

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

TEMA

**“Procesos térmicos de cocción y su efecto sobre las propiedades
fisicoquímicas y microbiológicas de un embutido a base de pescado atún aleta
amarilla ahumado”**

AUTOR/ES

NAVIA CEDEÑO FERNANDO AGUSTÍN

PARRALES BARRETO JEREMY ALEXANDER

TUTOR

Dr. VICTOR OSWALDO OTERO TUÁREZ, PhD.

MANTA– MANABÍ – ECUADOR

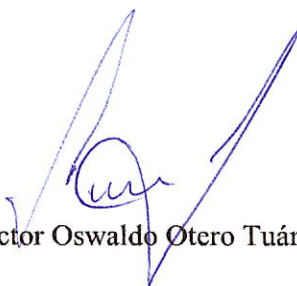
2025-2

Tema

Procesos térmicos de cocción y su efecto sobre las propiedades
fisicoquímicas y microbiológicas de un embutido a base de pescado atún aleta
amarilla ahumado

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

“Declaro haber dirigido el trabajo, procesos térmicos de cocción y su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un embutido a base de pescado atún aleta amarilla ahumado, a través de tutorías periódicas con los estudiantes Navia Cedeño Fernando Agustín y Parrales Barreto Jeremy Alexander, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajo de Titulación”.



Dr. Víctor Oswaldo Otero Tuárez, PhD.

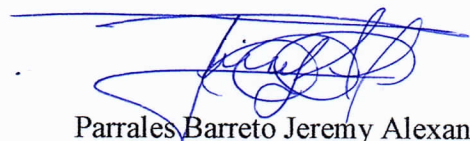
1306644723

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro (amos) que este trabajo es original, de mi (nuestra) autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.



Navia Cedeño Fernando Agustín



Parrales Barreto Jeremy Alexander

AGRADECIMIENTO

Ante todo, agradecemos a Dios por la sabiduría y determinación para culminar nuestra carrera universitaria, ha sido pilar fundamental para conseguir esta nueva meta, la cual esperamos sea solo el comienzo de nuevos caminos. Agradecer a maestros docentes, compañeros, analistas, todos y cada una de las personas que conforman la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, por los conocimientos y enseñanzas impartidas durante este breve lapso de tiempo, que han ido sumando en nuestra formación profesional.

Agradecimiento al Dr. Víctor Oswaldo Otero Tuárez, PhD por la guía, acompañamiento y disposición durante el desarrollo de esta investigación.

Finalmente agradecer a nuestras familias por el apoyo brindado durante estos años, dado que sin su apoyo incondicional y sin todos los sacrificios que realizaron, no hubiera sido posible conseguir este objetivo.

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico mi tesis a mis padres, Moisés Navia y Otita Cedeño, quienes han sido el pilar fundamental de mi vida. Gracias por su amor incondicional, por los valores que me han inculcado y por el apoyo constante que me ha permitido avanzar con firmeza en cada etapa de mi formación académica y personal. Su esfuerzo y sacrificio han sido la base para alcanzar este objetivo.

A mis hermanos, Moisés Navia y Laura Navia, por su apoyo permanente, confianza y palabras de aliento, que han sido un impulso esencial para continuar este proceso académico con responsabilidad y compromiso. De igual manera a mis sobrinos, Tito y Alan los cuales me han recordado lo bonito que es disfrutar cada momento en la vida, sin preocupaciones.

De manera especial, a mi amigo Daniel García, a quien también considero un hermano, por su amistad sincera, respaldo incondicional y por acompañarme en los momentos más importantes, brindándome motivación y confianza para seguir adelante.

Finalmente, a mi pareja, Paulette Moreira, por su apoyo emocional, paciencia y constantes palabras de ánimo, que han sido fundamentales para culminar con éxito este trabajo.

A todos ellos, mi más profundo y sincero agradecimiento.

Navia Cedeño Fernando Agustín

DEDICATORIA

La presente tesis se la quiero dedicar a mi familia que han sido un pilar fundamental durante este proceso académico, impulsándome a mejorar cada día y a cumplir con mis responsabilidades. Principalmente a mis padres Mauricio Parrales y Grace Barreto quienes han sido ejemplo de constancia y compromiso, gracias a ellos hoy me he convertido en la persona que soy, aprendiendo a levantarme después de cada tropiezo, aprendiendo a ser agradecido por cada oportunidad que se da en la vida.

A mi hermano que de cierta manera me ha recordado lo importante de disfrutar cada etapa en la vida, sin sobre pensar en el futuro, ha sido una linda experiencia verte crecer, espero poder enseñarte las cosas que me ha ido enseñando la vida con el tiempo y cuando sea tu turno de vivir esta linda etapa poder estar para aplaudirte.

Así mismo a cada uno de mis amigos con los que pese a que no pude compartir al cien por ciento esta experiencia, siempre han estado presentes, en especial a mi amigo Jean Pierre por todo el apoyo incondicional que me ha brindado en todos estos años.

Finalmente agradecer a los amigos nuevos que hice durante este proceso y a cada uno de mis compañeros con los que compartí trasnochadas, estrés, discusiones, risas y alegrías, todos esos recuerdos me los llevo en el corazón deseando que cada uno tenga éxito en su vida.

Parrales Barreto Jeremy Alexander

Resumen

El presente estudio se desarrolló con el propósito de analizar la influencia de los procesos térmicos de cocción y del tipo de tripa sobre la calidad de un embutido ahumado a partir de atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*), considerando su relevancia como alternativa alimentaria nutritiva, segura y sostenible en regiones con alta actividad pesquera. El objetivo general fue determinar el efecto de la temperatura de cocción (70 °C y 80 °C) y el tipo de tripa (natural y sintética) sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del embutido. Los resultados evidenciaron que el tipo de tripa influyó significativamente en el pH, la acidez, la humedad y la textura del embutido. Mientras que la temperatura de cocción solo afectó de manera significativa el contenido de humedad. Los análisis microbiológicos mostraron recuentos bajos y homogéneos de mohos y levaduras en todos los tratamientos, demostrando condiciones adecuadas de procesamiento e inocuidad. Como conclusión principal, se determinó que la combinación de una temperatura de 70 °C con el uso de tripa natural permitió conservar de manera óptima las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y texturales del embutido de pescado ahumado, obteniendo un producto seguro, estable y de mayor calidad sensorial.

Palabras claves: Embutido de pescado, ahumado, procesos térmicos, calidad.

Abstract

This study was conducted to analyze the influence of cooking temperatures and casing type on the quality of a smoked sausage made from yellowfin tuna (*Thunnus albacares*), considering its relevance as a nutritious, safe, and sustainable food alternative in regions with high fishing activity. The overall objective was to determine the effect of cooking temperature (70 °C and 80 °C) and casing type (natural and synthetic) on the sausage's physicochemical and microbiological properties. The results showed that casing type significantly influenced the sausage's pH, acidity, moisture content, and texture. Cooking temperature, however, only significantly affected moisture content. Microbiological analyses showed low and homogeneous mold and yeast counts across all treatments, demonstrating adequate processing conditions and food safety. As a main conclusion, it was determined that the combination of a temperature of 70 °C with the use of natural casing allowed optimal preservation of the physicochemical, microbiological and textural properties of the smoked fish sausage, obtaining a safe, stable product with higher sensory quality.

Keywords: Fish sausage, smoking, thermal processes, quality.

ÍNDICE

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	ii
DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
1. Introducción	1
1.1. Antecedentes.....	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivos Específicos.....	5
2. Metodología	6
2.1. Materia prima	6
2.2. Proceso de elaboración del embutido.....	6
2.3. Ahumado	7

2.4.	Determinación de las propiedades fisicoquímicas del embutido de pescado	10
2.4.1.	pH.....	10
2.4.2.	Acidez.....	10
2.4.3.	Humedad	10
2.4.4.	Textura	11
2.5.	Determinación de las propiedades microbiológicas del embutido de	
pescado		12
2.5.1.	Recuento de mohos y levaduras	12
2.6.	Manejo del experimento.....	12
2.7.	Diseño Experimental	13
3.	Resultados.....	14
3.1.	Resultados en embutidos ahumados.....	14
3.1.1.	Análisis de pH.....	14
3.1.2.	Análisis de Acidez.....	16
3.1.3.	Análisis de Humedad	18
3.1.4.	Análisis de Textura.....	20
3.1.5.	Análisis de Mohos.....	23
3.1.6.	Análisis de Levaduras	23
4.	Discusión	24

5.	Conclusiones	27
6.	Recomendaciones	28
7.	Referencias bibliográficas	29

1. Introducción

1.1. Antecedentes

Diversos estudios han evaluado diferentes tratamientos térmicos a altas temperaturas, entre ellos la pasteurización, escaldado, esterilización, ahumado. Estos tratamientos térmicos influyen en la textura, color, contenido de humedad, estabilidad oxidativa y propiedades sensoriales de los embutidos de pescado (Caballero, 2008).

La desnaturalización de proteínas, como la miosina transcurre entre los 40 °C y 60 °C, provocando una pérdida importante de agua en productos cárnicos y modificaciones en la estructura proteica. Así mismo, factores como la permeabilidad de la tripa utilizada ya sea natural o artificial, pueden influir en la transferencia de calor, retención de humedad y aroma durante el procesamiento del embutido de pescado (Pérez et al., 2023). Según Skipnes (2011), este fenómeno se debe, en parte, al gradiente térmico que se genera durante el calentamiento, el cual induce la migración de humedad como consecuencia de la contracción de las miofibrillas. Por otro lado, estudios recientes han demostrado que los métodos de cocción que emplean agua a 80 °C como un baño maría presentan una eficiencia térmica un 30 % superior en comparación con el vapor, lo que permite reducir los tiempos de cocción de aproximadamente 90 a 60 minutos (Pérez et al., 2023).

A lo largo de varios estudios se ha determinado que el tipo de tripa utilizada en la elaboración de embutidos cumple un rol tecnológico fundamental, ya que influye directamente en la transferencia de calor, la pérdida de humedad, la absorción de compuestos del humo y el desarrollo de la textura final del producto. Las tripas naturales, obtenidas a partir de la submucosa intestinal de cerdos y otros animales, se caracterizan por tener mayor capacidad de permeación

tanto al humo en el ahumado como al vapor de agua en procesos de escaldado, esta permeabilidad brinda a la intensificación de aromas y la obtención de una textura más suave y jugosa en comparación con tripas sintéticas de colágeno, celulosa o plástico (Fig.1) (Honikel, 2014).



Figura 1. Tripas de colágeno, celulosa y polímero plástico para embutidos cárnicos en la industria alimentaria.

Por otro lado, las tripas sintéticas, fabricadas a base de colágeno, celulosa o polímeros plásticos, determinan una mayor uniformidad dimensional, mayor resistencia mecánica y menor variabilidad microbiológica. Sin embargo, su menor permeabilidad puede limitar la salida de humedad durante la cocción y el ahumado, lo que conduce a la obtención de productos con incremento en los parámetros de dureza y masticabilidad, atributos texturales que impactan de manera negativa en un embutido, al estar asociados con una percepción de menor jugosidad y menor facilidad de consumo. (Toldrá, 2010).

En embutidos de pescado, estas diferencias adquieren mayor relevancia debido a la estructura proteica más delicada del músculo del pescado en comparación con las carnes rojas. La combinación entre el tipo de tripa y el tratamiento térmico puede intensificar fenómenos como la

contracción proteica, la exudación de agua y el endurecimiento del producto, afectando negativamente su calidad sensorial y aceptabilidad. (Savic & Savic, 2017).

Algunas investigaciones han evaluado, cómo diferentes métodos de procesamiento como lo son cocción al vapor, escaldado, cocción al vacío, entre otros, que afectan el sabor, aroma y textura de los embutidos de pescado, encontrando que el ahumado puede mejorar estas propiedades (Dallabona et al., 2013).

1.2. Planteamiento del problema

Los embutidos han ido evolucionando a lo largo de la historia, aunque siempre han sido un tema de debate debido a la gran polémica que hay respecto a sus posibles efectos negativos hacia la salud, o incluso sus procesos de elaboración no éticos (Maita, 2025). La propuesta de un embutido de pescado ahumado es una gran opción en el mercado considerando que el pescado es una fuente de proteínas magras, ácidos grasos como el omega-3, vitaminas y minerales, que ofrecen numerosos beneficios para la salud cardiovascular, el desarrollo cognitivo y la función cerebral en la salud pública (Castro-González, 2002).

Manta al ser uno de los principales puertos pesqueros del país, brinda una opción más sostenible desde el punto de vista ambiental. Estos productos no solo contribuyen a la diversificación alimentaria, sino también a la sostenibilidad del sector pesquero. Sin embargo, uno de los principales retos en su elaboración es garantizar la calidad fisicoquímica, microbiológica y sensorial del producto final, aspectos que están estrechamente ligados a los procesos térmicos de cocción, las condiciones higiénicas que se manejen y al tratamiento de ahumado aplicado.

Los procesos térmicos son aplicados con el fin de eliminar microorganismos patógenos y alterantes, pero estos procesos también influyen directamente en la textura, color, sabor, contenido

nutricional y vida útil del producto. La aplicación inadecuada de tratamientos térmicos, ya sea por el uso de temperaturas excesivamente elevadas ($> 100\text{ }^{\circ}\text{C}$), valores insuficientes ($< 40\text{ }^{\circ}\text{C}$) o tiempos de cocción prolongados, puede generar alteraciones en las características sensoriales del producto, disminuir el contenido de nutrientes esenciales y representar un riesgo para la salud de los consumidores. En el caso específico de los embutidos de pescado ahumado, estos efectos se ven acentuados debido a la alta perecibilidad de la materia prima y a la variabilidad inherente a los procesos de cocción y ahumado. Es decir que un ahumado deficiente del pescado puede derivar en consecuencias negativas para la salud, tales como intoxicaciones alimentarias, formación de compuestos potencialmente tóxicos y pérdidas nutricionales (Grant, 2011).

Para asegurar la calidad e inocuidad del producto es indispensable la implementación de buenas prácticas de manufactura (BPM) o análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP). Así mismo, es necesario mantener un control riguroso de los parámetros críticos del proceso, especialmente el tiempo y temperatura de cocción. Además de la humedad la cual tiene una influencia directa en el desarrollo microbiano y en la calidad final del embutido (Fandos et al., 2021).

Se requiere un monitoreo constante de la carga microbiológica, especialmente de patógenos como *Listeria monocytogenes*, salmonella y *Clostridium botulinum*, así como de residuos químicos potencialmente tóxicos, como metales pesados o residuos de aditivos. Solo a través de un control integral y sistemático se puede garantizar que los embutidos de pescado sean inocuos para el consumo, estables durante su vida útil y aceptables desde el punto de vista sensorial y nutricional (Grant, 2011).

Dentro de la práctica industrial y artesanal, la selección de la tripa suele realizarse por criterios de disponibilidad o costo, sin considerar su impacto sobre la textura, la masticabilidad y la aceptabilidad sensorial del producto final (Hleap & Velasco, 2010).

La preferencia del consumidor actual se orienta hacia productos de fácil masticación, jugosos y agradables al paladar; por lo tanto, un aumento excesivo en la dureza y masticabilidad del embutido representa un factor negativo de aceptación. Esto quiere decir que una mala selección de tripas sintéticas, junto con temperaturas de cocción muy elevadas, puede dar lugar a un producto con textura excesivamente firme y poco aceptable (Lawless & Heymann, 2010).

Por lo tanto, surge la necesidad de investigar de manera específica la interacción entre la temperatura de cocción y el tipo de tripa, con el fin de optimizar y garantizar un producto de alta calidad tanto en términos de seguridad alimentaria como de aceptación del consumidor.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Determinar el efecto de la temperatura de cocción y tipo de tripa (natural o sintética) sobre las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de un embutido a base de pescado atún aleta amarilla ahumada.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Evaluar las propiedades fisicoquímicas del embutido a base de pescado atún aleta amarilla ahumada utilizando diferentes temperaturas de cocción y tipo de tripa.
- Determinar la calidad microbiológica del embutido a base de pescado atún aleta amarilla ahumada utilizando diferentes temperaturas de cocción y tipo de tripa.

2. Metodología

2.1. Materia prima

La calidad del embutido de atún ahumado comienza con la adecuada selección de la materia prima. En este estudio se utilizó 3,5 kg de pescado atún aleta amarilla (*Thunnus albacares*). El pescado se adquirió con los comerciantes de ‘‘Playita Mía’’. Una vez recibido, el atún se sometió a una serie de tratamientos previos fundamentales para optimizar su conservación y desarrollo sensorial. Estos incluyen el fileteado y desespinado manual. Todo esto se realizó bajo condiciones higiénico-sanitarias controladas en el laboratorio de cárnicos de la facultad de agropecuaria.

2.2. Proceso de elaboración del embutido

Para la elaboración se utilizó un método por emulsión cárnica en el que las proteínas miofibrilares del pescado actúan como agentes emulsionantes junto con hielo, sal y aditivos para formar una matriz estable, la base principal del embutido es el atún, que constituye el 70 % de la mezcla. A esto se sumó un 10 % de hielo triturado, que actúa como fuente de humedad, facilita la emulsificación y ayuda a controlar el aumento de temperatura durante el picado, asegurando una buena estabilidad de la emulsión proteica. Se añadió un 2 % de sal común para favorecer la solubilización de proteínas miofibrilares, esenciales en la formación de una matriz firme y cohesiva. Como aditivos funcionales se adicionó 150 ppm de nitrito de sodio, que contribuye a la inhibición de microorganismos patógenos, desarrollo del color rosado característico y estabilidad oxidativa. Se añadió antioxidantes naturales como ácido ascórbico para prevenir la rancidez lipídica. En cuanto a los condimentos, se incorporaron en cantidades estandarizadas ajo y cebolla en polvo, pimienta negra y comino, para realzar el perfil sensorial sin enmascarar el sabor del atún. Finalmente, se utilizó un aglutinante como el almidón modificado 5 %, contribuyendo a la

estabilidad del embutido durante y después de la cocción, de acuerdo con lo descrito por (Gálvez et al., 2008).

Una vez formulada la mezcla, se inició el proceso del embutido, el cual empezó por el picado y la emulsificación de todos los ingredientes mediante el uso de un cutter industrial, controlando que la temperatura de la mezcla no excediera los 10 °C para evitar pérdidas proteicas. Como resultado se obtuvo una masa homogénea, donde las fracciones lipídicas como las partículas de pescado quedaron distribuidas de manera uniforme, favoreciendo la estabilidad física y aceptabilidad sensorial del embutido.

Posteriormente, la masa fue colocada en una embutidora manual, mediante la cual se realizó el llenado de tripas comestibles con diámetros de 34 y 36 mm. Se emplearon tripas de origen natural y sintético, las cuales una vez que se colocó la masa fueron amarrados para así culminar con el proceso del embutido.

2.3. Ahumado

Para el proceso de ahumado, se utilizó un horno ahumador de la marca AG Acero gas, equipado con control de temperatura. El objetivo principal del tratamiento es elevar la temperatura interna del producto hasta un mínimo de 70 °C, valor recomendado por organismos internacionales para asegurar la destrucción de patógenos como *Listeria monocytogenes* y *Salmonella* spp. Se evaluó dos niveles de temperatura del horno: 70 °C y 80 °C, combinados con dos tipos de tripa distinto (natural y sintética). Tras la cocción, los embutidos se enfriaron rápidamente por inmersión hasta alcanzar ≤ 4 °C, evitando la proliferación bacteriana postproceso. Este tratamiento térmico bien monitoreado y ajustado es esencial no solo para garantizar la seguridad alimentaria, sino también para optimizar la textura y color del producto, asegurando una presentación atractiva y un

sabor equilibrado. En la (Fig 2) se presenta el diagrama de proceso del embutido de atún aleta amarilla ahumado.

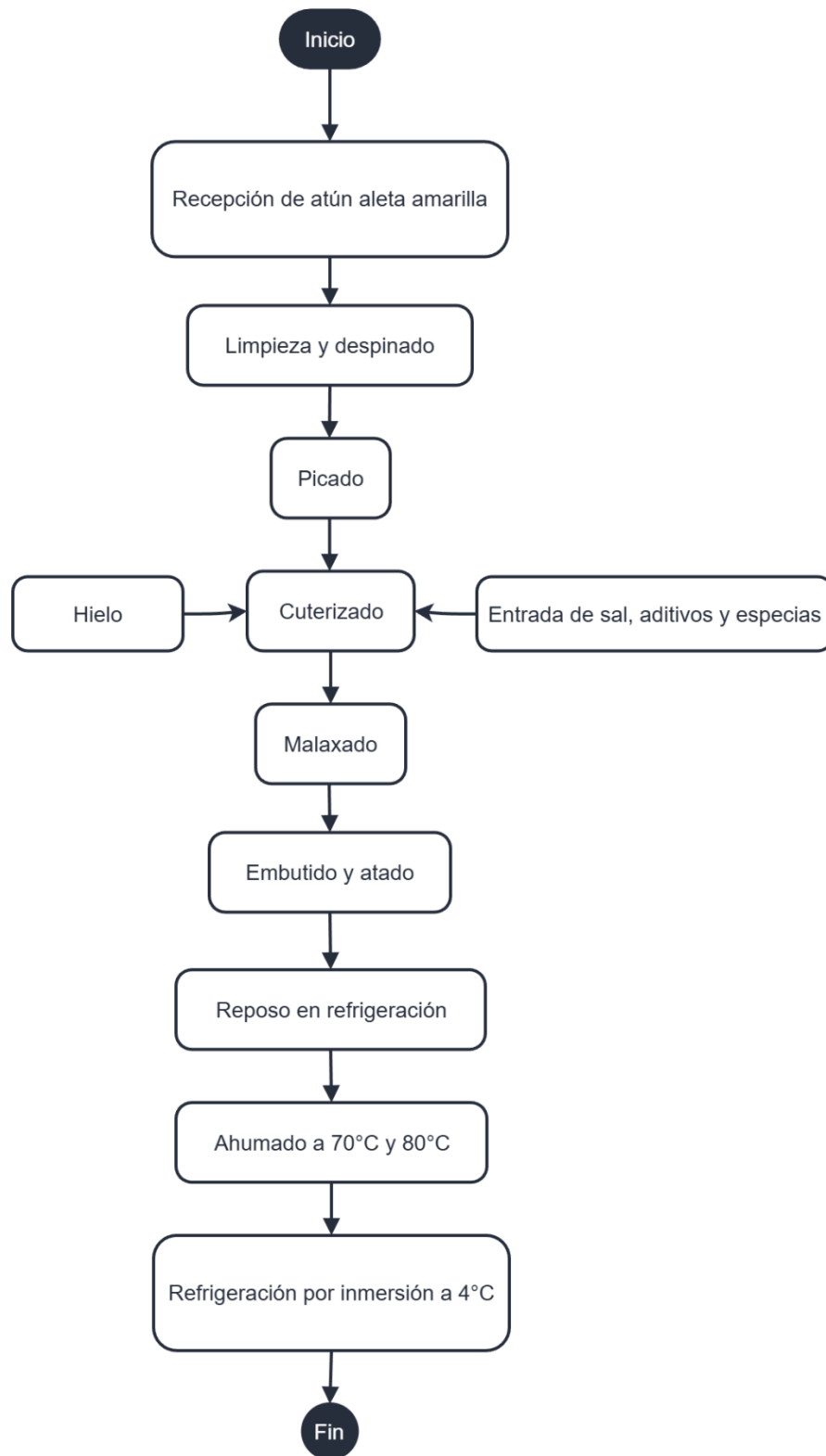


Figura 2. Diagrama de flujo del proceso de embutido de pescado atún aleta amarilla ahumado.

2.4. Determinación de las propiedades fisicoquímicas del embutido de pescado

2.4.1. pH

El pH, se determinó conforme a la norma INEN NTE 783 (1985). Para ello, se tomaron 10 g de muestra y se disolvieron en 90 ml de agua destilada. La mezcla se dejó en reposo durante una hora para permitir una mejor homogenización, tras lo cual se realizó la medición utilizando un potenciómetro calibrado, manteniendo la muestra a 20 °C, esta variable es esencial para mantener la estabilidad del producto.

2.4.2. Acidez

La acidez titulable, se cuantificó como porcentaje de ácido láctico de acuerdo al método AOAC 16.247 (1990). La muestra se homogenizó en agua destilada y filtrada, tomándose un volumen específico del filtrado para su valoración con hidróxido de sodio (NaOH 0,01 N) usando 3 gotas de fenolftaleína como indicador. Este análisis se repitió por triplicado para asegurar reproducibilidad y precisión de los resultados.

$$\%Acidez = \frac{f * N * G * 100}{10}$$

Donde la (*f*) es la constante de miliequivalentes aplicada para ácido láctico que es (0,09), la (*N*) representa la normalidad del hidróxido de sodio (NaOH) que es (0,01 N) y finalmente la (*G*) que es el gasto o consumo en ml del neutralizador.

2.4.3. Humedad

La humedad se determinó mediante el método gravimétrico de secado en estufa a 105 °C, hasta alcanzar un peso constante. Inicialmente se pesó un crisol vacío, luego se tomó 5 gramos de

muestra y se colocó en la estufa durante 3-4 horas, monitoreando el peso de las muestras cada hora. Finalmente, se pesó el crisol con la muestra de embutido ya seca una vez que esta alcanzo un peso estable, lo que permitió establecer el porcentaje de retención de agua en el embutido.

$$\%Humedad = \left(\frac{Pi - Pf}{Ms} \right) \times 100$$

Para hallar el porcentaje de humedad una vez obtenido los resultados de los análisis, se calcula restando el (Pi) o peso inicial, menos (Pf) que es el peso final ya secada la muestra; esto se divide (Ms) para el peso neto inicial de la muestra de alimento y finalmente se multiplica por 100.

2.4.4. Textura

Se evaluó la textura instrumental aplicando el análisis de perfil de textura (TPA), siguiendo la metodología de (Hleap & Velasco, 2010). El análisis se efectuó con un texturómetro. El parámetro a medir fue la fuerza máxima de penetración en el embutido expresada en Newton (N). Se empleó un punzón de 3 mm de diámetro y 8 cm de longitud que se desplaza a una velocidad de 20 mm/s con una penetración de 15 mm en diferentes puntos de la muestra. Estos datos permitieron establecer cómo el tratamiento térmico y el tipo de tripa afectan la estructura interna del embutido, y la masticabilidad del mismo, lo cual es un aspecto fundamental para la aceptación sensorial del producto.

2.5. Determinación de las propiedades microbiológicas del embutido de pescado

2.5.1. Recuento de mohos y levaduras

Pipetear 1 ml de la dilución y colocarlo en una placa Petri con agar papa dextrosa acidificado, fundido y mantenido a 45 ± 1 °C en un baño de agua. preparado el mismo día del análisis y temperado (55 °C). Con movimientos circulares lentos y cuidadosos, primero en sentido de las manecillas del reloj y luego en contra sentido, mezclar la muestra con el medio de cultivo. Esperar a que solidifique y añadir una segunda capa de medio de cultivo (20 ml aproximadamente). Esperar a que solidifique e incubar la placa invertida a 25 °C. durante 5 días de incubación.

2.6. Manejo del experimento

1.1. Diseño experimental

1.1.1. Variables

1.1.1.1. Variables independientes

- Temperatura de ahumado (70 °C y 80 °C)
- Tipo de tripa (natural y sintética)

1.1.1.2. Variables dependientes

- Propiedades fisicoquímicas
 - pH
 - Acidez
 - Humedad
 - Textura
- Calidad microbiológica

- Mohos
- Levaduras

2.7. Diseño Experimental

Se empleó un diseño completamente aleatorizado con estructura factorial 2x2, incluyendo tres repeticiones por tratamiento, y se aplicó un nivel de significancia estadística de ($p < 0.05$), para evaluar la temperatura de cocción y tipo de tripa (natural y sintética) en la conservación de la calidad fisicoquímica y microbiológica de un embutido a base de pescado atún aleta amarilla ahumado.

Factor A: Temperatura de cocción

A1: 70 °C

A2: 80 °C

Factor B: Tipo de tripa

B1: tripa natural

B2: tripa sintética

Tabla 1. Combinación de tratamientos

Tratamientos	Código	Temperatura de cocción	Tipo de tripa
1	A1B1R1	70 °C	Natural
2	A1B1R2	70 °C	Natural
3	A1B1R3	70 °C	Natural
4	A1B2R1	70 °C	Sintética
5	A1B2R2	70 °C	Sintética
6	A1B2R3	70 °C	Sintética
7	A2B1R1	80 °C	Natural

8	A2B1R2	80 °C	Natural
9	A2B1R3	80 °C	Natural
10	A2B2R1	80 °C	Sintética
11	A2B2R2	80 °C	Sintética
12	A2B2R3	80 °C	Sintética

Tabla 2. Esquema de análisis de varianza (ANOVA)

Fuente de variación	Fórmula	Grados de libertad (G.L)
Réplicas	r-1	2
Factor A	a-1	1
Factor B	b-1	1
Interacción (AxB)	(a-1) (b-1)	1
Error experimental	a*b (r-1)	8
Total	N-1	11

3. Resultados

3.1. Resultados en embutidos ahumados

3.1.1. Análisis de pH

En la Fig 3 se observa que los embutidos con mayor índice de pH fueron aquellos elaborados con tripa natural que tuvieron un pH promedio de 6,08; asociado a una mayor desnaturalización proteica, lo que evidencia que este tipo de tripa tuvo influencia en el aumento del pH del embutido de pescado ahumado, esta diferencia puede atribuirse a la mayor permeabilidad de la tripa natural, que facilita un intercambio de humedad y compuestos solubles durante la cocción, favoreciendo una menor acidificación del sistema (Toldrá, 2015). Este

embutido a su vez presentó una textura más blanda y jugosa durante las primeras horas, debido a una mayor retención de agua.

Por su parte aquellos embutidos elaborados con la tripa sintética registraron un pH de 5,88; más estables y levemente inferiores a los elaborados con tripas naturales, lo que sugiere un comportamiento más uniforme frente al tratamiento térmico, debido a su menor permeabilidad y como resultado se obtuvo un embutido más compacto y menos jugoso que los elaborados con tripas naturales.

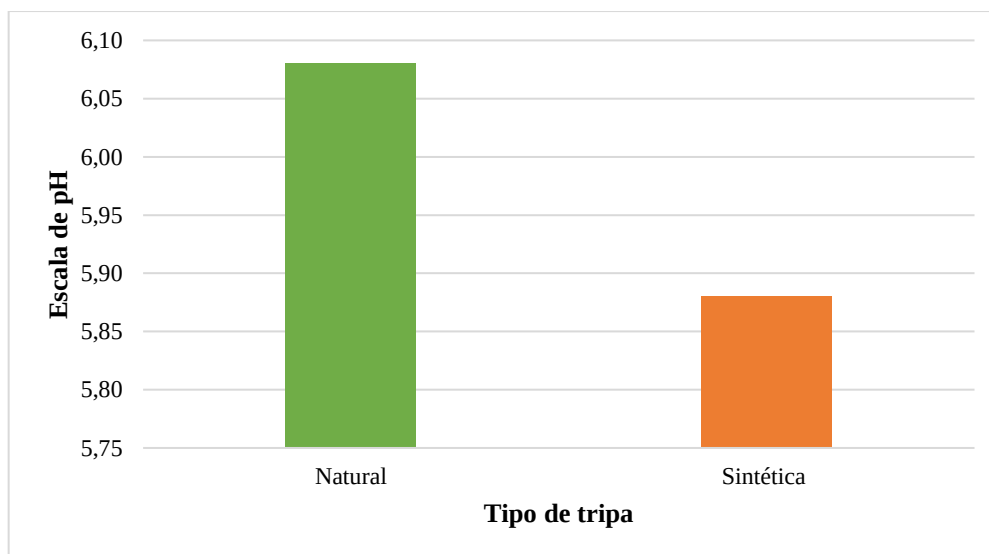


Figura 3. Escala de pH según el tipo de tripa aplicada natural o sintética en embutidos de pescado atún aleta amarilla ahumado.

Se demostró que las temperaturas no tuvieron una influencia significativa en el parámetro del pH de las muestras, ambas temperaturas tuvieron valores de pH muy parecidos se mantuvieron dentro de un rango cercano (5,8–6,2), característico del producto, lo que indica una adecuada estabilidad fisicoquímica del producto.

Para la interpretación de los resultados se realizó un ANOVA, análisis de varianzas y tablas comparativas; demostrando que alguno de los factores analizados obtuvo una diferencia

significativa ($p < 0,05$) sobre el pH. El tipo de tripa mostró un efecto significativo sobre el pH ($p = 0,0015$) a diferencia de la temperatura ($p = 0,4724$) que no generó diferencias estadísticas significativas ($p > 0,05$).

En la Fig 4 se observa que la masa sin ahumar presentó valores de pH más bajos y estables, propios de una matriz proteica fresca con menor exposición a procesos térmicos y de deshidratación, y que aquellos con un pH más cercano fueron los embutidos con tripa sintética lo que indica una mejor conservación de las condiciones fisicoquímicas originales de la masa. Al contrario de aquellos elaborados con tripa natural que muestran un aumento en los niveles de pH sin importar la temperatura aplicada.

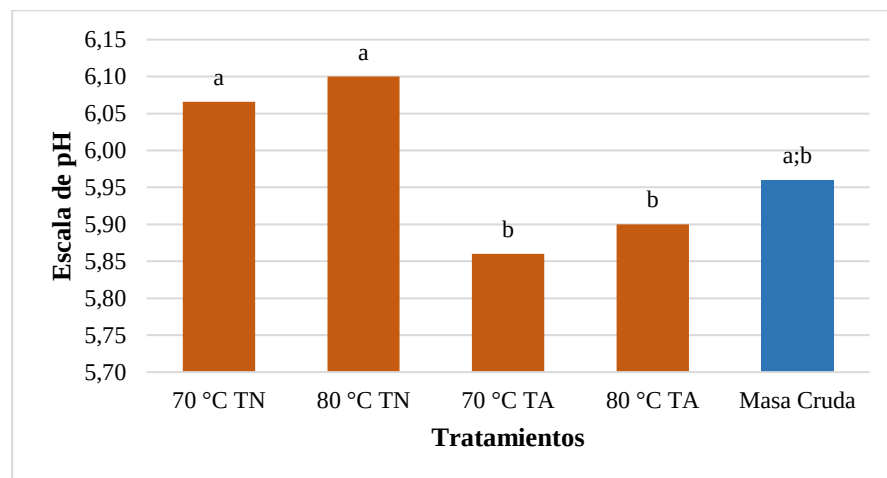


Figura 4. Resultados de la escala del pH de las muestras conjugadas según el tipo de temperatura 70 °C - 80 °C y el tipo de tripa natural – sintética aplicada a embutidos de pescado atún aleta amarilla, comparada con el pH de la masa de embutido cruda.

3.1.2. Análisis de Acidez

En la Fig 5 se puede observar que sí hubo una alteración en los índices de acidez por parte del tipo de tripa que se utilizó. Los embutidos elaborados con tripas naturales tuvieron un índice de acidez de 0,08 en comparación a los elaborados con tripa sintética que tuvieron un índice de acidez de 0,07.

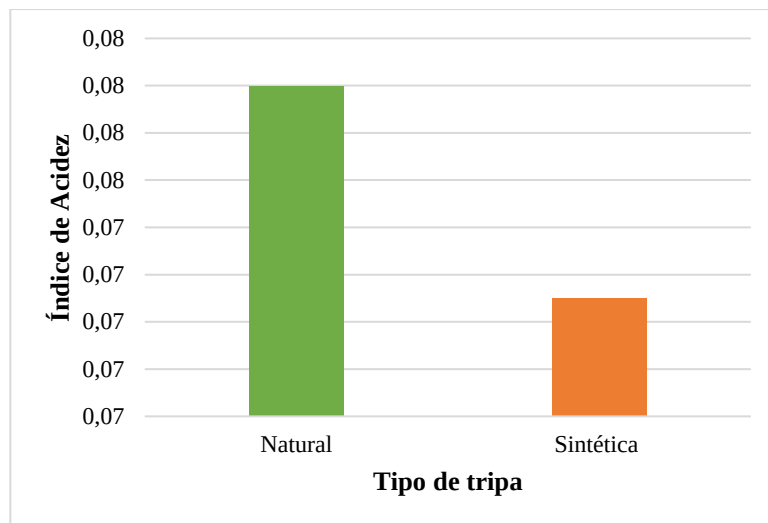


Figura 5. Índice de acidez según el tipo de tripa aplicada natural o sintética en embutidos de pescado atún aleta amarilla ahumado.

De igual manera se detectó diferencias significativas ($p < 0,05$) en las temperaturas de tratamiento. A 70 °C, los embutidos con tripa natural presentan valores de acidez más altos con un promedio de 0,085 en comparación a los elaborados con tripa sintética que tienen un promedio de acidez de 0,077. Estos niveles de acidez más altos pueden asociarse a la mayor permeabilidad de la tripa natural, que facilita la liberación de humedad y compuestos ácidos durante la cocción (Feiner, 2006; Toldrá, 2010). A 80 °C, se observa una leve disminución de la acidez en ambos tipos de tripa. En la tripa natural, los valores descienden a un promedio de 0,072, esta reducción puede atribuirse a una mayor desnaturalización proteica y volatilización parcial de ácidos orgánicos a temperaturas más elevadas mientras que en la tripa sintética se mantienen más bajos y estables (0,071). La tripa sintética presenta menor acidez titulable y mayor uniformidad frente al incremento de temperatura, lo cual es tecnológicamente favorable.

En la Fig 6 se evaluó el proceso (crudo vs ahumado), en el cual se evidenció que el proceso de cocción no genera diferencias significativas entre las muestras, es decir que se le puede atribuir a algún factor las diferencias existentes al tipo de tripa utilizada en las muestras.

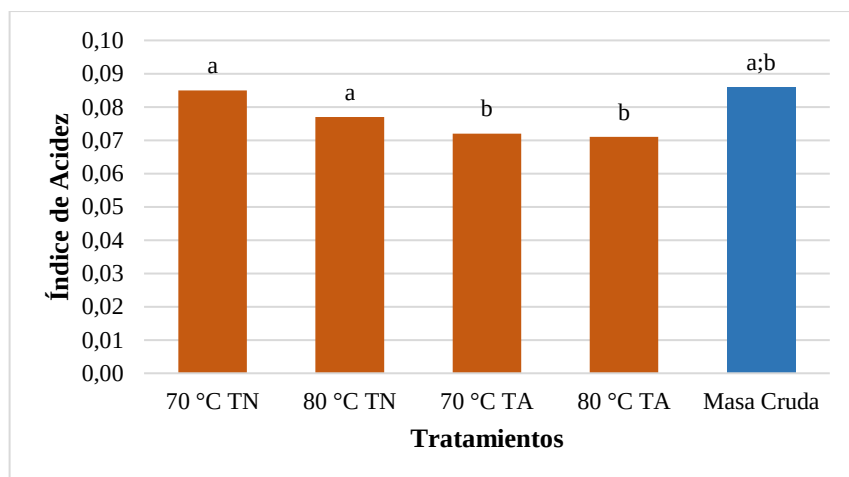


Figura 6. Resultados de índice de acidez de las muestras conjugadas según el tipo de temperatura 70 °C - 80 °C y el tipo de tripa natural – sintética aplicada a embutidos de pescado atún aleta amarilla, comparada con el índice de acidez de la masa de embutido cruda.

3.1.3. Análisis de Humedad

En la Fig 7 se observa que el porcentaje varió según el tipo de tripa, mostrando que las tripas naturales tuvieron un mayor porcentaje de humedad en comparación con las tripas sintéticas, las tripas naturales tuvieron un porcentaje de humedad del 83,48 %, mientras que las tripas sintéticas tuvieron un porcentaje de humedad del 78,41 %, presentando un menor contenido de humedad, lo que sugiere una mayor pérdida controlada de agua y una estructura interna más compacta y uniforme.

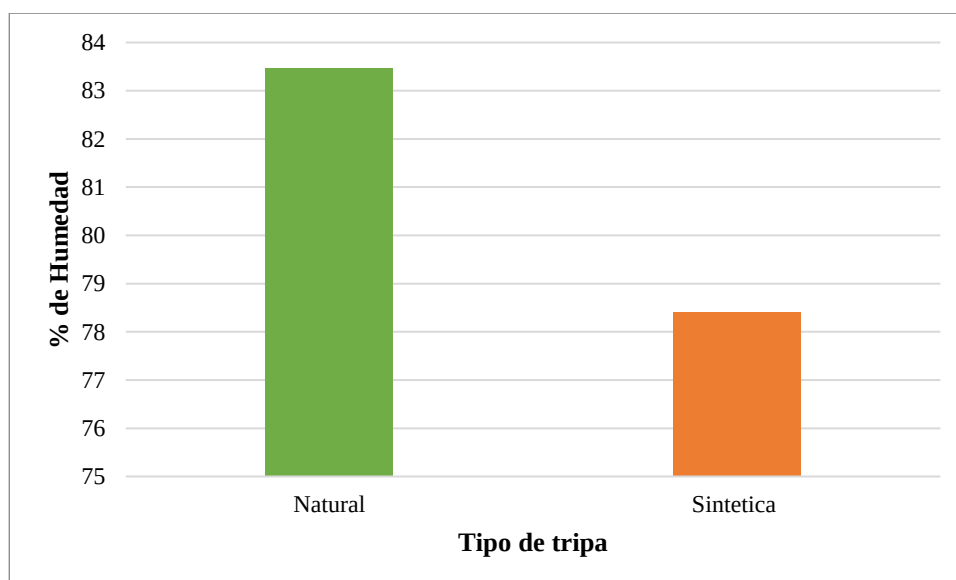


Figura 7. % de humedad según el tipo de tripa aplicada natural o sintética en embutidos de pescado atún aleta amarilla ahumado.

En el caso de las tripas naturales el mayor contenido de humedad favoreció la solubilización y reorganización de las proteínas miofibrilares, promoviendo una textura más suave, jugosa y cohesiva, características sensoriales deseables en productos pesqueros, pero también implica consecuencias tecnológicas y microbiológicas reduciendo la estabilidad del producto y aumentando el riesgo de crecimiento de microorganismos alterantes (Park, 2014).

De igual manera la temperatura también influyó en el porcentaje de humedad del embutido de pescado ahumado, en la Fig 8 se observa como el embutido de pescado ahumado a 70 °C registró un 81,53 % de humedad, estos embutidos tuvieron mayor jugosidad y retención de agua en comparación con aquellos elaborados a 80 °C que presentaron un 80,36 % de humedad, es decir que fueron más compactos y de consistencia más firme.

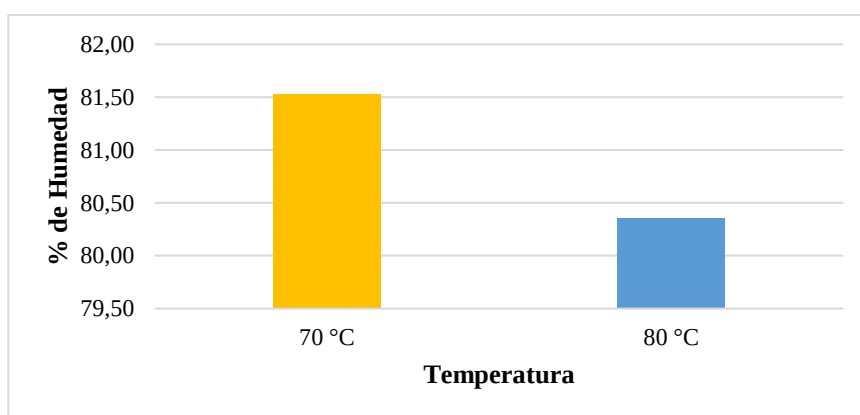


Figura 8. % de humedad según la temperatura aplicada 80 °C o 70 °C en embutidos de pescado atún aleta amarilla ahumado.

Sin embargo, en el análisis de la Fig 9 se observa que el proceso (crudo vs ahumado) sí generó un efecto estadísticamente significativo ($p < 0,05$), teniendo la masa cruda un porcentaje de humedad mucho mayor a todos los otros tratamientos con una media del 85,10 % de humedad.

Para corroborar la información se aplicó un análisis de varianza ANOVA donde el valor ($p = 0,0263$) es menor al nivel de significancia de lo que indica que existen diferencias reales en el contenido de humedad entre ambos procesos. Esto sugiere que el ahumado modifica de manera clara la humedad del producto, lo cual es coherente con la naturaleza del proceso, ya que el ahumado implica pérdida de agua por efecto del calor y la exposición al humo.

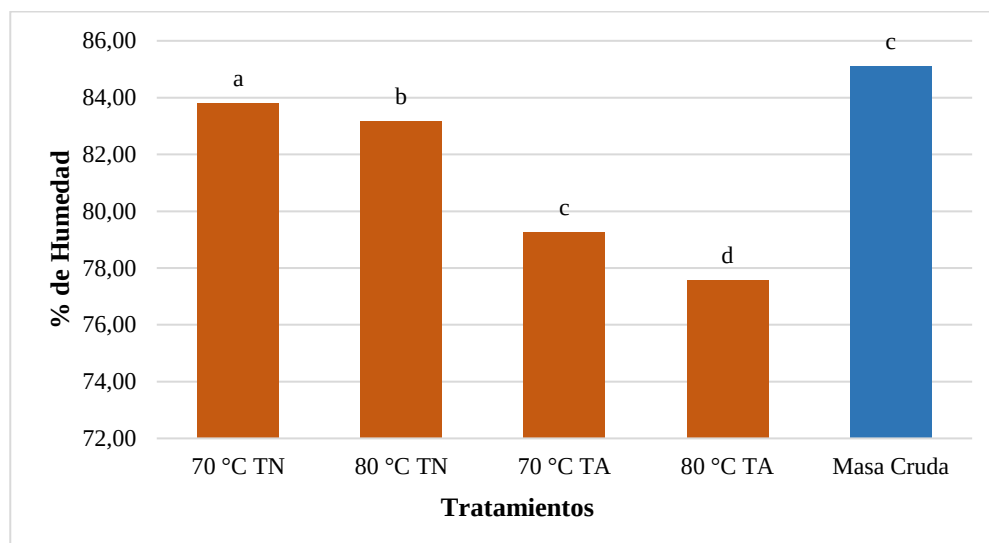


Figura 9. Resultados del % de humedad de las muestras conjugadas según el tipo de temperatura 70 °C - 80 °C y el tipo de tripa natural – sintética, comparada con el % de humedad de la masa cruda.

3.1.4. Análisis de Textura

En la Fig 10 se aprecia como el tipo de tripa utilizado sí tuvo diferencias significativas ($p < 0,05$) sobre las propiedades texturales del embutido de pescado ahumado, específicamente en el parámetro de resistencia a la compresión determinado mediante el análisis de texturometría, por un lado las tripas naturales presentaron mayor resistencia con 6,67 N y variabilidad en sus datos, ya que al realizar el análisis se obtuvieron valores que iban desde 3,26 N hasta los 9,17 N; esta variabilidad puede atribuirse a la heterogeneidad estructural propia de la tripa natural, la cual presenta variaciones en espesor, elasticidad y resistencia mecánica a lo largo de su longitud,

influyendo en la falta de uniformidad del comportamiento textural del embutido (Feiner, 2006; Toldrá, 2010). Mientras que las sintéticas su resistencia fue mucho menor con una media de 3,93 N de resistencia y mayor uniformidad en sus datos, resultado de su fabricación industrial estandarizada, que garantiza propiedades mecánicas constantes y un comportamiento más predecible.

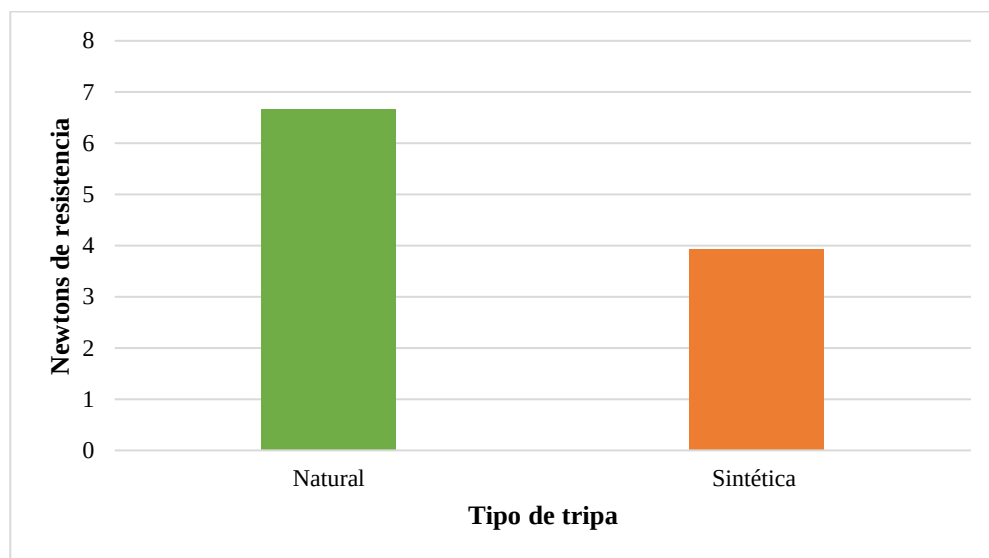


Figura 10. Newtons de resistencia en análisis de texturometría según el tipo de tripa aplicada natural o sintética en embutidos de pescado atún aleta amarilla ahumado.

Las temperaturas de procesamiento no presentaron diferencias significativas ($p > 0,05$) en la resistencia del embutido de pescado ahumado, registrándose valores similares de 5,37 N a 70 °C y 5,23 N a 80 °C. Esta similitud puede atribuirse a que ambas temperaturas se encuentran dentro de un rango térmico suficiente para inducir la desnaturalización y coagulación de las proteínas miofibrilares, responsables de la formación de la estructura del embutido (Park, 2014).

Cuando las proteínas alcanzan el umbral de desnaturalización, la estructura proteica se consolida y da lugar a una red tridimensional con relativa estabilidad. En estas condiciones, incrementos térmicos moderados, como el aumento de la temperatura de 70 °C hasta 80 °C, no

provocan cambios estructurales significativos que se manifiestan en la resistencia mecánica del producto. En este rango, el efecto del calor se relaciona principalmente con la liberación de una fracción limitada de agua, sin que se produzcan alteraciones en la integridad ni en la cohesión de la red proteica formada (Park, 2014; Toldrá, 2010; Huss, 1995).

De igual manera la Fig 11 demostró que los resultados son afirmativos, es decir que sí existen diferencias significativas ($p < 0,05$) entre las tripas utilizadas, las principales diferencias están determinadas por el tipo de tripa en cada tratamiento, la tripa natural tuvo una mayor resistencia en comparación con la tripa sintética, mientras que la pasta cruda al no tener ningún tipo de tripa o recubrimiento, ni tampoco ningún tratamiento térmico muestra una resistencia mucho menor a los demás tratamientos, confirmando que el tratamiento térmico es determinante en la formación de la red proteica y en el desarrollo de la textura del embutido.

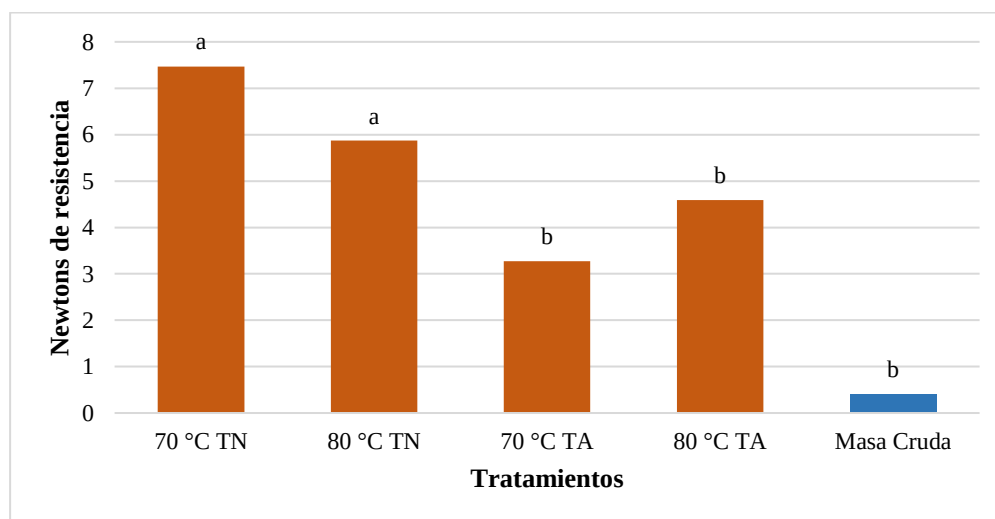


Figura 11. Resultados de newtons de resistencia en las muestras conjugadas según el tipo de temperatura 70 °C - 80 °C y el tipo de tripa natural – sintética, comparada con los newtons de resistencia de la masa cruda.

3.1.5. Análisis de Mohos

El análisis microbiológico de mohos mostró que todos los tratamientos evaluados presentaron el mismo recuento, con un valor de 1×10^1 UFC/g. Debido a la ausencia de variabilidad en los datos, no se aplicó ANOVA, ni Tukey debido a la ausencia total de variabilidad en los datos microbiológicos, condición que invalida el uso de estadística inferencial.

Los resultados obtenidos indican que ni el tipo de tripa ni la temperatura de procesamiento influyeron en el desarrollo de mohos en las condiciones evaluadas. Asimismo, los valores registrados se mantuvieron bajos y homogéneos entre los tratamientos, dentro de la respectiva normativa, lo que evidencia condiciones adecuadas de procesamiento e higiene durante la elaboración de los embutidos de pescado ahumados. Los resultados obtenidos indican que el proceso de ahumado no generó diferencias en el recuento de mohos respecto a la masa cruda, manteniéndose valores homogéneos y bajos en ambos tratamientos.

3.1.6. Análisis de Levaduras

El análisis microbiológico de levaduras mostró que todos los tratamientos evaluados (embutidos ahumados) presentaron el mismo recuento, con un valor de 1×10^1 UFC/g. Debido a la ausencia de variabilidad en los datos no se aplicó ANOVA, ni Tukey debido a la ausencia total de variabilidad en los datos microbiológicos, condición que invalida el uso de estadística inferencial.

Los resultados obtenidos indican que ni el tipo de tripa ni la temperatura de procesamiento influyeron en el análisis de las levaduras en los embutidos ahumados. Además, los valores registrados se mantuvieron bajos y homogéneos entre los tratamientos, dentro de los estándares

esperados, lo que evidencia condiciones adecuadas de procesamiento e higiene durante la elaboración de los embutidos de pescado ahumado.

Por el contrario, el análisis microbiológico para las levaduras si mostró una pequeña diferenciación entre el producto ahumado registrando un valor de 1×10^1 UFC/g y el producto crudo registrando un valor de 2×10^1 UFC/g; por lo que se puede deducir que el proceso de ahumado si generó una diferencia significativa en el embutido, esto se lo podemos atribuir a el recubrimiento o la capa protectora que tiene el embutido como un factor positivo para la muestra.

4. Discusión

4.1. pH

En base a los resultados obtenidos se indica que el tipo de tripa influye significativamente en el pH del embutido de pescado ahumado, mientras que la temperatura de cocción evaluada (70 °C y 80 °C) no genera diferencias estadísticas relevantes. Este hallazgo concuerda con lo reportado por (Honikel, 2014) y (Toldrá, 2010), quienes señalan que las tripas naturales permiten una mejor difusión de vapor de agua, lo que puede mitigar cambios químicos asociados a la acidificación del producto. En embutidos de pescado, este efecto resulta particularmente relevante debido a la estructura proteica más delicada del músculo, que es más susceptible a modificaciones durante el tratamiento térmico (Savic & Savic, 2017).

4.2. Acidez

Los resultados de la acidez titulable muestran que el tipo de tripa ejerce un efecto significativo, mientras que la temperatura de cocción no influye de manera directa sobre esta

variable. La mayor acidez observada en los embutidos elaborados con tripa sintética podría explicarse por su menor permeabilidad al vapor de agua.

Este comportamiento coincide con lo señalado por (Toldrá, 2010) y (Dallabona et al., 2013), quienes indican que las tripas sintéticas, al limitar la migración de humedad, pueden concentrar ácidos y otros compuestos solubles, incrementando la acidez del embutido.

4.3. Humedad

Los resultados evidencian que tanto la temperatura de cocción como el tipo de tripa influyen significativamente en el contenido de humedad del embutido de pescado ahumado. Ya que la mayor retención de humedad observada en los tratamientos elaborados con tripa natural puede atribuirse a su capacidad de regular la transferencia de vapor de agua.

Este comportamiento concuerda con lo descrito por (Honikel, 2014) y (Savic & Savic, 2017), quienes destacan que las tripas naturales presentan una estructura semipermeable que favorece la conservación de la jugosidad, especialmente en productos elaborados a partir de pescado, donde la capacidad de retención de agua es limitada por la naturaleza del músculo.

4.4. Textura

Los resultados del análisis de textura indican que el tipo de tripa influye significativamente en la firmeza del embutido, mientras que la temperatura de cocción no presenta un efecto estadísticamente significativo dentro del rango evaluado. Los mayores valores de fuerza registrados en los embutidos elaborados con tripa natural sugieren una estructura interna más firme.

Este comportamiento coincide con lo reportado por (Hleap & Velasco, 2010), quienes señalan que la interacción entre proteínas y el recubrimiento del embutido desempeña un papel clave en el desarrollo de la textura.

4.5. Mohos

Como bien se observó la usencia de variabilidad impidió la aplicación de análisis estadísticos, sin embargo, la homogeneidad observada sugiere que las condiciones de procesamiento aplicadas fueron adecuadas para controlar el desarrollo de mohos en el embutido de pescado ahumado. Este comportamiento concuerda con lo reportado por (Rada, 2023) y (Dallabona et al., 2013), quienes señalan que el ahumado, cuando se combina con temperaturas internas adecuadas y buenas prácticas de manufactura, ejerce un efecto inhibitor sobre microorganismos de deterioro como los mohos.

Asimismo, (Grant, 2011) indica que, en productos pesqueros sometidos a tratamientos térmicos superiores a 70 °C, el crecimiento de mohos se ve significativamente limitado, siempre y cuando se mantengan condiciones higiénicas adecuadas durante la elaboración.

4.6. Levaduras

De igual manera que en el caso de los mohos, la ausencia de variabilidad impidió la aplicación de pruebas estadísticas; no obstante, los valores bajos y homogéneos evidencian un control microbiológico efectivo del proceso. Estos hallazgos son consistentes con lo reportado por (Dallabona et al., 2013), quienes indican que los tratamientos térmicos combinados con ahumado reducen significativamente la carga de levaduras en embutidos de pescado, debido a la acción del calor y a la disminución de condiciones favorables para su desarrollo.

De acuerdo con (Fandos et al., 2021), el mantenimiento de temperaturas internas adecuadas durante la cocción constituye un factor crítico para la reducción de microorganismos alterantes, incluyendo levaduras. Al haber aplicar temperaturas de 70 °C y 80 °C favoreció a garantizar esta estabilidad.

5. Conclusiones

De acuerdo con la presente investigación se permitió determinar que la temperatura de cocción y el tipo de tripa influyen de manera diferenciada sobre las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y texturales del embutido de pescado a base de atún aleta amarilla ahumado, cumpliendo con el objetivo general planteado en el estudio.

En base con las propiedades fisicoquímicas, se concluye que el tipo de tripa sí ejerce un efecto significativo sobre la escala de pH y el índice de acidez del embutido, dado que se observan valores de pH más elevados y de menor acidez en los tratamientos elaborados a partir de tripa natural. Por otro lado, la temperatura de ahumado evaluada (70 °C y 80 °C) no mostró una diferencia significativa sobre dichas variables, lo que indica que, dentro del rango térmico estudiado, el pH y la acidez se mantienen constante.

Respecto al contenido de humedad, se determinó que tanto la temperatura de cocción como el tipo de tripa sí influyen significativamente en esta variable, dado que los embutidos que fueron elaborados con tripa natural presentaron una mayor retención de humedad, mientras que las temperaturas más bajas (70 °C) favorecieron una menor pérdida de humedad. Esto demuestra que la permeabilidad de la tripa sintética y la intensidad térmica más elevada tuvieron un impacto mayor en cuanto a la pérdida de agua en el embutido, dejando como resultado un embutido menos jugoso.

En cuanto a la textura, los resultados indican que el tipo de tripa tuvo un efecto significativo, registrándose mayores valores de firmeza en los embutidos elaborados con tripa natural. La temperatura de cocción, en cambio, no generó diferencias estadísticamente significativas, lo que sugiere que la estructura del embutido está más asociada al material de recubrimiento que al nivel térmico aplicado dentro de las condiciones evaluadas.

Desde el punto de vista microbiológico, los recuentos tanto de mohos y levaduras fueron bajos y homogéneos en todos los tratamientos, es decir sin variabilidad entre las temperaturas ni tipos de tripa. Esto evidencia que el proceso de ahumado, combinado con un adecuado control de tiempo y temperatura, garantiza la estabilidad microbiológica del embutido y cumple con los criterios de inocuidad alimentaria.

Por otro lado, al comparar el producto ahumado con la pasta cruda sin embutir, se concluye que el proceso de ahumado no altera significativamente el pH ni la acidez, pero sí genera cambios importantes en la humedad y la textura del producto.

Se concluye, que la temperatura de ahumado a 70 °C en combinación con el uso de tripa natural representa la alternativa más adecuada para conservar de manera óptima las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas del embutido a base pescado atún aleta amarilla ahumado.

6. Recomendaciones

En primer lugar, se recomienda mantener un control estricto de los parámetros tiempo-temperatura durante el proceso de ahumado, especialmente asegurando que la temperatura interna del embutido alcance y se mantenga en valores seguros, ya que esto garantiza la eliminación de microorganismos patógenos y contribuye a la estabilidad microbiológica del producto final.

Para futuras investigaciones, se sugiere ampliar el rango de temperaturas de cocción y evaluar otros métodos de procesamiento térmico, como cocción al vapor o cocción al vacío, con el propósito de comparar su efecto sobre las propiedades fisicoquímicas, y microbiológicas del embutido de pescado.

Finalmente, se sugiere evaluar la vida útil del embutido de pescado ahumado mediante estudios de almacenamiento bajo diferentes condiciones de conservación, con el objetivo de determinar su estabilidad a lo largo del tiempo y establecer criterios técnicos que faciliten su posible aplicación a nivel artesanal e industrial.

7. Referencias bibliográficas

- Caballero, A. E. (2008). *Métodos de conservación de alimentos*. Ángel E. Caballero Torres.
- Castro-González, M. I. (2002). *Ácidos grasos omega-3: beneficios y fuentes alimentarias*. Revista de Nutrición Clínica, 5(2), 45–52.
- Dallabona, B. R., Karam, L. B., Wagner, R., Bartolomeu, D. A. F. S., Mikos, J. D., Francisco, J. G. P., De Macedo, R. E. F., & Kirschnik, P. G. (2013). Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 42(12), 835–843. <https://doi.org/10.1590/S1516-35982013001200001>
- Fandos, E. G., Calleja, C. A., Escámez, P. F., Sillué, S. M., Rafecas, M., Lázaro, D. R., & Oliag, P. T. (2021). Informe del Comité Científico de la Agencia Española de Seguridad Alimentaria y Nutrición (AESAN) sobre las

combinaciones tiempo-temperatura necesarias para el cocinado seguro de los alimentos. *Revista del Comité Científico de la AESAN*, (33), 113–150.

- Feiner, G. (2006). *Meat products handbook: Practical science and technology*. Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845691721>
- Gálvez, M. C., Lorenzo, T. D., & Martín, P. M. (2008). *Métodos de conservación de alimentos*. Madrid: Ángel E. Caballero Torres.
- Grant, F. S. (2011). *Fish and fishery products hazards and controls guidance* (4th ed.). U.S. Food and Drug Administration.
- Gálvez, M. C., Lorenzo, T. D., & Martín, P. M. (2008). *Métodos de conservación de alimentos*. Ángel E. Caballero Torres.
- Huss, H. H. (1995). *Quality and quality changes in fresh fish*. FAO Fisheries Technical Paper No. 348. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://www.fao.org/3/v7180e/v7180e00.htm>
- Hleap, J. I., & Velasco, J. R. (2010). Análisis del perfil de textura en productos cárnicos. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(2), 5601–5612.
- Honikel, K. O. (2014). Composition and functionality of meat casings. *Meat Science*, 96(1), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.07.006>
- Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). *Sensory evaluation of food: Principles and practices* (2nd ed.). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- Maita, L. (2025, 10 de enero). *Impacto de los embutidos en tu salud: pros y contras*. Discapnet. <https://www.discapnet.es>
- Park, J. W. (2014). *Surimi and surimi seafood* (3rd ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b16009>

- Pérez, W. A. P., Arango, Z. D. C., Cadavid, E. L. A., Mogollón, M. L. V., López, R. R., Piedrahita, J. C. P., & Acosta, L. M. V. (2023). Efecto de dos sistemas de cocción sobre la transferencia de calor y la letalidad microbiana durante la cocción de jamones. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24(1). https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num1_art:2834
- Rada, L. M. (2023). *Capacidad bioconservante de bacterias ácido lácticas y/o metabolitos en productos pesqueros y sus derivados* [Tesis de posgrado]. Universidad Nacional.
- Savic, I., & Savic, I. (2017). Natural and artificial sausage casings. *Tehnologija Mesa*, 58(2), 146–156.
- Skipnes, D. (2011). *Procesamiento de calor de pescado*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/379905756>
- Suárez, M. S. U., & Medina, M. Y. M. (2024). *Línea de embutidos artesanales a base de pescado*. Proyecto de investigación, Universidad.
- Toldrá, F. (2010). *Handbook of meat processing*. Wiley-Blackwell.
- Toldrá, F. (2015). *Innovations in traditional foods*. Woodhead Publishing.