamientos en relación de la acidez titulable. De esta, manera, en la figura 16 se presentan las medias de capacidad de retención de agua, donde el T3 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 60°C) presentó la mayor media de CRA (81.53%), mientras que el T2 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 65°C) arrojó la menor media de CRA (59.64%).

**Figura 16.** Medias de CRA para los tratamientos en estudio



Los resultados revelaron que el tratamiento con la mayor media de capacidad de retención de agua (CRA) fue el T3 (hidrólisis ácida + 65°C), presentando un promedio de 81.53% lo que estuvo relacionado con el pH, debido a que este tratamiento presentó la media más cercana a la neutralidad (6.38), lo que coincide con lo manifestado por León et al. (2017) quienes mencionan que la CRA es influenciada por el pH, indicando que entre más alejado esté el pH del punto isoeléctrico de las proteínas del colágeno, más agua retendrá.

Es decir que, a valores superiores a 5.8 de pH, se favorece la capacidad de retención de agua (Ramírez et al., 2022). Esto quiere decir que el colágeno

correspondiente al T3 (hidrólisis ácida + 65°C), tuvo mayor capacidad de ligar agua pudiendo incluso, someterse a diversos procesos que involucran variables como calor y presión.

Así también lo explica Valenzuela (2019), estudió el punto isoeléctrico y composición de aminoácidos de dos variedades de *Chenopodium quinoa*, explicando que los valores de pH por arriba y por debajo del pH isoeléctrico, las proteínas presentan una carga neta positiva o negativa, respectivamente, indicando que en el punto isoeléctrico las proteínas presentan una solubilidad mínima. En este sentido, la hidrólisis alcalina concedió una capacidad de retención de agua mayor a los tratamientos, logrando mejores resultados cuando en la extracción del colágeno se utilizó temperaturas de 60°C.

#### 4.2.4. CAPACIDAD DE EMULSIÓN

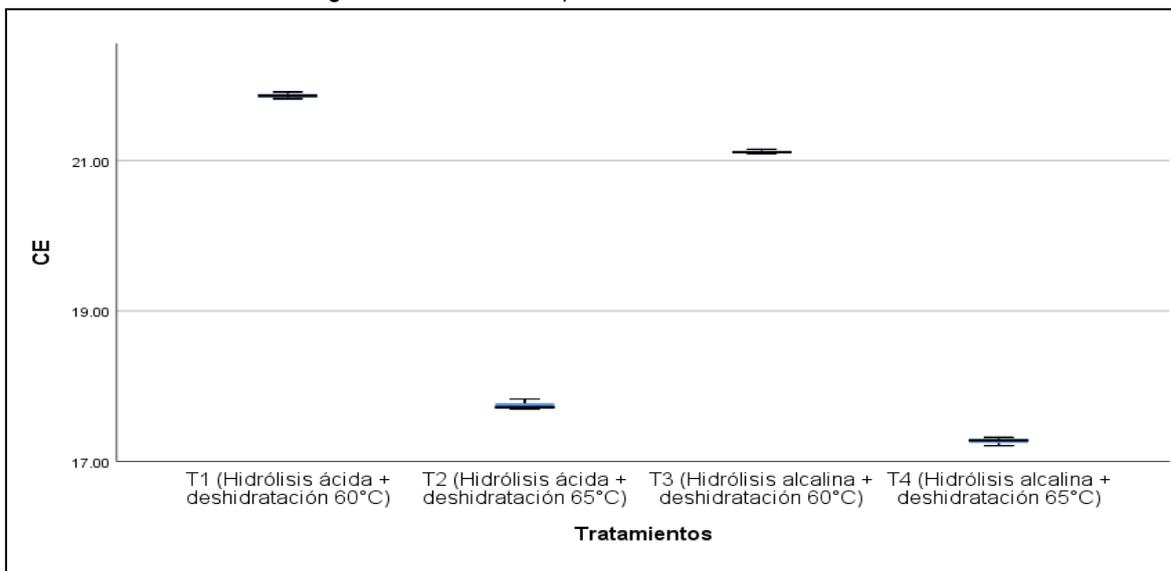
La prueba no paramétrica de Kruskal Wallis reveló diferencias estadísticas significativas ( $Sig.<0.05$ ) entre las medias de capacidad de emulsión (CE) de los tratamientos, rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias (tabla 13).

**Tabla 13.** Pruebas de hipótesis para la variable CE en función de los tratamientos

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CE es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.016	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias se aplicó la prueba no paramétrica de comparación por parejas entre los tratamientos (Anexo 1-F), indicando diferencias estadísticas significativas entre las medias de capacidad de emulsión del T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C) y el T1 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 60°C), demostrando que estos tratamientos difieren de los demás. De esta manera, en la figura 17 se presentan las medias de capacidad de emulsión (CE) de los tratamientos, donde se observa que el T1 se posicionó como el tratamiento con la mayor media de CE (21.86%), mientras que el T4 presentó el porcentaje de CE más bajo (17.27%).

Figura 17. Medias de CE para los tratamientos en estudio



Los resultados presentados en la figura 17 posicionaron al T1 (Hidrólisis ácida + 60°C) con la media de capacidad de emulsión más alta (21.86%), siendo este mismo tratamiento el que presentó la media más alta de proteína (56.79%), lo cual guarda relación con lo manifestado por León et al. (2017) mencionan que, entre más proteína presente una muestra, mayor será su capacidad de formar una emulsión, debido a que las proteínas recubren o envuelven los glóbulos de grasa y al someter la emulsión a la acción del calor coagulan formando una especie de matriz rígida que atrapa cada partícula de grasa. Si la cantidad de proteínas es pequeña, con relación a la superficie de grasa a cubrir, los glóbulos grasos no cubiertos, o parcialmente envueltos, se separan de la emulsión y ésta se rompe (Llerena y Rodríguez 2017 citado por Núñez, 2019).

Lo antes mencionado se vio sustentado por Montero (2021) donde indica que, el colágeno hidrolizado presenta compuestos de superficie activa que les permiten la formación de emulsiones de aceite en agua, debido a sus grupos hidrófilos e hidrófobos, además, un requisito previo para la adsorción de una proteína en la interfaz aceite-agua, es la presencia de zonas hidrófobas en la superficie de la molécula. Las propiedades emulsionantes de las proteínas del colágeno hidrolizado están influenciadas por el grado de hidrólisis, es decir que, la capacidad de emulsión disminuye, a medida que el grado de hidrólisis aumenta, debido a la formación de pequeños péptidos con menos actividad de superficie y menos hidrofobicidad (Tenelema, 2017; Mamani, 2018).

Por lo manifestado anteriormente y de acuerdo con lo presentado en la figura 17, la hidrólisis ácida y alcalina afectan la capacidad de emulsión del colágeno; sin embargo, será más alta cuando el proceso de extracción se realice a 60°C.

### 4.3. MÉTODO CON MAYOR RENDIMIENTO DE COLÁGENO PULVERIZADO DE PATAS DE POLLO

El ANOVA no paramétrico de Kruskal Wallis reveló diferencias estadísticas significativas (*Sig.*<0.05) entre las medias de rendimiento de los tratamientos, rechazando la hipótesis nula y aceptando la alternativa que sugiere diferencias (tabla 14).

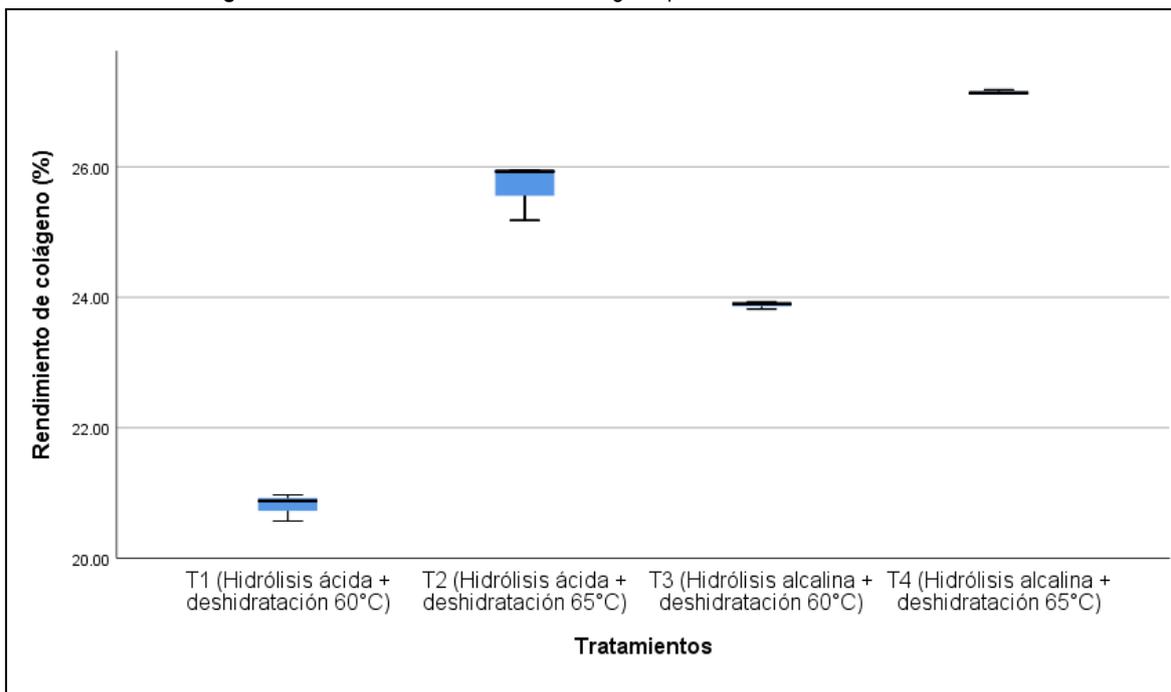
**Tabla 14.** Pruebas de hipótesis para la variable rendimiento de colágeno en función de los tratamientos

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de Colágeno es la misma entre las categorías de Tratamientos.	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	0.015	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de .05.				

Para establecer las diferencias entre los tratamientos, se aplicó la prueba no paramétrica de comparación por parejas (Anexo 1-G), la cual reveló diferencias estadísticas significativas entre las medias de rendimiento de colágeno del T1 (Hidrólisis ácida + Deshidratación 60°C) y el T4 (Hidrólisis alcalina + Deshidratación 65°C), indicando que el rendimiento de estos tratamientos difiere de los demás. De esta manera, en la figura 18 se presentan las medias de rendimiento de colágeno de los tratamientos, donde se aprecia que el T4 se posicionó como el tratamiento con el mayor rendimiento de colágeno (27.15%), mientras que el T1 (Hidrólisis ácida + 60°C) presentó el rendimiento más bajo (20.81%).

Es importante mencionar que el factor más determinante e influyente en los rendimientos de colágeno fue el B (temperaturas de deshidratación) específicamente el nivel b<sub>2</sub>: 65°C, tal y como se lo aprecia en la figura a continuación.

**Figura 18.** Medias de rendimiento de colágeno para los tratamientos en estudio



En la figura 18 se puede apreciar que el T4 (Hidrólisis alcalina + 65°C), se posicionó como el tratamiento con el mayor rendimiento (27.15%), evidenciado que el factor determinante fue el B (deshidratación por estufa) con la temperatura de 65°, aunque Tenelema (2017) estudió la obtención de colágeno de las patas de pollo con la aplicación de diferentes niveles de pepsina, manifiesta que el rendimiento de la producción de colágeno y su calidad depende de la edad del animal (pollos), así como de la fuente de materia prima y del proceso empleado en su fabricación.

La calidad también está influenciada por el tiempo, temperatura, pH, grado de molienda, carga bacteriana, presencia de impurezas y aditivos que sean empleados en el proceso de extracción del colágeno. Los huesos y en especial las patas de pollo como materia prima para este fin deben seguir el mismo cuidado higiénico-sanitario que se da en las canales (Almonacid et al., 2019). En la investigación realizada por Tenelema (2017), aplicando un proceso enzimático con 6% de pepsina en la extracción de colágeno en las patas de pollo, obtuvo un rendimiento del 62%, que no coincide con los obtenidos en esta investigación probablemente debido a las variables de proceso de extracción (hidrólisis, temperatura y tiempo).

Por su parte Mamani (2018) obtuvo colágeno por el método de hidrólisis alcalina a partir de tarsos de pollo provenientes de la industria avícola, reportó que, los

rendimientos dependen de la concentración de NaOH, tiempo de hidrólisis, indicando que su mejor tratamiento se dio a una concentración de 0.25 NaOH, con un tiempo hidrólisis de 8 horas, tiempo de extracción de 3 horas, obteniendo un rendimiento promedio de 11.21%, el cual está por debajo de las medias obtenidas en esta investigación; sin embargo, es importante recordar que los tiempo de extracción fueron más prolongados, obteniendo mayores rendimientos (figura 18).

Por otra parte, Vallejo et al. (2019) evaluaron la hidrólisis alcalina-enzimática para la obtención de colágeno hidrolizado a partir de virutas de cuero curtido, indicaron entre sus enunciados que, un pH alcalino permite una mayor recuperación de colágeno hidrolizado; sin embargo, aunque esta condición de alcalinidad se cumple para el tratamiento 4, es necesario mencionar que el T1 y T2, presentaron una alcalinidad más alta, lo que demuestra que la temperatura también influye.

# CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 5.1. CONCLUSIONES

- La hidrólisis ácida tuvo un mayor efecto positivo sobre la obtención de colágeno de patas de pollo, permitiendo obtener las mejores medias de proteína (55.45%) y ceniza (8.79%), en tanto que, el nivel a2 (hidrólisis alcalina) permitió un mayor rendimiento de CRA (78.35%) y un mejor pH (6.73) mientras que para las variables humedad, grasa, acidez titulable, capacidad de emulsificación y rendimiento, ambos niveles, estadísticamente fueron similares Sig.  $\geq 0.05$ ).
- La temperatura de deshidratación por aire caliente a 60°C tuvo un mayor efecto positivo sobre la obtención de colágeno de patas de pollo, permitiendo obtener las mejores medias de: proteína (55.13%), pH (6.88), acidez titulable (0.49%) y CE (21.49), mientras que el nivel b2 (65°C), concedió mejores promedios de: humedad (7.46%), grasa (20.51%) y rendimiento de colágeno (26.42%) y en cuanto a las variables ceniza y CRA, el efecto ejercido por los niveles del factor B, fue igual (Sig.  $\geq 0.05$ ).
- El método de extracción más eficiente para el rendimiento de colágeno a partir de patas de pollos fue el de hidrólisis alcalina a una temperatura de deshidratación de 65°C, posicionando al T4 (Hidrólisis alcalina + 65°C) con el mayor rendimiento (27.15%) de colágeno.

## 5.2. RECOMENDACIONES

- Utilizar hidrólisis ácida y temperaturas no mayores de 65°C con tiempos de 30 horas permiten obtener mejores características bromatológicas y fisicoquímicas del colágeno de patas de pollo.
- Aplicar métodos de desengrasados a las patas de pollos como maceración en butanol previo a la obtención de colágeno para evitar porcentajes elevados de grasa en el producto final.

- Realizar procesos comparativos de extracción de colágeno de patas pollo, probando hidrólisis ácida, alcalina y enzimática bajo las mismas condiciones, para evaluar el efecto de cada uno de estos métodos sobre las características bromatológicas, fisicoquímicas y rendimiento del colágeno.

## BIBLIOGRAFÍA

- Abarca, F y Hidalgo, D. (2021). *Obtención de películas biodegradables a partir de colágeno (Gallus domesticus) y almidón (Musa balbisiana) para el recubrimiento de frutas*. [Tesis de grado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/53887/1/BINGQ-IQ-21P03.pdf>
- Almonacid, L., Vallejo, J., Agudelo, R., Hernández, J., Ortiz, Ó., y Ovalle, D. (2019). Evaluación de la hidrólisis enzimática de wet white asistida con ultrasonido para obtener colágeno hidrolizado. *Revista Facultad de Ingeniería*, 28(52). <https://n9.cl/onflp>
- Álvarez, J. (2018). *Evaluación en línea de capacidad de retención de agua*. <https://www.3tres3.com/articulos/slicewatch-evaluacion-en-linea-de-la-i>
- Álvarez, M. y Romero, E. (2017). *Harina de plátano como sustituto de grasa en salchicha de pollo y efecto sobre las propiedades funcionales y organolépticas*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/703/1/TA1135.pdf>
- Alzamora, J., Ruiz, S. y Silva, D. (2019). *Obtención y caracterización de colágeno a base de escamas de mero (Acanthistius pictus)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/2EACkk>
- Azanza, M. (2014). *Obtención de colágeno de la pata de pollo por tratamiento térmico para la sustitución de emulsión en la elaboración de salchicha vienesa en la UTE 2013*. [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica Equinoccial Santo Domingo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/1>
- Bocanegra, V., Álvarez, M., Matallana, D. y Parra, D. (2018). *Propuesta de implementación de nueva línea de proceso para la exportación de subproductos avícolas en la empresa multimodal Express S.A.* [Tesis de grado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Institucional. [https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/6618/1/TEPR\\_O\\_ParraGarcesDiegoAlexander\\_2018.pdf](https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/6618/1/TEPR_O_ParraGarcesDiegoAlexander_2018.pdf)
- Botella, A. (2019). *Control de humedad en los alimentos*. <https://scl.es/blog/control-de-humedad-en-los-alimentos/>
- Cabrera, D. (2021). Tesis de pregrado. *Extracción de gelatina mediante ácido acético utilizando como materia prima desechos de curtiembres*. [Tesis de

- grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/1>
- Cancer, E. y Moreno, A. (2019). *Las grasas en muestra alimentación*. <https://n9.cl/aftkl>
- Castillo, A. (2021). *Esta es la razón por la que nunca deberías tirar las patas de pollo*. <https://n9.cl/fgtmw>
- Castillo, I. y Soliz, M. (2021). *Determinación de la composición macronutricional, provitamina A y vitamina E del fruto de la palmera Mauritia flexuosa de las comunidades de Ayankas y Metsamkin en Limón Indanza – Morona Santiago, Ecuador*. [Tesis de grado, Universidad de Cuenca]. Repositorio Institucional. <https://acortar.link/a97SHu>
- Castrejón, L. (2019). *Caracterización Físicoquímica Del Colágeno Hidrolizado Tipo I Obtenido De Extremidades De Pollo (Gallus Gallus Domesticus) Extraído Con Microorganismos Eficaces EM-1*. [Tesis de grado, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/h>
- Cobeña, M., Dueñas, A., Delgado, M., y Rodríguez, J. (2022). Revisión de los métodos de obtención de colágeno a partir de subproductos de especies marinas. *Revista Centro Azúcar*, 49(4). <http://centrozucar.uclv.edu.cu/>
- Congreso Internacional en Tecnología Innovación y Docencia [CITID]. (2021). Fuentes alternativas para la extracción de colágeno. *Revista Bianual*, 1(3). <https://acortar.link/R1G260>
- Consejo de Educación Técnico Profesional. (2020). *Hidrólisis y desnaturalización de proteínas*. [Tesis de grado, Universidad del trabajo de Uruguay]. Repositorio Institucional. <https://uruguayeduca.anep.edu.uy/sites/default/files/inline>
- Cooperación Nacional de Avicultores del Ecuador [CONAVE]. (2021). *Estadísticas del sector avícola*. <https://conave.org/informacion-sector-avicola-publico/>
- Delgado, M. y Granda, D. (2023). *Cobertura de exoesqueleto del camarón (Penaeus vannamei), como sustituto de la apanadura en la calidad y aceptabilidad del rebozado de camarones apanados*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional. [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2121/1/TIC\\_AI38D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/2121/1/TIC_AI38D.pdf)
- Durán, B., Tavares, J. y Quintero, A. (2018). Extracción y purificación de colágeno tipo I para aplicaciones en ingeniería de alimentos. *Revista de Divulgación Científica*, 4(1). <https://n9.cl/ea0dp>

- El Salvador. (2019). *Patatas de pollo, el bondadoso alimento que te mantendrá sano y joven*. <https://n9.cl/qyztd>
- Farrán, A. (2020). *Las grasas en la alimentación*. <https://www.pediatriaintegral.es/publicacion-2020-05/las-grasas-en-la-alimentacion/>
- Google Maps, (2022). *Ubicación de la ESPAM*. <https://n9.cl/o7wl1>
- Hernández, A. (2021). *Comer pollo te ayuda a producir más colágeno para una piel más firme y flexible*. <https://n9.cl/6hg5k>
- Hernández, D. (2020). *¿Exponer la proteína en polvo al calor genera algún riesgo?*. <https://n9.cl/ksenb>
- La Madrid, A., y Cárcamo, G. (2022). *Aceptabilidad y valor nutritivo de la gelatina blanca con colágeno casero fécula de maíz (Zea mays) y maracuyá (Passiflora edulis)*. [Tesis de Grado, Escuela Profesional de Bromatología y Nutrición]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/>
- Lavid, E. (2019). *Determinación de dosis de enzimas y tiempos óptimos de hidrólisis para mejorar la digestibilidad de las proteínas obtenidas de residuos de pescado*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1052/1/TTMAI2.pdf>
- León, M., Orduz, A., y Velandia, M. (2017). Composición fisicoquímica de la carne de ovejón, pollo, res y cerdo. *Revista @LIMENTECH Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 15(2). <https://ojs.unipamplona.edu.co/index.php/alimen/article/view/2183>
- Llerena, T. y Rodríguez, W. (2017). Obtención y caracterización de un hidrolizado de colágeno purificado producido mediante el uso de la enzima delvolase. *Revista Anales Científicos*, 78(2). <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1067>
- López, R. y Mora, J. (2023). *Harina de algarrobo (Prosopis pallida) sobre la digestibilidad y metabolismo in vivo en pollos broiler en etapa inicial*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional. <https://n9.cl/j1g1d>
- Mamani, C. (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*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Agustín de

- Arequipa]. Repositorio Institucional. <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/>
- Mena, M., Pérez, E., Reza, M., Meza, J. y Aguilera, M. (2019). Deshidratación osmótica y secado por aire caliente de ciruela negra (*Prunus salicina*) midiendo capacidad antioxidante, compuestos fenólicos y color. *Revista de Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, (4). <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/3/50.pdf>
- Mendiburu, L. (2020). *Las proteínas*. [http://www.tecnicalata.com/AutoIndex/TrabajosEnCasa/01-COVID-19/05\\_Quinto\\_TG/Trabajo\\_05/Trabajo\\_05\\_Quimica\\_Aplicada\\_TG503.pdf](http://www.tecnicalata.com/AutoIndex/TrabajosEnCasa/01-COVID-19/05_Quinto_TG/Trabajo_05/Trabajo_05_Quimica_Aplicada_TG503.pdf)
- Mettler T. (2022). *Medición de acidez en los alimentos*. <https://www.mt.com/es/es/home/applications/laboratory/food-and-beverages/acidity-measurement.htm>
- Montero, M. (2021). Hidrolizados proteicos a partir de subproductos de la industria pesquera: obtención y funcionalidad. *Revista Agronomía Mesoamericana*, 32(2). <https://www.redalyc.org/journal/437/43766744024/html/>.
- Muñoz, K. (2022). *Adición de hongo Agaricus bisporus como sustituto de la carne de cerdo en la calidad del chorizo ahumado tipo I*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López]. Repositorio Institucional. [https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1761/1/TIC\\_AI04D.pdf](https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/1761/1/TIC_AI04D.pdf)
- Núñez, Á. (2019). *Interacciones proteína-almidón y su aplicación en sistemas modelo*. [Tesis de Grado, Universidad de Valladolid]. Repositorio Institucional. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=296120>
- Quesada, D. y Gómez, G. (2019). *¿Proteínas de origen vegetal o de origen animal?: Una mirada a su impacto sobre la salud y el medio ambiente*. <https://cpncampus.com/biblioteca/files/original/3d406a1c20e84eb717995c0eced2df81.pdf>
- Quipo, F. (2020). *Obtención de una base proteica a partir de los residuos sólidos de curtiembres para la manufactura de alimentos balanceados*. [Tesis de grado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia]. Repositorio Institucional. <https://n9.cl/hck54>
- Quispe, K. (2019). *Estimación de la incertidumbre en la determinación de humedad, ceniza, grasa y proteína en mezcla de harinas (alimento de reconstitución instantánea)*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Curso]. Repositorio Institucional. <https://n9.cl/c9i0h>

- Ramírez, D., Ramírez, P., y Santos, J. (2022). *Evaluación de las propiedades mecánicas de hidrogeles a base de colágeno de piel de tilapia con potencial uso en el tratamiento de quemaduras de segundo grado*. [Tesis de Grado, Universidad Autónoma de Bucaramanga]. Repositorio Institucional. <https://repository.unab.edu.co/>
- Razlan, A. (2023). *Patatas de pollo y colágeno*. <https://n9.cl/cm4yf>
- Reyes, D. (2022). *Determinación de la capacidad emulsificante de proteína extraída de la arveja (pisum sativum L.) para su aprovechamiento y valorización en la industria alimentaria*. [Tesis de Grado, Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca]. Repositorio Institucional. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23674/1/UPS-CT010154.pdf>
- Rivera, M. (2019). *Efecto de la temperatura de extracción en el rendimiento y perfil de ácidos grasos del aceite de morete (Mauritia flexuosa L. f.)*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/30551/1/AL%20717.pdf>
- Rodríguez, D. y Múnera, M. (2022). *Obtención de colágeno a partir de subproductos avícolas con potencial uso en la síntesis de materiales poliméricos para aplicaciones biomédicas*. [Tesis de Grado, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional. <https://n9.cl/9z9bj>
- Sagastibelza, B. (2018). *Secado asistido por microondas aplicado en frutas: Comparativa frente al secado convencional por aire caliente*. [Tesis de Grado, Universidad Pública de Navarra]. Repositorio Institucional. [https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/29030/TFG\\_Sagastibelza\\_Blanca.pdf;jsessionid=B769341712F7D2A938F1C5A760D94DFD?sequence=1](https://academica-e.unavarra.es/xmlui/bitstream/handle/2454/29030/TFG_Sagastibelza_Blanca.pdf;jsessionid=B769341712F7D2A938F1C5A760D94DFD?sequence=1)
- Santana, L. (2019). *Los beneficios de comer patitas de pollo*. <https://www.eluniversal.com.mx/menu/para-que-sirve-comer-patas-de-pollo>
- Tenelema, M. (2017). *Obtención de colágeno de las patas de pollo con la aplicación de niveles de 2%, 4%, 6% de pepsina*. [Tesis de Grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. Repositorio Institucional. <https://core.ac.uk/download/pdf/234577952.pdf>
- Terra Food Tech. (2022). *La importancia del pH de los alimentos*. <https://www.terrafoodtech.com/la-importancia-del-ph-de-los-alimentos/>
- Torres, C. (2022). *Obtención de colágeno a partir de subproductos avícolas con potencial uso en la síntesis de materiales poliméricos para aplicaciones*

- biomédicas*. [Tesis de Grado, Universidad del Rosario]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.escuelaing.edu.co/handle/001/2107>
- Valdiviezo, L. (2019). *Análisis de Acidez en la Harina de Trigo*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Machala]. Repositorio Institucional. <https://n9.cl/0mq84>
- Valenzuela, C. (2019). *Obtención de extractos proteicos por el punto isoeléctrico y composición de aminoácidos de dos variedades de Chenopodium quinoa Willd, CICA 17 y CICA 18*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. Repositorio Institucional. [http://200.48.82.27/bitstream/handle/20.500.12918/4344/253T20191072\\_](http://200.48.82.27/bitstream/handle/20.500.12918/4344/253T20191072_)
- Vallejo, J., Almonacid, L., Agudelo, R., Hernández, J., y Ortiz, Ó. (2019). Evaluación de la hidrólisis alcalina-enzimática para la obtención de colágeno hidrolizado a partir de virutas de cuero curtido. *Revista Ion*, 32(1). <http://www.scielo.org.co/pdf/rion/v32n1/2145-8480-rion-32-01-55.pdf>
- Veintimilla, K. (2020). *Estudio de los compuestos bioactivos de hojas de cacao (Theobroma cacao L.) (Nacional, Forastero, Trinitario) en dos estados fisiológicos foliares*. [Tesis de grado, Universidad Técnica estatal de Quevedo]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/6580/1/T-UTEQ-126.pdf>

# **ANEXOS**

## Anexo 1.

**Anexo 1-A.** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable humedad.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-3.000	2.944	-1.019	.308	1.000
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	6.000	2.944	2.038	.042	.249
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-9.000	2.944	-3.057	.002	.013
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	6.000	2.944	2.038	.042	.249
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-3.000	2.944	-1.019	.308	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-B:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable cenizas.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-4.000	2.944	-1.359	.174	1.000
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	5.000	2.944	1.698	.089	.537
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	9.000	2.944	3.057	.002	.013
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	1.000	2.944	.340	.734	1.000
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	5.000	2.944	1.698	.089	.537
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	-4.000	2.944	-1.359	.174	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-C:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable grasa.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	2.333	2.944	.793	.428	1.000
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	5.667	2.944	1.925	.054	.325
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	8.667	2.944	2.944	.003	.019
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-3.333	2.944	-1.132	.258	1.000
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	6.333	2.944	2.151	.031	.189
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-D:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable acidez titulable.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Desv. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	2.333	2.934	.795	.426	1.000
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	5.667	2.934	1.932	.053	.320
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	8.667	2.934	2.954	.003	.019
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3.333	2.934	1.136	.256	1.000
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-6.333	2.934	-2.159	.031	.185
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-3.000	2.934	-1.023	.306	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-E:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable capacidad de retención de agua (CRA).

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Dev. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-6.000	2.944	-2.038	.042	.249
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-9.000	2.944	-3.057	.002	.013
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-3.000	2.944	-1.019	.308	1.000
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-6.000	2.944	-2.038	.042	.249
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-F:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable capacidad de emulsión (CE).

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Dev. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	6.000	2.944	2.038	.042	.249
T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	9.000	2.944	3.057	.002	.013
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-3.000	2.944	-1.019	.308	1.000
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	6.000	2.944	2.038	.042	.249
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)	3.000	2.944	1.019	.308	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

**Anexo 1-G:** Prueba no paramétrica de comparación por parejas para los tratamientos en función de la variable rendimiento de colágeno.

Muestra 1-Muestra 2	Estadístico de contraste	Error Error	Dev. Estadístico de contraste	Sig.	Sig. ajust.
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)	-3.000	2.939	-1.021	.307	1.000
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	-6.000	2.939	-2.042	.041	.247
T1 (Hidrólisis ácida + deshidratación 60°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-9.000	2.939	-3.063	.002	.013
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)	3.000	2.939	1.021	.307	1.000
T3 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 60°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-6.000	2.939	-2.042	.041	.247
T2 (Hidrólisis ácida + deshidratación 65°C)-T4 (Hidrólisis alcalina + deshidratación 65°C)	-3.000	2.939	-1.021	.307	1.000

Cada fila prueba la hipótesis nula de que las distribuciones de la Muestra 1 y la Muestra 2 son las mismas. Se muestran las significaciones asintóticas (pruebas bilaterales). El nivel de significación es .05. Los valores de significación se han ajustado mediante la corrección de Bonferroni para varias pruebas.

## Anexo 2. Pruebas de Laboratorio



**Anexo 2-A:** Materia prima



**Anexo 2-B:** Primer lavado



**Anexo 2-C:** Troceado



**Anexo 2-D:** Segundo lavado (desangrado)



**Anexo 2-E:** Desengrasado (alcohol etílico 96%)



**Anexo 2-F:** Hidrólisis (HCl)



**Anexo 2-G:** Hidrólisis (NaOH)



**Anexo 2-H:** Neutralización a la muestra HCl (agua)



**Anexo 2-I:** Neutralización a la muestra NaOH (ácido acético)



**Anexo 2-J: Deshidratado**



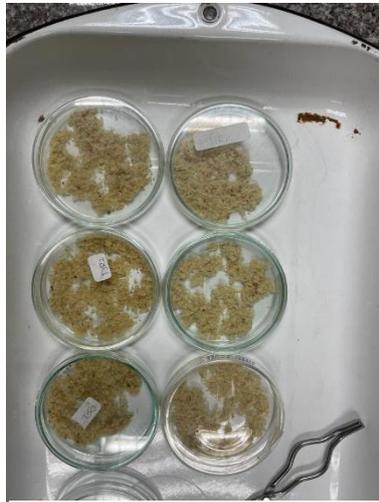
**Anexo 2-K: Pulverizado**



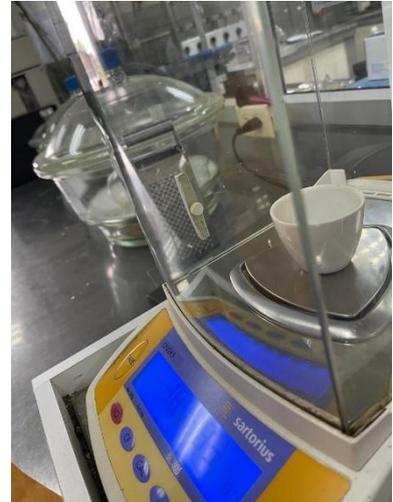
**Anexo 2-L: Tamizado**



**Anexo 2-M: Envasado**



**Anexo 2-N: Determinación de humedad**



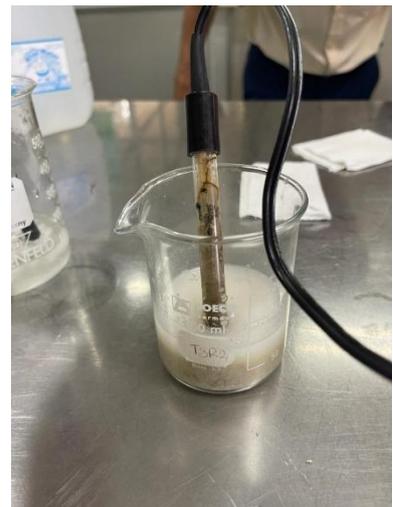
**Anexo 2-Ñ: Determinación de cenizas**



**Anexo 2-O: Determinación de grasas**



**Anexo 2-P: Determinación de proteína**



**Anexo 2-Q: Determinación de pH**



**Anexo 2-R:** Determinación de acidez



**Anexo 2-S:** Determinación de CRA



**Anexo 2-T:** Determinación de CE

## Anexo 3. Resultado de análisis bromatológicos, fisicoquímicos y rendimiento del colágeno pulverizado de patas de pollo

TRATAMIENTOS	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	GRASAS (%)	PROTEÍNA (%)	pH	ACIDEZ (%)	CRA (%)	CE(mi/g)	RENDIMIENTO (%)
1	9,02	8,17	21,78	56,70	7,35	0,41	59,54	21,82	20,97
1	9,57	8,24	21,75	56,96	7,41	0,39	59,72	21,86	20,57
1	9,52	8,21	21,82	56,72	7,37	0,41	59,67	21,91	20,88
3	9,63	6,80	21,64	53,32	6,37	0,56	81,52	21,11	23,90
3	9,84	6,65	21,58	53,41	6,43	0,56	81,74	21,15	23,82
3	9,72	6,72	21,69	53,68	6,34	0,60	81,34	21,09	23,93

Donde:

CRA: Capacidad de retención de agua  
CE: Capacidad de emulsión

ING. JORGE TECA DELGADO  
TÉCNICO DE LAB. DE BROMATOLOGÍA



TRATAMIENTOS	HUMEDAD (%)	CENIZAS (%)	GRASAS (%)	PROTEÍNA (%)	pH	ACIDEZ (%)	CRA (%)	CE(mi/g)	RENDIMIENTO (%)
2	7,06	9,95	20,59	54,11	7,82	0,11	56,96	17,72	25,18
2	7,01	9,13	20,51	54,14	7,91	0,09	56,79	17,83	25,93
2	7,12	9,06	20,62	54,06	7,78	0,12	56,36	17,70	25,95
4	7,83	8,08	20,53	51,83	7,05	0,06	75,11	17,28	27,13
4	7,95	8,01	20,36	51,88	7,11	0,08	75,32	17,32	27,13
4	7,80	8,99	20,47	51,75	7,07	0,10	75,09	17,21	27,18

Donde:

CRA: Capacidad de retención de agua  
CE: Capacidad de emulsión

ING. JORGE TECA DELGADO  
TÉCNICO DE LAB. DE BROMATOLOGÍA

