



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



Escola Tècnica Superior  
d'Enginyeria Agronòmica i del Medi Natural

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica  
y del Medio Natural

Obtención de pasta de colágeno a partir de diferentes  
zonas de serraje de bovino para su uso en la fabricación de  
salchichas

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

AUTOR/A: Valero Rodríguez, Paula

Tutor/a: Larrea Santos, Virginia

Cotutor/a: Hernando Hernando, María Isabel

Cotutor/a externo: Roig Orts, Mercedes

CURSO ACADÉMICO: 2023/2024

## RESUMEN

La industria cárnica genera un subproducto importante: la piel de vacuno. Esta piel se procesa para la obtención de cuero, y los residuos resultantes de este proceso se utilizan en la industria alimentaria en la elaboración de gelatinas, fertilizantes y obtención de colágeno en varias formas. La piel bovina tiene un alto contenido proteico, lo que la convierte en una excelente materia prima para producir una pasta de colágeno apta para el consumo humano. Sin embargo, la estructura fibrosa irregular de la piel puede ocasionar variaciones en sus propiedades fisicoquímicas dependiendo de las zonas que se utilicen.

Para la obtención de una pasta de colágeno con las propiedades características necesarias para su utilización como cobertura de salchichas es fundamental identificar las zonas de la materia prima que son mejores para el proceso.

El objetivo general del trabajo es la caracterización de las zonas óptimas de la piel de bovino para la obtención de una pasta de colágeno destinada a la cobertura de salchichas por coextrusión. Se busca lograr propiedades fisicoquímicas y reológicas de mayor calidad, agregando valor a los subproductos generados de la industria cárnica.

Para ello, se fabrican lotes de pasta de colágeno a partir de las diferentes zonas de la piel y distinguiendo según el método de conservación utilizado (refrigeración y salado). Estos lotes se caracterizan mediante la realización de diferentes análisis en la materia prima (serraje) y en la pasta de colágeno, que incluyen la determinación de la dureza, espesor, sólidos totales, porcentaje de proteínas, color y análisis de textura.

Los resultados muestran diferencias significativas en todas las zonas en el color y en los sólidos totales para los diferentes métodos de conservación en el serraje, pero no en todas las zonas en las muestras de pasta de colágeno obtenidas. El análisis de textura y la determinación del porcentaje de proteínas realizados en las pastas de colágeno determinaron que la zona que mejor podría adaptarse al proceso de fabricación de salchichas fue la zona del crupón.

Palabras clave: piel bovina; serraje; colágeno; análisis fisicoquímicos

## **ABSTRACT**

The meat industry generates an important by-product: bovine hides. This hide is processed into leather, and the residues resulting from this process are used in the food industry in the production of gelatines, fertilisers and collagen in various forms. Bovine hide has a high protein content, which makes it an excellent raw material for producing collagen paste suitable for human consumption. However, the irregular fibrous structure of the skin can cause variations in its physicochemical properties depending on the areas used.

In order to obtain a collagen paste with the necessary characteristic properties for use as a sausage casing, it is essential to identify the areas of the raw material that are best suited to the process.

The general objective of the work is the characterisation of the optimal areas of bovine skin for obtaining a collagen paste for sausage casing by co-extrusion. The aim is to achieve higher quality physicochemical and rheological properties, adding value to the by-products generated from the meat industry.

For this purpose, batches of collagen paste are produced from the different areas of the skin and distinguished according to the preservation method used (refrigeration and salting). These batches are characterised by carrying out different analyses on the raw material (split bovine leather) and on the collagen paste, which include the determination of hardness, thickness, total solids, protein percentage, colour and texture analysis.

The results show significant differences in all areas in colour and total solids for the different methods of preservation in the split leather, but not in all areas in the collagen paste samples obtained. Texture analysis and protein percentage determination performed on the collagen pastes determined that the zone that could be best adapted to the sausage manufacturing process was the back zone.

Key words: bovine hides; split bovine leather; collagen; physico-chemical analysis

## RESUM

La indústria càrnica genera un subproducte important: la pell de boví. Esta pell es processa per a l'obtenció de cuir, i els residus resultants d'este procés s'utilitzen en la indústria alimentària en l'elaboració de gelatines, fertilitzants i l'obtenció de col·lagen en diverses formes. La pell bovina té un alt contingut proteic, la qual cosa la convertix en una excel·lent matèria prima per a produir una pasta de col·lagen apta per al consum humà. No obstant això, l'estructura fibrosa irregular de la pell pot ocasionar variacions en les seues propietats fisicoquímiques depenent de les zones que s'utilitzen.

Per a l'obtenció d'una pasta de col·lagen amb les propietats característiques necessàries per a la seua utilització com a cobertura de salsitxes és fonamental identificar les zones de la matèria primera que són millors per al procés.

L'objectiu general del treball és la caracterització de les zones òptimes de la pell de boví per a l'obtenció d'una pasta de col·lagen destinada a la cobertura de salsitxes per coextrusió. Es busca aconseguir propietats fisicoquímiques i reològiques de major qualitat, agregant valor als subproductes generats de la indústria càrnia.

Per a això, es fabriquen lots de pasta de col·lagen a partir de les diferents zones de la pell i distingint segons el mètode de conservació utilitzat (refrigeració i salat). Estos lots es caracteritzen mitjançant la realització de diferents anàlisis en la matèria primera (serratge) i en la pasta de col·lagen, que inclouen la determinació de la duresa, grossària, sòlids totals, percentatge de proteïnes, color i anàlisi de textura.

Els resultats mostren diferències significatives en totes les zones en el color i en els sòlids totals per als diferents mètodes de conservació en el serratge, però no en totes les zones en les mostres de pasta de col·lagen obtingudes. L'anàlisi de textura i la determinació del percentatge de proteïnes realitzats en les pastes de col·lagen van determinar que la zona que millor podria adaptar-se al procés de fabricació de salsitxes va ser la zona del crupón.

Pauraules Claus: pell de boví; serratge; col·lagen; anàlisis fisicoquímics

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1. Historia del cuero .....	1
1.2. Estructura de la piel .....	1
1.3. Estructura del Colágeno.....	2
1.4. Proceso de obtención de la pasta de colágeno .....	3
<b>2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Objetivo.....	5
2.2. Plan de trabajo .....	5
<b>3. MATERIAL Y MÉTODOS .....</b>	<b>5</b>
3.1. Materias primas.....	5
3.2. Procesos para la obtención de pasta de colágeno.....	6
3.3 Determinaciones analíticas en el proceso.....	7
3.3.1. Determinación del espesor .....	8
3.3.2. Determinación de la dureza .....	9
3.3.3. Determinación de sólidos totales .....	9
3.3.4. Determinación de Nitrógeno .....	9
3.3.5. Determinación de color .....	10
3.3.6. Análisis de textura .....	11
3.3.7. Análisis estadístico .....	11
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>12</b>
4.1. Evaluación de los análisis de espesor y dureza.....	12
4.2. Evaluación de los análisis de proteína y sólidos totales.....	13
4.3. Evaluación de resultados colorimétricos .....	15
4.4. Resultados del ensayo de Análisis de Textura.....	20
<b>5. CONCLUSIONES .....</b>	<b>23</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>24</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Dureza y espesor para las diferentes partes del serraje hidrolizado .....	12
Tabla 2. Sólidos totales y proteínas en serraje hidrolizado y pasta de colágeno. ....	14
Tabla 3. Resultados de los parámetros de color en el serraje hidrolizado .....	16
Tabla 4. Resultados de los parámetros de color en la pasta de colágeno. ....	18
Tabla 5. Resultados del ensayo de análisis de textura (TPA) en pasta de colágeno .....	21

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de la piel.....	2
Figura 2. Tejido conectivo con fibras de colágeno horizontales. ....	3
Figura 3. Zonas de la piel de bovino .....	6
Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de pasta de colágeno.....	7
Figura 5. Cuadro resumen de los análisis realizados .....	8
Figura 6. Medición del espesor .....	8
Figura 7. Digestor Kjeldahl .....	10
Figura 8. Colorímetro Chroma Meter.....	10
Figura 9. Analizador de textura (TPA) .....	11
Figura 10. Relación entre la dureza de las diferentes zonas y el espesor .....	13
Figura 11. Análisis de perfil de textura (TPA) .....	20

## RELACIÓN DEL TRABAJO CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA AGENDA 2030

Se establece el grado de relación del trabajo con los ODS de la agenda 2030

	Alto	Medio	Bajo	No procede
<b>ODS 1. Fin de la pobreza</b>				X
<b>ODS 2. Hambre cero</b>		X		X
<b>ODS 3. Salud y bienestar</b>	X			X
<b>ODS 4. Educación de calidad</b>				X
<b>ODS 5. Igualdad de género</b>				X
<b>ODS 6. Agua limpia y saneamiento</b>				X
<b>ODS 7. Energía asequible y no contaminante</b>				X
<b>ODS 8. Trabajo decente y crecimiento económico</b>			X	
<b>ODS 9. Industria, innovación e infraestructuras</b>	X			
<b>ODS 10. Reducción de las desigualdades</b>				X
<b>ODS 11. Ciudades y comunidades sostenibles</b>				X
<b>ODS 12. Producción y consumo responsables</b>	X			
<b>ODS 13. Acción por el clima</b>				X
<b>ODS 14. Vida submarina</b>				X
<b>ODS 15. Vida de ecosistemas terrestres</b>				X
<b>ODS 16. Paz, justicia e instituciones sólidas</b>				X
<b>ODS 17. Alianzas para lograr objetivos.</b>				X

### ODS3: Salud y bienestar

Al promover el uso seguro y eficiente de subproductos de origen animal, se contribuye a reducir el impacto ambiental y la exposición a productos químicos peligrosos que podrían utilizarse en la eliminación de residuos.

### ODS 9: Industria, innovación e infraestructuras:

Al identificar y utilizar las zonas óptimas de la piel de bovino y métodos de conservación eficientes, este trabajo promueve la modernización y eficiencia en el

procesamiento de subproductos cárnicos, contribuyendo a una industria más sostenible.

**ODS 12: Producción y consumo responsable:**

El trabajo está altamente ligado con este Objetivo de Desarrollo Sostenible ya que contribuye a la reducción de residuos en la industria cárnica al transformar un subproducto en un producto de valor añadido.

Con una buena caracterización de la materia prima y del producto final se podrían evitar pérdidas en la cadena de producción debidas a una mala adhesión del producto en la maquinaria y/o en el producto final, minimizando el desperdicio y optimizando el uso de recursos.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Historia del cuero

A lo largo de la historia, las pieles de animales se han empleado dentro de actividades sociales y culturales para obtener cueros de gran duración, flexibilidad y resistencia (Martínez García, 2008). Los primeros registros de fabricación de cuero datan de hace más de 5000 años, donde se usaba principalmente para prendas de vestir y calzado. Ya en la época del imperio romano, las legiones eran los principales consumidores de cuero y contaban con técnicas avanzadas del curtido que incluían el uso de sustancias naturales como la corteza de árbol y productos vegetales para preservar y suavizar las pieles (De la Llave, 2003). En la segunda mitad del siglo XIX, con el auge de la industrialización y la tecnología, la fabricación de cuero se volvió más eficiente y se desarrollaron nuevas técnicas para producir cuero en masa.

El proceso de curtido se ha refinado a lo largo de los años, con el hallazgo de nuevos productos recurtientes y productos químicos sintéticos (Martínez García, 2008). Hoy en día, el cuero se utiliza en una amplia variedad de productos, desde prendas de vestir y accesorios hasta muebles y revestimientos de automóviles; incluso habiendo introducido alternativas sintéticas, el cuero sigue siendo apreciado por su durabilidad, versatilidad y estética atemporal.

Sin embargo, el tratamiento de las pieles en la industria ha sido objeto de debate por preocupaciones ambientales debidas a los residuos que se generan durante los procesos de curtido, es por ello, que las empresas destinan los subproductos generados para industrias como la alimentaria o la farmacéutica (Acosta Lescano, 2023)

## 1.2. Estructura de la piel

La piel es una sustancia heterogénea que está formada por tres capas diferenciadas, epidermis, dermis y tejido subcutáneo, las cuales varían en calidad, estructura histológica y tipos de células que las conforman (Figura 1). Estas variaciones vienen dadas según factores como la edad, sexo, dieta, raza del animal o condiciones de crianza (Texfor, 2020).

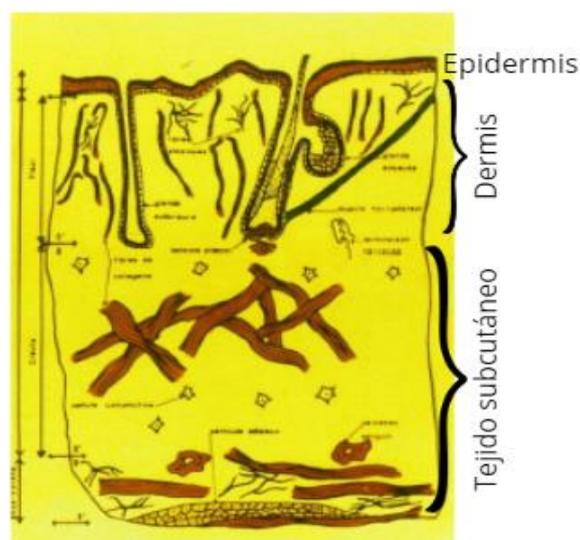
La piel presenta una estructura fibrosa irregular debida a las diferencias en la ordenación, orientación y diámetro de las fibras de colágeno (Wells et al, 2015). Esta disposición irregular es lo que hace que las propiedades físicas y químicas de la piel cambien dependiendo de las diferentes partes.

La epidermis, la capa más externa de la piel, supone alrededor del 1 % del espesor total y actúa como una barrera protectora contra el ambiente externo. Está compuesta por queratinocitos, unas células ricas en la proteína queratina, que dan

protección y resistencia debido a las diferentes interacciones celulares que se producen (Arvelo et al; 2004).

Justo debajo de la epidermis se encuentra la dermis, la capa intermedia y más gruesa de la piel, que se extiende hasta la capa subcutánea (Bañón, 2016). La dermis está compuesta por tejido conectivo denso, principalmente colágeno, y contiene una variedad de estructuras. El tejido subcutáneo es la capa más profunda de la piel. Constituye el 15% del espesor total y conecta la dermis con los tejidos subyacentes como los músculos. Al igual que la dermis también contiene colágeno, pero este está presente en menores cantidades.

Tras la eliminación de la epidermis, la dermis, que constituye el 84% del total de la piel, es la parte de la piel que, por sus características, se dedica a la fabricación de cuero (Galiana, 2010). La parte del tejido subcutáneo, que se elimina durante el proceso de fabricación del cuero, es la que se utiliza como subproducto para la industria alimentaria en la fabricación de gelatinas, fertilizantes o colágeno.



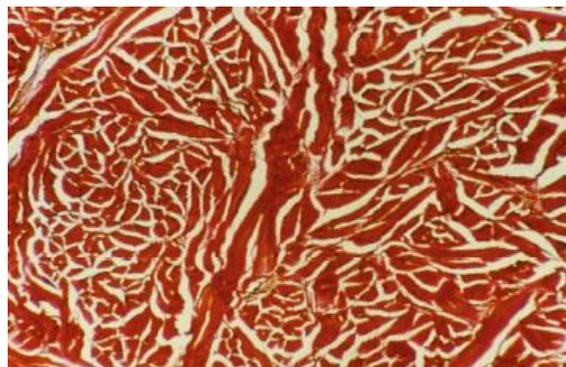
*Figura 1. Estructura de la piel.  
Fuente: Texfor, 2020*

### **1.3. Estructura del Colágeno**

El colágeno es una proteína estructural y fibrosa que se encuentra en los tejidos conectivos de todos los animales pluricelulares (Figura 2). Es la proteína más abundante de los animales, representando alrededor del 25-35% del contenido proteico total y tiene la función de crear y mantener las estructuras de los tejidos que forman el organismo (Shoulders & Rainers; 2009).

El colágeno consta de cuatro estructuras. La estructura primaria del colágeno está caracterizada por la secuencia específica de aminoácidos de una cadena

polipeptídica unidos de manera covalente por enlaces peptídicos, principalmente la constituyen los aminoácidos glicina, prolina e hidroxiprolina (Shoulders & Rainers; 2009). La estructura secundaria se refiere a la organización de las cadenas polipeptídicas en una hélice individual. Esta estructura helicoidal le confiere al colágeno su alta resistencia a la tensión y su capacidad para formar fibras fuertes y flexibles. La presencia de prolina e hidroxiprolina permite que tres hélices se enrolen una alrededor de la otra formando una fibra muy resistente (León-López et al; 2019). Estas tres hélices individuales forman una estructura de triple hélice, la que conocemos como estructura terciaria, estabilizada por enlaces de tipo covalentes y no covalentes. Esta triple hélice se agrupa en muchas fibrillas para formar la estructura cuaternaria, responsable de modular la actividad biológica de la proteína (Guillén, 2009). El colágeno no se considera una proteína única, sino que es una familia de moléculas relacionadas. Estas moléculas se agrupan para formar fibrillas, estabilizadas por enlaces cruzados covalentes que aumentan la resistencia y la rigidez de las fibras. Se conocen al menos 28 tipos diferentes de colágeno numerados del I al XXVIII (Meisenberg & Simmons; 2019). El colágeno tipo I, mayoritariamente encontrado en el tejido subcutáneo de los animales, es el responsable de mantener las propiedades mecánicas del tejido conectivo. Esta proteína es insoluble en agua fría, debido a la estructura helicoidal, pero se vuelve soluble en agua caliente o en medios ácidos (Schultz & Liebma; 1992), esta característica es útil en la extracción de colágeno para aplicaciones industriales o alimentarias. El colágeno utilizado actualmente en la industria alimentaria es un producto a base de proteína obtenido a partir de huesos, pieles, tendones y nervios animales (Reglamento (CE) 853/2004), siendo el proceso de curtición de pieles la forma más habitual y tradicional de obtención del producto en la industria.



*Figura 2. Tejido conectivo con fibras de colágeno horizontales.  
Fuente: Texfor, 2020.*

#### **1.4. Proceso de obtención de la pasta de colágeno**

Tras la etapa de sacrificio del animal para mantener las pieles en óptimas condiciones y evitar su putrefacción, es necesario someterlas a un tratamiento de

conservación. Actualmente existen tres tipos de conservación: secado, salado y refrigeración.

Los procesos que transforman una piel en bruto en serraje hidrolizado se denominan Procesos de Ribera (Galiana, 2010) y se realizan a temperatura ambiente. Estos procesos incluyen operaciones químicas y operaciones mecánicas para eliminar componentes y restos que no sean adecuados y preparar la estructura del colágeno para la obtención de la pasta.

1. Remojo: Elimina impurezas y restaura el estado de hidratación original.
2. Apelmbrado: Elimina la epidermis, el pelo y afloja la estructura fibrosa del colágeno.
3. Descarnado: Elimina el tejido adiposo para facilitar la penetración de productos y aditivos.
4. Dividido: La piel se separa en dos partes horizontales, la parte superior llamada flor (utilizada para cuero) y parte inferior o serraje (utilizada para la obtención de la pasta de colágeno).

Una vez obtenido el serraje, se inicia el proceso de obtención de la pasta de colágeno mediante hidrólisis ácida. Este proceso se lleva a cabo en bombos de acero inoxidable donde se introducen ácidos fuertes para reducir el pH hasta 2,5 ya que a estos valores el hinchamiento del serraje es máximo (Suurs & Barbut; 2020). Las posteriores etapas se llevan a cabo a temperaturas inferiores a 12°C para evitar el sobrecalentamiento del producto por el efecto mecánico de los procesos y que esto produzca una desnaturalización del colágeno. Cuando el serraje ya está hidrolizado, se trocea para mejorar los siguientes procesos. Luego, se lleva a bombos de lavado con ácido láctico, eliminando restos de suciedad que puedan quedar y manteniendo la acidez para evitar el posible crecimiento bacteriano. Posteriormente, se pica para reducir su tamaño.

El serraje picado se mezcla en un reactor con los aditivos (agua, conservantes, estabilizantes y gelificantes), previamente disueltos en agua fría. Esta mezcla se procesa en un molino para obtener una pasta con gránulos muy pequeños y luego en una homogeneizadora para conseguir una pasta homogénea y poco compacta. La pasta final debe tener un pH menor de 3,5 ya que a estos valores, además de evitar el crecimiento bacteriano, el colágeno es más firme y translúcido (Suurs, & Barbut; 2020).

Finalmente, la pasta se deja macerar a temperaturas menores de 5°C entre siete y diez días. Transcurrido este tiempo se procede al amasado a vacío, donde se elimina todo el aire ocluido que hay en la pasta haciendo que este aumente su viscosidad y finalmente se envasa.

## 2. OBJETIVO Y PLAN DE TRABAJO

### 2.1. Objetivo

El objetivo general de este trabajo es la caracterización de las zonas óptimas del serraje de la piel bovina para la obtención de una pasta de colágeno destinada a la cobertura de salchichas por coextrusión. Se busca lograr propiedades fisicoquímicas y reológicas de gran calidad, agregando valor a los subproductos generados de la industria cárnica.

### 2.2. Plan de trabajo

Para alcanzar el objetivo planteado, se desarrolló un plan de trabajo estructurado en varias fases. Este plan abarca desde la selección y procesamiento de las pieles bovinas hasta la obtención y análisis de la pasta de colágeno final. A continuación, se describen los pasos detallados de este proceso:

1. **Selección de la materia prima:** Se seleccionaron varias pieles de bovino conservadas en refrigeración y en salado, procedentes todas del mismo matadero para minimizar errores debidos a la variabilidad de la materia prima.
2. **Procesamiento de las pieles:** Tras someter a las pieles a los procesos de Ribera, se obtuvieron los serrajes de piel bovina.
3. **División de los serrajes:** Los serrajes se dividieron en cuatro partes diferentes, diferenciando entre el cuello, el crupón, la culata y las faldas, y se les dio un tratamiento de hidrólisis ácida.
4. **Obtención de muestras:** Tras la hidrólisis ácida, se obtuvieron 8 muestras de serraje hidrolizado (4 muestras de pieles saladas y 4 de pieles en refrigeración) a las que se realizaron ensayos fisicoquímicos para obtener información detallada de cada muestra.
5. **Producción de pasta de colágeno:** Estas 8 muestras de serraje hidrolizado fueron sometidas a diferentes procesos hasta obtener la pasta de colágeno utilizada en la coextrusión de salchichas.
6. **Ensayos y análisis:** Las muestras de pasta de colágeno fueron sometidas a ensayos físicos, químicos y mecánicos para evaluar sus propiedades.

## 3. MATERIAL Y MÉTODOS

### 3.1. Materias primas

Para el desarrollo del trabajo se utilizaron pieles frescas de bovino conservadas en refrigeración (2-4°C) y pieles conservadas por salado (35-50% de cloruro sódico). Las pieles fueron caracterizadas previamente, dividiéndose en cuatro zonas distintas (Figura 3):

**Crupón:** piel de la región dorsal y lumbar del animal. Es la parte más homogénea, compacta y valiosa, representando aproximadamente el 45% del total de la piel fresca.

**Cuello:** parte de la piel del cuello, espalda y cabeza del animal. Su grueso y compacidad son irregulares con un peso aproximado del 15% del total de la piel fresca.

**Culata:** parte trasera del animal. Tiene propiedades similares a la parte del cuello, presentan un grueso y compacidad irregulares representando un peso aproximado del 15% del total de la piel fresca.

**Faldas:** cubren el vientre y las patas del animal. Son las partes más irregulares de la piel constituyendo un 30% del total de la piel fresca.

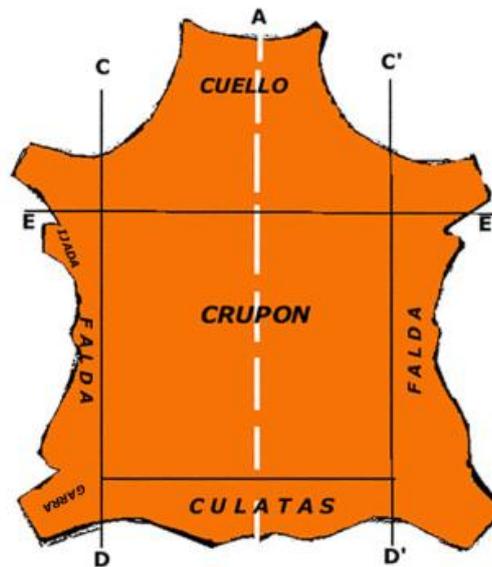


Figura 3. Zonas de la piel de bovino

Fuente: Tecnología de la confección en piel. Capítulo 2.

([https://www.edym.net/Confeccion\\_en\\_piel\\_gratis/part01/lecc02/capitulo.html](https://www.edym.net/Confeccion_en_piel_gratis/part01/lecc02/capitulo.html))

### 3.2. Procesos para la obtención de pasta de colágeno

Tras la recepción de las pieles conservadas en refrigeración y las pieles conservadas en salado, estas se sometieron a los procesos de tratamiento correspondientes hasta la obtención del serraje, utilizado como materia prima a procesar para la obtención de la pasta de colágeno de grado alimentario (Figura 4).

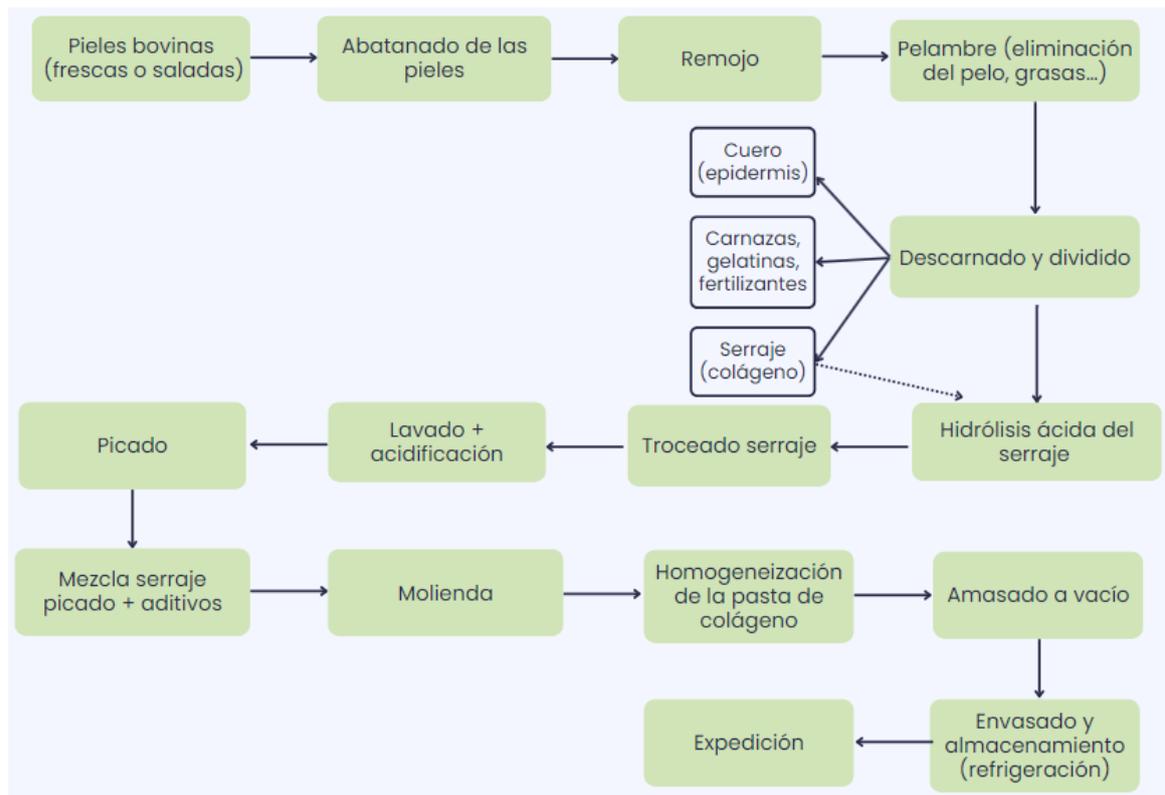


Figura 4. Diagrama de flujo para la obtención de pasta de colágeno

### 3.3 Determinaciones analíticas en el proceso

En el serraje hidrolizado de pieles de bovino frescas y saladas se analizaron:

- Determinación del espesor
- Determinación de la dureza
- Porcentaje de sólidos totales
- Determinación de Nitrógeno

Se realizaron ensayos en ocho lotes de pasta de colágeno, distinguiendo la zona de procedencia y el método de conservación de las pieles y se evaluaron los siguientes parámetros:

- Porcentaje de sólidos totales
- Determinación de Nitrógeno
- Determinación de color
- Análisis de textura (TPA): dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y gomosidad.

La figura 5 muestra un resumen de todos los análisis realizados en cada etapa del proceso.

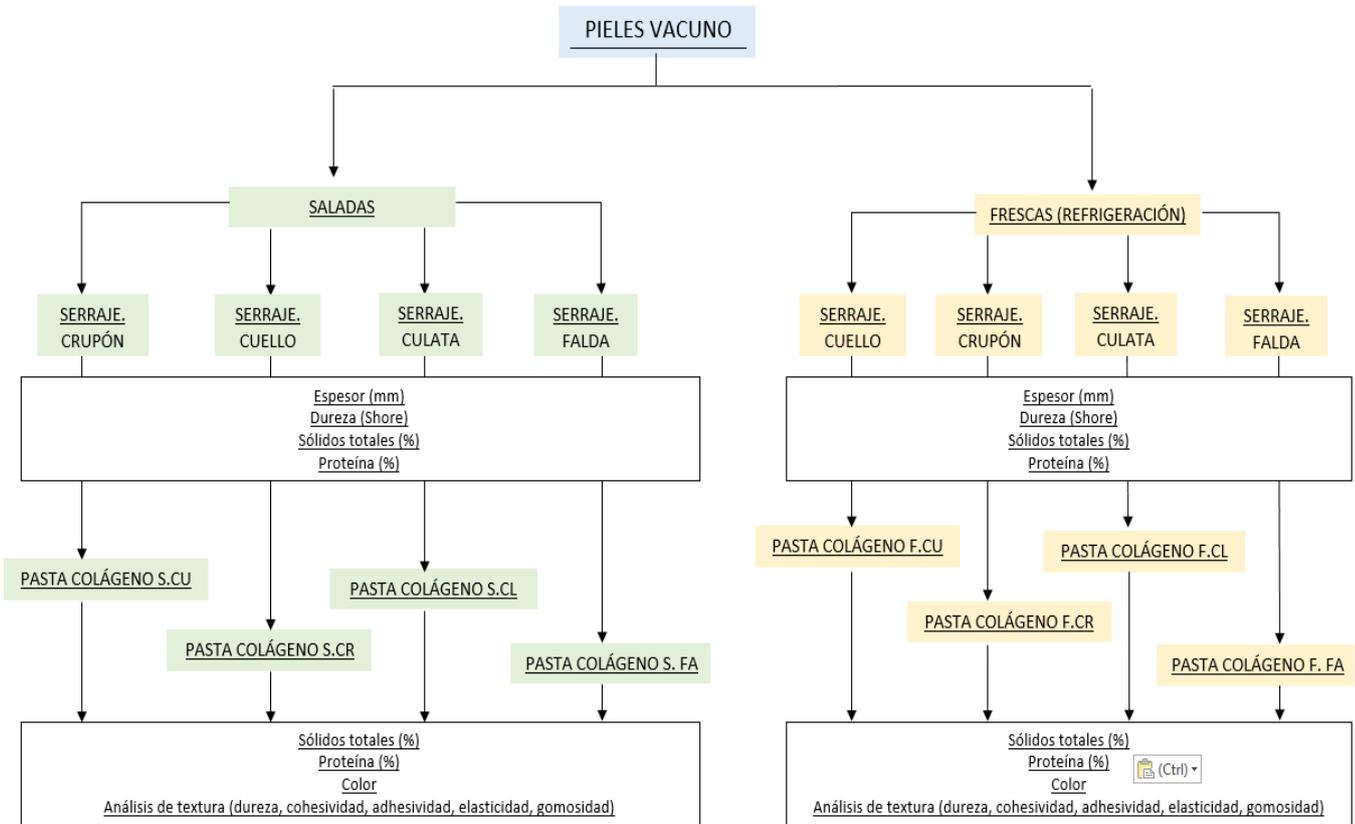


Figura 5. Cuadro resumen de los análisis realizados

### 3.3.1. Determinación del espesor

Para la determinación del espesor de los serrajes hidrolizados se utilizó un Calibre Mediano analógico marca Calati, Modelo 300TCD (Italia).

Se realizaron medidas por triplicado por cada muestra y zona.



Figura 6. Medición del espesor

### 3.3.2. Determinación de la dureza

Se utilizó un equipo de dureza Shore, marca KERN HBA100-0 (Balingen, Alemania), escala Shore A (0 a 100) para determinar la dureza de los serrajes hidrolizados. Se realizaron mediciones por triplicado por cada muestra y zona.

La escala Shore A se utiliza para medir la dureza de materiales blandos, flexibles y gelatinosos, como es el caso del serraje.

### 3.3.3. Determinación de sólidos totales

El contenido de sólidos totales se determinó por desecación. Se colocaron aproximadamente 100 gramos de muestra en placas Petri de vidrio y se introdujeron en una estufa Memmert GmbH UF-1060 (Alemania), a 105°C hasta peso constante. Las mediciones se realizaron por triplicado.

Para el cálculo del contenido de sólidos totales, se utilizó la siguiente fórmula:

$$X_s = \frac{M_2 - M}{M_1 - M} \times 100 \quad (1)$$

Dónde:

Xs: contenido de sólidos totales de la muestra

M: peso de la placa de vidrio vacía (g)

M1: peso de la placa + peso de la muestra inicial (g)

M2: peso de la placa + peso de la muestra final (peso cte) (g)

### 3.3.4. Determinación de Nitrógeno

Se utilizó el método Kjeldahl según UNE-EN ISO 5983-1 para determinar el contenido de nitrógeno y calcular el porcentaje de proteína, utilizando un factor de conversión de 5.55, adecuado para gelatinas.

Las mediciones se realizaron por triplicado.

El equipo utilizado fue el Bloc-Digest Macro 6 y el destilador Kjeldahl semiautomático Pro-Nitro S (JP Selecta, España) (Figura 7).



Figura 7. Digestor Kjeldahl

### 3.3.5. Determinación de color

Para medir el color de las muestras se utilizó un colorímetro Chroma Meter CR-400D (Minolta, Japón) (Figura 8), determinando las coordenadas CIELab\*. Se realizaron mediciones por triplicado para cada muestra.

Los parámetros de pureza ( $C^*$ ) y ángulo ( $h_{ab}$ ) se calcularon con las siguientes fórmulas:

$$Pureza = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (2)$$

$$\text{Ángulo} = h_{ab} = \arctan(b^*/a^*) + 180^\circ \quad (3)$$



Figura 8. Colorímetro Chroma Meter

### 3.3.6. Análisis de textura

Para la determinación de la textura se utilizó un analizador de textura TA-TXTplus (Stable Microsystem, Ltd., Godalming, England, UK) (Figura 9), usando el programa TextureExponent Lite 32 (versión 6.1.4.0, Stable Microsystems).

Se realizó un análisis de perfil de textura (TPA) de las diferentes muestras de pasta de colágeno. La velocidad del test fue de 1 mm/s, con una compresión del 20% y un tiempo de reposo entre los ciclos de 5 segundos. La compresión se realizó con una sonda cilíndrica de aluminio de 35 mm de diámetro.

Con este análisis se pudo determinar la dureza, elasticidad, cohesividad, gomosidad y adhesividad.

Se realizaron mediciones por triplicado para cada muestra.

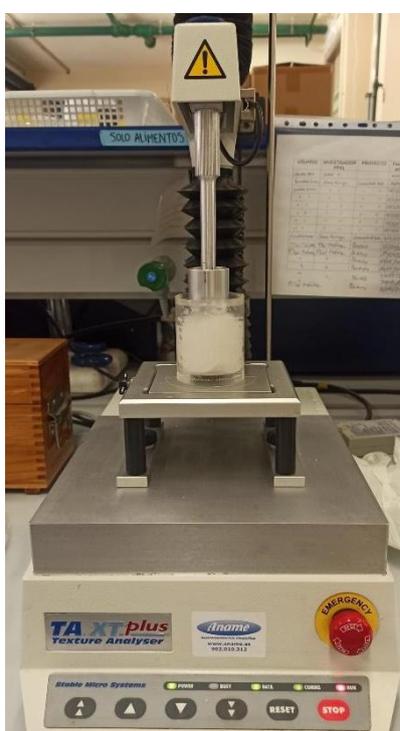


Figura 9. Analizador de textura (TPA)

### 3.3.7. Análisis estadístico

El análisis estadístico de los resultados se realizó mediante el programa estadístico Statgraphics Centurion XVI.II. Se realizó un análisis de varianza ANOVA simple calculando diferencias significativas con un nivel de significación  $P < 0.05$  para el método de conservación y la para las zonas de muestreo.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Evaluación de los análisis de espesor y dureza

En la tabla 1 se muestran los valores obtenidos para los parámetros de espesor, expresado en milímetros, y para la dureza, expresada en la escala Shore A.

**Tabla 1. Dureza y espesor para las diferentes partes del serraje hidrolizado**

Muestras	Dureza (Shore)	Espesor (mm)
FCU	$30 \pm 3^C$	$5,2 \pm 0,2^B$
FCL	$28 \pm 1^C$	$4,7 \pm 0,3^C$
FCR	$23 \pm 1^B$	$3,7 \pm 0,3^A$
FFA	$5 \pm 1^A$	$2 \pm 0,3^D$
SCU	$31 \pm 2^C$	$4,9 \pm 0,3^B$
SCL	$28 \pm 2^C$	$4,5 \pm 0,3^C$
SCR	$24 \pm 2^B$	$3,7 \pm 0,1^A$
SFA	$5 \pm 0^A$	$1,8 \pm 0,2^D$

Elaboración a partir de pieles frescas de diferentes zonas: Cuello (FCU), Culata (FCL), Crupón (FCR), Falda (FFA). Elaboración a partir de pieles saladas de diferentes zonas: Cuello (SCU), Culata (SCL), Crupón (SCR), Falda (SFA).

A, B, C: Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para un mismo método de conservación.

Según la bibliografía, los valores para zonas blandas, como las faldas, suelen ser menores de 20 Shore y con un espesor inferior a 3 mm. Las zonas duras, como el cuello y la culata, generalmente presentan una dureza mayor a 25 Shore y un espesor mayor a 10 mm y las zonas intermedias, como el crupón, suelen presentar una dureza comprendida entre 20 y 25 Shore (Belinchón, P. et al 2013).

En los resultados obtenidos se observa esta tendencia en la dureza. Las zonas blandas (faldas) presentan durezas menores a 20 Shore, mientras que las zonas duras (cuello y culata) tienen durezas mayores a 25 Shore. Sin embargo, la afirmación sobre el espesor no se cumple completamente. Ninguna de las zonas tiene un espesor superior a 10 mm, aunque las zonas más duras (cuello y culata) sí presentan un espesor mayor que las zonas blandas (faldas). Mediante el análisis estadístico se determinó que no existen diferencias significativas en cuanto a dureza y espesor entre los diferentes métodos de conservación ( $P > 0.05$ ); sin embargo, sí se encontraron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la dureza en la

zona de las faldas respecto al resto de zonas, siendo este el valor más bajo registrado.

La dureza significativamente menor de las faldas puede atribuirse a su menor densidad de fibras de colágeno y mayor contenido de tejido conectivo laxo. Esta composición estructural diferente puede resultar en una menor resistencia a la deformación, reflejada en valores más bajos en la escala Shore A.

Las diferentes zonas de la piel sí presentaron un efecto estadísticamente significativo sobre el espesor ( $P < 0.05$ ), esto podría deberse a la variabilidad en el grosor natural de la piel de bovino en estas áreas. Por ejemplo, el cuello y la culata pueden tener una estructura más gruesa y robusta debido a su papel en el movimiento y soporte del animal, mientras que las faldas, siendo áreas de menor movimiento y soporte, son más delgadas.

Como podemos observar en la figura 10, existe una relación entre el espesor y la dureza de las muestras: a mayor espesor de la piel, mayor dureza presenta.

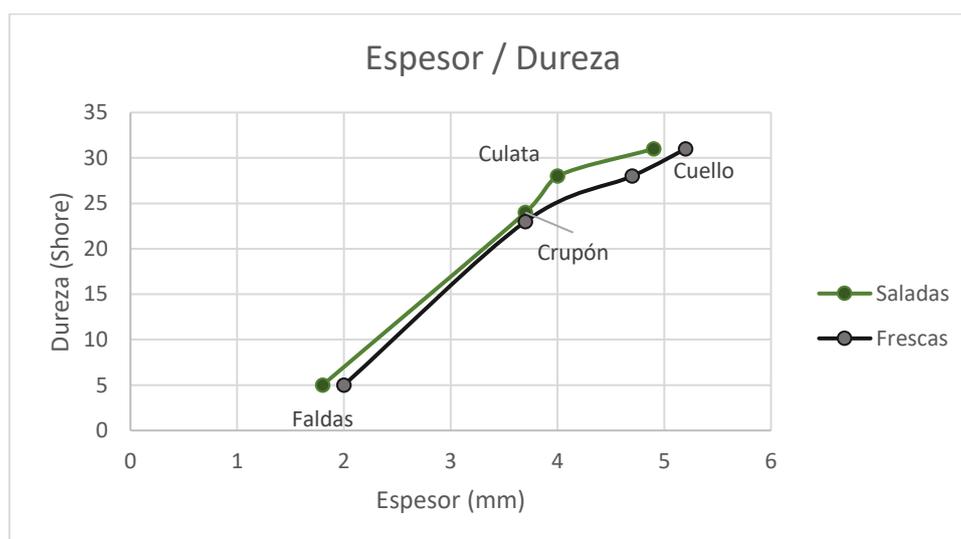


Figura 10. Relación entre la dureza de las diferentes zonas y el espesor

La relación observada entre espesor y dureza puede explicarse por la distribución y densidad de las fibras de colágeno. En general, un mayor espesor puede indicar una mayor densidad de fibras de colágeno, lo que aumenta la resistencia al desplazamiento de las fibras, dando lugar a una mayor dureza.

#### 4.2. Evaluación de los análisis de proteína y sólidos totales

La tabla 2 muestra los resultados obtenidos en los ensayos correspondientes al porcentaje de proteína y al porcentaje de sólidos totales, realizados en la materia

prima de serraje hidrolizado y en la pasta de colágeno final obtenidas de pieles conservadas tanto en refrigeración como en salado.

**Tabla 2. Sólidos totales y proteínas en serraje hidrolizado y pasta de colágeno.**

Muestras	Serraje hidrolizado		Pasta de colágeno	
	Sólidos totales (%)	Proteína (%)	Sólidos totales (%)	Proteína (%)
<b>FCU</b>	15,5 ± 1,2 <sup>Ba</sup>	16,5 ± 1,7 <sup>B</sup>	4,7 ± 0,3 <sup>C</sup>	3,5 ± 0,4 <sup>Ca</sup>
<b>FCL</b>	18,7 ± 2,0 <sup>Ca</sup>	16,4 ± 1,0 <sup>B</sup>	4,7 ± 0,2 <sup>C</sup>	3,5 ± 0,2 <sup>C</sup>
<b>FCR</b>	15,9 ± 0,9 <sup>BCa</sup>	15,8 ± 0,7 <sup>B</sup>	4 ± 0,07 <sup>B</sup>	3,1 ± 0,1 <sup>B</sup>
<b>FFA</b>	7,6 ± 0,5 <sup>Aa</sup>	6 ± 0,7 <sup>A</sup>	2,3 ± 0,3 <sup>A</sup>	1,8 ± 0,2 <sup>A</sup>
<b>SCU</b>	18,2 ± 0,5 <sup>Bb</sup>	15,8 ± 0,3 <sup>C</sup>	4,7 ± 0,4 <sup>C</sup>	4,0 ± 0,1 <sup>Cb</sup>
<b>SCL</b>	24,0 ± 1,18 <sup>Cb</sup>	16,1 ± 1,5 <sup>C</sup>	4,5 ± 0,5 <sup>BC</sup>	3,6 ± 0,1 <sup>B</sup>
<b>SCR</b>	18,5 ± 0,6 <sup>Bb</sup>	14,6 ± 0,9 <sup>B</sup>	4,3 ± 0,3 <sup>B</sup>	3,2 ± 0,2 <sup>B</sup>
<b>SFA</b>	10,1 ± 0,5 <sup>Ab</sup>	6,4 ± 0,3 <sup>A</sup>	2,5 ± 0,4 <sup>A</sup>	1,7 ± 0,4 <sup>A</sup>

*Elaboración a partir de pieles frescas de diferentes zonas: Cuello (FCU), Culata (FCL), Crupón (FCR), Falda (FFA). Elaboración a partir de pieles saladas de diferentes zonas: Cuello (SCU), Culata (SCL), Crupón (SCR), Falda (SFA).*

*A, B, C, BC: Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para un mismo método de conservación.*

*a, b: indica la existencia de diferencias significativas entre los métodos de conservación.*

Podemos observar en la tabla que para el serraje hidrolizado los porcentajes significativamente más elevados ( $P < 0.05$ ) de sólidos totales corresponden a la zona de culata para ambos métodos de conservación.

Para el ensayo de proteína en muestras saladas el valor más alto también corresponde a la zona de la culata. Sin embargo, no existen diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre la zona del cuello y de la culata para ningún método de conservación.

Los valores más bajos obtenidos tanto para el porcentaje de proteínas como para el de sólidos totales, en el serraje hidrolizado, son los que corresponden a las zonas de las faldas para ambos métodos de conservación. Estos valores inferiores

respecto al resto de zonas son debidos a que las zonas de las faldas presentan una estructura con fibras muy débiles, con menor cantidad de componentes. Las diferencias en el contenido de proteínas entre las distintas zonas de la piel ( $P < 0.05$ ) pueden estar relacionadas con la distribución y densidad de las fibras de colágeno. Las zonas como el cuello y la culata, que tienen un uso más intensivo en el movimiento y soporte del animal, suelen tener una mayor densidad de colágeno, lo que se refleja en mayores porcentajes de proteínas.

En cuanto a las diferencias entre métodos de conservación, el análisis estadístico mostró que, en el serraje, el porcentaje de sólidos totales presentaba diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) aumentando el porcentaje en las muestras conservadas en salado debido a que las pieles durante el proceso de salado pierden agua y presentan un mayor porcentaje de sólidos totales. Esto se debe al proceso de deshidratación parcial que ocurre durante el salado, lo que concentra los sólidos presentes. Para el ensayo de proteínas no se encontraron diferencias significativas en cuanto al método de conservación ( $P > 0.05$ ).

En cuanto a las muestras de pasta de colágeno se observó en ambos métodos de conservación, tanto para el ensayo de proteínas como para el ensayo de sólidos totales, que los valores mayores son los correspondientes a las zonas de la culata y el cuello y las que presentaron valores más bajos son las zonas de las faldas. En muestras saladas las zonas del cuello y de la culata no presentaron diferencias significativas, mientras que para las muestras frescas sí lo hicieron ( $P < 0.05$ ), esta diferencia podría estar relacionada con variaciones naturales en la composición de las distintas zonas de la piel.

A diferencia con el serraje hidrolizado, en las pastas de colágeno no se observaron diferencias significativas para el método de conservación en el porcentaje de sólidos totales, pero sí se encontraron diferencias significativas en el porcentaje de proteínas de la zona del cuello ( $P > 0.05$ ), que fue mayor en el caso de las muestras saladas.

Según bibliografía, la pasta de colágeno que va a ser utilizada como cobertura en procesos de co-extrusión, tiene un porcentaje de proteína entre el 3 y el 6% (Suurs, P & Barbut, S.; 2020). Podemos observar en nuestros resultados que, las zonas del cuello, la culata y el crupón son las que estarían dentro de esos valores.

#### **4.3. Evaluación de resultados colorimétricos**

La tabla 3 presenta los resultados de las mediciones colorimétricas realizadas en los diferentes serrajes hidrolizados. Los resultados incluyen las mediciones de luminosidad ( $L^*$ ), los valores de  $a^*$  y  $b^*$  y los resultados del cálculo de los parámetros de pureza ( $C^*$ ), y tono ( $h_{ab}$ ).

**Tabla 3. Resultados de los parámetros de color en el serraje hidrolizado**

Muestras	L* Luminosidad	a*	b*	C* (Pureza)	h <sub>ab</sub> (Tono)
FCU	56,00 ± 0,50 <sup>Aa</sup>	-2,74 ± 0,15 <sup>a</sup>	-1,33 ± 0,19 <sup>Ba</sup>	3,37 ± 0,21 <sup>Ba</sup>	208,08 ± 1,63 <sup>Ba</sup>
FCL	57,67 ± 0,50 <sup>Ba</sup>	-2,90 ± 0,07 <sup>a</sup>	-1,16 ± 0,21 <sup>Ba</sup>	2,76 ± 0,08 <sup>Aa</sup>	190,21 ± 3,73 <sup>Aa</sup>
FCR	57,77 ± 0,74 <sup>Ba</sup>	-2,73 ± 0,10 <sup>a</sup>	-1,43 ± 0,18 <sup>ABa</sup>	3,23 ± 0,09 <sup>Ba</sup>	208,97 ± 0,78 <sup>Ba</sup>
FFA	59,95 ± 0,96 <sup>Ca</sup>	-2,71 ± 0,23 <sup>a</sup>	-1,71 ± 0,19 <sup>Aa</sup>	3,42 ± 0,06 <sup>Ba</sup>	211,41 ± 1,05 <sup>Ba</sup>
SCU	54,51 ± 0,36 <sup>Ab</sup>	-6,42 ± 0,34 <sup>Bb</sup>	-10,30 ± 0,29 <sup>Ab</sup>	11,78 ± 0,15 <sup>Bb</sup>	239,90 ± 1,18 <sup>Bb</sup>
SCL	54,15 ± 0,24 <sup>Ab</sup>	-5,18 ± 0,57 <sup>Ab</sup>	-9,57 ± 0,44 <sup>Bb</sup>	10,39 ± 0,12 <sup>Ab</sup>	244,06 ± 1,30 <sup>Ab</sup>
SCR	53,2 ± 0,40 <sup>Ab</sup>	-6,44 ± 0,30 <sup>Bb</sup>	-9,37 ± 0,22 <sup>Bb</sup>	11,62 ± 0,43 <sup>Bb</sup>	237,86 ± 0,92 <sup>Bb</sup>
SFA	55,22 ± 0,50 <sup>Bb</sup>	-6,58 ± 0,29 <sup>Bb</sup>	-10,20 ± 0,13 <sup>Ab</sup>	11,54 ± 0,44 <sup>Bb</sup>	237,89 ± 2,41 <sup>Bb</sup>

Elaboración a partir de pieles frescas de diferentes zonas: Cuello (FCU), Culata (FCL), Crupón (FCR), Falda (FFA). Elaboración a partir de pieles saladas de diferentes zonas: Cuello (SCU), Culata (SCL), Crupón (SCR), Falda (SFA).

A, B, C: Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para un mismo método de conservación.

a, b: Indica la existencia de diferencias significativas entre los métodos de conservación.

Como se muestra en la tabla 3, para el parámetro de Luminosidad (L\*) en cuanto a las zonas de muestreo, solo mostró diferencias significativas la zona de las faldas tanto en muestras saladas como en frescas, obteniendo valores más elevados, eso podría deberse a que estas zonas perdieron menos agua en el proceso de salado (porcentaje de sólidos más bajo).

Estadísticamente se encontraron diferencias significativas (P<0.05) en cuanto al método de conservación, obteniendo valores más bajos en las muestras conservadas en salado, lo que se traduce en muestras más oscuras. Esto estaría

relacionado con el efecto que produce el proceso de salado, ya que estos procesos afectan directamente al producto (Sánchez-Zapata et al; 2008).

Para el parámetro  $a^*$  en muestras frescas no se encontraron diferencias significativas ( $P > 0.05$ ) entre las diferentes zonas, mientras que en las muestras saladas la zona de la culata sí presentó diferencias significativas ( $P < 0.05$ ).

El parámetro  $b^*$  en muestras frescas presentó valores más negativos en las zonas del crupón y de las faldas ( $P < 0.05$ ) y en muestras saladas los valores más negativos se obtuvieron en las zonas de las faldas y del cuello ( $P < 0.05$ ).

Podemos observar una tendencia de color de las muestras hacia los matices verdes (valores de  $a^*$  negativos) y hacia los azules (valores de  $b^*$  negativos), siendo estos valores más pronunciados en las muestras en las que el estado de conservación había sido en salado ( $P < 0.05$ ).

Los valores de pureza (valor  $C^*$ ) únicamente presentaron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) para la zona de la culata para ambos métodos de conservación.

En cuanto al método de conservación, los valores tienden a ser menores en muestras con un mayor contenido en agua (Calvo Mejía; 2019), indicando una menor saturación. Analizando nuestros resultados observamos diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre los diferentes métodos de conservación, obteniendo valores menos intensos en las muestras conservadas en refrigeración. Esto es debido a que la presencia de agua disminuye el valor de saturación, dando valores de  $C^*$  más bajos (Sánchez-Zapata et al; 2008), al ser muestras frescas el contenido en agua es mayor al de las muestras conservadas en salado.

En la evaluación del tono para las diferentes zonas solo se presentaron diferencias significativas en la zona de la culata ( $P < 0.05$ ), siendo en las muestras frescas el valor más bajo, y en muestras saladas el valor más alto. Estos resultados podrían estar originados por las diferencias naturales de la piel.

También se encontraron diferencias significativas en el método de conservación ( $P < 0.05$ ). Las muestras de piel saladas tuvieron una tendencia a tener valores de tono más altos (más cercanos a  $240^\circ$ ), lo que sugiere que su matiz es más hacia el azul.

Las muestras de piel fresca obtuvieron tonos más bajos (cerca de  $200^\circ$ ), lo que indica un matiz que se inclina más hacia el verde-amarillo. La conservación en sal parece desplazar el tono de las pieles hacia el azul, independientemente de la zona de origen (cuello, culata, crupón, falda).

La tabla 4 presenta los resultados de varias mediciones colorimétricas en diferentes muestras de pasta de colágeno. Los resultados incluyen las mediciones de luminosidad (L\*), los valores de a\* y b\*, y los resultados del cálculo de los parámetros la pureza (C\*), y tono (h<sub>ab</sub>).

**Tabla 4. Resultados de los parámetros de color en la pasta de colágeno.**

Muestra	L* (Luminosidad)	a*	b*	C* (Pureza)	h (Tono)
FCU	39,31 ± 0,14 <sup>Ba</sup>	-1,16 ± 0,03 <sup>Aa</sup>	-1,25 ± 0,15 <sup>Aa</sup>	1,64 ± 0,15 <sup>Ca</sup>	226,98 ± 3,99 <sup>Ba</sup>
FCL	37,09 ± 0,14 <sup>Aa</sup>	-0,99 ± 0,03 <sup>BC</sup>	-0,65 ± 0,02 <sup>Ba</sup>	1,13 ± 0,09 <sup>A</sup>	207,07 ± 10,76 <sup>A</sup>
FCR	36,86 ± 0,84 <sup>Aa</sup>	-0,98 ± 0,00 <sup>C</sup>	-0,86 ± 0,18 <sup>B</sup>	1,38 ± 0,05 <sup>B</sup>	221,35 ± 5,36 <sup>B</sup>
FFA	36,13 ± 0,61 <sup>A</sup>	-1,05 ± 0,04 <sup>B</sup>	-0,71 ± 0,16 <sup>Ba</sup>	1,25 ± 0,10 <sup>AB</sup>	214,34 ± 5,86 <sup>AB</sup>
SCU	36,83 ± 1,41 <sup>Ab</sup>	-0,96 ± 0,02 <sup>Bb</sup>	-0,48 ± 0,23 <sup>Bb</sup>	1,10 ± 0,09 <sup>Ab</sup>	204,72 ± 10,21 <sup>Ab</sup>
SCL	36,29 ± 0,35 <sup>Ab</sup>	-1,00 ± 0,7 <sup>B</sup>	-0,40 ± 0,05 <sup>Bb</sup>	1,08 ± 0,08 <sup>A</sup>	201,34 ± 1,05 <sup>A</sup>
SCR	39,04 ± 0,37 <sup>Bb</sup>	-1,18 ± 0,07 <sup>A</sup>	-1,20 ± 0,21 <sup>A</sup>	1,68 ± 0,019 <sup>B</sup>	225,51 ± 3,50 <sup>B</sup>
SFA	37,91 ± 1,91 <sup>AB</sup>	-1,06 ± 0,04 <sup>B</sup>	-1,13 ± 0,07 <sup>Ab</sup>	1,50 ± 0,14 <sup>B</sup>	219,74 ± 7,02 <sup>B</sup>

Elaboración a partir de pieles frescas de diferentes zonas: Cuello (FCU), Culata (FCL), Crupón (FCR), Falda (FFA). Elaboración a partir de pieles saladas de diferentes zonas: Cuello (SCU), Culata (SCL), Crupón (SCR), Falda (SFA)

A, B, AB: Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para un mismo método de conservación.

a, b: indica la existencia de diferencias significativas entre los métodos de conservación.

Para el parámetro de luminosidad, el valor más alto para muestras frescas (P<0.05) fue la zona del cuello, mientras que para muestras saladas fue la zona del crupón (P<0.05). En cuanto al método de conservación se encontraron diferencias significativas en todas las zonas (P<0.05) menos en las faldas, esto indica que el

método de conservación tiene cierta influencia en las pastas obtenidas. Lo que no se evidencia es una correlación entre las muestras, ya que para las muestras frescas las zonas del crupón y las faldas presentaron valores más bajos que las mismas zonas en muestras saladas y las zonas del cuello y la culata en muestras frescas presentaron valores más altos que las mismas zonas en las muestras saladas.

En las muestras de pasta de colágeno, se observa también una tendencia de color hacia los verdes (valores de  $a^*$  negativos), siendo los valores más negativos para muestras frescas los de las zonas del cuello y de la falda ( $P < 0.05$ ), a diferencia en las muestras saladas que el valor más negativo corresponde a la zona del crupón ( $P < 0.05$ ).

Las muestras también presentan una tendencia hacia los azules (valores de  $b^*$  negativos), siendo el valor más negativo en muestras frescas la zona del cuello ( $P < 0.05$ ) y en muestras saladas las zonas del crupón y de las faldas ( $P < 0.05$ ), igual que para el parámetro  $a^*$ .

En cuanto al método de conservación, únicamente se aprecian diferencias significativas en el parámetro  $a^*$  para la zona del cuello ( $P < 0.05$ ) y para el parámetro  $b^*$  se aprecian diferencias en todas las zonas menos en el crupón ( $P > 0.05$ ).

Los valores de pureza ( $C^*$ ) son bajos, lo que podría deberse al alto contenido de agua en las muestras, ya que las pastas de colágeno presentan aproximadamente un 96% de agua. El valor más bajo tanto para muestras frescas como para saladas fue la zona de la culata ( $P < 0.05$ ), y en cuanto al método de conservación solo se encontraron diferencias significativas en la zona del cuello ( $P < 0.05$ ).

En la evaluación del tono, se observó que la zona de la culata tanto en muestras frescas como saladas presentó una tendencia hacia la tonalidad verde-amarilla ( $P < 0.05$ ) y en muestras saladas, esta tendencia también se reflejó en la zona del cuello. Por otro lado, solo se encontraron diferencias significativas para el método de conservación en la zona del cuello ( $P < 0.05$ ).

A pesar de que en la materia prima se encontraban diferencias entre los diferentes métodos de conservación para todas las zonas, en la pasta de colágeno no se observaron diferencias significativas en los parámetros colorimétricos en todas las zonas.

#### 4.4. Resultados del ensayo de Análisis de Textura

En la figura 11 se puede observar el perfil del análisis de textura en las diferentes muestras de pasta de colágeno.

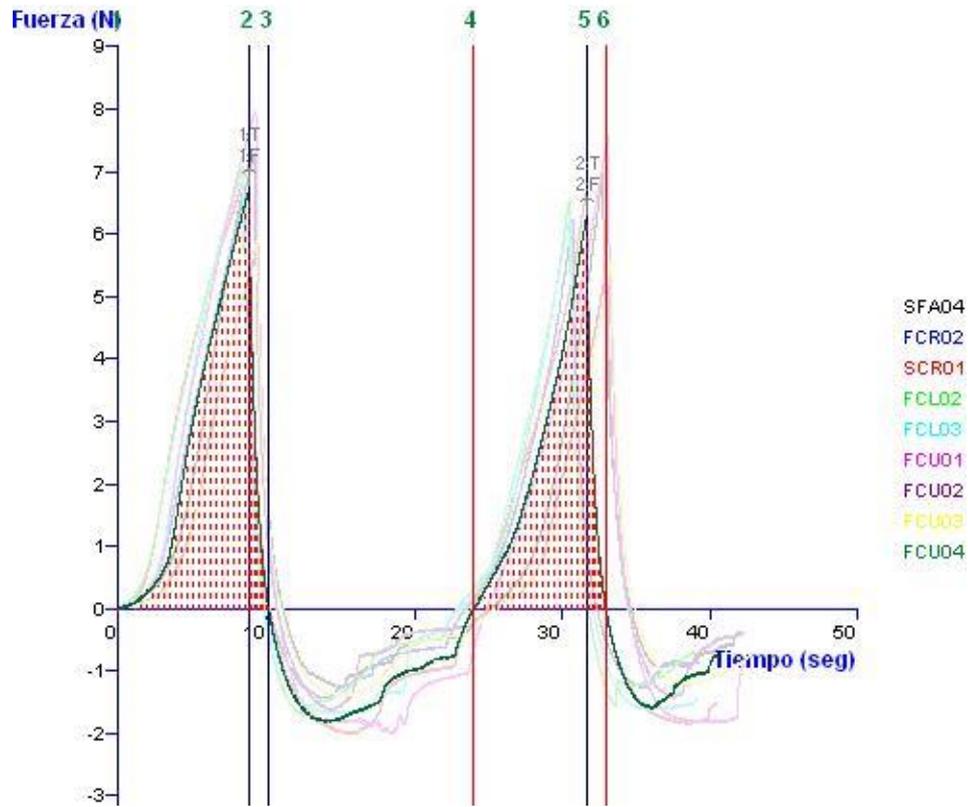


Figura 11. Análisis de perfil de textura (TPA)

La tabla 5 muestra los resultados obtenidos del análisis de perfil de textura (TPA) realizado en las muestras de pasta de colágeno.

Tras realizar los ensayos se determinaron los parámetros de dureza, cohesividad, adhesividad, elasticidad y gomosidad.

**Tabla 5. Resultados del ensayo de análisis de textura (TPA) en pasta de colágeno**

Muestras	Dureza (g)	Cohesividad (%)	Adhesividad (g·seg)	Elasticidad (%)	Gomosidad
FCU	672 ± 53 <sup>AB</sup>	83,1 ± 1,2 <sup>B</sup>	-1054 ± 214 <sup>A</sup>	99,98 ± 0,08	5,47 ± 0,39
FCL	735 ± 26 <sup>Ba</sup>	74,7 ± 7,8 <sup>A</sup>	-1017 ± 86 <sup>A</sup>	99,98 ± 0,02	5,38 ± 0,70
FCR	667 ± 24 <sup>AB</sup>	74,3 ± 3,3 <sup>A</sup>	-853 ± 102 <sup>AB</sup>	99,99 ± 0,04	4,86 ± 0,30
FFA	581 ± 39 <sup>A</sup>	77,8 ± 2,7 <sup>AB</sup>	-693 ± 153 <sup>B</sup>	99,98 ± 0,05	4,43 ± 0,25
SCU	716 ± 70 <sup>AB</sup>	79,3 ± 3,5	-963 ± 121 <sup>AB</sup>	99,94 ± 0,04	5,56 ± 1,64 <sup>AB</sup>
SCL	881 ± 67 <sup>Bb</sup>	79,0 ± 5,7	-1152 ± 184 <sup>A</sup>	99,97 ± 0,06	6,82 ± 1,22 <sup>B</sup>
SCR	647 ± 56 <sup>AB</sup>	76,6 ± 2,5	-892 ± 165 <sup>AB</sup>	99,96 ± 0,06	4,86 ± 0,17 <sup>A</sup>
SFA	534 ± 100 <sup>A</sup>	79,1 ± 6,0	-583 ± 171 <sup>B</sup>	99,99 ± 0,10	4,14 ± 1,20 <sup>A</sup>

Elaboración a partir de pieles frescas de diferentes zonas: Cuello (FCU), Culata (FCL), Crupón (FCR), Falda (FFA). Elaboración a partir de pieles saladas de diferentes zonas: Cuello (SCU), Culata (SCL), Crupón (SCR), Falda (SFA)

A, B, AB: Diferentes letras indican diferencias estadísticamente significativas entre las zonas para un mismo método de conservación.

a, b: indica la existencia de diferencias significativas entre los métodos de conservación.

Como se puede observar tras realizar los ensayos de dureza, que hace referencia a la fuerza necesaria para deformar el alimento (Talens, 2020), las pastas obtenidas que presentaron mayor dureza fueron las que procedían de las zonas de la culata seguidas de las procedentes del cuello, y la zona que presentó menor dureza fue la zona de las faldas. Se obtuvieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) en la zona de la culata y de las faldas respecto al resto de zonas. Estos valores se observan tanto para las muestras procedentes de pieles frescas como de pieles saladas. Tras el análisis estadístico se determinó que solo existían diferencias significativas entre los diferentes métodos de conservación en la zona de la culata ( $P > 0.05$ ).

Los valores de cohesividad representan el grado de deformación del producto antes de su rotura (Talens, 2020). Se observan valores generalmente altos, lo que indica que el producto se deforma con facilidad. Los valores máximos fueron los de las

muestras de zonas del cuello. Se establecieron diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) con valores más altos en la zona del cuello, y valores más bajos en la zona de las faldas para muestras frescas. Para muestras saladas los valores más altos fueron los de la zona del cuello y los más bajos los de la zona del crupón sin presentar diferencias significativas entre ellas ( $P > 0.05$ ).

En cuanto al método de conservación no se encontraron diferencias significativas para ninguna muestra ( $P > 0.05$ ).

En el parámetro de adhesividad es importante resaltar los valores negativos obtenidos en el ensayo, ya que indican que la textura tiende a ser pegajosa, requiriendo una mayor fuerza para ser despegada de la superficie del material. Se determinó mediante un análisis estadístico que existían diferencias significativas entre las diferentes zonas de las muestras ( $P < 0.05$ ), pero no entre los métodos de conservación.

La adhesividad aumenta exponencialmente con la disminución de humedad (Hleap & Velasco, 2010). Esta afirmación se refleja en nuestros resultados ya que las muestras con mayores valores de adhesividad, las zonas del cuello y de la culata, son las que presentaron un contenido en sólidos mayor, lo que se traduce en un menor contenido en agua, y las zonas con menores valores de adhesividad, la zona de las faldas, son las que presentaron un menor contenido en sólidos.

La elasticidad de las muestras presentó valores muy altos, sin observar diferencias significativas entre las muestras ni entre los métodos de conservación ( $P > 0.05$ ).

El valor de gomosidad más alto que se encontró corresponde a la muestra de culata de materia prima salada presentando diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ). El resto de los valores oscilan entre 4,9 y 5,6; no son valores muy altos por lo que se encontrarían en la categoría de ligero-moderada (Rodríguez et al, 2021), se podría considerar que es un alimento pastoso (Utset, 2020).

En cuanto al método de conservación no se observaron diferencias significativas para ninguna muestra ( $P > 0.05$ ).

En resumen, el análisis de perfil de textura mostró que las pastas de colágeno tuvieron una dureza y cohesividad relativamente altas, con una adhesividad variable según la zona de origen y el contenido de sólidos totales y por tanto de humedad. La elasticidad fue alta en todas las muestras, y la gomosidad fue moderada. Las diferencias en textura entre las muestras se debieron más a la zona de origen de las pieles que al método de conservación.

## 5. CONCLUSIONES

La zona con valores inferiores en los ensayos fisicoquímicos fue la de las faldas, lo cual se debe a la estructura irregular de sus fibras que afecta negativamente a sus propiedades, mientras que las zonas que mostraron valores más elevados, tanto en la materia prima como en la pasta obtenida, fueron las zonas de la culata y del cuello.

En cuanto al método de conservación, se observaron diferencias significativas en los valores de sólidos totales para el serraje, siendo más elevados en las muestras conservadas en salado.

También se encontraron diferencias en el color, presentando las muestras conservadas en salado valores menos intensos de luminosidad, debido a la exudación de agua, y valores más elevados de pureza. Las muestras conservadas en salado presentaron tonalidades más hacia el matiz azul que las conservadas en fresco. Estas diferencias encontradas en la materia prima no se reflejaron en todos los parámetros de las pastas de colágeno; únicamente se encontraron diferencias pronunciadas en el parámetro de luminosidad, pero no en todas las zonas. Por lo tanto, el método de conservación de las pieles tras el sacrificio del animal afecta en menor medida en el color de la pasta de colágeno que en el serraje.

En los ensayos de las propiedades mecánicas realizados en las muestras de pasta de colágeno, se encontró que las zonas con mayores valores de fuerza y adhesividad fueron las zonas de la culata y del cuello. Valores demasiado altos en estas propiedades podrían suponer un mayor esfuerzo y pegajosidad sobre las superficies durante el proceso de coextrusión de las salchichas. Por el contrario, valores bajos, como los obtenidos en las zonas de las faldas, podrían suponer una falta de adherencia posterior al producto. Esto podría suponer un desafío en el proceso de producción.

En conclusión, la zona del crupón, que presentó valores intermedios en todos los ensayos y estando dentro de los parámetros para proteínas establecidos bibliográficamente, sería la zona que mejor podría adaptarse al proceso de producción, minimizando las pérdidas de producto.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

Acosta Lescano, W. A. (2023). *Optimización de hidrólisis básica para la obtención de gelatina a partir de virutas cromadas provenientes de una curtiembre de la ciudad de Ambato* (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Biotecnología).

Arvelo, F., Pérez, P., & Cotte, C. (2004). Obtención de láminas de piel humana mediante ingeniería de tejidos. *Acta cient. venez.*, 74-82.

Barbut, S. (2021). *La ciencia del procesamiento avícola y de carnes. Capítulo 13. Principios del procesamiento de carne.*

Bañón Gil, EM. (2016). Estudio de la pirólisis de piel curtida. Caracterización y reciclado. Tesis Doctoral. Universidad de Alicante.

Belinchón Cantero, P., Lasa Palacios, M., Izco Urdanoz, B. (2013). Procedimiento de obtención de colágeno a partir de la piel de un animal. - Google Patents", Publication 2013-01-03, PCT/ES2011/070467, WO2013001103A1.

Calvo Mejía, V. C. (2019). Efecto de la concentración de sal y distintas proporciones de carne de res y cerdo sobre la percepción del sabor salado, textura, color y estabilidad de la emulsión en salchichón.

De la Llave, R. C. (2003). Mil años de trabajo del cuero. *Actas del II Simposium de Historia de las Técnicas*, 6(8).

Del Valle Pantojo, AF. (2006). Apuntes sobre la elaboración del cuero y su historia: Noticias sobre una fábrica de curtir pieles en Algeciras. *02Euphoros* (pág. 21-34).

Embuscado, M. E., & Huber, K. C. (2009). *Edible films and coatings for food applications* (Vol. 9, pp. 169-208). New York, NY, USA:: Springer.

Fuentes-Zaragoza, E., Pérez-Álvarez, J. A., & Sánchez-Zapata, E. (2009). Efecto de la concentración de aditivos e ingredientes sobre el color de pastas de merluza (*Merluccius australis*) tratadas térmicamente. *Opt. Pura y Apl*, 42, 9-21.

Galiana Aleixandre, MV. (2010). Estudio experimental de minimización de la contaminación de efluentes de la industria de curtidos aplicando reutilización de baños residuales y tratamientos con procesos de membrana y biológicos. Tesis UPV 3377. Universitat Politècnica de València.

Gennadios, A. (2002). *Protein-Based Films and Coatings* (1st ed.). Capítulos 11 y 12.

Guillén, M. V. L. (2009). Estructura y propiedades de las proteínas. *Obtenido de <http://www.uv.es>: [http://www.uv.es/tunon/pdf\\_doc/proteinas\\_09.pdf](http://www.uv.es/tunon/pdf_doc/proteinas_09.pdf). 34p.*

Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis sp.*). *Biotecnología en el Sector agropecuario y agroindustrial*, 8(2), 46-56.

Khan, M. I., Adrees, M. N., Tariq, M. R., & Muhammad Sohaib, M. S. (2013). Application of edible coating for improving meat quality: a review.

León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A., Zeugolis, D. I., & Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed Collagen-Sources and Applications. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(22), 4031.

Martínez García, Ó. J. (2008). *El uso de la piel animal como soporte para obra gráfica original* (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).

Meisenberg, G., Simmons, W. (2019). *En: Principios de bioquímica médica 4ªed.* <https://www.elsevier.com/es-es/connect/colagenos-tipos-composicion-caracteristicas-y-distribucion-en-tejidos>

Reglamento (CE) 853/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril d 2004, por el que se establecen normas específicas de higiene de los alimentos de origen animal. Sección XV.

Rodríguez-Sierra, E., Benítez-Correa, E., Duarte-García, C., & de Villavicencio-Ferrer, M. N. (2021). Desarrollo de un relleno gelificado para bombones a partir de pulpa de acerola: Development of a jellified filling for chocolates from acerola pulp. *Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 31(1), 42-46.

Schultz, RM., Liebman, MN. (1992). Proteins: Composition and structure. En: *Textbook of Biochemistry with Clinical Correlations*. Ed. T.M.Devlin, 1992 pág 26-77.

Shoulders, M. D., & Raines, R. T. (2009). Collagen structure and stability. *Annual review of biochemistry*, 78, 929–958. <https://doi.org/10.1146/annurev.biochem.77.032207.120833>

Suurs, P., & Barbut, S. (2020). Collagen use for co-extruded sausage casings—A review. *Trends in Food Science & Technology*, 102, 91-101.  
Texfor: Confederación de la Industria Textil (2020). Curso de Tecnologías de Ribera en la Industria del Curtido.

Utset, E. Z. (2020). *Evaluación objetiva de la calidad sensorial de alimentos procesados*. Editorial Universitaria (Cuba).

Wells, H. C., Sizeland, K. H., Edmonds, R. L., Kirby, N., Hawley, A., Mudie, S., & Haverkamp, R. G. (2015) Hamburgo (RS)–Brazil. *Estructura del colágeno y Resistencia de la piel*.