

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE PESQUERÍA



**“ELABORACIÓN DE TROZOS DE BONITO (*Sarda chiliensis
chiliensis*) SALADOS, DESHIDRATADOS, AHUMADOS Y
ENVASADO AL VACÍO”**

Presentada por:

JOSELIN TATIANA LLARO RUBIÑOS

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO PESQUERO**

Lima-Perú

2018

Este trabajo está dedicado con mucho cariño a mis padres, que me acompañan con su amor incondicional a todas partes y a mis dos bendiciones que me dan las fuerzas para seguir adelante.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por darme fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Luis y Olga por su apoyo incondicional, por los valores que me han inculcado, por haberme dado la oportunidad de tener una excelente educación y sobre todo por ser mi ejemplo de vida a seguir.

A mi asesor Ing. Andrés Molleda, por su invaluable apoyo durante la realización de esta investigación, por la orientación, el seguimiento y la supervisión continua de la misma, pero sobre todo por la motivación y el apoyo recibido a lo largo de este tiempo.

Al M.Sc. Raúl Porturas por su apoyo en la preparación de reactivos de los análisis correspondientes.

Al Sr. Ernesto Apestegui, por su colaboración y las facilidades brindadas para la utilización de los laboratorios de la facultad de Pesquería.

A Jordan, por sus consejos, por sus frases de aliento y por todo su apoyo a lo largo de la realización de la tesis.

Por último, a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

ÍNDICE GENERAL

ABSTRACT

RESUMEN

Pág.

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1.	Características del bonito	3
2.1.1.	Generalidades	3
2.1.2.	Distribución geográfica y hábitat	4
2.1.3.	Desembarque total del bonito en el Perú.....	5
2.1.4.	Composición proximal, composición física y rendimientos por tipo de corte	6
2.2.	Salado.....	8
2.3.	Secado	11
2.3.1.	Conceptos básicos	12
2.3.2.	Velocidad de secado	13
2.3.3.	Curvas de velocidad de secado	14
2.3.4.	Secado durante el periodo de velocidad constante	16
2.3.5.	Secado durante el periodo de velocidad decreciente	17
2.3.6.	Factores que afectan la velocidad de secado	18
2.3.7.	Cambios físicos que sufre la materia prima por acción del secado	19
2.3.8.	Cambios químicos que sufre la materia prima por acción del secado.....	19
2.4.	Ahumado.....	19
2.4.1.	Concepto de pescado ahumado.....	20
2.4.2.	Tipos de ahumados	20
2.4.3.	Madera para el ahumado.....	22
2.4.4.	Características del humo.....	24
2.4.5.	Criterios de calidad del pescado ahumado	32
2.5.	Envasado	33
2.5.1.	Lámina flexible coextruida (PA/PE)	34
2.6.	Almacenamiento	36
III.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	37
3.1.	Lugares de ejecución	37
3.2.	Materia prima, equipos y materiales	37
3.2.1.	Materia prima e insumos	37

3.2.2.	Equipos y Materiales	38
3.3.	Métodos analíticos	38
3.3.1.	Análisis físico sensorial	38
3.3.2.	Análisis químico proximal.....	39
3.3.3.	Análisis microbiológico.....	40
3.3.4.	Otros análisis	40
3.4.	Parte experimental	41
3.4.1.	Primer experimento: Determinación de la velocidad de penetración de cloruros de sodio en los trozos de bonito	45
3.4.2.	Segundo experimento: Determinación del tiempo de salado	45
3.4.3.	Tercer experimento: Determinación del porcentaje de humedad en el proceso de deshidratado.....	46
3.4.4.	Cuarto experimento: Determinación del tiempo y la velocidad de secado ...	46
3.4.5.	Quinto experimento: Determinación del tiempo de ahumado.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	52
4.1.	Caracterización de la materia prima	52
4.1.1.	Análisis físico y sensorial	52
4.1.2.	Análisis químicos	52
a.	Composición química proximal.....	52
4.2.	Parte experimental	54
4.2.1.	Primer experimento: Determinación de la velocidad de penetración de cloruros de sodio en los trozos de bonito	54
4.2.2.	Segundo experimento: Determinación del tiempo de salado	56
4.2.3.	Tercer experimento: Determinación del porcentaje de humedad en el proceso de deshidratado.....	58
4.2.4.	Cuarto experimento: Determinación de la velocidad de secado en la elaboración del producto	61
4.2.5.	Quinto experimento: Determinación del tiempo en el proceso de ahumado.	67
4.3.	Producto final.....	69
4.3.1.	Análisis físico y sensorial	69
4.3.2.	Análisis químicos	70
4.3.3.	Análisis microbiológicos	72
4.3.4.	Prueba de aceptabilidad	74
4.3.5.	Rendimiento	78

4.3.6. Pruebas de estabilidad	78
V. CONCLUSIONES.....	83
VI. RECOMENDACIONES	84
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	85
VIII. ANEXOS	93

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro 1: Composición química proximal del bonito según diferentes autores.....	7
Cuadro 2: Composición química proximal del músculo claro y músculo oscuro del bonito	7
Cuadro 3: Composición física del bonito	8
Cuadro 4: Rendimientos por tipo de corte del bonito.....	8
Cuadro 5: Efecto inhibitorio del NaCl sobre el desarrollo de los diferentes microorganismos	9
Cuadro 6: Diferencias entre ahumado en caliente y ahumado en frío.....	21
Cuadro 7: Tipos de ahumados en productos pesqueros.....	22
Cuadro 8: Componentes de la madera dura y madera blanda	23
Cuadro 9: Mayores constituyentes del humo de madera y su función en los alimentos	27
Cuadro 10: Límites máximos permisibles para productos hidrobiológicos ahumados	33
Cuadro 11: Permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono de películas utilizadas para el envasado	35
Cuadro 12: Composición química proximal del músculo claro del bonito	53
Cuadro 13: Concentración de cloruros a diferentes tiempos de inmersión en salmuera	55
Cuadro 14: Puntajes asignados según el atributo sabor a las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados con diferentes contenidos de sal	57
Cuadro 15: Resultados de la Prueba de tratamientos según el atributo textura entre las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados	59
Cuadro 16: Concentración de cloruros después del proceso de deshidratado (45% de humedad)	60
Cuadro 17: Determinación de la velocidad de secado en los trozos de bonito	62
Cuadro 18: Tiempo en los diferentes periodos de secado	66
Cuadro 19: Puntajes asignados según los atributos olor y sabor a las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados con diferentes tiempos de ahumado	67
Cuadro 20: Composición química proximal del producto final	70
Cuadro 21: Análisis microbiológico de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	73
Cuadro 22: Rendimientos del procesamiento de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasados al vacío	78

Cuadro 23: Características sensoriales de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío en almacenamiento.....	80
Cuadro 24: Análisis microbiológicos realizados a los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío en almacenamiento	81

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1: Bonito (<i>Sarda chiliensis</i>)	4
Figura 2: Distribución geográfica mundial del bonito	5
Figura 3: Desembarque total de bonito en Perú.	6
Figura 4: Curvas típicas de velocidad de secado	15
Figura 5: Flujo general para la elaboración de “trozos” de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	42
Figura 6: Diagrama de flujo experimental para la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	49
Figura 7: Diagrama de trabajo utilizado en el segundo experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	49
Figura 8: Diagrama de trabajo utilizado en el tercer experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	50
Figura 9: Diagrama de trabajo utilizado en el quinto experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío	51
Figura 10: Penetración de Cloruros de Sodio en los trozos de bonito	56
Figura 11: Puntajes asignados a los tratamientos del segundo experimento	57
Figura 12: Concentración de Cloruros de Sodio en lo trozos de bonito después del proceso de secado	61
Figura 13: Curva de los datos de humedad libre en función del tiempo	63
Figura 14: Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad	64
Figura 15: Curva de velocidad de secado en función del tiempo	65
Figura 16: Inversa de la curva de secado en función del contenido de humedad	66
Figura 17: Puntajes asignados a los tratamientos del tercer experimento	68
Figura 18. Resultados de la aceptabilidad del sabor de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.	75
Figura 19. Resultados de la aceptabilidad de la apariencia general de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados	75
Figura 20. Resultados de la aceptabilidad de la textura de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados	76
Figura 21. Resultados de la aceptabilidad del olor de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.	77

Figura 22. Resultados de la aceptabilidad del color de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados 77

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1: Evaluación sensorial para pescado fresco (Tabla de Wittfogel).....	94
Anexo 2: Tabla de evaluación de madurez sexual Grupo Maier.....	96
Anexo 3: Tabla tentativa para la evaluación sensorial de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.	98
Anexo 4: Ficha de evaluación de la aceptabilidad de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasados al vacío.	99
Anexo 5: Formato para la prueba de preferencia según el atributo sabor entre cuatro muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 2)	100
Anexo 6: Resultados de la prueba de preferencia entre las diferentes muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 2).....	101
Anexo 7: Formato de evaluación para establecer diferencias según el atributo textura entre dos muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 3)...	105
Anexo 8: Resultados de la evaluación para establecer diferencias entre dos muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 3)	106
Anexo 9: Cálculos realizados para determinar las curvas de velocidad de secado.....	106
Anexo 10: Formato para la prueba de preferencia según los atributos olor y sabor entre tres muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 5).....	110
Anexo 11: Resultados de la prueba de preferencia entre las diferentes muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 5).....	111
Anexo 12: Resultados en porcentaje de las encuestas de la prueba sensorial	115
Anexo 13: Especificaciones Técnicas del Empaque	116

ABSTRACT

The aim of this study was to elaborate a food product that satisfies the requirements of the consumer (easy to use, nice flavor, nutritive, excellent presentation and a long shelf life), based on white Eastern Pacific bonito clear muscle (*Sarda chiliensis chiliensis*). Conservation processes which the raw material was subjected were: salted, dehydrated, smoked and vacuum packed. To determine the parameters of the process of salting, dehydration and smoking, different treatments were tested, which were sensory evaluated by a semi-trained panel in order to determine the greatest preference among them, obtaining the following results: immersion time in brine (4 minutes), drying time (2 hours) and smoking time (20 minutes). Processing flow for salted, dehydrated, smoked and vacuum packed white tuna chunks included the following operations: stunning, cleaning, gutting, slicing to steaks, second cleaning, cutting, salting, draining, dehydration, smoking, cooling, packaging and storage. Chlorides penetration in 8 minutes was 2,36% NaCl and drying speed was $0,1951\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{m}^2$. The final product presented moisture content (39.2%), protein content (50.9%), fat content (2.8%) and ash content (7.1%). Microbiological analysis showed results under suggested values by the Directorial Resolution N°20-2016-SANIPES-DSNPA, confirming the hygienic conditions in its elaboration. Likewise, the product was submitted to a sensory analysis by 40 panelists, showing as a result an acceptability of its sensory properties as follows: Flavor: 85%, consistency: 77,5%, smell: 90%, color: 95% and general appearance: 80,0%. The product presented a yield of 16,37% and very good organoleptic characteristics, chemical and microbiological after 30 days of storage at environmental conditions.

Keywords: clear muscle, white tuna, chunks, cutting.

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo por finalidad elaborar un producto alimenticio que satisfaga los requerimientos del consumidor (fácil uso, sabor agradable, nutritivo, excelente presentación y una vida de anaquel prolongada), a base del músculo claro de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*). Los procesos de conservación al que fue sometido la materia prima fueron: salado, deshidratado, ahumado y envasado al vacío. Para la determinación de los parámetros del proceso de salado, deshidratado y ahumado se probaron diferentes tratamientos, los cuales fueron evaluados sensorialmente por un panel semi-entrenado con el fin de determinar la mayor preferencia entre ellos, obteniéndose los siguientes resultados: tiempo de inmersión en salmuera 4 minutos, tiempo de secado 2 horas y tiempo de ahumado 20 minutos. El flujo de procesamiento para trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío incluyó las siguientes operaciones: recepción de materia prima, lavado, eviscerado, fileteado, lavado nuevamente, recortado, salado, escurrido, deshidratado, ahumado, enfriado, envasado y almacenado. La penetración de cloruros fue de 2,36%NaCl en 8 minutos y la velocidad de secado fue de $0,1951\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{m}^2$. El producto final presentó 39.2% de humedad, 50.9% de proteínas, 2.8% de grasa y 7,1% de ceniza. Los análisis microbiológicos se encontraron por debajo de los valores sugeridos por la Resolución Directoral N°20-2016-SANIPES-DSNPA, confirmando las condiciones higiénicas en su elaboración. Asimismo, el producto se sometió a la evaluación sensorial de 40 panelistas, presentando entre estos una aceptabilidad de sus características sensoriales como sigue: Sabor: 85%, textura: 77,5%, olor: 90%, color: 95% y apariencia general: 80,0%. El producto presentó un rendimiento de 16,37% y muy buenas características organolépticas, químicas y microbiológicas a los 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente.

Palabras clave: músculo claro, bonito, trozos, recortado.

I. INTRODUCCIÓN

Del total de recursos hidrobiológicos destinados al consumo humano directo, el 52% (648 mil TM) se destina para la elaboración de congelados, el 29% (364 mil TM) para el consumo en estado fresco, el 16% (200 mil TM) se destina para la elaboración de conservas y apenas el 44 mil TM para la elaboración de curados. Entre las principales especies de origen marítimo extraídas para la comercialización como curados (secado-salado, salpreso, asados y otros) figuran la anchoveta, caballa y jurel (INFOPECA, 2010).

El bonito *Sarda chiliensis chiliensis* es el recurso pelágico con mayor desembarque en el Perú (93 049 TM), después de la anchoveta *Engraulis ringens* (3 769 920 TM), destinando su pesca exclusivamente al consumo humano directo (PRODUCE, 2015).

Constituye uno de los principales recursos pesqueros de alto consumo y preferencia de los peruanos (PRODUCE, 2015). En su composición tiene todos los aminoácidos esenciales, además de un alto contenido de ácidos grasos poliinsaturados, minerales y vitaminas, lo que lo convierte en un alimento de alta calidad nutricional (Dávalos, 2016).

En el mercado local comúnmente solo podemos encontrar esta especie en dos presentaciones, en fresco y congelado, desatendiendo la necesidad que demanda la industria alimentaria de generar productos novedosos que satisfagan los requerimientos del consumidor.

Por otro lado, a consecuencia del cambiante estilo de vida en que estamos inmersos hoy en día, es común encontrar en las estanterías de los supermercados, bodegas y tiendas, alimentos que solo demandan abrir el envase, calentar y consumir, u otros que simplemente se abren y consumen tal cual o con la adición de algún aderezo para mejorar su sabor.

Teniendo en cuenta la situación anteriormente descrita, el presente trabajo de investigación ha buscado desarrollar un nuevo producto alimentario que satisfaga los requerimientos del consumidor, es decir, fácil uso, sabor agradable, nutritivo, excelente presentación y una vida de anaquel prolongada, lo cual se conseguirá aplicando al bonito un proceso de conservación, como es el caso del salado, deshidratado, ahumado y envasado al vacío; en una presentación en “trozos”, dentro del cual se controlará parámetros como: concentración de sal en salmuera, tiempo de ahumado y contenido de humedad. Para ello, el objetivo general fue elaborar “trozos” de bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío.

Con el fin de alcanzar este objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar un flujo de elaboración de “trozos” de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío.
- Determinar los tiempos del proceso de salado, secado y ahumado en la elaboración del producto.
- Determinar la velocidad de penetración de cloruros de sodio
- Determinar la velocidad de secado.
- Determinar las características físicas, químicas y microbiológicas del producto final.
- Evaluar la aceptabilidad del producto final.
- Evaluar el producto final a 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Características del bonito

2.1.1. Generalidades

El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) es un teleósteo perteneciente a la familia Scombridae, que puede alcanzar hasta los 70 cm de longitud a la horquilla. Su cuerpo es alargado, moderadamente robusto, cabeza grande puntiaguda, tronco cubierto por escamas diminutas y presenta quilla lateral (ventral y pectoral). Su color es azul acero perdiéndose gradualmente en gris plateado en las partes inferiores (figura 1). Vive en áreas de corrientes de afloramiento que se caracterizan principalmente por la temperatura relativamente baja, que oscilan entre 15° y 22°C (IMARPE, 2002).

Collette *et al.* (2011), señala que el bonito presenta la siguiente clasificación taxonómica:

Reino	: Animalia
Phylum	: Chordata
Sub Phylum	: Vertebrata
Super Clase	: Piscis
Clase	: Actinopterygii
Orden	: Perciforme
Familia	: Scombridae
Género	: <i>Sarda</i>
Especie	: <i>Sarda chiliensis</i>
Sub especie	: <i>Sarda chiliensis chiliensis</i>
Nombre común	: Bonito, Mono, Chauchilla, Marrajo
Inglés	: Eastern Pacific bonito



Figura 1: Bonito (*Sarda chiliensis*)

2.1.2. Distribución geográfica y hábitat

Pacific bonito es una especie endémica del Pacífico Oriental y se dividen en dos poblaciones geográficamente distintas (Figura 2). La pesquería de California apunta a la subespecie septentrional, *Sarda chiliensis lineolata*, que va desde el Golfo de Alaska hasta las Islas Revillagigedo, México. Esta población se centra entre el sur de California y el centro de Baja California, México y se mueve más al norte en los años de aguas calientes. La subespecie del sur, *Sarda chiliensis chiliensis*, se encuentra en la costa occidental de América del Sur desde Colombia hasta Chile (Colette y Chao, 1975, citado por Colette *et al.*, 2011).

Es una especie pelágica y oceanódroma que se encuentra en la costa y forma cardúmenes por tamaño. Son carnívoros que se alimentan de peces pequeños (preferentemente anchoveta, *Engraulis ringens*) y crustáceos (Colette y Nauen, 1983; citado por Colette *et al.*, 2011)

Realiza migraciones diarias con movimientos verticales, aparentemente relacionados con los desplazamientos de la anchoveta. Estacionalmente se manifiestan por una concentración en las aguas superficiales costeras durante la primavera y verano, el bonito adulto desaparece en forma notoria durante el otoño e invierno (IMARPE, 2002).

Los machos pueden madurar y desovar a un año de edad y a una longitud de aproximadamente 51cm. Las hembras suelen procrear más de una vez por temporada a partir de los dos años de edad. Sin embargo, la mayoría tiene aproximadamente 69cm de largo o tres años de edad en el primer desove. No es probable que viva más de seis años. El tiempo de generación se estima en alrededor de 3-4 años (Colette *et al.*, 2011).

Los primeros estudios realizados en el Perú sobre los aspectos reproductivos de *Sarda chiliensis* comenzaron con Schweigger (1947), quien menciona como periodo reproductivo

a 13 144 TM, a partir del año 2011 se registró nuevamente un incremento alcanzando valores de 93 049 TM en el 2015 (Figura 3). Los datos de desembarque total muestran un crecimiento que se ha mantenido durante los últimos 10 años (PRODUCE, 2015). Cabe resaltar que el total de desembarque fue destinado para consumo humano directo, mediante la comercialización en fresco, congelado o curado.

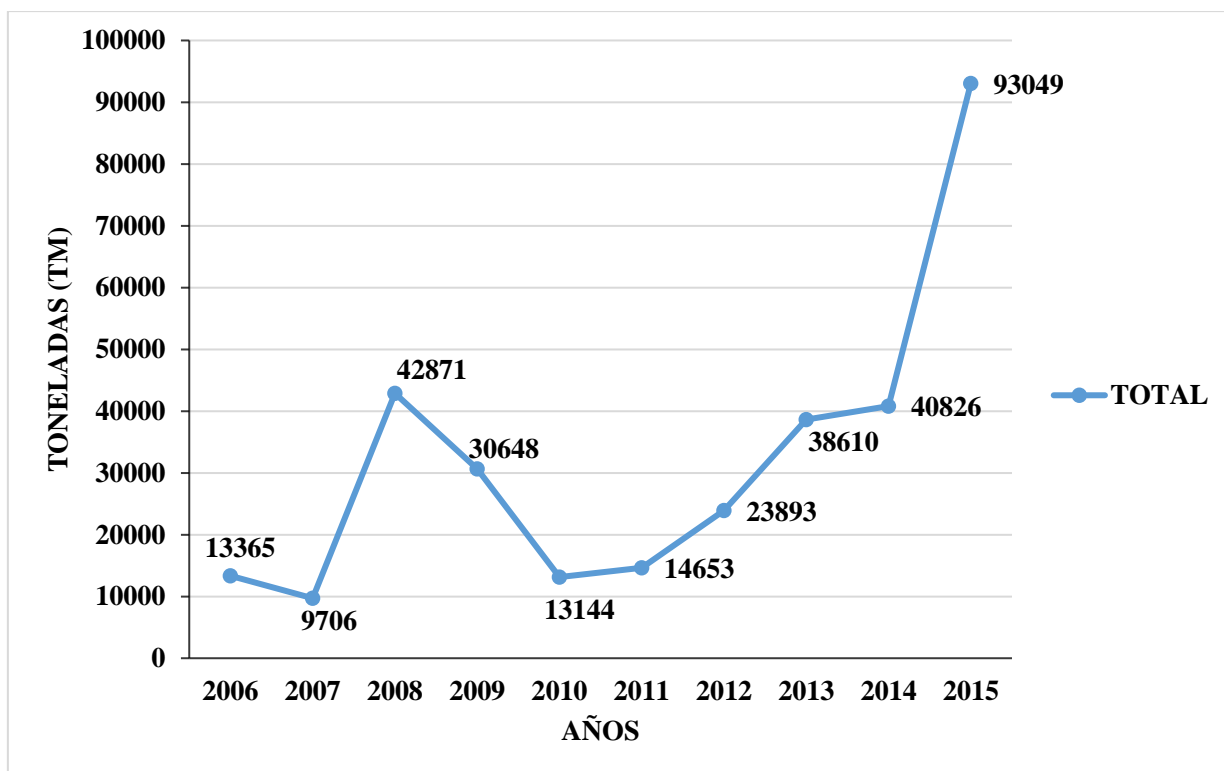


Figura 3: Desembarque total de bonito en Perú.
FUENTE: PRODUCE (2015)

2.1.4. Composición proximal, composición física y rendimientos por tipo de corte

a. Composición proximal

En el Cuadro 1 y 2 se muestran la composición química proximal del bonito (humedad, proteína total, grasa cruda y ceniza). La composición proximal varía según la región del cuerpo y otros aspectos, como estadio sexual, tamaño, edad, lugar de captura, sexo, etcétera. (Kleeberg & Rojas, 2011).

Cuadro 1: Composición química proximal del bonito según diferentes autores

Componentes	IMARPE (1970)	INS (2009)	Dávalos (2016)
Humedad	72.6	70.6	72.4
Proteína total	21.4	23.4	20.56
Grasa cruda	4.5	4.2	5.30
Ceniza	1.4	1.5	1.74

Elaboración propia

Cuadro 2: Composición química proximal del músculo claro y músculo oscuro del bonito

Componentes	Músculo claro	Músculo oscuro
Humedad	73.4	68.9
Proteína total	23.8	21.4
Grasa cruda	1.3	5.5
Ceniza	1.4	1.1

FUENTE: IMARPE / ITP (1996), INS (2009)

b. Composición física

La composición física del bonito (cabeza, vísceras, espinas, piel) se puede observar en el Cuadro 3. La composición física varía de acuerdo al tamaño y sexo de la especie.

Cuadro 3: Composición física del bonito

Componente	Promedio (%)
Cabeza	16.5
Vísceras	12.8
Espinas	8.8
Piel	3.8

FUENTE: IMARPE/ITP (1996)

c. Rendimientos por tipo de corte

La comercialización del bonito en fresco se realiza mediante distintas presentaciones, siendo las más comercializadas en entero, eviscerado, eviscerado descabezado (HG), y filete con piel. En el Cuadro 4 se muestran los rendimientos para cada tipo de corte del bonito.

Cuadro 4: Rendimientos por tipo de corte del bonito

Presentación	Rendimiento (%)
Eviscerado	83-88
Descabezado eviscerado (HG)	61-71
Filete con piel	50-62

FUENTE: IMARPE/ITP (1996)

2.2. Salado

El salado constituye una opción importante en la preservación de pescado. Esta tecnología dirigida a preservar el pescado en sal común está compuesta por un conjunto de procesos físico-químicos mediante los cuales la sal en altas concentraciones penetra en el pescado y

el contenido de agua de éste último es forzado a salir de los tejidos (Rodríguez *et al.*, 2009). Aunque la sal no presenta una acción antimicrobiana directa, su capacidad como agente reductor de la actividad de agua (a_w) en los alimentos, reduce o incluso interrumpe los procesos microbianos vitales. Una alta concentración de sal genera cambios en el metabolismo celular, debido al efecto osmótico, generando un efecto en diferentes concentraciones a diferentes clases de microorganismos, tal como se puede observar en el Cuadro 5.

Cuadro 5: Efecto inhibitorio del NaCl sobre el desarrollo de los diferentes microorganismos.

% NaCl	Microorganismos
5	<i>Clostridium botulinum</i> tipo E; <i>Pseudomonas fluorescens</i> .
6	<i>Shigella</i> ; <i>Klebsiella</i>
8	<i>E. coli</i> ; <i>Bacillus cereus</i> ; <i>Clostridium botulinum</i> tipo A; <i>Clostridium perfringens</i>
10	<i>Clostridium botulinum</i> Tipo B; <i>Vibrio parahaemolyticus</i>
15	<i>Bacillus subtilis</i> ; <i>streptococci</i>
18	<i>Staphylococcus aureus</i>
25	Algunas especies de <i>Penicillium</i> y <i>Aspergillus</i>
26	<i>Halobacterium halobacium</i> ; <i>Bacterium prodigiosum</i> algunas especies de <i>Spirillum</i> .

FUENTE: Albarracín (2009)

Bannerman (1981) afirma que la concentración de sal en el agua de los productos terminados deber ser lo suficientemente alta para inhibir el crecimiento de algunos organismos presentes que provocan el envenenamiento en alimentos, particularmente *Clostridium botulinum*, sin hacer el producto desagradablemente salado para comer.

Un aspecto negativo en el empleo de la sal en la industria alimentaria, se debe a la extracción osmótica de agua, eliminando a su vez algunos compuestos hidrosolubles, tales como: vitaminas, minerales y proteínas, reduciendo de esta forma el valor nutricional de los

alimentos conservados, al compararlos con productos frescos (Luck *et al.*, 2000). Por otro lado, debido a que son necesarias altas concentraciones de sal para la inhibición del crecimiento microbiano, el proceso de salado es inadecuado por si solo como método de conservación en productos alimenticios listos para consumo, siendo necesaria la combinación con otro tipo de técnicas como pueden ser el secado, deshidratación osmótica, ahumado, entre otras (Albarracín, 2009).

El tratamiento de salado aplicado a los productos ahumados como pretratamiento tiene como objetivo principal el refinamiento del gusto y del aspecto y en segundo lugar, una mayor duración de los productos (Barbosa-Cánovas *et al.*, 2007). Asimismo, este proceso le atribuye firmeza al músculo.

Ramírez (1978), afirma que la finalidad del salado es proporcionar sabor y consistencia a la carne, así como el de favorecer la formación de una película brillante de proteínas coaguladas en la superficie del corte.

Sevilla (2010), quien trabajó con una solución al 5% de sal y al 2% de azúcar en filetes de tilapia, afirma que la azúcar mezclada a la salmuera en pequeñas cantidades, suaviza el salado del producto y le confiere una mejor coloración en la terminación. Recomienda que el porcentaje del azúcar sea como máximo la mitad de la concentración de la sal.

El salado del pescado puede ser de menor o mayor intensidad, pudiendo alcanzar en el caso de los salados más intensos, contenidos de sal del 20% (g NaCl/100 g pescado); de esta forma, se consigue conservar el pescado prácticamente inalterable a temperatura ambiente durante un periodo prolongado de tiempo. El salado puede realizarse mediante el contacto directo de las piezas con sal (vía seca), a partir de la inmersión de las muestras en una solución hipertónica (vía húmeda), o por inyección directa en la matriz; siendo esta última una metodología más rápida y limpia (Paola, 2014).

Connell (1990) recomienda para las especies pesqueras magras un tratamiento de salado en seco, mientras que para las especies pelágicas, que poseen una mayor concentración de lípidos, asegura que el salado bajo inmersión en solución hipertónica permite obtener excelentes productos, pues se limita el contacto con el aire y por lo tanto la oxidación que pudiera ocurrir.

La ganancia y distribución de la sal en el músculo de pescado dependerá del método de salazón aplicado, como también del estado de rigor del filete, del contenido lipídico de la

especie pesquera, del espesor de las muestras, de la relación pescado/solución, la composición de la mezcla de solutos como agentes deshidratantes, el tiempo y la temperatura, entre otros factores (Martínez *et al.*, 2012).

Burguess *et al.* (1987), afirma que la duración de la inmersión en salmuera depende de la concentración de ésta, tamaño y grosor del pescado, aunque si la carne no es muy gruesa la mayor parte de la sal probablemente penetre durante los tres o cuatro minutos. El tiempo de inmersión también depende del grado de agitación en la salmuera.

2.3. Secado

El secado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas. La eliminación de agua de los alimentos se consigue mayoritariamente utilizando aire caliente que elimina el agua de la superficie del producto y la lleva hacia fuera. El proceso de secado de alimentos no sólo afecta al contenido en agua del alimento, sino también a otras de sus características físicas y químicas. Además de la conservación, el secado que convierte el alimento en un producto seco, se utiliza para reducir el coste o dificultad en el embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el secado reduce el peso y a veces el volumen (Keqing, 2004).

Existen diferentes denominaciones de este sistema de conservación: desecación, secado y deshidratación, que pueden considerarse sinónimos aunque algunos autores establecen diferencias (Casp y Abril, 1999).

Las ventajas más importantes de la deshidratación según Webb (1966), son:

- Prolonga considerablemente la duración de los alimentos, por cuanto la actividad de agua se reduce a un nivel inferior al que los microorganismos son activos. Asimismo, la humedad residual queda firmemente retenida y no puede actuar como portador móvil de las reacciones, limitando así los procesos de degradación.
- Tanto el peso como el volumen se reducen en forma notable, con la consiguiente ventaja desde el punto de vista del empaquetado y transporte.
- Mediante el empaquetado o almacenaje adecuados, se evita la absorción de humedad, las materias deshidratadas pueden conservarse a temperatura ambiente durante varios

meses, periodo que incluso puede prolongarse con un cierre hermético bajo vacío o en una atmósfera de gas inerte.

2.3.1. Conceptos básicos

- a. **Humedad libre:** Es la humedad en exceso que contiene un sólido sobre la humedad de equilibrio en unas condiciones dadas de temperatura y de humedad. Sólo la humedad libre puede ser evaporada, y lógicamente depende de la concentración del gas (A través de la humedad de equilibrio)
- b. **Humedad ligada:** Es aquella humedad que en un sólido ejerce una presión de vapor menor que la del agua pura a una temperatura dada. Esta humedad puede tratarse de aquella contenida dentro de las paredes celulares, pequeños capilares o grietas, por solución homogénea dentro del sólido y por adsorción química o física en la superficie del sólido.
- c. **Contenido de humedad:** El contenido de humedad de un producto puede expresarse sobre la base del peso húmedo, es decir la masa de agua por unidad de masa de producto húmedo. Otra manera de expresar el contenido de humedad es en base al peso seco, es decir la masa de agua por unidad de masa de componentes sólidos desecados. La humedad de los sólidos se puede determinar por distintos procedimientos. Los métodos directos se basan en eliminar el agua que contiene el sólido y determinar la cantidad por pesada o por medios químicos. Los métodos indirectos se basan en la medida de alguna propiedad del material que resulte afectada por el contenido de humedad.
- d. **Contenido de humedad en base húmeda (Wbh):** Representa la humedad en un material como un porcentaje del peso del sólido húmedo. Se expresa como *kg.* de agua entre *kg.* de material húmedo (*kg.* de sólido seco + *kg.* de agua).
- e. **Contenido de humedad en base seca (Wbs):** Se expresa como *kg.* de agua entre *kg.* de sólido seco.
- f. **Humedad crítica (Wc):** Es el contenido de humedad promedio cuando la tasa de secado constante termina y comienza la tasa de secado decreciente.
- g. **Humedad en equilibrio (We):** La humedad contenida en un sólido húmedo o en una solución ejerce una presión de vapor dependiente de la naturaleza de la humedad, de la naturaleza del sólido y de la temperatura. Si el sólido húmedo se expone a una corriente de gas con una presión parcial de vapor *p*, el sólido perderá humedad por evaporación, o la ganará a expensas del gas hasta que la presión de vapor de la humedad del sólido

iguale a la presión parcial de dicha corriente gaseosa. El sólido y el gas se encuentran, entonces en equilibrio, y la humedad del sólido se denomina humedad de equilibrio. No es posible predecir el contenido de humedad de equilibrio de diversos materiales, por lo que se hace necesario determinarlo por vías experimentales. De la misma manera, en muchos casos resulta indispensable obtener algunas mediciones experimentales de las velocidades de secado. Para un mismo sólido, la humedad de equilibrio, disminuye con la temperatura.

- h. Período de secado constante:** Es el período de secado durante el cual la remoción de agua por unidad de área de secado es constante.
- i. Período de secado decreciente:** Es el período de secado en el cual la tasa de secado instantánea decrece continuamente (Bermúdez *et al.*, 2004).

2.3.2. Velocidad de secado

Se define la velocidad de secado como la pérdida de humedad del sólido húmedo por unidad de tiempo, y más exactamente por el coeficiente diferencial $(-dX/d\theta)$ operando en condiciones constantes de secado, es decir con aire cuyas condiciones (temperatura, presión, humedad y velocidad) permanecen constantes con el tiempo (Ocon *et al.*, 1976).

Analíticamente, la velocidad de secado se refiere a la unidad de área de superficie de secado, de acuerdo con la ecuación siguiente:

$$W = \frac{S}{A} \left(-\frac{dX}{d\theta} \right)$$

Siendo:

S= Peso de sólido seco

A=Área de la superficie expuesta

W=Velocidad de secado

2.3.3. Curvas de velocidad de secado

En la Figura 4b, se muestra la curva de velocidad de secado para condiciones de secado constante. Empezando en el tiempo cero, el contenido inicial de humedad libre corresponde al punto A. Al principio, el sólido suele estar en una temperatura inferior de la que tendrá al final, y la velocidad de evaporación va en aumento, Al llegar al punto B, la temperatura de la superficie alcanza su valor de equilibrio. Por otra parte, si el sólido está bastante caliente al principio de la operación, la velocidad de secado puede iniciarse en un punto A'. Este periodo inicial de ajuste en estado no estacionario suele ser bastante corto y por lo general se pasa por alto en el análisis de los tiempos de secado.

La curva de la Figura 4a, es recta entre los puntos B y C, por lo que la pendiente y la velocidad son constantes durante este periodo. Este periodo de velocidad constante de secado corresponde a la línea BC en la figura 4b.

En el punto C de ambas gráficas, la velocidad de secado comienza a disminuir en el periodo de velocidad decreciente, hasta llegar al punto D. En este primer periodo de velocidad decreciente, la velocidad corresponde a la línea CD en la Figura 4b, y por lo general es lineal.

En el punto D, la velocidad de secado disminuye con más rapidez aún, hasta que llega al punto E, donde el contenido de humedad de equilibrio X^* , $X=X^* - X^* = 0$. En el secado de algunos materiales, la región CD no existe, o bien constituye la totalidad del periodo de velocidad decreciente (Geankoplis, 2007).

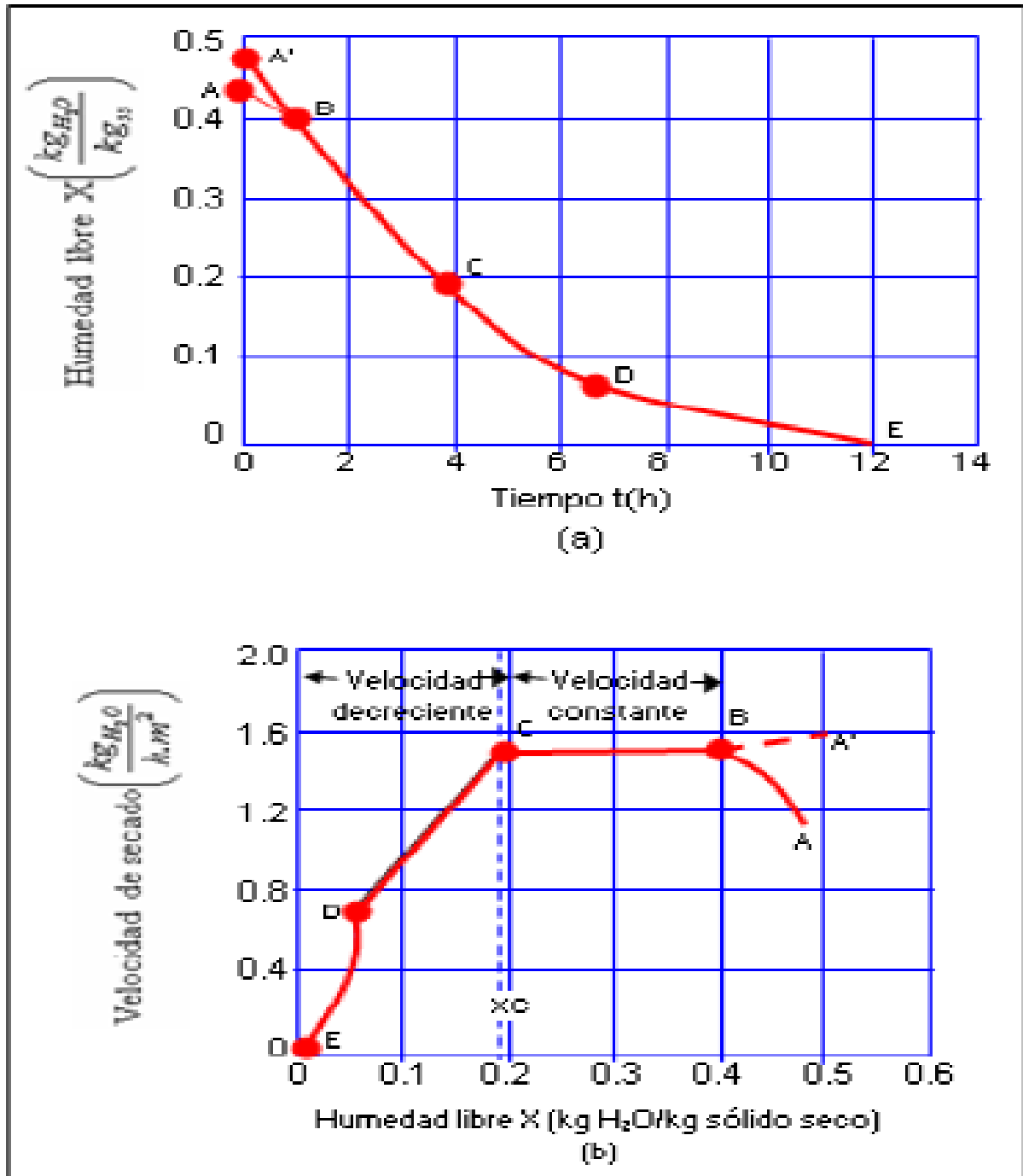


Figura 4. Curva típica de velocidad de secado constante: a) gráfica de los datos de humedad libre en función del tiempo, b) curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad libre. FUENTE: Geankoplis (2007)

2.3.4. Secado durante el periodo de velocidad constante

El secado de diversos sólidos bajo condiciones constantes de secado casi siempre produce curvas de forma variable en el periodo de velocidad decreciente, pero en general están presente las dos zonas principales de la curva de secado: el periodo de velocidad constante y el periodo de velocidad decreciente.

Durante este periodo, la superficie del sólido esta al principio muy mojada y sobre ella existe una película de agua continua, la cual está siempre sin combinar y actúa como si el sólido no estuviese presente. La velocidad de evaporación con las condiciones establecidas para el proceso, es independiente del sólido y esencialmente igual a la velocidad que tendría una superficie líquida pura. Sin embargo, las ondulaciones y hendiduras en la superficie del sólido ayudan a obtener una velocidad más alta de la que tendría una superficie plana.

Si el sólido es poroso, la mayor parte del agua que se evapora durante el periodo de velocidad constante proviene de su interior. Este periodo continúa mientras el agua siga llegando a la superficie con la misma rapidez con la se evapora. La evaporación durante este periodo es similar a la que existe cuando se determina la temperatura de bulbo húmedo (Geankoplis, 2007).

Según Waterman (1978), este periodo presenta los siguientes principios:

- Cuanto mayor sea la velocidad del aire que pasa sobre el pescado, tanto más rápida será la evaporación del agua.
- Cuanto más alta es la temperatura del aire, tanto más rápida será la evaporación del agua.
- Cuanto más seco sea el aire, más rápida será la evaporación del agua.
- Un pescado delgado o un trozo de pescado, seca más rápidamente que un pescado grueso del mismo peso.
- El periodo de grado constante es menor para los pescados grasos que para los pescados magros del mismo grosor.

2.3.5. Secado durante el periodo de velocidad decreciente

Cuando se observa una disminución en magnitud de la velocidad de secado con respecto al periodo constante, se inicia el periodo a velocidad decreciente. El contenido de humedad en donde se presenta esta desviación es la humedad crítica (X_c). Esta humedad depende tanto de las características del alimento (forma y tamaño) como de las condiciones de secado.

En este periodo la superficie del producto no está cubierta por una capa delgada de agua como ocurría en el período anterior. Esto se explica por la mayor resistencia interna al transporte de agua. Conforme el contenido de humedad disminuye por abajo del punto crítico, la fuerza impulsora ejercida por la diferencia de presiones de vapor decrece y esto origina una reducción en la velocidad de secado y por consiguiente, el alimento comienza a absorber calor e incrementa su temperatura, tendiendo hacia la temperatura de bulbo seco del aire (tramo CD) (Geankoplis ,2007).

La humedad está sujeta en finos capilares y emigra difundiendo a lo largo de éstos o mediante evaporación y condensación sucesiva. Al irse reduciendo, la velocidad de secado en este período, se incrementa notablemente el tiempo de deshidratación, por lo que este fenómeno tiene un efecto importante sobre el tiempo total de secado (Welti y Vergara, 2001).

Geankoplis (2007) indica en teoría la existencia de dos periodos de velocidad decreciente (Tramo CD y DE), sin embargo en la práctica y para la mayoría de los casos, no hay una discontinuidad definida.

Waterman (1978), informa que durante este periodo se aplican los siguientes principios:

- Cuanto más rápidamente se difunda el agua de las capas subyacentes del pescado, tanto más rápidamente será su evaporación.
- El grado de secado no depende de la velocidad del aire que pasa sobre el pescado, ni de la humedad del aire.
- Cuanto más alta sea la temperatura del aire y cuanto más magro sea el pescado, tanto más rápidamente se difunde el agua a la superficie.
- Cuanto más delgado sea el pescado, tanto más rápidamente se seca.
- Cuanto mayor sea la cantidad de sal agregada, tanto más lentamente se difunde el agua a la superficie.

2.3.6. Factores que afectan la velocidad de secado

2.3.6.1. Naturaleza del material

Burgess *et al.* (1987), considera que el tiempo de secado depende, entre otros, de: grosor de la pieza, el contenido acuoso inicial y el contenido graso. Considera además que al agregar sal al pescado antes del secado, ésta reduce la presión de vapor de agua en el pescado, lo que significaría que la mayoría de los pescados salados, no se secan fácilmente en aire cuya humedad relativa sea mayor al 75%, porque la sal absorberá el vapor del agua del aire circundante, y cuanto mayor sea la concentración de sal, más lentamente se secará el pescado.

2.3.6.2. Carga del material

En bandejas de secado, la densidad de carga de la misma tiene un marcado efecto sobre la velocidad de secado. En muchos aspectos, adicionando la carga de material húmedo sobre una bandeja es análogo a incrementar el grosor de la pieza húmeda: esto reduce la velocidad de secado (Van Arsdel y Copley, 1964)

2.3.6.3. Depresión del bulbo húmedo

Definido como la diferencia entre la temperatura del bulbo seco y bulbo húmedo del aire; si esta diferencia es cero, el aire se encuentra saturado con agua y el secado no se realiza (Burgess *et al.*, 1987).

2.3.6.4. Temperatura del aire

La velocidad de secado será mayor, cuanto más elevada sea la temperatura del aire. En la última etapa del secado, la temperatura del material se asume muy cercana a la temperatura del aire ya que en los rangos de baja humedad el efecto de enfriamiento de la evaporación es casi despreciable. Por este motivo el secado es más marcado en la etapa decreciente (Burgess *et al.*, 1987).

2.3.6.5. Velocidad del aire

Según Burgess *et al.* (1987), si se aumenta la velocidad del aire, aumenta también la velocidad de desecación durante el período de velocidad constante, mientras que en el período de velocidad decreciente, no. Para el pescado se utilizan velocidades de aire que van de 250-300 pies/min. (76.20-91.24 m/min).

2.3.7. Cambios físicos que sufre la materia prima por acción del secado

La deshidratación de la carne del pescado y mariscos, ya sea al natural, al sol, o por medios artificiales, origina cambios físicos como: disminución del peso y contracción del volumen. Estos cambios son irreversibles, ya que se observa que al introducir el pescado en agua no retorna al mismo volumen que tenía la carne fresca, cambiando su apariencia externa, contenido de humedad, dureza, etc., además histológicamente presenta grandes diferencias. Estas características que adquiere se deben a la desnaturalización de la proteína.

Conforme el pescado pierde agua, las fibras musculares se contraen, y se unen mutuamente habiendo por consiguiente una disminución del volumen. Mientras la carne va perdiendo agua, aumenta su grado de dureza, especialmente cuando se han perdido la mayor parte del agua libre (UNALM, 1981).

2.3.8. Cambios químicos que sufre la materia prima por acción del secado

Cuando la carne cruda o cocida pierde agua durante el proceso de deshidratación, se reducen los espacios existentes entre los haces de fibras musculares y disminuye progresivamente el diámetro de las mismas. Se ha comprobado que el potasio se acumula en la periferia de las fibras musculares deshidratadas. Puesto que este fenómeno determina la desnaturalización de las proteínas en la periferia de las fibras, obstruyendo en consecuencia, la reincorporación de agua durante la rehidratación (UNALM, 1981).

2.4. Ahumado

El ahumado es un proceso en el cual el alimento de cierta forma se seca y se depositan partículas de humo sobre su superficie. Estos compuestos presentan efecto conservador, actuando como antioxidantes, inhibidores de la formación de nitrosaminas y como agentes antimicrobianos (Dore, 1993).

Según Hoffmann (2005), el ahumado tiene como propósito el aumento de la capacidad de conservación y la modificación adecuada de la textura, el aspecto (color), el aroma y el sabor de los alimentos. En los productos cárnicos se suele combinar el ahumado con otros tratamientos; casi siempre con el curado, pero a veces también con el secado y/o cocción.

2.4.1. Concepto de pescado ahumado

El pescado ahumado es un producto seco, color café, salado y con sabor característico. Se trata de pescado ahumado con vapores de combustión de madera, previo acondicionamiento, salado y secado. La vida de anaquel es de varios meses si se almacena correctamente (Zuta y Guevara, 1990).

El ahumado de pescado es una tecnología utilizada para proporcionar un sabor y olor especialmente atractivos. Sin embargo, en ningún caso deberá considerarse que puede ser usado para “mejorar” un pescado que no es totalmente fresco, intentando enmascarar el sabor y olor del pescado descompuesto (Tornes y George, 1972).

Según Vasiliadou y col (2005), el pescado ahumado es considerado un producto “delicatesen” por su aroma, sabor y color atractivo, para ser consumido en ocasiones especiales.

2.4.2. Tipos de ahumados

Paucar (1994), menciona que existen dos tipos de ahumado: ahumado en frío y ahumado en caliente. El ahumado en frío fue inicialmente desarrollado para preservar más que para modificar las condiciones organolépticas del alimento. Mientras el ahumado en caliente es para proporcionar el sabor característico del humo al pescado; con el objeto de producir alimentos con sabores especiales y de calidad mejorada.

Miler y Sikorski (1994) afirman que en el ahumado frío las proteínas del pescado crudo se tornan comestibles como consecuencia de su maduración enzimática, mientras en el ahumado en caliente esto se produce en virtud de su desnaturalización por efecto del calor.

Bertullo (1975), mencionado por Páucar (1994), mencionan que el ahumado en caliente significa curar el pescado con humo a una temperatura de 70-80°C, en varias etapas del proceso con el fin de cocinar la carne, por lo que no requieren posterior cocimiento para su consumo. El ahumado en caliente combina en un simple proceso los efectos de salado, secado y cocido con los efectos del humo. El cocido destruye enzimas y elimina las bacterias; el secado reduce la humedad, evitando así el crecimiento de hongos y otros microorganismos y el ahumado destruye bacterias y protege al producto de la oxidación.

Tozuka y Nuñez (1993) afirman que en el ahumado en caliente, la temperatura es de aproximadamente 50 a 70°C, y que algunas veces se eleva a aproximadamente 90°C para causar coagulación térmica.

Según Möhler (1980), el ahumado en frío (12°C-18°C) presenta un efecto preservante pequeño y el ahumado en caliente (50°C-70°C) el efecto preservante es significativamente mayor.

Okada (1972) sostiene que de todos los métodos de ahumado, dos son comúnmente adaptados, el ahumado en frío y el ahumado en caliente, y elabora un cuadro general de comparación de los dos métodos de ahumado, éste se presenta en el Cuadro 6.

Cuadro 6: Diferencias entre ahumado en caliente y ahumado en frío

Característica	Ahumado en caliente	Ahumado en frío
Temperatura (°C)	70-80	40
Humedad relativa (%)	4	30
Tiempo	4-5 horas	5-10 días
%NaCl	2-4	7-15
Humedad (%)	60-70	45-55
Textura	Suave y húmedo	Duro

FUENTE: Okada (1972)

Rehbronn y Rutkowski (1989) sostiene que de acuerdo con la temperatura y la condición del humo, se distingue el ahumado en frío, templado, caliente, negro, húmedo o al vapor. De estos métodos, el ahumado en frío, caliente y templado son los más utilizados en productos pesqueros, los cuales son mencionados en el Cuadro 7.

Cuadro 7: Tipos de ahumados en productos pesqueros

Tipo de ahumado	Características
Ahumado en frío	Se pone el pescado en contacto con humo enfriado o una temperatura ambiente. Generalmente utilizado para pescado previamente salado o seco. El ahumado en frío se efectúa tratando que la temperatura no se eleve más de 30°C a fin de evitar la cocción del pescado y el tiempo de secado. El tiempo de secado y ahumado depende del tipo de producto que se quiere lograr.
Ahumado en caliente	Los parámetros de temperatura y tiempo de proceso depende del producto a ahumar, generalmente se trabaja a temperaturas de 75-100°C y el tiempo de ahumado es relativamente corto, entre 1 y 3 horas. En este proceso el producto llega a cocinarse coagulándose las proteínas.
Ahumado templado	El humo se encuentra moderadamente caliente y su acción es más prolongada, el producto alcanza una temperatura aproximada de 60°C. Se utiliza para el ahumado doméstico o artesanal.

FUENTE: Rehbronn y Rutkowski (1989)

2.4.3. Madera para el ahumado

Maga (1988) menciona que el tipo de madera utilizada y la composición del alimento, influyen significativamente en el proceso de ahumado, así como las características de textura, aceptación sensorial, calidad nutricional, capacidad antioxidativa y conservación (actividad microbiana) de los alimentos que han sido ahumados. La acción antimicrobiana es debido a varios de sus componentes como fenoles y formaldehidos.

Fernández et al., 1995, señala que la madera utilizada se clasifica en dos amplias categorías: duras y blandas. Las especies que producen madera dura se clasifican como angiospermas y las de madera blanda como gimnospermas, conocidas también como coníferas.

Miler y Sikorski (1994) mencionan, que sin tomar en consideración la especie arbórea, la composición elemental de la madera es casi constante. Alrededor del 95% del extracto seco de la madera está constituido por celulosa (aprox. 45%), lignina (20-30%) y hemicelulosa, lo demás compuestos son resinas, aceites, proteínas y ceniza.

En el Cuadro 8 se pueden observar los componentes (en porcentaje de base seca), que presentan tanto las maderas duras y las maderas blandas, y que pueden dar un punto de partida para la utilización del tipo de madera.

Cuadro 8: Componentes de la madera dura y madera blanda

Componentes (% en base seca)	Maderas Duras	Maderas Blandas
Celulosa	45-53	54-58
Lignina	18-24	26-29
Hemicelulosa		
– Pentosano	22-25	10-11
– Hexosano	3-6	12-14
Resina	1.8-3.0	2.0-3.5
Proteínas	0.6-1.9	0.7-0.8
Cenizas	0.3-1.2	0.4-0.8

FUENTE: Fernández *et al.* (1995)

Para obtener un producto de buena calidad es de esencial importancia la elección de la madera apropiada. Se recomienda como norma no usar madera resinosa como el caso de los pinos y abetos, ya que son inapropiados porque contienen demasiada trementina, tiznan con hollín transmitiendo un sabor desagradable. También hay que descartar el uso de la madera con corteza y húmeda ya que contiene taninos, éstos se vaporizan durante la combustión para fijarse en la piel y en la carne del pescado, confiriéndole un sabor amargo (Rehbronn y Rutkowski, 1989)

Paucar (1994) menciona que se debe usar como combustible, aserrín de madera dura y si es posible combinarla con coronta de choclo desmenuzado o aserrín de árboles frutales, los cuales dan buen sabor y aroma.

Carazas (1976), determinó que las mejores maderas peruanas para ahumar fueron diablo fuerte, ulcumano y tornillo. También se puede usar madera de árboles aromáticos propios del lugar, en el Perú se ha ahumado con aserrín de eucalipto combinado con coronta de choclo desmenuzado y se ha obtenido buenos productos.

Castro (2013), determinó que el combustible vegetal coronta de maíz tiene mayor acción antimicrobiana en comparación al roble y el algarrobo, debido a los compuestos fenólicos propios del maíz.

2.4.4. Características del humo

El humo es una emulsión de pequeñas gotas en una fase continua de aire y vapores estabilizados mediante cargas electrostáticas. Estos vapores son de máxima importancia para la finalidad de aromatizar, pigmentar y destruir los microorganismos en el ahumado.

El humo que se requiere para ahumar los productos cárnicos se produce en dos etapas; por pirolisis, que consiste en la descomposición térmica de los componentes de la madera y en la formación de nuevos productos de reacción; y por oxidación, con aporte de aire, de dichos productos en descomposición. En general, el humo es producido por un aumento sustancial de la temperatura de la madera y a la vez limitando el suministro de aire para así prevenir la combustión, pero permitiendo la pirolisis. La temperatura ideal para la generación de humo es entre los 200 a 400°C. Este humo difunde o es impulsado sobre los alimentos que se quieren ahumar, con diferentes grados de control dependiendo de la tecnología disponible (Shahidi, 1998).

2.4.4.1. Composición del humo

En la formación del humo en la combustión de la madera, se supone que los productos de descomposición se encuentran en dos estados. Una de ellas es en forma de gas, en estado invisible, y la otra es en forma de partículas, visibles en forma de humo. Las sustancias que se encuentran en estado gaseoso son aquellas que pasan fácilmente a gas a las temperaturas de combustión; mientras que las sustancias en estado de partículas son sustancias de punto de ebullición más alto o sustancias sólidas que, al contacto con el aire, dan lugar a aerosoles. La relación cuantitativa entre las sustancias gaseosas y en partículas en los gases son variables, en el caso de la madera oscila en torno a 1:10. Esta relación se modifica

dependiendo del aporte de aire, del contenido de humedad en el aire, de la temperatura de combustión y de la temperatura de la cámara de ahumado. El humo frío contiene más partículas, y el humo caliente más sustancias en estado gaseoso.

Dentro de las sustancias gaseosas encontramos:

- Fenoles
- Ácidos orgánicos
- Carbonilos.

Dentro de las sustancias no volátiles, en forma de partículas, se encuentran:

- Alquitranes
- Resinas
- Cenizas
- Hollín

Uno de los grupos de sustancias más importantes son los fenoles. Poseen una acción bactericida y contribuyen a conferirles a los productos el típico aroma a ahumado. Los carbonilos son otro grupo importante de sustancias, sobre todo los aldehídos alifáticos. El representante más destacado de este grupo es el formaldehído, que es la sustancia del humo que mayor acción bactericida presenta.

El grupo de los ácidos carbónicos está representado en el humo principalmente por el ácido fórmico y el ácido acético. El humo de las maderas duras presenta, por el mayor contenido de éstas en hemicelulosa y celulosa, una proporción mayor de estos ácidos. El humo también contiene ácido benzoico. Estos ácidos orgánicos también ejercen una cierta acción bactericida. Los ésteres de los ácidos carbónicos alifáticos se cree juegan un papel en la formación de aroma. La presencia de ésteres de este tipo se ha detectado tanto en humo y en los condensados de humo.

En resumen los componentes del humo se pueden clasificar en cuatro grandes grupos:

- Componentes ácidos: responsables del sabor y formación de la corteza

- Componentes fenólicos: responsables del sabor y la preservación del producto.
- Componentes carbonílicos: responsables de las reacciones con proteínas y otras fuentes de nitrógeno para dar el color a ahumado a los alimentos.
- Hidrocarburos aromáticos policíclicos: fracción indeseable del humo (Hoffmann, 2005). Todo lo anterior se puede observar en el Cuadro 9.

Cuadro 9: Mayores constituyentes del humo de madera y su función en los alimentos

Grupos de compuestos	Compuesto Químico	Función/Importancia		
		Componente Específico (*)	Grupo	
Compuestos Carbonílicos	Formaldehído(*)	Antimicrobiano	Antimicrobiano	
	Otros aldehídos		Formación de película superficial	
	Alcoholes			
Compuestos Fenólicos	Fenol(*)	Antioxidante		
	Guaicol	Antimicrobiano	Antioxidante	
	Syringol		Formación de película superficial	
	Eugenol		Potenciador de aroma	
	Isoeugenol		Potenciador de sabor	
	Acetosyringone		Colorante	
	Syringaldehyde			
	Vanillin			
	Acetovanillone			
	Cathecol			
	Compuestos Ácidos	Ácido Fórmico(*)	Antimicrobiano	Antimicrobiano
		Ácido Acético(*)	Antimicrobiano	
Benzo(a)pyreno(*)		Cancerígeno	Colorante	
Alquitrán			Formación de película superficial	
Benzo(a)anthracene				
Benzo(b)fluoranthene				
Dibenz(ah)anthracene				
Indeno(1,2,3- cd)pyrene				
Hemiterpenos			Potenciador de aroma	
Sesquiterpenos			Formación de película superficial	
	Triterpenos			

FUENTE: OGBADU (2004)

2.4.4.2. Propiedades del humo

Propiedades bacteriostáticas del humo de madera

La fracción fenólica del humo de madera es la que posee la mayor acción en la inhibición del crecimiento bacteriano. Los más activos son los fenoles de más bajo punto de ebullición. Se ha observado que el *Staphylococcus aureus* se inhibió con el agregado de humo que contenía fracción fenólica. Se ha comprobado el efecto bacteriostático del humo comparando la población bacteriana de pescado ahumado y no ahumado. El efecto principal se da al prolongar la duración de la fase de latencia en forma proporcional a su concentración en el producto. Los fenoles de alto punto de ebullición tienen una acción antibacteriana indirecta dada por su acción antioxidante (Fernández *et al.*, 1995)

Propiedades antioxidantes del humo de madera

Fernández *et al.* (1995), menciona que el humo es sumamente importante en nuestro caso en particular, cuando se trabaja con especies grasas con alto riesgo de oxidación de sus lípidos (enranciamiento). Las sustancias del humo que cumplen esta función son los fenoles, inhibiendo la reacción de autoxidación al actuar como catalizadores negativos. Los fenoles juegan un papel de aceptores de radicales libres, originando radicales libres estables en la fase inicial de la oxidación. Los fenoles con mayor acción antioxidante son los que se encuentran en la fase de partícula, o sea de alto punto de ebullición.

2.4.4.3. Influencia del humo en las características sensoriales del pescado

Formación de color

El color es considerado tradicionalmente por el consumidor como uno de los criterios fundamentales de la calidad del producto ahumado. Generalmente el consumidor asocia un color llamativo y agradable con un producto sabroso. De acuerdo con las concepciones modernas actuales, la formación del color típico del ahumado es resultado fundamentalmente de los siguientes procesos: Precipitación de los componentes colorantes sobre la superficie del producto por condensación y sorción (cuando están en dos fases);

oxidación, polimerización y policondensación de los componentes del humo sobre la superficie del producto o en el trayecto hacia el mismo; reacciones de los componentes del humo con los compuestos proteicos del producto; y fijación del color por parte de los ácidos orgánicos (Baranov y col., 2006).

La temperatura juega un papel importante en el proceso de la formación del color del producto ahumado. A temperatura alta, se intensifican las reacciones formadoras de color (Baranov y col., 2006).

Miler y Sikorski (1994) mencionan que la producción de color en el pescado ahumado depende del grado de humedad de su superficie. Los mejores resultados se consiguen con una humedad relativa del humo de 65-70% que corresponde con un 12-15% de humedad en las capas exteriores de los pescados. De acuerdo a la experiencia obtenida en la práctica, el pescado que antes adquiere el color de ahumado es aquél que no está ni demasiado húmedo, ni demasiado seco. La superficie lustrosa del pescado ahumado es factor que atrae mucho al consumidor. El brillo se produce siempre en el pescado graso como consecuencia de la existencia de una delgada película oleosa en su superficie. En cambio el pescado magro solamente adquiere aspecto brillante cuando se forma en su superficie una película de proteínas polimerizadas. Para que tenga lugar esta polimerización, la tasa de humedad existente en las capas superficiales del pescado no debe exceder al 65%.

Páucar (1994), afirma que varios investigadores coinciden que el color de los productos ahumados se debe a las reacciones amino-carbonil que suceden entre los compuestos carbonílicos y los grupos amino de las proteínas (empardeamiento no enzimático de Maillard), y consideran la deshidratación de azúcar y productos presentes en el humo como contribuidores en la reacción de enmascaramiento. Algunos colaboradores sugieren que los componentes fenólicos también contribuyen a la formación de color en el producto.

El color del ahumado también depende de la especie, estructura y composición química de la materia prima. El aumento del contenido de grasa mejora el brillo; la inclinación del pH hacia el lado ácido y alcalino intensifica la coloración de la superficie mientras que el aumento de la humedad por el contrario la disminuye. Durante el almacenamiento la coloración de la superficie del producto ahumado se intensifica (Baranov y col., 2006).

Entre los componentes colorantes que se precipitan en la superficie se encuentra el alquitrán, fenoles, carbonilos y carbohidratos. La tonalidad del color depende del tipo de madera utilizada para la generación del humo. Por ejemplo: La haya, el arce y el tilo proporcionan

una tonalidad dorado-amarillo; la casia, el limón, el roble y el aliso, una tonalidad marrón-amarillenta; la pera, una coloración rojiza. El humo producido por maderas coníferas colorea el producto con mayor intensidad que el humo obtenido de foliáceas. Con mayor frecuencia, los compuestos carbonílicos del humo entran en reacción con las aminas de las proteínas formándose melanoidinas, que son polímeros nitrogenados de color marrón. Los principales compuestos carbonílicos que participan en la coloración son: Formaldehído, aldehído glicólico, glyoxal, acetona, metil glyoxal, diacetilo y furfurool. Entre los fenoles, una mayor actividad presentan los fenoaldehídos, así como los polifenoles. De la misma manera la coloración se intensifica como resultados de las reacciones de caramelización de los carbohidratos, los cuales se han formado debido a la descomposición de la celulosa y hemicelulosa (Baranov y col., 2006)

Influencia sobre la textura

En el ahumado en caliente, la influencia sobre la textura del pescado, se debe principalmente a la desnaturalización de proteínas por el calor, mientras que en el ahumado en frío obedece mayormente a la acción de enzimas proteolíticas. Los componentes del humo parecen influir sobre las propiedades texturales de los alimentos ahumados. En algunos casos desarrollan actividad reblandecedora, pero en otros endurecen los tejidos (Miler y Sikorski, 1994).

Contribución al aroma y sabor

Al estudiar el proceso de la formación de aroma y sabor característicos del ahumado es conveniente aclarar los principales conceptos, principalmente diferenciar el aroma del humo del aroma y sabor del producto ahumado. El aroma del humo depende del tipo de madera, temperatura de su descomposición en el generador de humo y de su composición química. Generalmente se considera que los componentes más aromáticos del humo están contenidos en la fase gaseosa. Sin embargo, los estudios de cromatografía de gases han demostrado que el aroma del humo lo forman representantes de muchas clases de compuestos orgánicos. Al día de hoy los científicos no han llegado a una opinión común respecto a qué clase de compuesto es la que juega el papel principal en la formación del aroma del humo (Baranov y col., 2006).

Miler y Sikorski (1994), afirman que los constituyentes fenólicos del humo desempeñan el papel principal como generadores del bouquet. Otros componentes ósmicamente activos desempeñan papel secundario, completando el aroma total e introduciendo matices adicionales, con lo que se ha comprobado que sólo aquellos que se destilan entre 76 y 86°C a 4mmHg originan el aroma a humo.

Kurko y Kelman (1968), mencionado por Baranov y col., (2006) consideran que el aroma y sabor es proporcionado por los fenoles, especialmente por los de peso molecular medio. Otros por el contrario consideran que los fenoles no pueden ser responsables de la formación del aroma ya que en estado puro, estos compuestos no presentan un aroma típico del ahumado. Al mismo tiempo los compuestos carbonílicos puros presentan un aroma de ahumado claramente marcado y son responsables en opinión de algunos científicos de la formación del aroma (Shokina, 1999; mencionado por Baranov y col., 2006). Por otro lado Baranov y col., (2006) afirman que lo más acertado sería afirmar que un efecto conjunto tanto de los componentes fenólicos como de los carbonílicos, son responsables del aroma específico de ahumado de los productos.

Se ha determinado que los componentes claves, básicos para el aroma del humo es la composición de las siguientes sustancias: Guayacol, eugenol, vanilina, cicloteno, fenol y ocesol, los cuatro primeros pueden encontrarse en proporciones muy similares o iguales mientras que los dos últimos en concentraciones 3 a 5 veces mayores que los primeros (Baranov y col., 2006)

El aroma y el sabor del producto ahumado es resultado de la acción conjunta de los componentes del humo, del producto y de las sustancias que se forman como consecuencias de las reacciones de los componentes del humo y el producto. Hasta ahora no se ha podido descifrar con exactitud la formación de este efecto, pero se estima que cerca del 75% de las sustancias fenólicas reaccionan de diferentes modos con los componentes proteicos y grasos del producto, al mismo tiempo la consistencia y composición química del producto influye en la formación de la percepción de aroma y sabor (Miler y Sikorski, 1994)

Algunos autores consideran que el efecto de los componentes ácidos que provocan sabores específicos, así como las sustancias con grupos activos carbonílicos que reaccionan con las proteínas se considera secundario en la formación de aroma y sabor en los productos ahumados. Pero por otro lado, estudios realizados en el departamento de tecnología de productos pesqueros de la Universidad Estatal Técnica de Murmansk en Rusia, demostraron

que a pesar de la disminución brusca de las sustancias fenólicas en el humo, en el producto se forma aroma y sabor a ahumado. Por ello el rol de los compuestos carbonílicos y de los ácidos presentes en el humo no se puede considerar secundario en la formación de los efectos de ahumado (Shokina, 1999; mencionado por Baranov y col., 2006).

2.4.5. Criterios de calidad del pescado ahumado

El ahumado no puede enmascarar o disimular los defectos o alteraciones presentes en el material original. Por lo tanto, la calidad del pescado ahumado depende, en gran extensión, de la calidad que tenga la materia prima. Sin embargo, los fuertes sabores que transmiten la sal y los componentes del humo son capaces de encubrir alguna incipiente alteración en el sabor y es bastante probable lograr un producto ahumado aceptable, a partir de material, que en estado crudo, podría ser inaceptable. El incremento de temperatura que ocurre durante el ahumado puede también dar lugar a una volatilización de compuestos indeseables existentes en el pescado alterado. Los característicos colores amarillo, dorado o tostado que adquiere el producto a partir de los componentes del humo, pueden enmascarar además las imperfecciones del color que pudieran existir en el producto original (Páucar, 1994)

Aparte del grado de frescura, la calidad de las especies pelágicas ahumadas depende, en gran parte, del contenido inicial en materia grasa. Las muestras que tengan un bajo en grasa tienden a secarse y hacer menos succulentas que las que tienen un alto contenido. Además las muestras citadas en primer lugar son más finas y su apariencia es menos lustrosa y atractiva que las últimas (ITP, 1995).

En el Cuadro 10 se muestra los límites máximos permisibles para productos hidrobiológicos ahumados en caliente según SANIPES (2016).

Cuadro 10: Límites máximos permisibles para productos hidrobiológicos ahumados

Pruebas	Contenido
Aerobios mesófilos	10 ⁴ UFC/g
<i>Enterobacteriaceas</i>	10 ² UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	10 UFC/g
<i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/25g

FUENTE: SANIPES (2016)

2.5. Envasado

El empaque es uno de los factores responsables de estabilidad de un producto alimenticio, al igual que el producto, el proceso y la distribución. Estos cuatro elementos conforman el sistema integrado de estabilidad basado en los objetivos de la preservación de alimentos: calidad, vida útil, seguridad y viabilidad económica (Tung, 2001; citado por Agudelo *et al.*, 2009).

El empaque al vacío es un sistema de envasado frecuentemente usado por la industria procesadora de productos cárnicos porque ayuda a mantener las condiciones de conservación necesarias al reducir el nivel de oxígeno alrededor del producto (Agudelo *et al.*, 2009).

El envasado al vacío o evacuación del aire, representa un medio eficaz para inhibir las reacciones oxidativas, pero es un método solo moderado para inhibir la velocidad de crecimiento de la flora aerobia. La reducción de la concentración de oxígeno hasta 1% no implica la inhibición de la velocidad de crecimiento microbiano. No recomienda la aplicación de vacío para el pescado refrigerado, la reducción de la concentración de oxígeno crea condiciones para el crecimiento de patógenos como *Clostridium botulinum* (Brody, 1996)

Las láminas flexibles para hacer el empaque al vacío en su gran mayoría son materiales multicapa laminados o coextruídos en los que se mezclan diferentes propiedades de diversos polímeros: Polietileno (PE), Polipropileno (PP), Poliamida (PA), Copolímero de Vinil Acetato-Etileno (EVA), Etilén Vinil Alcohol (EVOH) y otros; para obtener una única

estructura que tenga determinadas propiedades mecánicas, físicas y de apariencia apreciables en la presentación del producto hacia los mercados y consumidores. Gracias a esas combinaciones de polímeros se pueden obtener materiales o láminas con propiedades diferentes según las necesidades específicas de los productos a empaquetar. En general se puede decir que es el alimento quien finalmente determina las características que la lámina de empaque debe tener para contenerlo, conservarlo y preservarlo (Agudelo *et al.*, 2009).

2.5.1. Lámina flexible coextruida (PA/PE)

Descripción del material

Es un material multicapa coextruido con barreras a los aromas y gases como oxígeno, nitrógeno y gas carbónico. Presenta mediana barrera al vapor de agua. Ofrece excelentes propiedades mecánicas como resistencia a la deformación, ruptura y punzado. Se puede realizar impresión en la cara del material.

Este material no es garantizado para procesos térmicos ni llenado en caliente, con temperaturas superiores a 75°C (ALICO, 2017).

Aplicaciones

Utilizado para empaquetar productos sometidos a manipulación mecánica. Se puede utilizar para empaquetar productos al vacío, atmósfera modificada, refrigerar o congelar.

Utilizado para el empaque de salsas, pulpas y concentrado de frutas, productos cárnicos, quesos, productos químicos, productos de belleza, productos farmacéuticos, productos de limpieza y aseo en general (ALICO, 2017).

Composición:

A. Polietileno (Pe)

Estos pueden ser de baja densidad (LDPE) y de alta densidad. El primero es hecho por polimerización del gas etileno a alta presión, es fuerte traslucido, sólido, ceroso, el cual es

insoluble en solventes pero estable en hidrocarbano, es buena barrera para el vapor de agua pero es muy permeable al oxígeno y al dióxido de carbono , tal como se observa en el Cuadro 11. Éste plástico puede ser fabricado por muchos métodos y es de fácil sellado al calor por lo que es ampliamente usado como agente sellador en láminas con otros plásticos.

El polietileno de alta densidad es preparado a baja presión, tiene una densidad de 0.914-0.965 g/cm³. Presenta alto grado de cristalinidad siendo así un material opaco y de aspecto ceroso, es resistente a los gases y aceites, puede ser sellado térmicamente y es menos transparente pero más rígido que el de baja densidad (Salas, 2003).

B. Poliamida(Pa)

En el mercado existen varias formas de poliamidas (Nylons), por lo general son buenas barreras contra el oxígeno, tal como se observa en al Cuadro 11, pero son pésimas barreras contra el vapor de agua, por lo que se recomienda para productos secos. Generalmente es coextruido o laminado a polietileno de baja densidad para sobrellevar su desventaja. Ideal para envasado de pescado salado en el Perú por su disponibilidad y su relativo costo (Gallo, 2005).

Cuadro 11: Permeabilidad al oxígeno y al dióxido de carbono de películas utilizadas para el envasado

Película plástica	Permeabilidad (cm³. m⁻². atm⁻¹gas)	
	Oxígeno	Dióxido de carbono
Polietileno (baja densidad)	8500	44000
Polietileno (alta densidad)	1840	7900
Nylon	240	1600

FUENTE: Parry (1995)

2.6. Almacenamiento

Bannerman (1981) afirma que los productos ahumados en caliente hechos de pescado blanco generalmente se mantienen mejor que aquellos hechos de peces grasos, aunque la vida de almacenamiento variará considerablemente dependiendo de las cantidades de sal, humo presente, el grado de secado y la temperatura de almacenamiento. A temperatura cerca de 3°C los productos grasos se mantendrán en buenas condiciones por cerca de 6 días y los productos de pescado blanco, cerca de 8 días; a 10°C la vida de almacenamiento es reducida a 2 y 3 días para pescados grasos y 4 a 5 días para pescados blancos.

Páucar (1994), menciona que el pescado salado, ahumado y desecado se mantiene comestible durante varias semanas cuando se conserva a 0°C y varios días si la temperatura es de 15-20°C.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugares de ejecución

El presente trabajo de investigación se desarrolló en las siguientes instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina:

- Laboratorio de Ingeniería, Facultad de Pesquería.
- Laboratorio de Química de Recursos Hidrobiológicos, Facultad de Pesquería.
- Laboratorio de La Molina Calidad Total.
- Laboratorio de Investigación de Alimentos, Facultad de Industrias Alimentarias.

3.2. Materia prima, equipos y materiales

3.2.1. Materia prima e insumos

En el presente trabajo se utilizó como materia prima el músculo claro del bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) al estado fresco, obtenido a partir de unidades enteras de bonito en el Mercado Mayorista Pesquero de Villa María del Triunfo. Las unidades enteras de bonito, fueron colocadas en cajas de plástico cubiertas de hielo para su inmediato traslado a las instalaciones de la Universidad Nacional Agraria La Molina.

Los insumos utilizados fueron cloruro de sodio (sal) y sacarosa (azúcar rubia) adquiridos en el Mercado Santa Rosa de La Molina. Como combustibles para el ahumado, se utilizó coronta de maíz seca proporcionada por el Programa de Maíz de la Universidad Nacional Agraria La Molina y aserrín de diablo fuerte, por la Maderera Selva Perú S.A.C.

3.2.2. Equipos y Materiales

Equipos

- Ahumador artesanal
- Balanza analítica, marca SAUTTER, con precisión de +0.0001g
- Balanza de humedad, marca OHAUS, modelo N° 6010H
- Balanza digital, marca TORREY, modelo 3S/New Su-15, con precisión de +0.5g
- Estufa eléctrica, marca MEMMERT 854 Schwabach
- Secador modelo XI 10
- Selladora al vacío, marca MULTIVAC
- Termómetro digital, marca CPS, modelo TM50. USA

Materiales

- Placas Petri, Embudos de vidrio, Matraces Erlenmeyer de 250mL, Beakers de 50mL, Fiolas de 100mL, Pipetas volumétricas de 2, 5, 10, 50mL, Baguetas, Buretas, Papel de filtro.
- Bolsas coextruidas PE/PA, bandejas, tableros, cuchillos, coladores, tinas, bolsas plásticas.

Reactivos químicos

- Ácido nítrico, Nitrato de plata, Sulfato férrico amoniacal, Tiocianato de amonio 0.1N, agua destilada.

3.3. Métodos analíticos

3.3.1. Análisis físico sensorial

Materia prima

Para la determinación de frescura del bonito, se utilizó la Tabla de análisis organoléptico para pescado fresco de Wittfogel (Anexo 1), asimismo se determinó la madurez sexual según la tabla del Grupo Maier (Anexo 2), ambas reportadas por Porturas y Olivares (2004). Se

tomaron los datos biométricos de longitud, así como los pesos de pescado entero, fileteado, recortado, deshidratado y ahumado, con el fin de evaluar su rendimiento.

Producto final

Para la evaluación sensorial del producto final, se elaboró una tabla base teniendo en cuenta las características de color, olor, sabor, textura y apariencia general (Anexo 3), tomando como referencia la tabla propuesta por Monzón (1996) y Tello (2009). Esta prueba se realizó después de 24 horas finalizado el proceso y a los 9, 16, 23 y 30 días de almacenamiento. Para esta evaluación, el producto fue envasado al vacío en bolsas coextruidas PE/PA y mantenido en condiciones ambientales (16-21°C), sin utilizar ningún tipo de antioxidante ni preservante.

Se aplicaron pruebas de preferencia al final de cada operación del proceso en las que se tuvo variables experimentales, realizadas por un panel de 15 personas semientrenadas y una prueba de aceptabilidad, realizada por un panel de 40 personas no entrenadas, con el fin de evaluar el grado de satisfacción de las características sensoriales del producto, utilizando la escala hedónica verbal de 7 puntos (Anexo 4) (Anzaldúa, 1994).

Los resultados de las pruebas de preferencia, fueron analizados por el método estadístico de Friedman (Conover, 1980), con un nivel de significancia de 0,05. Al hallar diferencia estadística entre las muestras se procedió con la prueba de comparaciones múltiples para determinar cuál es la muestra diferente. Los resultados del tercer experimento fueron analizados por el método de Test de Student (Ureña *et al.*, 1999)

3.3.2. Análisis químico proximal

La composición química proximal del músculo claro de bonito fresco y del producto final fue realizada según los métodos de AOAC (2016). Los ensayos fueron los siguientes:

- Humedad: AOAC 934.01 Cap.4, Pág.1, 20th Edition 2016.
- Cenizas totales: AOAC 942.05 Cap.4, Pág.8, 20th Edition 2016.
- Grasa cruda: AOAC 920.39 Cap.4, Pág.40, 20th Edition 2016.
- Proteína cruda: AOAC 988.05 Cap.4, Pág.25, 20th Edition 2016.

3.3.3. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico fue realizado en el producto final, según el manual “Indicadores Sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación”: Resolución Directoral N°20-2016-SANIPES-DSNPA en su inciso para los productos hidrobiológicos ahumados en caliente, donde indica: Aerobios mesófilos, *Enterobacteriaceas*, *Staphylococcus aureus*, anaerobios sulfito reductores, *Salmonella spp.*

- Aerobios mesófilos: ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 120-124 (ICMSF, 2000).
- *Enterobacteriaceas*: ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 149-150 (ICMSF, 2000).
- *Staphylococcus aureus*: ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 231-233, 236-238 (ICMSF, 2000)
- Anaerobios sulfito reductores: APHA/CMMEF 4Th. Ed. Chapter 34 Pág. 326-328.
- *Salmonella spp.*: ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 171-175, 176 I 1-9, 10(a) y 10 (c), Pág. 177 II y Pág. 178III Según ICMSF Vol. I Parte II Ed. II Pág. 120-124 (ICMSF, 2000).

3.3.4. Otros análisis

Determinación de Bases Volátiles Nitrogenadas Totales (BVNT)

Prueba realizada tanto en la materia prima como al producto final, según el método químico de microdifusión de Conway (Pearson, 1970).

Determinación de cloruros

Prueba realizada tanto en la materia prima como al producto final, según el método de Volhard, propuesto por la AOAC (2005).

Determinación del Índice de Yodo

Prueba realizada en el producto final. Se utilizó la metodología indicada en la NTP 209.016:1981.

Determinación de la actividad de agua (a_w)

Prueba realizada en el producto final. Se utilizó el equipo de medición directa de la actividad de agua AQUALAB Series 3 Model.

Curvas de secado

Las curvas de secado fueron realizadas según los procedimientos explicados por Geankoplis (2007).

3.4. Parte experimental

En la figura 5 se muestra el flujo general, utilizado para elaborar trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío. Dicho flujo fue elaborado utilizando el proceso propuesto por Tello (2009), con modificaciones al utilizar músculo claro de bonito en vez de jurel, deshidratar en un secador y almacenar el producto final a condiciones de medio ambiente.

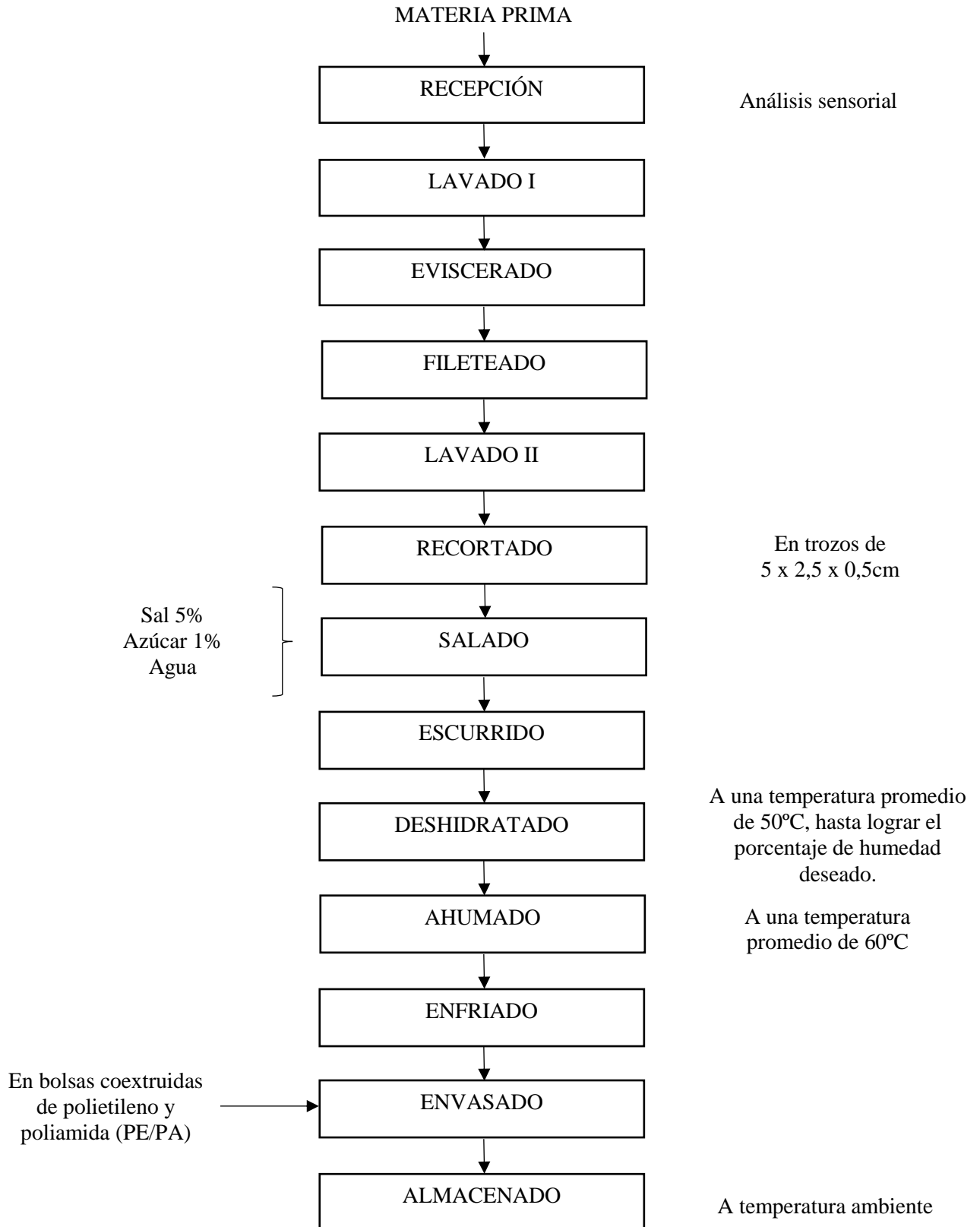


Figura 5: Flujo general para la elaboración de “trozos” de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío

La descripción del proceso es el siguiente:

Recepción de materia prima

El bonito entero (*Sarda chiliensis chiliensis*) fue recepcionado en cajas de plástico con hielo, donde la proporción pescado: hielo fue 1,6:1. Se realizó el respectivo análisis físico sensorial con la finalidad de determinar la calidad de frescura y su determinada biometría (talla y peso).

Lavado I

Luego del pesado se efectuó el primer lavado con agua fría, con la finalidad de eliminar restos de sangre y mucosidad superficial.

Eviscerado

El bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) fue eviscerado efectuando un corte ventral desde la abertura anal hasta la base de la cabeza. El corte, permitió el fácil acceso a la cavidad abdominal para una completa eliminación de las vísceras.

Fileteado

Posteriormente, se fileteó de forma manual con la ayuda de un cuchillo de acero inoxidable mediante un corte longitudinal a lo largo de la espina dorsal, seguidamente se retiró la piel, obteniéndose dos filetes sin piel.

Lavado II

Se efectuó el segundo lavado con agua fría, con la finalidad de eliminar restos de sangre y otros residuos.

Recortado

Obtenidos los filetes limpios, se extrajo el músculo oscuro, debido a los problemas asociados con la rancidez por el alto contenido de lípidos, posteriormente, se cortaron en trozos de aproximadamente 5 x 2,5 x 0,5cm. Los trozos de bonito que se obtenían, fueron colocados en recipientes de plástico con hielo en forma de escama, con la finalidad de abreviar la velocidad de deterioro y reducir o eliminar algunos riesgos de seguridad.

Salado

Los trozos de bonito, fueron colocados en una solución de 5% sal y 1% de azúcar. La finalidad de adicionar sal fue para ayudar al sabor y a la conservación de los trozos; y el azúcar, fue para equilibrar el sabor final, reduciendo el salado. La proporción de trozos de bonito:salmuera fue de 1:3, respectivamente.

Escurreo y oreo

Se realizó sobre bandejas inclinadas en un ambiente ventilado a temperatura entre 8-12°C por 15 minutos.

Deshidratado

En un secador a una temperatura de 50°C hasta alcanzar una humedad de 45%. Durante el proceso, se realizaron controles periódicos de la pérdida de peso de las muestras con respecto al tiempo con la finalidad de determinar las curvas de secado

Ahumado

El proceso se llevó a cabo en un ahumador artesanal a una temperatura de 60°C. Los trozos fueron colocados en las parrillas del ahumador a diferentes tiempos de estudio que constituyeran las variables experimentales. Durante el ahumado se utilizó coronta de maíz y aserrín de diablo fuerte como fuente de humo.

Enfriado

El enfriado se realizó dentro del ahumador, hasta alcanzar una temperatura adecuada para su posterior envasado.

Envasado

El producto final fue envasado en bolsas coextruidas PE/PA para evitar la hidratación del producto, seguidamente fueron selladas al vacío.

Almacenado

El producto final fue almacenado en condiciones de medio ambiente.

El desarrollo del presente trabajo de investigación se dividió en cinco experimentos, los mismos que se detallan a continuación:

3.4.1. Primer experimento: Determinación de la velocidad de penetración de cloruros de sodio en los trozos de bonito

El objetivo de este experimento fue determinar la velocidad de penetración de cloruros de sodio en los trozos de bonito durante el proceso de salado.

Para la ejecución del presente experimento, se realizó una inmersión en salmuera al 5% de sal y al 1% de azúcar, según reporte de Sevilla (2010). La relación pescado: salmuera utilizada fue de 1:3 respectivamente y las dimensiones de los trozos de bonito fueron de 5x2,5x0,5cm. Es en base a las dimensiones de los trozos de bonito que se establecieron los siguientes tiempos de inmersión: 2min (T_1), 4min (T_2), 6min (T_3) y 8min (T_4).

El análisis de determinación de cloruros fue realizado por duplicado para verificar la homogeneidad de la concentración de cloruros en los trozos de bonito.

El diagrama experimental del presente experimento se muestra en la figura 7.

3.4.2. Segundo experimento: Determinación del tiempo de salado

En este experimento, el objetivo fue determinar sensorialmente el tiempo en salmuera de los trozos de bonito.

Se utilizaron cuatro tiempos de inmersión en salmuera: 2min (T_1), 4min (T_2), 6min (T_3) y 8min (T_4), posteriormente, fueron deshidratados en un secador de aire forzado a una temperatura de 50°C hasta obtener una humedad de 45% y ahumados a una temperatura de 60°C por un tiempo de 20 minutos, donde tales parámetros fueron escogidos previamente bajo experimentación.

Los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados, fueron sometidos a una evaluación sensorial de preferencia. En función a los resultados de la evaluación sensorial se escogió el tratamiento más apropiado.

El formato utilizado en las pruebas de preferencia de los productos obtenidos en este experimento se muestra en el Anexo 5, y el diagrama experimental utilizado en la Figura 7.

3.4.3. Tercer experimento: Determinación del porcentaje de humedad en el proceso de deshidratado

Con el tiempo de inmersión en salmuera obtenido del experimento anterior, el objetivo del presente experimento fue determinar sensorialmente la humedad apropiada durante el deshidratado para mejorar la textura del producto.

Esta operación se realizó en un secador a aire forzado a una temperatura de 50°C, donde se controló cada 20 minutos la pérdida de peso de las muestras, con la finalidad de deshidratar el producto y obtener dos humedades al finalizar el proceso de secado: 45% (T_5) y 40% (T_6). Posteriormente ambas muestras fueron ahumadas por un tiempo de 20 minutos y fueron sometidos a una evaluación sensorial de preferencia.

El formato utilizado en las pruebas de preferencia de los productos obtenidos en este experimento se muestra en el Anexo 7, y el diagrama experimental utilizado en la Figura 8.

3.4.4. Cuarto experimento: Determinación del tiempo y la velocidad de secado

El objetivo de este experimento fue determinar el tiempo y la velocidad de secado.

Con los datos obtenidos del experimento anterior se determinaron analíticamente el tiempo y velocidad de secado y, a partir de esto se elaboraron las curvas respectivas.

Se siguieron los procedimientos de Córdova *et al.* (2013), quienes recurrieron a una determinación por regresión potencial para obtener la mejor línea de ajuste, dado que no se conoce la relación funcional entre la velocidad de secado (R) y la humedad libre (X), con la finalidad de obtener confiabilidad en el comportamiento de las curvas de secado.

3.4.5. Quinto experimento: Determinación del tiempo de ahumado

Con el tiempo de salmuera y el porcentaje de humedad obtenidos de los experimentos anteriores, el objetivo del presente experimento fue determinar sensorialmente el tiempo de ahumado en los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.

Esta operación se realizó en un ahumador artesanal a una temperatura de 60°C. Se ensayaron tres tiempos: 20min (T₇), 40min (T₈) y 60 min (T₉).

El formato utilizado en las pruebas de preferencia de los productos obtenidos en este experimento se muestra en el Anexo 9, y el diagrama experimental utilizado en la Figura 9.

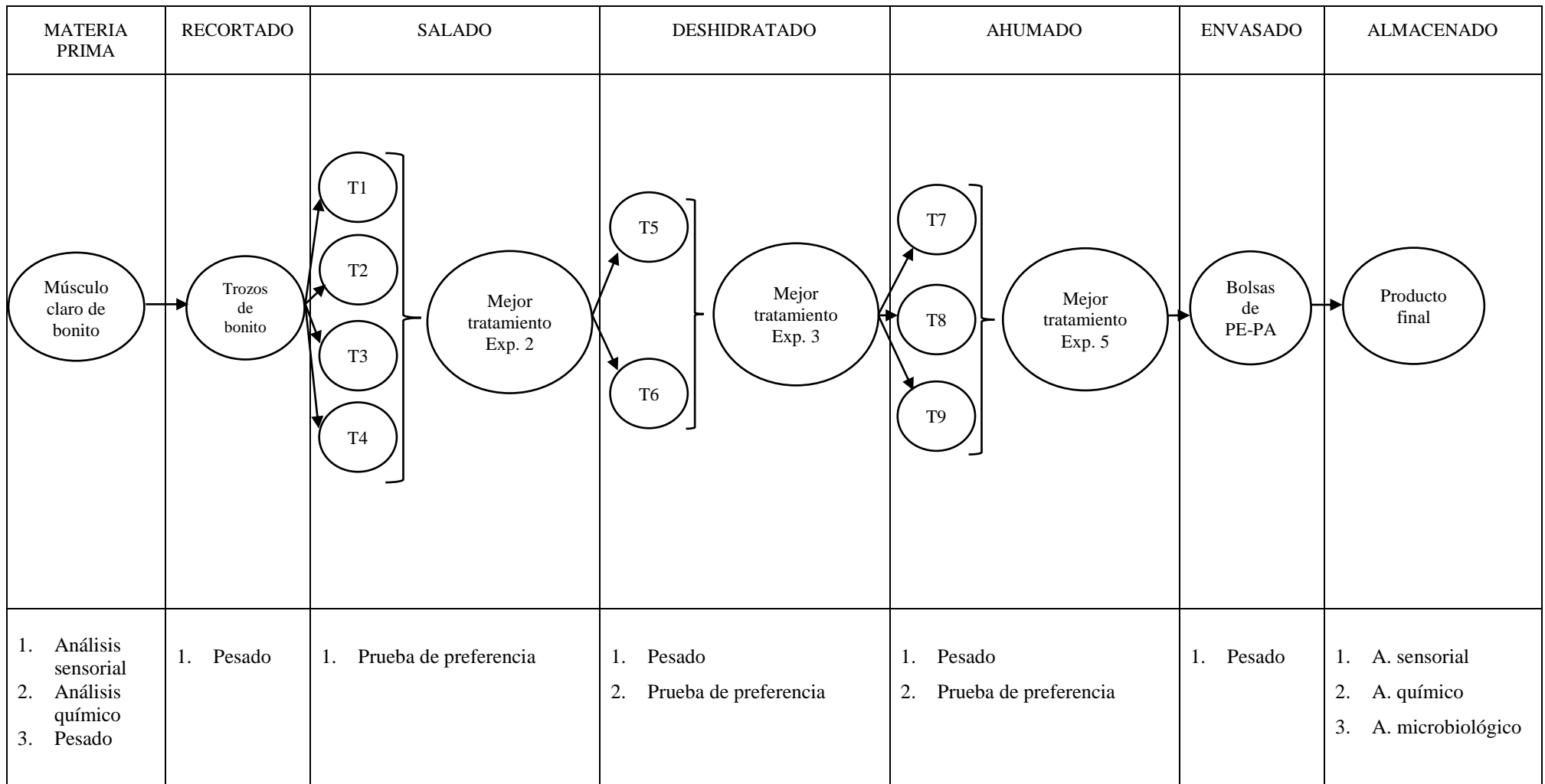
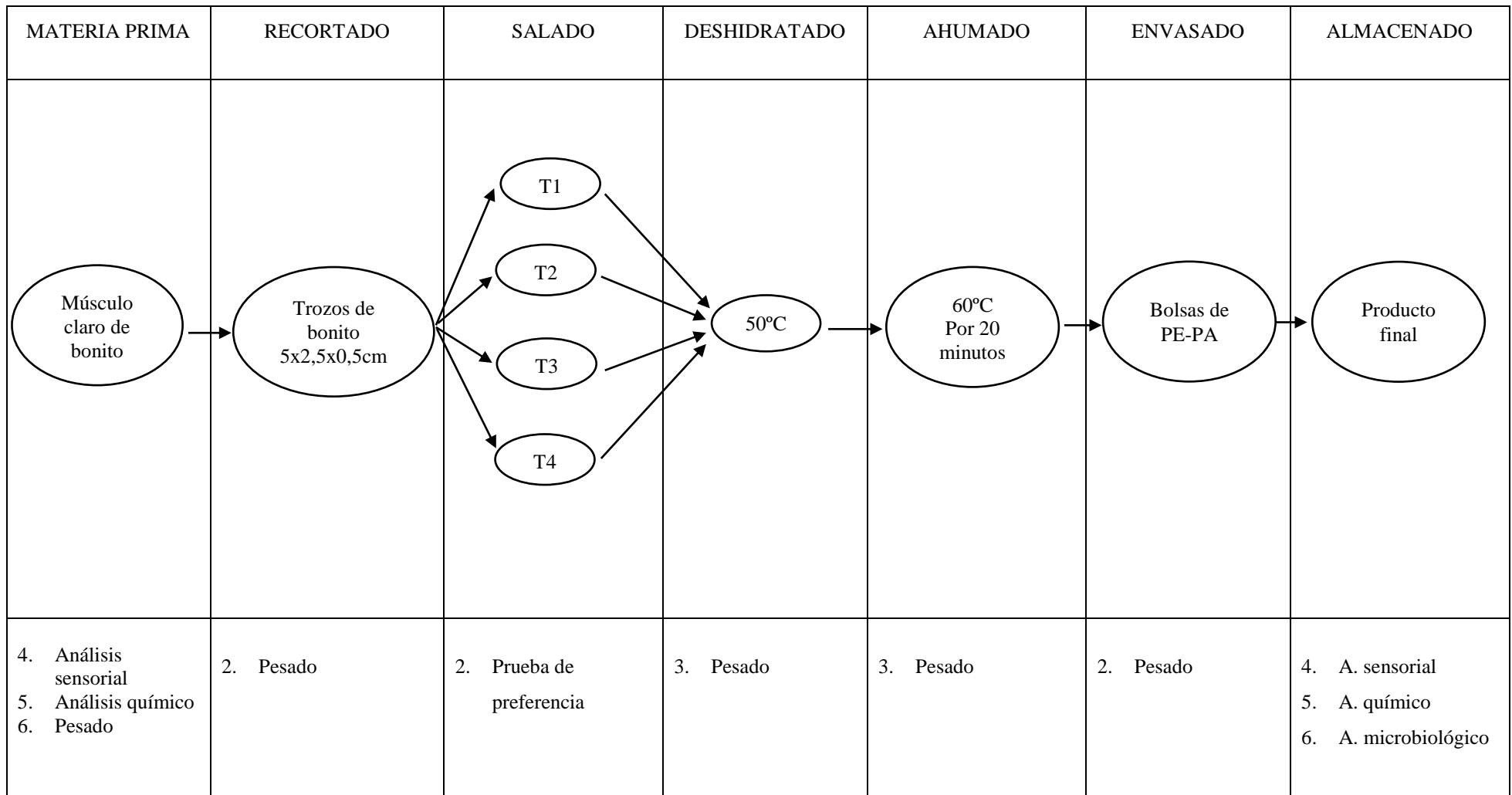
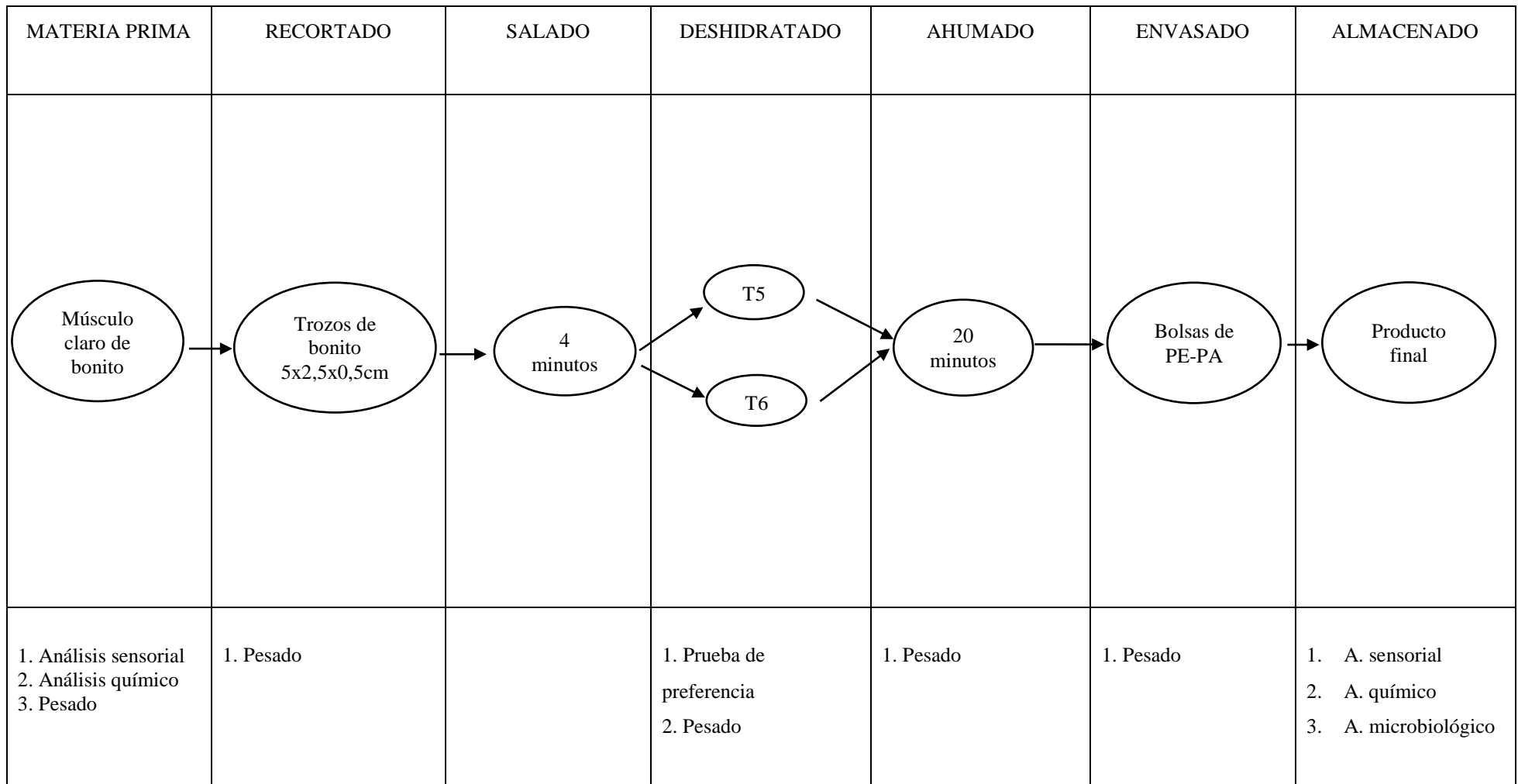


Figura 6. Diagrama de flujo experimental para la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío



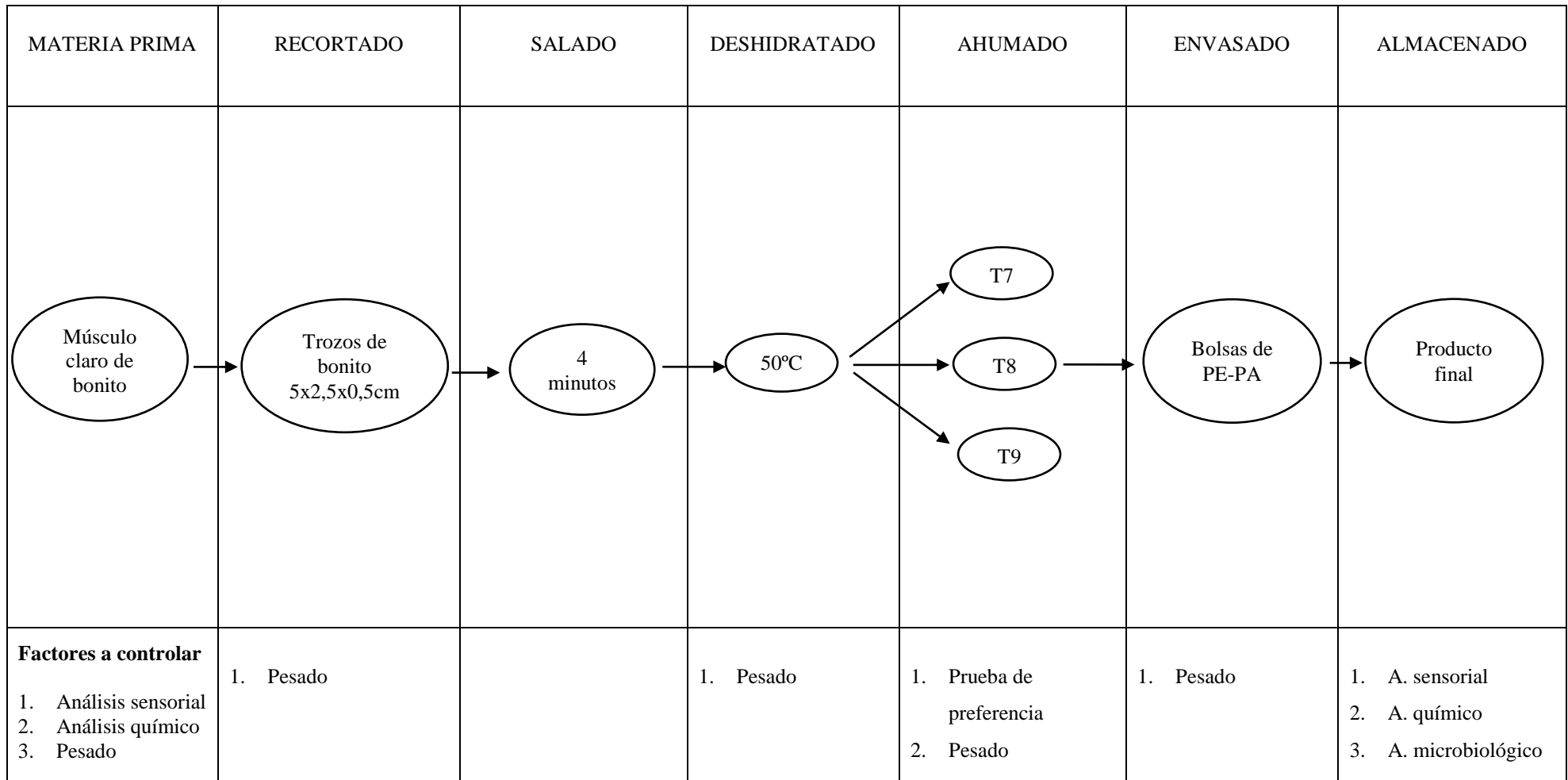
Tratamiento 1: 2 minutos
 Tratamiento 2: 4 minutos
 Tratamiento 3: 6 minutos
 Tratamiento 4: 8 minutos

Figura 7. Diagrama de trabajo utilizado en el segundo experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío



Tratamiento 5: 45% de humedad
 Tratamiento 6: 40% de humedad

Figura 8: Diagrama de trabajo utilizado en el tercer experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío



Tratamiento 7: 20 minutos
 Tratamiento 8: 40 minutos
 Tratamiento 9: 60 minutos

Figura 9: Diagrama de trabajo utilizado en el quinto experimento de la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Caracterización de la materia prima

4.1.1. Análisis físico y sensorial

Los ejemplares de bonito utilizados en el presente trabajo de investigación presentaron en promedio una longitud horquilla de 53,5cm y un peso de 2, 85Kg. Por lo que se puede indicar que el tamaño de los ejemplares utilizados estuvo dentro del rango permitido por el Ministerio de Producción (2011), para su comercialización.

Los resultados de la evaluación sensorial, según la tabla de Wittfogel (Anexo 1), dio como resultado un puntaje de 17,6 puntos, lo que indicó que la materia prima utilizada fue de buena calidad. El grado de madurez sexual, según la tabla del Grupo de Maier (Anexo 2), se encontró entre estadios IV – V, lo que significó que los especímenes presentaban gónadas en proceso de maduración, que implica un contenido acuoso muscular en disminución y un contenido graso en aumento (Porturas y Juyo, 2009) .

4.1.2. Análisis químicos

a. Composición química proximal

El Cuadro 12 muestra los resultados obtenidos referentes a la composición química proximal del músculo claro del bonito.

Cuadro 12: Composición química proximal del músculo claro del bonito

Componente	%
Humedad	72,9
Proteína	24,2
Grasa cruda	1,4
Ceniza	1,5

Según estos análisis, se puede observar que el contenido de grasa del músculo claro del bonito es similar a los obtenidos por INS (2009) e IMARPE/ITP (1996). Por otro lado, a pesar que no se determinó el contenido graso en el músculo oscuro, se puede afirmar que éste será mayor (Ordoñez *et al.*, 1998).

En base a lo anterior y al grado de madurez sexual, donde al encontrarse las gónadas en proceso de maduración, con un proceso de incremento del contenido graso, permite mostrar al bonito como una especie grasa.

De otro lado, de acuerdo al contenido proteico, se pudo observar que el bonito podría ser calificado como una especie de alto valor proteico (INS, 2009).

Asimismo, dichos resultados mostraron una ligera diferencia respecto a los reportados por INS (2009) e IMARPE/ITP (1996), que se puede explicar desde el punto de vista de los factores que afectan la composición química del pescado como: sexo, estado nutricional, hábitat, madurez sexual, especie, así como diferenciación individual.

b. Determinación de BVNT (Bases volátiles nitrogenadas totales)

Además de la composición química proximal, se determinó el nivel de nitrógeno volátil total, dando como resultado 2,0 mg/100g, valor muy inferior de acuerdo a la NTP 700.002 y a la legislación de la UE, que indica la cantidad límite de 30 mg/100g y de 23-30mg/100g, respectivamente. Al respecto, Espinosa (2015) menciona que el contenido de BVNT aumenta al producirse deterioro por acción bacteriana o enzimática y que es usado como índice de calidad en productos marinos, por lo que podemos afirmar que la materia prima presentó excelentes condiciones de calidad y frescura.

c. Determinación de cloruros

En cuanto al análisis de determinación de cloruros se encontró un valor de 0.66%, el cual si lo comparamos con concentraciones de cloruros de otras especies marinas es relativamente alta. Kolb mencionado por Monzón (1996), indica que los valores normales de concentraciones de cloruros en especies al estado fresco se encuentra en el rango de 0.09 a 0.40%. Por otro lado, estudios de IMARPE (1965) encontraron un valor de 0.70% NaCl en filetes de bonito, lo que indica que el contenido de cloruros obtenido de la materia prima se encuentra dentro del rango normal.

4.2. Parte experimental

4.2.1. Primer experimento: Determinación de la velocidad de penetración de cloruros de sodio en los trozos de bonito

Para la ejecución del presente experimento se realizó una inmersión en salmuera al 5% de sal y 1% de azúcar, la relación pescado: salmuera utilizada fue de 1:3 respectivamente y las dimensiones de los trozos de bonitos fueron de 5x2,5x0,5cm.

Los análisis de la prueba para la determinación de cloruros fueron realizados por duplicado para verificar la homogeneidad de la concentración de cloruros en los trozos de bonito. Los tiempos considerados para la parte experimental fueron 2, 4, 6 y 8 minutos.

Las concentraciones de cloruros de sodio a diferentes tiempos de inmersión en salmuera se muestran en el Cuadro 13.

Cuadro 13: Concentración de cloruros a diferentes tiempos de inmersión en salmuera

Tiempo de inmersión (min)	% NaCl
0	0,66
2	2,29
4	2,39
6	2,71
8	3,02

En el Cuadro 13 y la Figura 9 se observa que la cantidad de NaCl que penetró en el músculo del pescado durante los 8 minutos de inmersión fue de 0,66 a 3,02%, a una velocidad de penetración promedio de 0,3% NaCl/min.

Flores (1983), quien trabajó con filetes de caballa, utilizando una concentración de salmuera al 5% de sal, obtuvo que la cantidad de NaCl que penetró en el músculo fue de 0,21% a los 8 minutos y de 3,5% a las 5 horas. Teniendo en cuenta lo anterior para la comparación con nuestro resultado obtenido, es que se afirma que la velocidad de penetración de cloruros no solo depende de que la concentración de salmuera formada sea la misma, sino también del contenido de grasa, espesor del filete, temperatura de la salmuera formada, y de la composición química de la sal (IMARPE, 1965).

Burgess *et al.* (1987) mencionan que la duración de la inmersión en salmuera depende de su concentración, tamaño y grosor del pescado, y si la carne no es muy gruesa, la mayor parte de la sal probablemente penetre durante los primeros 3 o 4 minutos. Tomando en consideración lo anterior, es que se optó por tiempos de inmersión muy cortos (2, 4, 6 y 8min), debido a que se trabajó con trozos de bonito de dimensiones de 5x2,5x0,5cm.

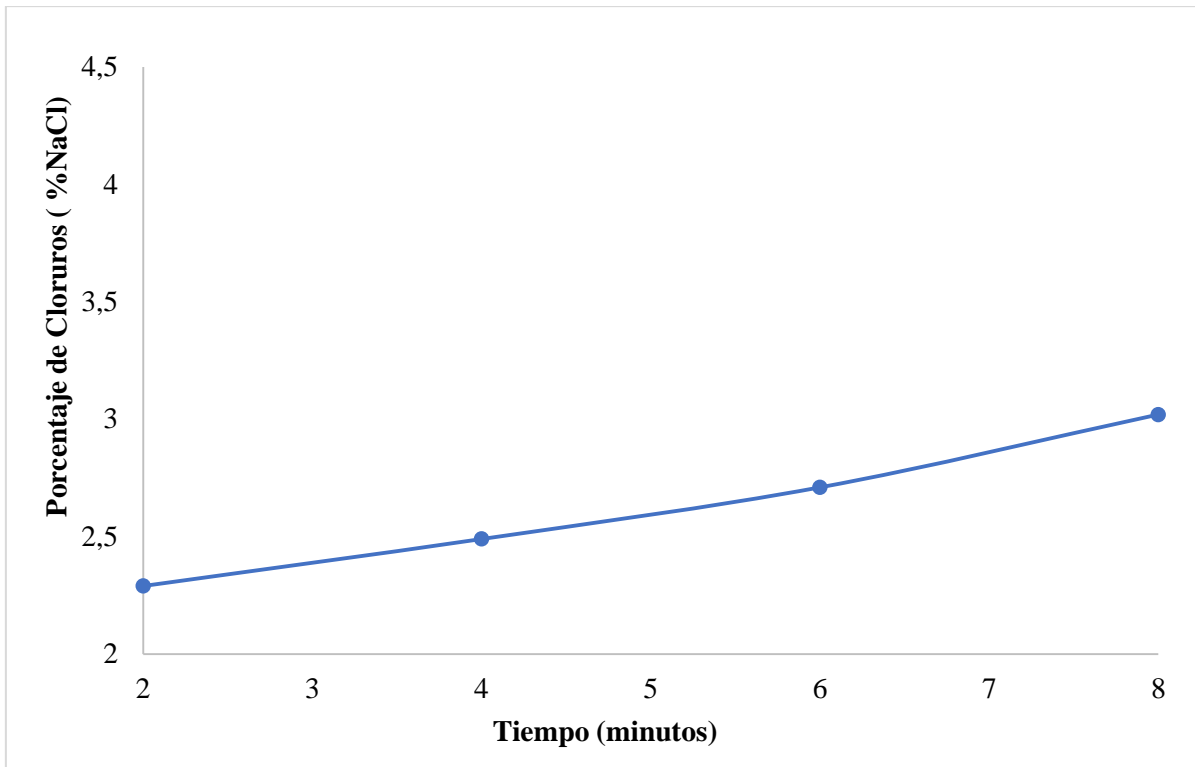


Figura 10. Penetración de Cloruros de Sodio en los trozos de bonito

4.2.2. Segundo experimento: Determinación del tiempo de salado

Los resultados de la evaluación sensorial de los tratamientos T1 (2 min), T2 (4 min), T3 (6min) y T4 (8min), realizada por los panelistas, se muestran en el Cuadro 14 y Figura 10; y el respectivo análisis estadístico en el Anexo 6.

Cuadro 14: Puntajes asignados según el atributo sabor a las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados con diferentes contenidos de sal

Panelistas	T1	T2	T3	T4
1	1	4	3	2
2	1	2	3,5	3,5
3	1	4	3	2
4	1,5	3,5	3,5	1,5
5	1	3,5	3,5	2
6	1,5	3,5	3,5	1,5
7	1	4	3	2
8	1	3,5	3,5	2
9	1	4	3	2
10	1	3,5	3,5	2
11	3	4	2	1
12	1,5	4	3	1,5
13	2	3,5	3,5	1
14	2	3,5	3,5	1
15	1	2	3,5	3,5
Σ	R₁=20,5	R₂=52,5	R₃=48,5	R₄=28,5

Elaboración propia

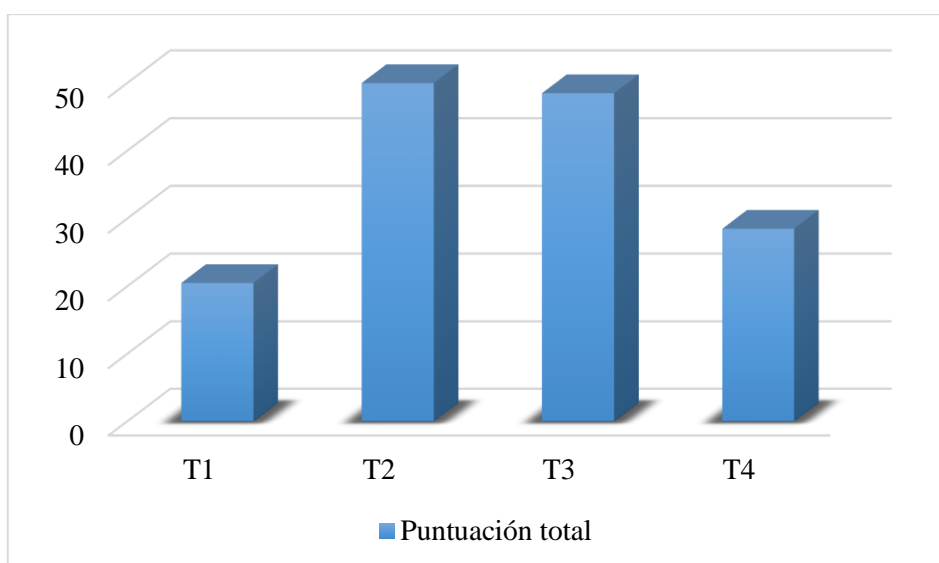


Figura 11: Puntajes asignados a los tratamientos del segundo experimento

Las pruebas de preferencia, según el atributo de sabor, y el análisis de comparaciones múltiples realizados con los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados del presente experimento, indicaron que había diferencias significativas entre ellas, siendo el tratamiento T1 (2 min) el de menor aceptación en el panel. Según las observaciones hechas por los panelistas, este tratamiento presentó un sabor insípido; esto debido al menor tiempo de inmersión en salmuera al que fue sometido, lo que provocó que la muestra esté sosa, es decir, que tenga una concentración muy baja en sal.

El tratamiento T4 (8 min) presentó un sabor muy salado, según las observaciones de los panelistas, esto debido al mayor tiempo de inmersión en salmuera al que fue sometida la muestra, lo que provocó que tenga una concentración alta en sal.

Los tratamientos T2 y T3 no presentaron diferencias significativas entre sí, y fueron los de mayor preferencia entre los panelistas; por lo tanto se procedió a elegir uno de estos tratamientos como el más adecuado.

López (2014) señala que la alta ingesta de sodio es un factor de riesgo para la hipertensión arterial, enfermedad cardiovascular, cáncer de estómago y mortalidad general por cáncer, por lo que organismos internacionales, como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS), promueven estrategias para reducir la ingestión de sal para disminuir la prevalencia de las enfermedades crónicas no transmisibles. Tomando en cuenta estas afirmaciones se procedió a elegir el tratamiento T2 (4min) como el más indicado para el proceso de elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados, debido que entre los dos es el que menor concentración de cloruros presenta, por lo tanto, el efecto negativo sobre la salud podría ser menor que con el tratamiento T3 (6min).

4.2.3. Tercer experimento: Determinación del porcentaje de humedad en el proceso de deshidratado

Los resultados de la prueba de tratamientos realizados entre las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados con humedades de 45 y 40% (tratamiento T5 y T6, respectivamente), según el atributo textura se muestran en el Cuadro 15 y el análisis estadístico de los mismos en el Anexo 8.

Cuadro 15: Resultados de la Prueba de tratamientos según el atributo textura entre las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados

PANELISTA	NO EXISTEN DIFERENCIAS	SI EXISTEN DIFERENCIAS
1	1	2
2	0	3
3	0	3
4	0	3
5	1	2
6	1	2
7	0	3
8	0	3
9	0	3
10	0	3
11	0	3
12	0	3
13	0	3
14	0	3
15	0	3

Elaboración propia

Según los resultados obtenidos de la prueba de preferencia se afirma que existen diferencias entre los tratamientos evaluados. El tratamiento 5 (T5) fue el de mayor aceptación, ya que además de poseer mejor textura, presentó mejores características de color.

Al respecto, UNALM (1981) menciona que mientras la carne va perdiendo agua, aumenta su grado de dureza, especialmente cuando se ha perdido la mayor parte del agua libre, explicando así la preferencia por el tratamiento T5 (textura menos rígida), el cual presentó una humedad ligeramente mayor que el tratamiento T6 (textura más rígida).

En el Cuadro 16 se muestran las concentraciones de cloruros de sodio después del proceso de deshidratado (45% de humedad) a diferentes tiempos de inmersión en salmuera.

Cuadro 16: Concentración de cloruros después del proceso de deshidratado (45% de humedad)

Tiempo de inmersión (min)	% NaCl
2	2,72
4	3,71
6	4,04
8	4,28

Como se puede observar en los Cuadros 13 y 16 y en las figuras 9 y 11, el proceso de deshidratado ha provocado un incremento en las concentraciones de cloruros de sodio. Al respecto, Durruty (2013) menciona que en todos los productos donde se produce deshidratación de la materia prima se aumenta la concentración de otros componentes como cenizas, cloruros, proteínas y grasas.

En base a las concentraciones obtenidas después del proceso de deshidratado, se pudo corroborar lo mencionado en el segundo experimento, donde los tratamientos de preferencia fueron los trozos de bonito que previamente se sometieron a una inmersión en salmuera de 4 y 6 minutos, alcanzando concentraciones de 3,71 y 4,04%NaCl, respectivamente. Lo anterior se basa en lo mencionado por Pacheco *et al.* (2010), que sostienen que los valores promedios de NaCl para productos pesqueros ahumados, de acuerdo a las demandas en las preferencias de los consumidores de este tipo de productos, se encuentran entre 3-5%NaCl. Cabe mencionar que las concentraciones obtenidas, aumentarán después de ser sometidas al proceso de ahumado, pues como se sostuvo anteriormente, todo producto donde se producirá deshidratación, aumentará la concentración de cloruros.

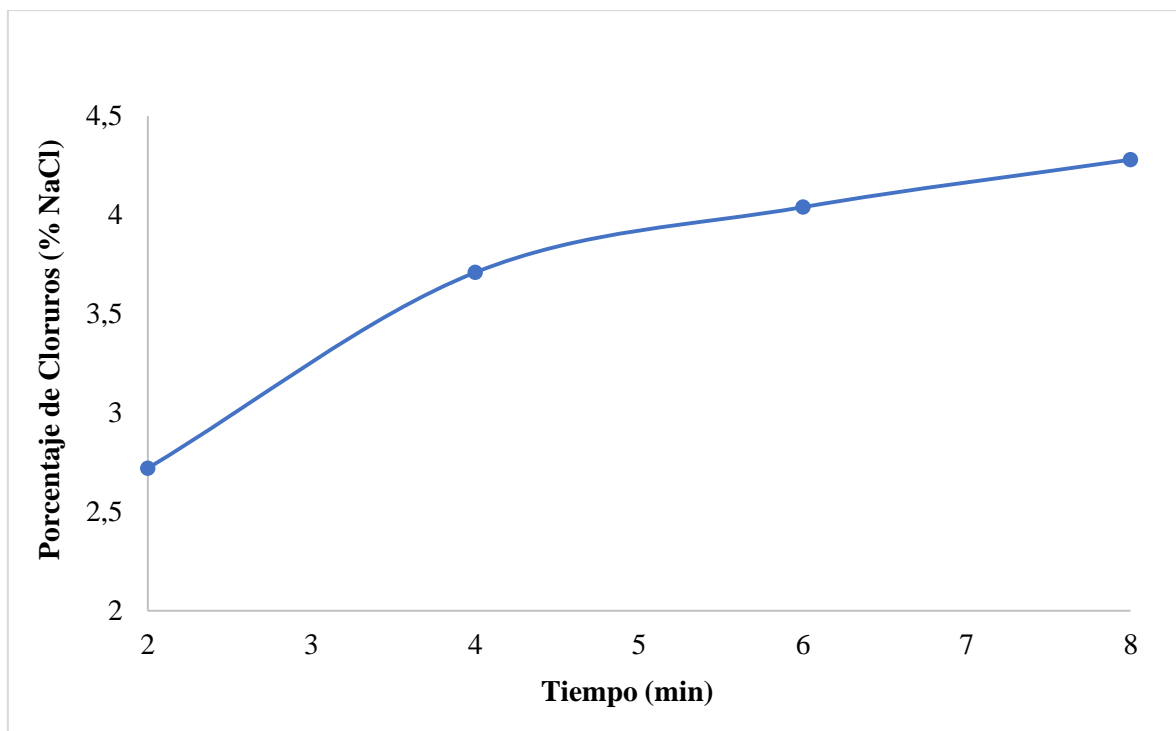


Figura 12: Concentración de Cloruros de Sodio en lo trozos de bonito después del proceso de deshidratado

4.2.4. Cuarto experimento: Determinación de la velocidad de secado en la elaboración del producto

Con los resultados del proceso de deshidratado que se muestran en el Cuadro 17, se ha determinado analíticamente el tiempo y velocidad de secado y, a partir de esto, se elaboraron las curvas respectivas.

Cuadro 17: Determinación de la velocidad de secado en los trozos de bonito

Tiempo		Contenido de humedad (%)	Humedad libre (X) (Kg _{agua} /Kg _{s.s})	Dt	dX	dX/dt	Velocidad de secado (R) (Kg _{agua} /m ² . h)
(h)	(min)						
0,000	0	73,00	2,692	-	-	-	-
0,333	20	71,68	2,519	0,333	-0,173	-0,519	0,157
0,667	40	70,00	2,322	0,333	-0,198	-0,593	0,179
1,000	60	67,96	2,110	0,333	-0,212	-0,637	0,193
1,333	80	65,59	1,895	0,333	-0,215	-0,644	0,195
1,667	100	62,81	1,677	0,333	-0,217	-0,652	0,197
2,000	120	59,56	1,461	0,333	-0,216	-0,648	0,196
2,333	140	55,71	1,247	0,333	-0,215	-0,644	0,195
2,667	160	51,38	1,045	0,333	-0,201	-0,604	0,183
3,000	180	45,64	0,863	0,333	-0,183	-0,548	0,166
3,333	200	41,85	0,708	0,333	-0,154	-0,463	0,140
3,667	220	37,36	0,585	0,333	-0,123	-0,370	0,112
4,000	240	33,11	0,484	0,333	-0,101	-0,304	0,092
4,333	260	28,95	0,396	0,333	-0,088	-0,263	0,080
4,667	280	25,21	0,326	0,333	-0,070	-0,211	0,064
5,000	300	21,89	0,269	0,333	-0,057	-0,170	0,052
5,333	320	18,76	0,219	0,333	-0,049	-0,148	0,045
5,667	340	15,80	0,176	0,333	-0,043	-0,130	0,039
6,000	360	12,99	0,138	0,333	-0,038	-0,115	0,035
6,333	380	10,42	0,105	0,333	-0,033	-0,099	0,030
6,667	400	8,13	0,077	0,333	-0,028	-0,083	0,025
7,000	420	6,27	0,055	0,333	-0,022	-0,065	0,020
7,333	440	5,00	0,041	0,333	-0,014	-0,043	0,013
7,667	460	4,05	0,031	0,333	-0,010	-0,031	0,010
8,000	480	3,20	0,022	0,333	-0,009	-0,027	0,008
8,333	500	2,45	0,014	0,333	-0,008	-0,024	0,007
8,667	520	1,75	0,006	0,333	-0,007	-0,022	0,007
9,000	540	1,14	0,000	0,333	-0,006	-0,019	0,006

Elaboración propia

En la figura 12, se observa el comportamiento típico de la variación de humedad libre en Kg_{agua}/Kg_{sólidos secos}, frente al tiempo transcurrido en horas. Se muestra que el contenido inicial de agua o humedad libre inicial (X) fue de 2,692Kg_{agua}/Kg_{s.s} y que la humedad libre al final del proceso fue aproximadamente cero, también, se observa que la remoción de la humedad libre fue más rápida durante los primeros 140 minutos (periodo de velocidad constante) y luego se hizo más lenta hasta alcanzar un valor cercano a cero (equilibrio).

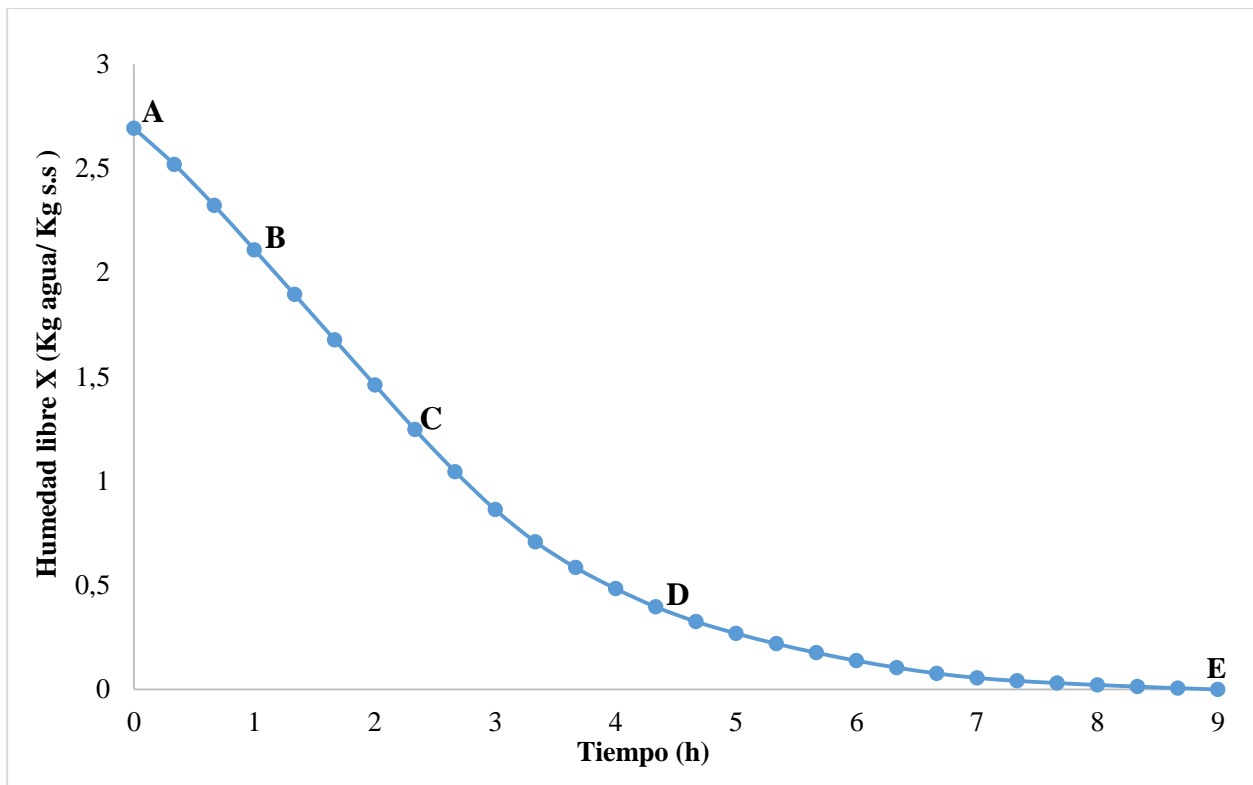


Figura 13: Curva de los datos de humedad libre en función del tiempo

En la figura 13, se presenta la variación de la velocidad de secado “R” expresada en $\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ frente a la humedad libre (X), donde se observa que a medida que el contenido de humedad en la matriz del producto va reduciéndose, la velocidad de secado decae. Asimismo, se puede apreciar que la velocidad de periodo decreciente fue mayoritariamente la que predominó durante el secado, lo que significa según Doymaz (2014), que el mecanismo físico que genera el movimiento de la humedad en las muestras es gobernada predominantemente por agua ligada a través del tejido seco hacia el aire seco en velocidades cada vez más lentas que la velocidad de evaporación desde la superficie.

En la figura 13, se visualizan los tres periodos de secado, donde la línea AB, corresponde al periodo inicial de ajuste, el cual según Geankoplis (2007) suele ser bastante corto y por lo general se pasa por alto en el análisis de los tiempos de secado.

La recta entre los puntos B y C de la figura 12, indica que la pendiente y la velocidad son constantes durante este periodo. Este periodo de velocidad constante de secado corresponde a la línea BC en la figura 13.

En el punto C, se puede observar que la velocidad de secado comienza a disminuir, lo que indica el inicio del periodo de velocidad decreciente. Según lo mencionado por Geankoplis (2007), la línea CD correspondería al primer periodo de velocidad decreciente, ya que a partir del punto D la velocidad de secado disminuye aún con más rapidez. Por lo general, la región CD no existe, o bien; constituye la totalidad del periodo de velocidad decreciente.

En base a la figura 13, se determinó la velocidad durante el periodo en la que ésta permanece constante, $R_c = 0,1951 \text{ Kg}_{\text{agua}}/\text{m}^2 \cdot \text{h}$. También se determinó otro parámetro de la cinética de secado, tal como la humedad libre crítica (X_c), que para la muestra analizada fue de aproximadamente $1,2465 \text{ Kg}_{\text{agua}}/\text{Kg}_{\text{sólidos secos}}$, que significa, el término de la velocidad de secado constante y el inicio de la velocidad de secado decreciente.

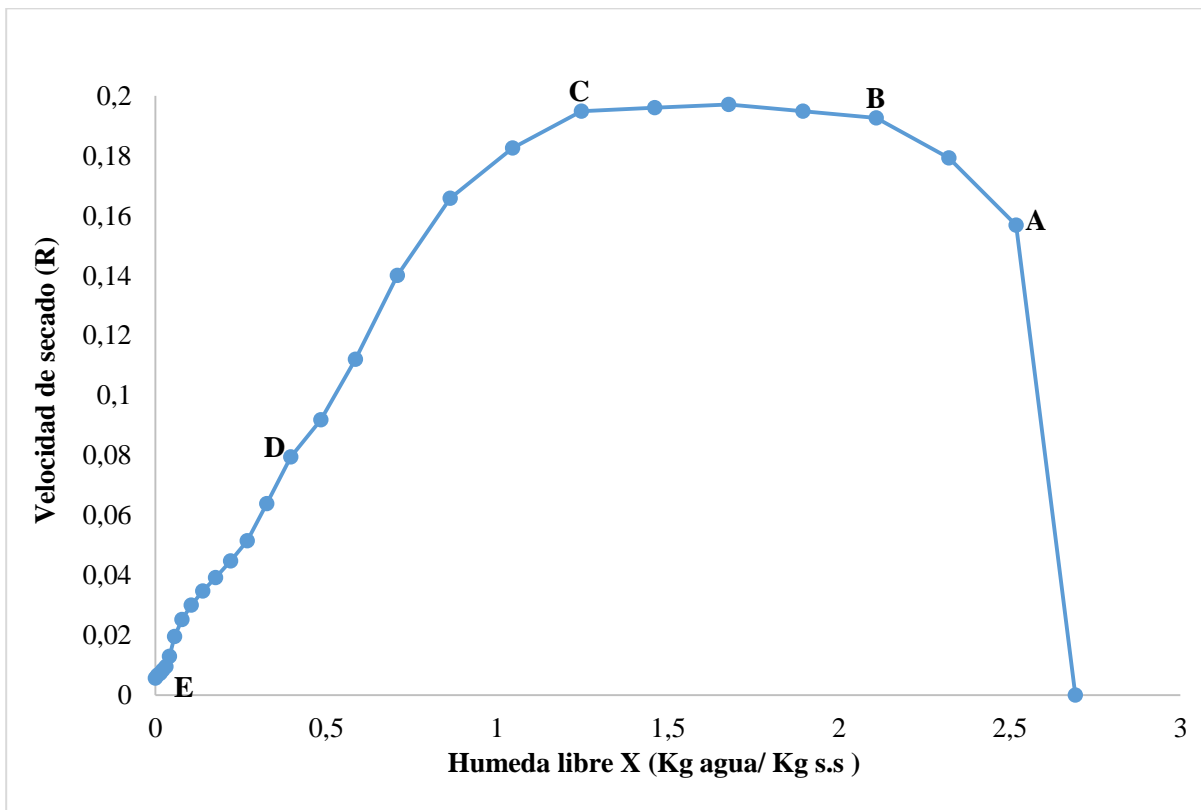


Figura 14: Curva de velocidad de secado en función del contenido de humedad

La curva de velocidad de secado (R) en función del tiempo (t) que se representa en la Figura 14 nos muestra que en los primeros 140 minutos las tasas de evaporación de agua son altas,

y posteriormente disminuyen lentamente a medida que la humedad de la matriz de las muestras son liberadas con más dificultad.

En la Figura 14 se presenta la curva para determinar el tiempo de secado para el periodo decreciente y dado a que no se conoce la relación funcional entre la velocidad de secado (R) y la humedad libre (X), se recurrió a una determinación por regresión potencial que se observa en la figura 15 para obtener la mejor línea de ajuste, con un valor de coeficiente de determinación (r^2) de 0,972 y la función de: $Y=7,3859x^{-0,745}$; la cual presenta un 98,60% de correlación entre las variables independientes y dependiente. Según Córdova *et al.* (2013), el resultado fue aceptable y confiable porque supera el 70% de correlación, lo que indica un comportamiento normal en las curvas de secado.

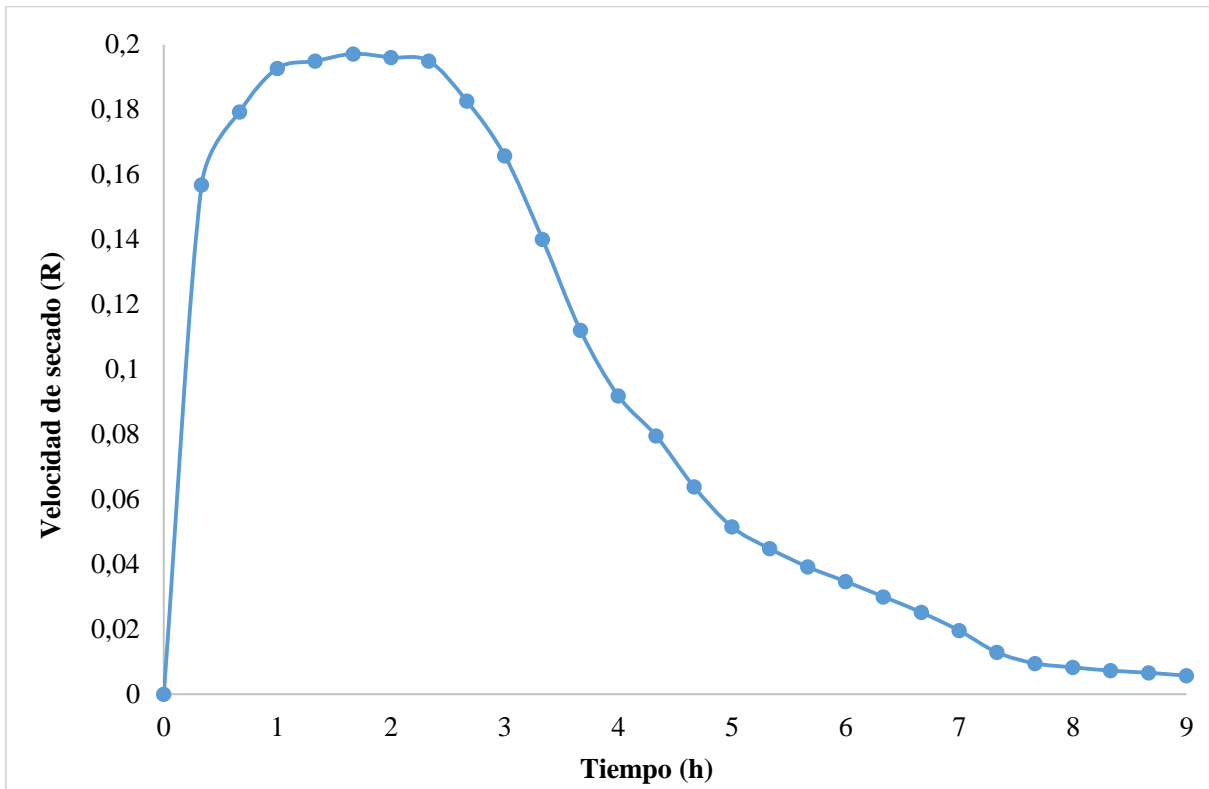


Figura 15: Curva de velocidad de secado en función del tiempo

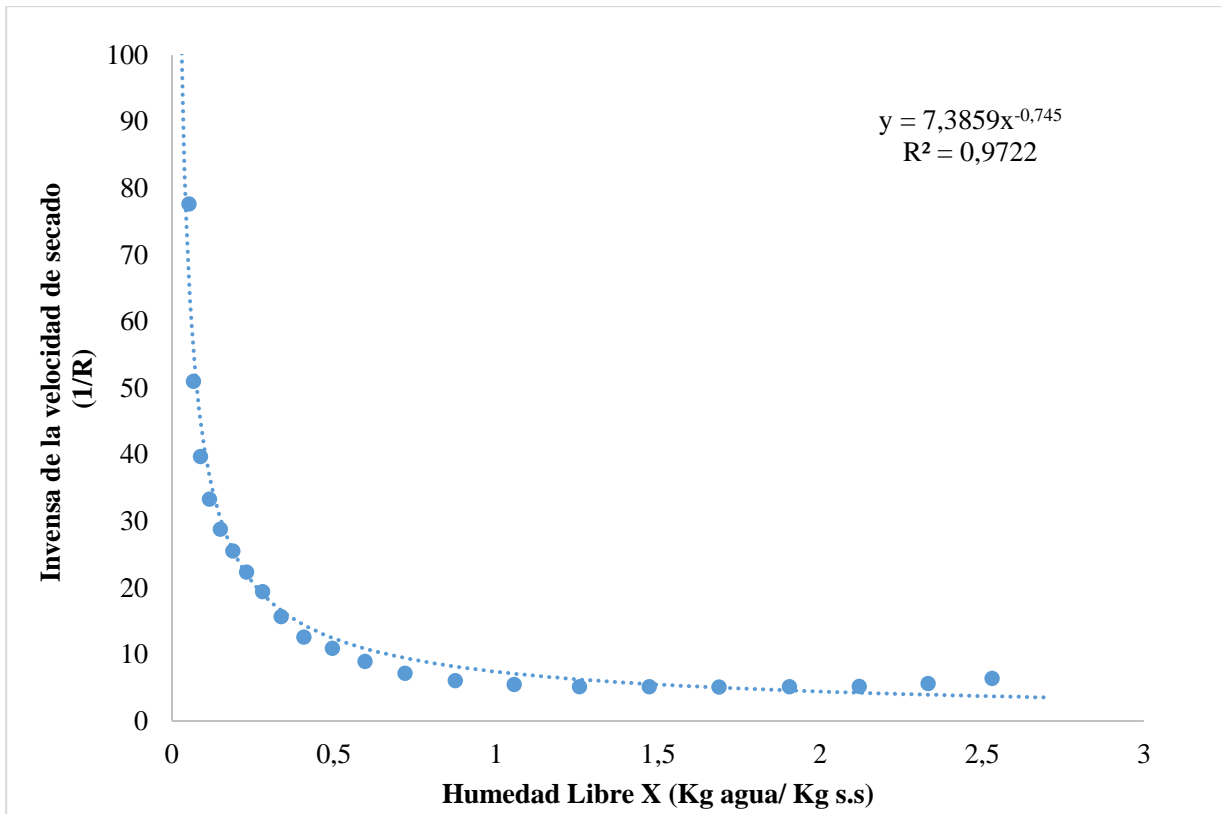


Figura 16: Inversa de la curva de secado en función del contenido de humedad

El tiempo total de secado de los trozos de bonito, sin incluir el periodo de inducción fue de 480 minutos hasta llegar a una humedad de 1,14%. Lo anterior se obtuvo a partir de la teoría de secado de los alimentos, considerando tiempos tanto a velocidad constante como decreciente (Cuadro 18). Asimismo, el tiempo de secado de los trozos de bonito hasta una humedad de 45% fue de 120 minutos (Cuadro 17). Dichos tiempos fueron determinados por los métodos analítico y gráfico, haciéndose reportes para cada periodo.

Cuadro 18: Tiempo en los diferentes periodos de secado

Periodo de secado	Tiempo (minutos)
A velocidad decreciente	400
A velocidad constante	80

Según Geankoplis (2007) en el periodo decreciente, la velocidad de transferencia de masa es la que controla el secado; esta agua o vapor de agua que migra hacia la superficie está

ligada a los constituyentes del alimento y su desplazamiento es lento, lo que se corroboró con el tiempo hallado de 400 minutos.

4.2.5. Quinto experimento: Determinación del tiempo en el proceso de ahumado

Los resultados de la evaluación sensorial de los tratamientos T7 (20 min), T8 (40 min) y T9 (60 min), realizada por los panelistas, se muestran en el Cuadro 19 y Figura 16; y el respectivo análisis estadístico en el Anexo 11.

Cuadro 19: Puntajes asignados según los atributos de olor y sabor a las muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados con diferentes tiempos de ahumado

Panelista	T7	T8	T9
1	2	2	2
2	3	2	1
3	3	2	1
4	3	1,5	1,5
5	3	2	1
6	3	1,5	1,5
7	3	2	1
8	1	2,5	2,5
9	3	2	1
10	2,5	2,5	1
11	3	2	1
12	3	2	1
13	3	1,5	1,5
14	3	2	1
15	1	2,5	2,5
Σ	R₁=39,5	R₂=30	R₃=20,5

Elaboración propia

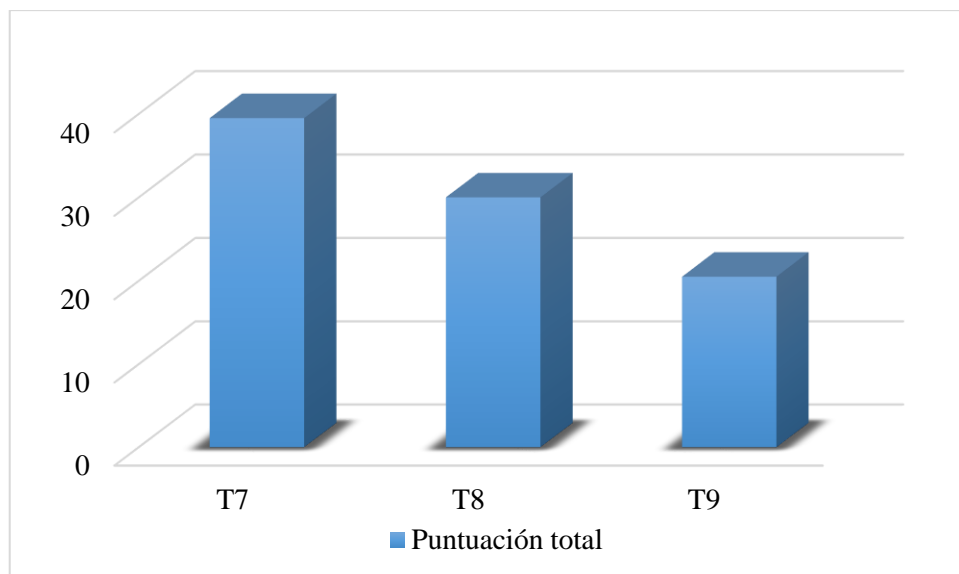


Figura 17: Puntajes asignados a los tratamientos del tercer experimento

Las pruebas de preferencia, según los atributos de olor y sabor, y el análisis de comparaciones múltiples realizadas con los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados obtenidas con los tratamientos del presente experimento, indicaron que había diferencias significativas entre ellas, siendo el tratamiento T7 (20 min) el de mayor aceptación en el panel. La mayor parte de los panelistas afirmaron que dicha muestra presentaba un agradable olor y sabor a humo; a diferencia de la muestras de los tratamientos T8 y T9 que presentaban un olor y sabor más intenso.

Möhler (1980), menciona que el contenido de humedad en las muestras es un factor fundamental para la difusión de los componentes del humo, pues actúa como medio de transporte para dicho proceso, es decir, que al ser deshidratadas en menor medida, mayor será la absorción de los componentes del humo. Lo anterior se explica en base a la muestra deshidratada (45% de humedad) que se obtuvo después de realizar el secado, ocasionando que a partir de ello se genere una mayor resistencia interna al transporte de agua al momento de realizar el ahumado, deshidratándose en menor medida y por tanto absorbiendo mejor los componentes del humo, provocando, que a un tiempo de ahumado de 20 minutos sea suficiente para la difusión de los componentes del humo que proporcionan el olor y sabor al producto.

4.3. Producto final

4.3.1. Análisis físico y sensorial

El análisis sensorial del producto final, según las características de la tabla base para la evaluación sensorial de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Anexo 3) fueron: sabor salado, muy agradable y característico a humo; olor agradable a humo; color marrón dorado claro brillante; textura firme y apariencia lisa con brillo uniforme.

El calificativo promedio obtenido de la tabla base, correspondió a la suma de 14 puntos, de un máximo de 15; lo que significa que el producto obtenido fue de excelente calidad.

De acuerdo a las características obtenidas en el producto final, Baranov y col. (2006) afirman que los principales responsables del aroma y sabor en productos ahumados son los componentes fenólicos, carbonílicos y ácidos, sin embargo, existen autores que señalan que los dos últimos deben considerarse como secundarios.

Con respecto al color, Páucar (1994) afirma que varios investigadores coinciden que éste se debe a las reacciones amino-carbonil que suceden entre los compuestos carbonílicos y los grupos amino de las proteínas (empardeamiento no enzimáticos de Maillard) y consideran la deshidratación de azúcar y productos presentes en el humo como contribuidores en la reacción de enmascaramiento. Asimismo menciona que otros investigadores sugieren que los componentes fenólicos sean considerados como contribuyentes a la formación de color en el producto ahumado.

Con respecto al brillo, Ponte y Huanay (2013) mencionan que es debido a la sal, pues éste extrae las proteínas solubles y parte de ellas quedan disueltas en la solución salina que queda depositada en la superficie del pescado, provocando que cuando esta solución se seca durante el ahumado, forme una película brillante, resultante de la acción de ciertas sustancias del humo. Asimismo, Miler y Sikorski (1994) señalan que éste brillo es característico en especies grasas como consecuencia de la existencia de una delgada película oleosa en su superficie.

Con respecto a las características de textura adquiridas en el producto final, se puede afirmar que los procesos principalmente involucrados fueron el salado y secado. Al respecto, Rodríguez (1987), señala que el salado tiene como finalidad proporcionar consistencia a la

carne para obtener un producto de buena calidad y UNALM (1981), que menciona que conforme la carne del pescado va perdiendo agua, aumenta su grado de dureza, especialmente cuando se ha perdido la mayor parte del agua libre.

4.3.2. Análisis químicos

a. Composición química proximal

Los resultados de la composición química proximal de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío, se muestran en el cuadro 20.

Cuadro 20: Composición química proximal del producto final

Componente	%
Humedad	39,2
Proteína	50,9
Grasa	2,8
Ceniza	7,1

Comparando los resultados obtenidos con los reportados en el cuadro 12, el producto final presentó un menor contenido de humedad (39,2%), debido principalmente a los efectos del proceso de secado que han sufrido los trozos de bonito. Además se observó un mayor contenido de cenizas (7,1%), atribuido según Tello (2009) a los efectos del humo y al contenido de sal. Cabrera y Pilacúan (2012), mencionan que los componentes carbonílicos y fenólicos del humo provocan un mayor aumento de cenizas

Asimismo, el contenido de proteínas es mucho mayor, debido a la extracción del agua por efecto del secado y ahumado que provoca que se incremente los valores proteicos por efecto de concentración. Al respecto, Figueroa *et al.* (2010) mencionan que esto último es beneficioso ya que a menor cantidad del producto, mayor será la cantidad de componentes nutricionalmente beneficiosos para el consumidor.

Con respecto al contenido de grasa, se observa un ligero aumento de 1,4% a 2,8%, debido a la deshidratación de la materia prima, que provoca que aumente su concentración (Durruty, 2013).

b. Determinación de BVNT (Bases volátiles nitrogenadas totales)

En cuanto al nitrógeno volátil total al culminar el proceso de ahumado, el producto presentó una cantidad de 1,8mg N/100g, valor muy inferior de acuerdo a la legislación de la UE, que indica un valor límite de 80mg/100g en cuanto a pescados ahumados y salazones. Asimismo, comparando este resultado con el obtenido para la materia prima (2,0 mg/100), se observa que el contenido de BVNT ha disminuido ligeramente. Al respecto, Boeri *et al.* (1982) citados por Gutiérrez *et al.* (2005), sostienen que tal disminución se puede atribuir a la extracción de algunas sustancias nitrogenadas no proteicas por parte de la salmuera. Asimismo, se puede asociar tal disminución con los procesos de lavado, según lo mencionado por Bertullo (1975) que indica que las bases volátiles se extraen con rapidez de los músculos cuando se les trata con agua.

c. Determinación de cloruros

En cuanto al contenido de cloruros (4,01%), se puede indicar que se encuentra dentro de rango mencionado por Pacheco *et al.* (2010), quien menciona los valores promedios de NaCl para productos pesqueros ahumados (3-5%NaCl), de acuerdo a las demandas en las preferencias de los consumidores de este tipo de productos. Es importante mencionar que no existen criterios preestablecidos para una concentración de sal adecuada en este tipo de productos ahumados, debido a los hábitos de consumo y el nivel de preferencia entre los consumidores

De acuerdo a la ingesta máxima de sal en la dieta, la OMS (Organización Mundial de la Salud) y la FSA (Food standards Agency) recomiendan una cantidad de 5 y 6g/día, respectivamente; es en base a ello que se estimó el tamaño de ración del producto con la finalidad de no superar la ingesta máxima. Teniendo en cuenta que solo necesitamos 15g de proteína en nuestro producto, se estimó una ración de 30g, la cual contiene 1,2g de sal, considerándose adecuado para su consumo.

d. Determinación de Índice de Yodo

En cuanto al índice de yodo del producto final se obtuvo un valor de 51,31g I₂/100g. Tal valor se comparó de manera referencial con el índice de yodo del bonito (155,9 g I₂/100g) obtenido de las investigaciones de IMARPE (1970), donde se observa un descenso notable.

Una de las razones de la disminución del índice de yodo, fue debido al proceso de salado al que fue sometida la materia prima. Al respecto, Vilca (2009) menciona que la sal aumenta la susceptibilidad al enranciamiento oxidativo, es decir que a mayor cantidad de sal, menor será el índice de yodo.

Otra razón de la disminución fue debido al proceso de deshidratado y ahumado, ya que al predominar los ácidos grasos insaturados (mayor grado de insaturación), el aceite será menos estable al efecto de la temperatura y más susceptible a ser oxidado (Valenzuela y Sanhueza, 2003), confirmando lo mencionado por Vilca (2009) que sostiene que a menor contenido de humedad, menor será el índice de yodo.

e. Determinación de la actividad de agua (a_w)

En cuanto a la actividad de agua (a_w), se obtuvo un valor de 0,86. Baudi (2006) menciona que los alimentos que presentan a_w de 0,65 a 0,86 y de 25 a 50% de agua, son conocidos como alimentos IMF (Alimentos de humedad intermedia) y que desde el punto de vista sanitario se les considera seguros por no crecer ninguna bacteria patógena. De acuerdo a lo anterior, se puede afirmar que la disminución lograda de la a_w permitirá inhibir gran parte del desarrollo y crecimiento de la población microbiana, siendo necesario complementar esta barrera mediante condiciones de envasado y almacenamiento adecuadas para el producto.

4.3.3. Análisis microbiológicos

Los resultados obtenidos se muestran en el Cuadro 21, donde indica que la cantidad de microorganismos presentes en los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío; se encontraron por debajo de los límites máximos permisibles por

SANIPES (2016), indicando que el producto se encuentra libre de microorganismos dañinos para la salud humana. Por lo que se puede afirmar, que durante la elaboración del producto se ha mantenido la calidad sanitaria, las condiciones de manipuleo y las condiciones higiénicas de la materia prima.

Asimismo se puede afirmar que el bajo recuento de microorganismos se debió a la efectividad de las diferentes operaciones a las que fue sometida la materia prima, entre ellos, salado, deshidratado, ahumado y envasado al vacío. Al respecto, Frangos *et al.* (2010) señala que el salado y la deshidratación son factores de conservación cuyo efecto se relaciona esencialmente con la disminución del contenido de agua para el crecimiento y desarrollo de microorganismos, sumado al efecto bactericida de la sal provocando una disminución del recuento bacteriano. Con respecto a la operación de ahumado, Suñen (1998) señala que los componentes del humo que se depositan sobre la superficie del alimento, principalmente los fenólicos han sido caracterizados no solo por su efecto antioxidante sino también antimicrobiano. Finalmente con respecto al proceso de conservación de envasado al vacío, Sivertsvik y col (2002) sostienen bajo experimentación que éste inhibe la velocidad de crecimiento de la flora aerobia, sin embargo, crea otras condiciones para el crecimiento de patógenos anaerobios como el *Clostridium botulinum* (Brody, 1996).

Tornese *et al.* (2008), mencionan que a valores de actividad de agua por debajo de 0,93 en productos alimenticios impedirá el crecimiento de *C. botulinum*. En base a lo anterior y al valor de a_w que se obtuvo en el producto final (0,86) se puede afirmar que el producto fue inocuo para el consumidor.

Cuadro 21: Análisis microbiológico de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío

Ensayos	Resultados	SANIPES (2016)
N. aerobios mésofilos (UFC/g)	1,2x10 ²	10 ⁴
D. de <i>Salmonella spp.</i>	Ausencia/25g	Ausencia/25g
N. de <i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g)	<3	10
N. anaerobios sulfito reductor (UFC/g)	10 Estimado	10 ³
N. de <i>Enterobacteriaceas</i> (UFC/g)	<10 Estimado	10 ²

4.3.4. Prueba de aceptabilidad

El producto final se sometió a los dos días a una prueba de aceptabilidad para evaluar estadísticamente la aceptación o rechazo de éste, para ello se contó con la colaboración de un panel de 40 personas, que calificaron el producto siguiendo como referencia la siguiente escala:

Me gusta mucho	7
Me gusta	6
Me gusta ligeramente	5
Ni me gusta ni me disgusta	4
Me disgusta ligeramente	3
Me disgusta	2
Me disgusta mucho	1

En la Figura 17, podemos observar que de acuerdo a los resultados de las encuestas, el sabor presenta un 85% de aceptabilidad entre los encuestados, incluyendo todas las categorías que reciben positivamente el producto como son: me gusta mucho, me gusta y me gusta ligeramente.

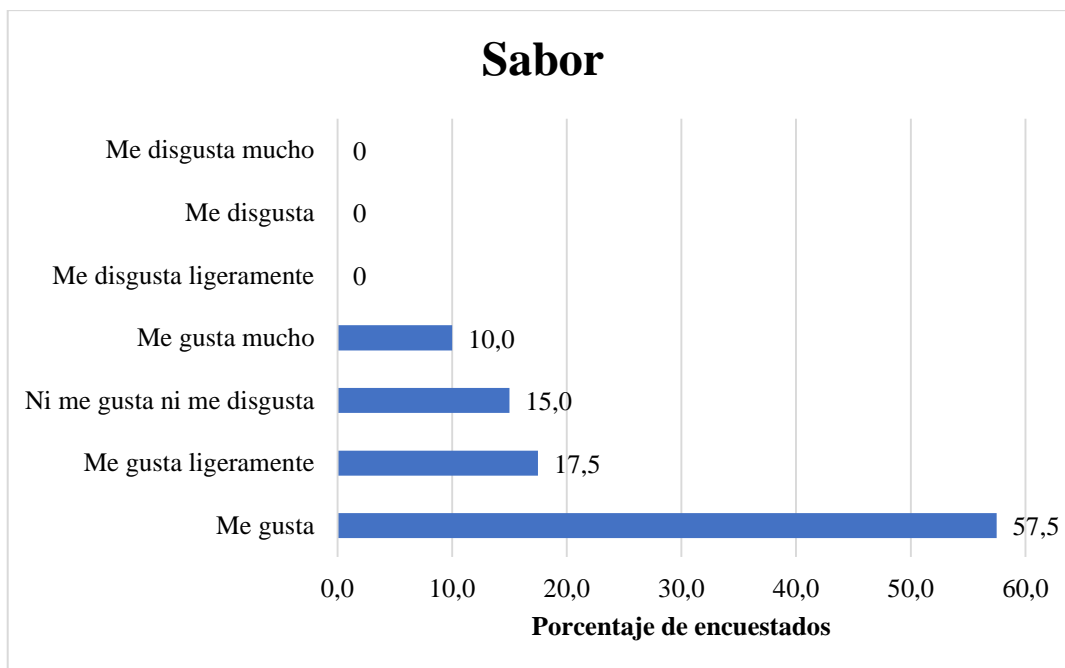


Figura 18. Resultados de la aceptabilidad del sabor de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.

En cuanto a la apariencia general de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados, el 80,0% del total de los encuestados aceptó positivamente el producto, los resultados de los análisis se observan en la Figura 18.

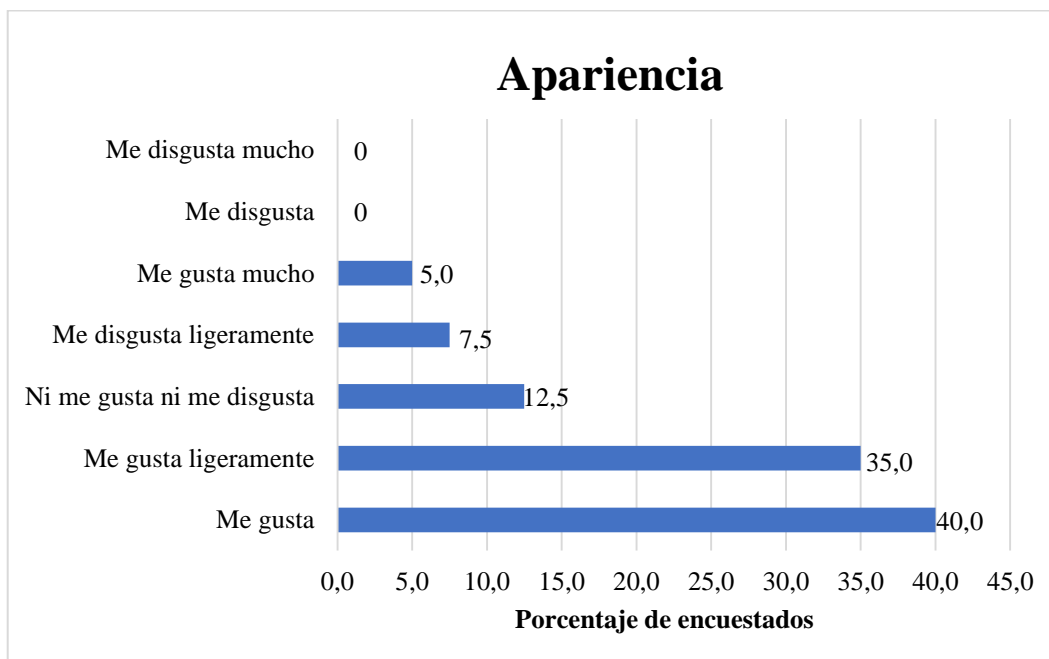


Figura 19. Resultados de la aceptabilidad de la apariencia general de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados

De acuerdo a los resultados de la evaluación sensorial de los consumidores el 77,5% de los encuestados aceptó con agrado la textura de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados, tal y como se puede apreciar en la Figura 19.

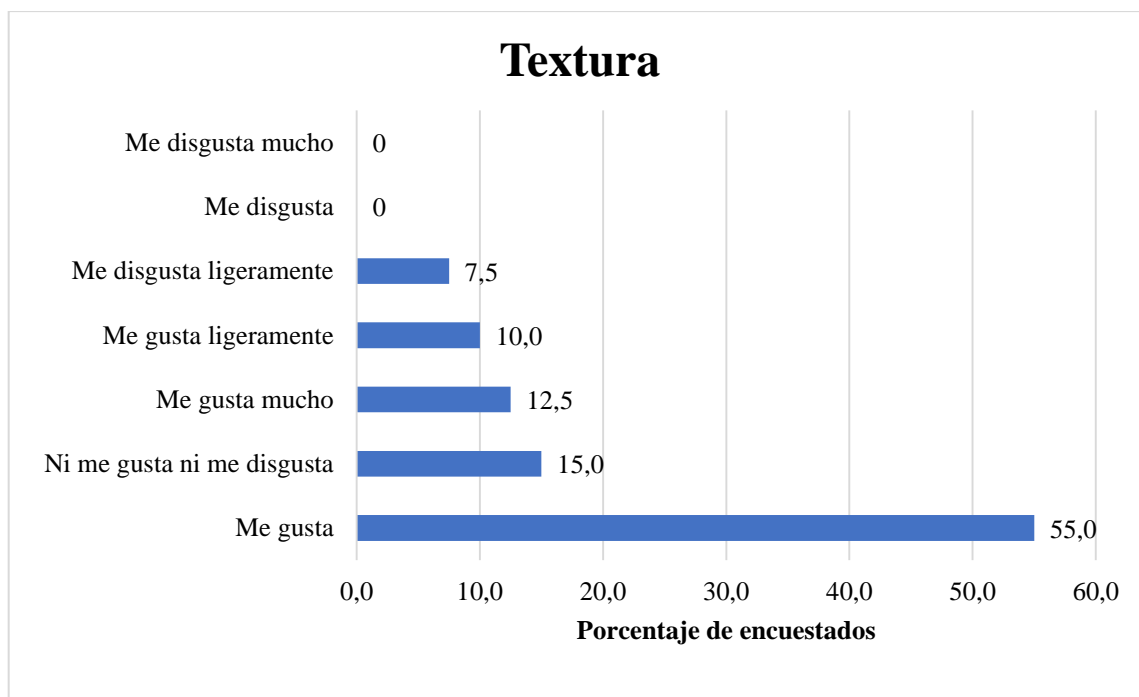


Figura 20. Resultados de la aceptabilidad de la textura de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados

En cuanto al olor, los resultados de aceptabilidad muestran que el 90% de los encuestados aceptó con agrado el olor de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados, tal como se muestra en la Figura 20.

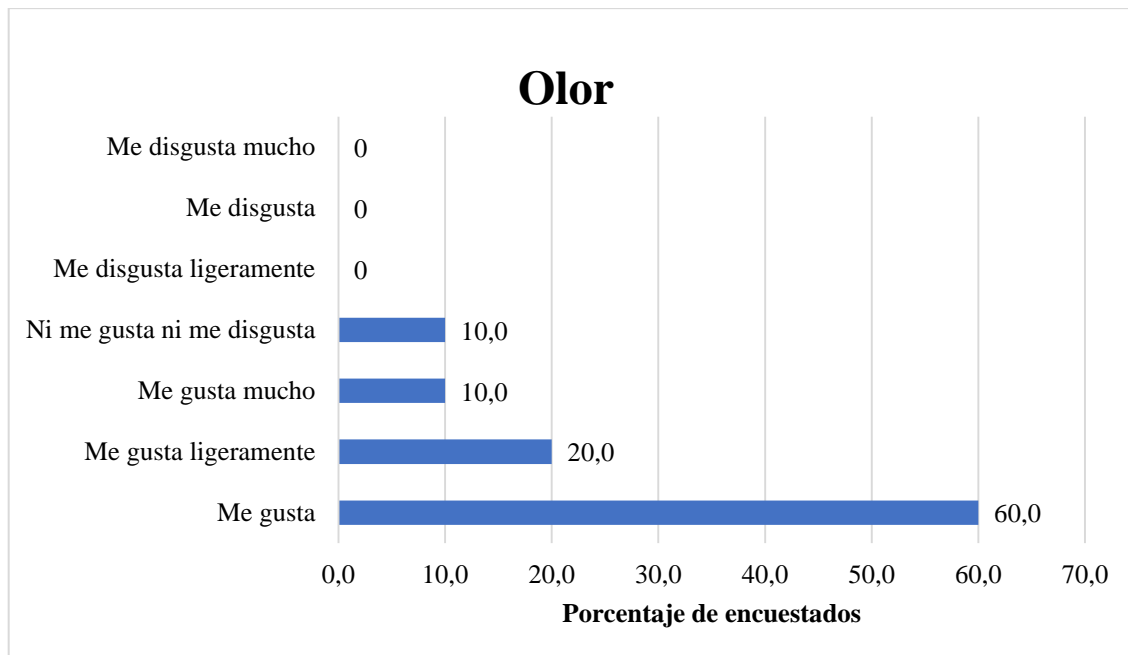


Figura 21. Resultados de la aceptabilidad del olor de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.

Mientras que el color presentó una aceptabilidad del 95% como se aprecia en la Figura 21, pues presenta el color típico de un producto ahumado.

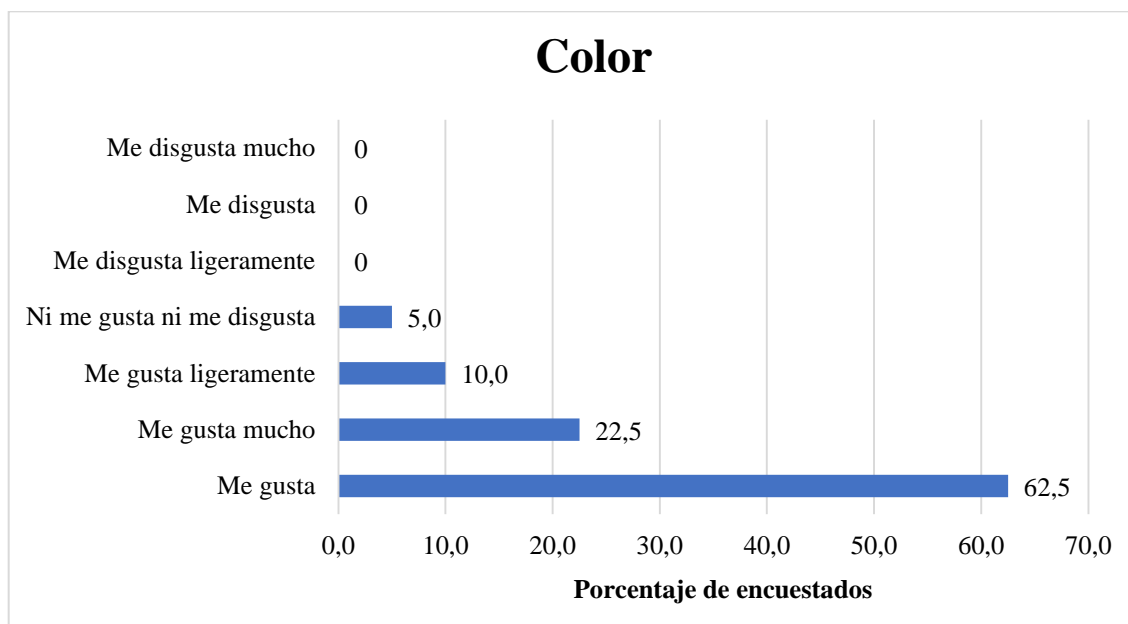


Figura 22. Resultados de la aceptabilidad del color de los trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.

4.3.5. Rendimiento

El rendimiento obtenido fue de 16.37%. Este valor se debe a que se ha eliminado el 47,53% en vísceras, cabeza, espinas, cola y piel, durante el proceso de eviscerado y fileteado; el 4,75% en la extracción del músculo oscuro y el 46,23% en la eliminación del agua que contenía el músculo claro del bonito (de aproximadamente 72,9% de humedad de la materia prima a 39,2% de humedad en el producto final). Los rendimientos encontrados en la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasados al vacío se muestran en el Cuadro 22.

Cuadro 22: Rendimientos del procesamiento de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasados al vacío

Operación	Ingreso (g)	Salida (g)	Rendimiento Total (%)
Recepción	3000	3000	100,00
Lavado I	3000	2985	99,50
Eviscerado y Fileteado	2985	1574,1	52,47
Lavado II	1574,1	1559,1	51,97
Recortado	1559,1	1416,6	47,22
Secado	1416,6	592,14	19,74
Ahumado	592,14	491,1	16,37
Envasado	491,1	491,1	16,37
Almacenado	491,1	491,1	16,37

Elaboración propia

4.3.6. Pruebas de estabilidad

4.3.6.1. Análisis sensorial

Los resultados del seguimiento del producto en condiciones de medio ambiente durante los 30 días que duró el almacenamiento se muestran en el Cuadro 23.

A los días 9 días después de procesado el producto, éste se encontraba con sus cualidades intactas, sabor muy agradable, color marrón dorado brillante, olor a humo muy agradable, textura firme y con una excelente apariencia en general. Según la tabla de inspección organoléptica propuesta, la puntuación promedio del producto fue de 14,13 puntos, lo que indica que el producto es de excelente calidad.

A los 16 días de almacenado en condiciones de medio ambiente, los trozos de bonito mantuvieron un sabor y olor a humo muy agradable, con una ligera pérdida de brillo a lo largo de la superficie, textura firme y agradable apariencia. La puntuación promedio del producto fue de 13,53 puntos, según la tabla de evaluación propuesta. Luego de 23 días de almacenamiento los trozos mantuvieron buenas características de textura, con una ligera pérdida de olor a humo, el color se mantenía pero se percibía un ligero opacamiento y pérdida de brillo en el producto. La puntuación promedio del producto fue de 12,26 puntos, según la tabla de evaluación propuesta. A los 30 días el producto fue perdiendo el sabor y olor a humo, para tomar un sabor ligeramente rancio, tono opaco, además de una ligera pérdida de firmeza en la superficie. La puntuación promedio del producto fue de 9,87 puntos, según la tabla de evaluación propuesta, lo que indicaría que el producto después de 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente aún es de buena calidad.

Al respecto de lo expuesto anteriormente, Cortez (1991) menciona que la prolongación de la vida útil de estos productos, en comparación con el pescado fresco, se debe a la combinación de la disminución de la actividad de agua y la ganancia de compuestos bactericidas y antioxidantes del humo. Asimismo, afirma que esta vida útil es variable debido a las distintas posibilidades de combinación de factores de conservación utilizados y el grado de deshidratación que presentan, el efecto combinado de la sal, de los constituyentes del humo y del secado que acompaña al proceso de ahumado.

Cuadro 23: Características sensoriales de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío en almacenamiento

Características	Días de almacenamiento				
	2	9	16	23	30
Sabor	2,73	2,73	2,67	2,47	1,53
Color	2,87	2,87	2,67	2,40	1,93
Olor	2,80	2,80	2,73	2,40	1,93
Textura	2,87	2,87	2,73	2,67	2,53
Apariencia	2,87	2,87	2,73	2,33	1,93
PUNTAJE	14,13	14,13	13,53	12,27	9,87

Elaboración propia

4.3.6.2. Análisis químicos

a. Determinación de BVNT (Bases volátiles nitrogenadas totales)

El valor de BVNT para el producto, luego de 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente fue de 3,3 mg/100g, valor muy inferior de acuerdo a la legislación de la UE, que indica un valor límite de 80mg/100g en cuanto a pescados ahumados y salazones. Asimismo, comparando este resultado con el valor obtenido al momento de comenzar las experiencias de almacenamiento (1,8mg/100g), se observa que el contenido de BVNT ha presentado un ligero aumento. Al respecto, Soccol y col (2005) señalan que una de las diferentes causas para los bajos valores de BVNT obtenidas en muestras envasadas al vacío, es debido a las condiciones anaeróbicas que podrían inhibir la desaminación oxidativa debido a la baja cantidad de oxígeno.

b. Determinación de Índice de Iodo

El índice de yodo para el producto, luego de 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente fue de 32,37g I₂/100g, el cual comparando este resultado con el valor

obtenido al momento de comenzar las experiencias de almacenamiento (51,31g I₂/100g), se observa que ha disminuido.

Lo anterior se puede justificar debido a las condiciones de almacenamiento del producto, ya que a pesar que el producto fue empacado al vacío para limitar la concentración de oxígeno, por los resultados obtenidos la autooxidación está presente. Al respecto Braverman y Zeki (1980), indican que en tanto el oxígeno se encuentra presente en una cantidad limitada, la velocidad de autooxidación aumenta al incrementarse la presión de oxígeno hasta un nivel dado en donde se alcanza un valor constante, proporcional a la presión del oxígeno.

4.3.6.3. Análisis microbiológico

Se realizaron tres pruebas microbiológicas: Numeración de aerobios mesófilos, N. de *Staphylococcus aureus* y N. de *Enterobacteriaceas*, por ser microorganismos asociados con la vida útil y alteración del producto, según lo expuesto por SANIPES (2016). Los resultados que se obtuvieron se observan en el Cuadro 24, que se muestra a continuación:

Cuadro 24: Análisis microbiológicos realizados a los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío en almacenamiento

Ensayos	Día 2	Día 30	SANIPES (2016)
N. de aerobios mésofilos (UFC/g)	1,2x10 ²	4,7x10 ³	10 ⁴
N. de <i>Staphylococcus aureus</i> (NMP/g)	<3	<3	10
N. de <i>Enterobacteriaceas</i> (UFC/g)	<10 Estimado	<10 Estimado	10 ²

Elaboración propia

Como se puede observar en el cuadro anterior, después de 30 días de almacenamiento, la cantidad de microorganismos presentes en el producto aún se encuentran por debajo de los requisitos que exige la Resolución Directoral N°20-2016-SANIPES-DSNPA.

Gill *et al.* (2002) sostienen que en condiciones de envasado al vacío, la temperatura de almacenamiento es el factor determinante de la velocidad de crecimiento de los microorganismos causantes del deterioro. En base a lo anterior se puede afirmar que el incremento en la Numeración de aerobios mesófilos de $1,2 \times 10^2$ UFC/g a $4,7 \times 10^3$ UFC/g, fue causado por las condiciones de almacenamiento a medio ambiente (16-21°C), debido que los mesófilos son microorganismos capaces de desarrollarse a una temperatura entre 20°C y 45°C con una óptima entre 30°C y 40°C (ANMAT, 2014). Restrepo *et al.* (2012), también indica que el incremento de microorganismos aerobios se debe a que en condiciones al vacío, los aerobios facultativos son capaces de crecer en ambientes con bajo porcentaje de oxígeno, favoreciendo así la atmósfera óptima para el desarrollo de bacterias (Enterobacterias, *Staphylococcus aureus*) y hongos (mohos y levaduras).

En base a los resultados obtenidos es posible afirmar que el producto es apto para consumo condiciones de medio ambiente.

V. CONCLUSIONES

1. El flujo de procesamiento para la elaboración de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío fue: Recepción de materia prima → Lavado I → Eviscerado → Fileteado → Lavado II → Recortado → Salado → Ecurrido → Deshidratado → Ahumado → Enfriado → Envasado → Almacenado.
2. Los tiempos del proceso de salado, secado y ahumado en la elaboración del producto fueron: 4, 120 y 20 minutos, respectivamente.
3. La penetración de cloruros fue 2,36%NaCl en 8 minutos.
4. La velocidad de secado R_c fue $0,1951\text{Kg}_{\text{agua}}/\text{m}^2$.
5. La composición química proximal fue: Humedad 39,2%, 50,9 proteína %, 2,8 grasa % y ceniza 7,1%.
6. Los resultados de Numeración de aerobios mesófilos (UFC/g) fue $1,2 \times 10^2$, Numeración de *Staphylococcus aureus* (NMP/g) < 3 , Numeración de anaerobios sulfito reductores (UFC/g) 10 Estimado, Numeración de *Enterobacteriaceas* (UFC/g) < 10 , Determinación de *Salmonella spp.* (en 25g) Ausencia.
7. De acuerdo a los resultados de las encuestas, el sabor presenta un 85% de aceptabilidad, el olor 90%, color 95%, apariencia 80,0% y textura 77,5% entre los encuestados incluyendo todas las categorías que reciben positivamente el producto como son: me gusta mucho, me gusta y me gusta ligeramente.
8. El rendimiento del proceso de elaboración de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío fue de 16,37%.
9. El producto luego de 30 días de almacenamiento a condiciones de medio ambiente, mostraron ser satisfechos desde el punto de vista sensorial, químico y microbiológico, resultando que el producto final fue de buena calidad.

VI. RECOMENDACIONES

Tomando en cuenta los resultados de los experimentos realizados y las conclusiones a las que se llegaron, se recomienda lo siguiente:

1. Realizar el estudio de vida útil de los trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasado al vacío.
2. Realizar un estudio de vida útil del producto durante su almacenamiento en refrigeración envasada al vacío y en atmósfera modificada.
3. Realizar un estudio de mercado que determine la demanda del producto.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agudelo, A.; Álvarez-Lainez, M.; Suárez, H. 2009. Comportamiento micro estructural de láminas comerciales multicapa de alta barrera usadas para el empaque al vacío de alimentos (en línea). Medellín, Colombia. Consultado 05 may. 2017. Disponible http://www.bdigital.unal.edu.co/7626/4/43010785._2009_Parte2.pdf.
1. Albarracín, H. 2009. Salado y descongelado simultáneo en salmuera para la obtención de jamón curado de cerdo de raza ibérica (en línea). Tesis Dr. Valencia, España, UPV. Consultado 20 sept. 2016. Disponible <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/6025/tesisUPV3080.pdf>
2. ALICO. 2017. Ficha técnica de bolsas coextruidas de polietileno y poliamida (PE/PA). Lima, Perú.
3. ANMAT (Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica). 2014. Microorganismos Indicadores (En línea). Córdoba, Argentina. 153p. Consultado 26 Oct. 2017. Disponible http://www.anmat.gov.ar/renaloa/docs/Análisis_microbiologico_de_los_alimentos_Vol_III.pdf
4. Anzaldúa - Morales, A. 1994. La Evaluación sensorial de Alimentos en la Teoría y la Práctica. Zaragoza, España, Editorial Acribia. 193 p.
5. Araujo, R. 1985. Estudio del procesamiento del Boquichico (*Prochilodus nigricans*) ahumado en caliente. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 112p.
6. Bannerman, A. 1981. Hot smoking of fish. Torry Research Station. Torry Advisory Note (82):12.
7. Baranov, V. y col. 2006. Tecnología del pescado y productos pesqueros. San Petersburgo, Rusia, Editorial GIORD. 941p
8. Barbosa, V. 2000. Deshidratación de alimentos. 1era Ed. Zaragoza, España, Ed. Acribia.
9. Barbosa-Cánovas, G; Fontana, A; Schmidt, S. 2007. Water Activity in Foods: Fundamentals and applications. Oxford, United States. 412p.
10. Bermúdez, F.; Maiz, E. 2004. Diseño y construcción de un secador de alimentos de origen vegetal en el estado Amazonas. Tesis Ing. Mec. Caracas, Venezuela, UCV.

11. Braverman, J.; Zeki, B. 1980. Introducción a la Bioquímica de los Alimentos. 2 Ed. México, México. 358p.
12. Brody, D. 1996. Envasado en atmósfera controlada, modificada y al vacío. Zaragoza, España, Ed. Acribia.
13. Burgess, G.; Cutting, C.; Lovern, J.; Waterman, J. 1987. El pescado y las industrias derivadas de la pesca. Zaragoza, España, Ed. Acribia. 392p.
14. Carazas, C. 1976. Incidencia de 8 especies de maderas peruanas en las características organolépticas del machete ahumado en caliente. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 159p.
15. Casp, A.; Abril, J. 1999. Procesos de conservación de alimentos. Madrid, España, Ed. A. Madrid Vicente.
16. Castro, J. 2013. Efecto del tipo de combustible vegetal y tiempo de ahumado sobre la aceptabilidad general y recuento de mesófilos aerobios en carne de pato criollo (*Cairina moschata*) ahumada (en línea). Tesis Ing. Ind. Alim. Trujillo, Perú, UPAO. 64p.
Consultado 01 Oct. 2017. Disponible en http://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/upaorep/193/3/CASTRO_JUAN%20CARLOS_EFECTO_TIPO_COMBUSTIBLE_MARCO_TEORICO.pdf
17. Chirinos De Vildoso, A. 1960. Estudios sobre la reproducción del bonito *Sarda chiliensis* en aguas adyacentes a la costa peruana. Serv. Div. Cient. 14 (2 ed.). 75p.
18. Collette, B.; Acero, A.; Canales Ramírez, C.; Cardenas, G.; Carpenter, K.; Di Natale, A.; Guzmán-Mora, A.; Montano, C.; Nelson, R.; Schaefer, K.; Serra, R. y Yanez, E. 2011. *Sarda chiliensis*, Pacific Bonito (en línea). The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T170352A6763952. Consultado 29 May 2017. Disponible <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-2.RLTS.T170352A6763952.en>.
19. Connell, J. 1990. Control of Fish Quality. 3 ed. Fishing News Books, Blackwell Scientific Publications. Londres, Inglaterra.
20. Conover, W. 1980. Practical Nonparametric Statistics. Ed. John Wiley & Sons. New York, United States of America. 493p.
21. Córdova, J.; Juárez, J.; Cerrón, L. 2013. Cinética de secado de arveja verde (*Pisum sativum*) variedad Usui. Revista de investigación UNMSM 16(2): 2-3.
22. Cortez, J. 1991. Estudio preliminar de ahumado de pescado con especies amazónicas. Rev. Folia amazónica IIAP 3: 95-105.
23. Dávalos, C. 2016. Desarrollo de Nuggets de Bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*) bajos en calorías y con la adición de Chia (*Salvia hispanica*) como Antioxidante (en línea). Tesis

- Ing. Pesq. Arequipa, Perú, UNSA. 110p. Consultado 02 oct. 2017. Disponible en <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/2366/IPlumedc.pdf?sequence=1>
24. Doré, I. 1993. *The Smoked and cured Seafood*. New Jersey, United States of America. Umer Barry Publications, Inc. Tomes River.
 25. Doymaz, I. 2012. Evaluation of some thin-layer drying models of persimmon slices (*Diospyros kaki L.*). *Energy Conversion and Management* 56: 199-205.
 26. Durruty, MA. 2013. Análisis físico-químico, sensorial y consumo de productos pesqueros ahumados (en línea). Mar de Plata, Argentina, UFASTA. 164p. Consultado 11 oct. 2017. Disponible en <http://redi.ufasta.edu.ar:8080/xmlui/handle/123456789/161>
 27. Espinosa, M. 2015. *Envasado, Conservación y Desarrollo de Nuevos Productos de Dorada (*Sparus aurata*)* (en línea). Tesis Dr. Murcia, España. UM. Consultado 02 sept. 2017. Disponible en <https://digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/45835/1/TESIS%20M%C3%ADriam%20del%20Carmen%20Espinosa%20Vicente.pdf>
 28. Fernández, S.; Pollak, A.; Vitancurt, J. 1995. *Pescado ahumado artesanalmente-Ensayos tecnológicos* (en línea). Montevideo, Uruguay. 76p. Consultado 02 sept. 2016. Disponible en <http://www.probides.org.uy/publica/dt/DT10.pdf>
 29. Figueroa, N.; Simón, J.; Téllez, J.; Ramírez de León, M.; Álvarez, M.; Vázquez, G. 2010. Desarrollo de un proceso de ahumado de filete de Croca. *Rev. Tecnología* 3: 64-73.
 30. Flores, J. 1983. *Estudio de la Conservación en Almacenamiento de la Caballa (*Scomber japonicus peruanus*) Ahumada en Caliente por Acción de Aditivos Químicos*. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 78p.
 31. Restrepo, F; Montes, A.; Gómez, A. 2012. Efectos del empaçado en atmósferas modificadas para la conservación de arepa de maíz. *Rev. Lasallista de Investigación*, 9 (2): 102-111.
 32. Frangos, L.; Pyrgotou, N.; Giatrakou, V.; Ntzimani, A. & Savvaidis, I. N. 2010. Combined effects of salting, oregano oil and vacuum-packaging on the shelf-life of refrigerated trout fillets. *Food Microbiology*, 27(1):115-121.
 33. Gallo, M. 1997. *Salado Publicación XIII Curso Internacional. Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros*. Lima, Perú.
 34. Geankoplis, C. 2007. *Procesos de Transporte y Principios de Procesos de Separación* 4ta ed. México, México, Ed. Patria.
 35. Gill, C.; Jones, T.; Rahn, K.; Campbell, S.; LeBlanc, D.; Holley, R. 2002. Temperatures and ages of boxed beef packed and distributed in Canada. *Meat Science* 60:401-410.

36. Gutiérrez, C.; Salazar, A.; González, D. 2005. Variaciones físico-químicas de la sardina (*Sardinella aurita*) durante el proceso de salado-madurado en seco. *Fundación La Salle de Ciencias Naturales* 163: 109-118.
37. Hoffmann, S. 2005. Evaluación del Tiempo y Temperatura como Factores Determinantes en el Control de Exudado en el Ahumado de Salmón Atlántico (*Salmo salar*) y Trucha (*Onchorhynchus mykiss*) (en línea). Tesis Lic. Ciencia de los Alimentos. Valdivia, Chile, UAC. Consultado 18 Abr. 2017. Disponible <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2005/fah699e/doc/fah699e.pdf>
38. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 1965. Informe Científico N°9: Principios técnicos de salado y secado del pescado, Estudio químico de la sal en el litoral. Callao, Perú.
39. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 1970. Informe Científico N°33. Callao, Perú.
40. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 1970. Serie de Informes especiales N° IM-61: Información General sobre la Pesca de Consumo. Callao, Perú.
41. IMARPE (Instituto del Mar del Perú), ITP (Instituto Tecnológico de la Producción). 1996. Compendio Biológico Tecnológico de las Principales Especies Hidrobiológicas Comerciales del Perú. Lima, Perú, Ed. STELLA: 35-38.
42. IMARPE (Instituto del Mar del Perú). 2002. “Bonito”. Lima, Perú.
43. INFOPECA (Centro para los servicios de información y asesoramiento sobre la comercialización de los productos pesqueros de América Latina y el Caribe). 2010. El mercado de productos pesqueros en la Región Metropolitana de Lima. Consultado 08 feb. 2018. Disponible en <http://www.infopesca.org/sites/default/files/complemento/publicacion/286/informe-lima.pdf>
44. INS (Instituto Nacional de Salud). 2009. Tablas Peruanas de Composición de Alimentos. 8 Ed. Ministerio de Salud, Lima, Perú. 70p.
45. ITP (Instituto Tecnológico de la Producción, Perú). 1995. Aseguramiento de la calidad: Sistema HACCP. XI Curso internacional Tecnología de procesamientos de productos pesqueros.
46. Keqing, X. 2004. Optimización del secado por aire caliente de pera (Variedad Blanquilla) (en línea). Tesis Dr. Valencia, España, UPV. Consultado 08 oct. 2016. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/1834/tesisUPV2195.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
47. Lück, E; Pager, M. 2000. Conservación química de los alimentos: características, usos, efectos. Zaragoza, España, Ed. Acribia. 324p.

48. Maga, J. 1988. Smoke in food processing. CRC Press. Inc. Boca Ratón, Florida, United States of America.
49. Martínez, O.; Salmerón, J.; Guillén, M.; Casas, C. 2012. Physicochemical, sensorial and textural characteristics of liquid-smoked salmon (*Salmo salar*) as affected by salting treatment and sugar addition. *International Journal of Food Science & Technology* 47(5): 1086-1096.
50. Miler, K.; Sikorski, Z. 1994. Ahumado. *Tecnología de los Productos del Mar: Recursos, composición nutritiva y conservación*. Zaragoza, España, Ed. Acribia. 330p.
51. Möhler, K. 1980. *El Ahumado*. Editorial Acribia. Zaragoza, España. 278p.
52. Monzón, E. 1996. Estudio del procesamiento del tollo (*Mustelus sp.*) ahumado en caliente. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 97p.
53. Ocon, J.; Tojo, G. 1976. Secado de sólidos (en línea). Consultado 21 Jul. 2017. Disponible <https://es.scribd.com/doc/15585612/Ocon-Tojo-Secado-de-solidos>
54. OGBADU, L. 2004. Preservatives, Traditional Preservatives, Wood Smoke. In: *Encyclopedia of Food Microbiology*. Cornell University, Department of Food Science, Ithaca, New York, United States of America. p. 1737-1743
55. Okada, M. 1972. *Utilization of Marine Products*. O.T.C.A. Japan. 331p.
56. Ordoñez, P.; Cambero, R.; Fernández, A.; García, S.; García, F.; Hoz, P. 1998. *Tecnología de los Alimentos: Alimentos de Origen Animal*. Madrid, España, Ed. Síntesis S.A.
57. Pacheco, J.; Núñez, A.; Espinoza, A. 2010. Estabilidad fisicoquímica durante el almacenamiento refrigerado de filetes de bagre dorado (*Brachyplatystoma rousseauxii*) ahumados y empacados con y sin vacío. *Revista Científica UDO Agrícola* 10(1): 123-132.
58. Paola Agustinelli, S. 2014. Estudio del proceso de Ahumado frío de filetes de caballa (*Scomber japonicus*). Evaluación y modelado de parámetros tecnológicos (en línea). Tesis Dr. La Plata, Argentina, UNLP. Consultado 30 sept. 2016. Disponible http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/35309/Documento_completo.pdf?sequence=4
59. Paucar, A. 1994. Teoría del ahumado. X Curso Internacional Tecnología de Procesamiento de Productos Pesqueros. ITP-JICA, Callao. p. 37-45

60. Parry, R. 1995. Envasado de Alimentos en Atmósfera Modificada. Madrid, España, Ed. Madrid. p. 85-90
61. Porturas, R; Juyo, V. 2009. Estudio de la elaboración de conservas de trozos de jurel (*Trachurus picturatus murphyi*) en aceite vegetal en envases flexibles esterilizables. Anales Científicos UNALM 70 (4): 2-10.
62. Porturas, R.; Olivares, F. 2004. Guía de Prácticas de laboratorio de química de los recursos hidrobiológicos. Lima, Perú, UNALM. 56p.
63. PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2015. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola (en línea). Lima, Perú. Consultado 10 May. 2017. Disponible <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf>
64. PRODUCE (Ministerio de la Producción). 2011. Tallas mínimas de captura de los peces e invertebrados marinos y longitud mínima de malla para la extracción de recursos hidrobiológicos en el litoral (en línea). Consultado 01 Sept. 2017. Disponible <http://www2.produce.gob.pe/RepositorioAPS/3/jer/-1/tallas-minimas-captura-de-pescado.pdf>
65. Quispe, C. 1979. Procesamiento de ahumado en caliente de trucha arcoíris. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 98p.
66. Ramírez, A. 1978. Estudio tecnológico del ahumado de algunas especies marinas. Callao, Perú. 32p.
67. Rehbronn, E; Rutkowski, F. 1989. Ahumado de Pescados. Zaragoza, España, Ed. Acribia.
68. Resnik, S; Chirife, J. 1988. Proposed theoretical aw values at various temperatures for selected solutions to be used as reference sources in the range of microbial growth. Journal of Food Protection 51: 419-423.
69. Rodríguez, J. 1987. Salado: Nuevos Productos Derivados de la Pesca. Callao, Perú.
70. Rodríguez, D; Barrero, M; Kodaira, M. 2009. Evaluación física y química de filetes de bagre (*Pseudoplatystoma sp.*) salados en salmuera empacados al vacío y almacenados en refrigeración. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 59(2):206-213.

71. Saguy, S.; Moskowitz, H. 1999. Integrating the Consumer into New Product Development. *Food Technology* 53(8):68-73.
72. Salas, W. 2003. Sistemas de empaques de alimentos (en línea). Lima, Perú. Consultado 01 Sept. 2017. Disponible <http://tarwi.lamolina.edu.pe/salas/cap04saitf>.
73. SANIPES (Organismo Nacional de Sanidad Pesquera). 2016. Indicadores Sanitarios y de Inocuidad para los Productos Pesqueros y Acuícolas para Mercado Nacional y de Exportación (en línea). Lima, Perú. 91p. Consultado 07 dic. 2017. Disponible en http://www.sanipes.gob.pe/procedimientos/6_R_DE_N_057_2016_A1.pdf
74. Schweigger, E. 1947. El litoral peruano. Cia. Administradora del guano. Lima, Perú. 414p.
75. Sevilla, S. 2010. Elaboración de filetes de tilapia ahumada empacada al vacío producida en Santo Domingo de los Tsáchilas. Tesis Ing. Agroindus. Quito, Ecuador, UDLA. 250p.
76. Shahidi, F. 1998, *Flavour of Meat, Meat Products and Seafoods*. Blackie Academic. London, England. 417p.
77. Shiau, C.; Chai, T. 1985. Smoked dogfish processing and its refrigerate storage stability. *Journal of food science* 50(5): 1348-1350.
78. Sivertsvik, M.; Jeksrud, W; Rosnes, J. 2002. A review of modified atmosphere packaging of fish and fishery products-significance of microbial growth, activities and safety. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 107-127.
79. Soccol, M.; Oetterer, M.; Gallo, C. Spoto, M; Biato, D. 2005. Effects of modified atmosphere and vacuum on the shelf life of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fillets. *Brazilian Journal of Food Technology* 8: 7-15.
80. Suñen, E. 1998. Minimum inhibitory concentration of smoke wood extracts against spoilage and pathogenic microorganisms associated with foods. *Letters in Applied Microbiology* 27(1), 45-48.
81. Tello, A. 2009. Estudio del Procesamiento de Jurel (*Trachurus murphyi*) Ahumado en Caliente. Tesis Ing. Pesq. Lima, Perú, UNALM. 64p.
82. Tornes, E.; Paul, G. 1972. El ahumado del pescado. Caracas, Venezuela.

83. Tornese, M; Rossi, M; Coca, F; Cricelli, C; Troncoso, A. 2008. Epidemiología y factores de riesgo asociados al botulismo de los alimentos y al botulismo infantil. *Rev. Chil Infect* 25 (1): 22-27.
84. Tozuka, S. y Núñez, A. 1993. *Procesamiento pesquero tecnología sencilla*. Concepción, Chile. 69p.
85. Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM). 1981. Cambios físicos y químicos que sufre la materia prima por acción del procesamiento. Separata del curso: *Procesamiento de Productos Pesqueros I*. Dpto. de Tecnología Pesquera. Lima, Perú. 60p.
86. Ureña, M.; D' Arriago, M.; Giron, O. 1999. *Evaluación Sensorial de los Alimentos Aplicación Didáctica*. Lima, Perú, Ed. Agraria. 197p.
87. Valenzuela, A.; Sanhueza, J. 2003. Estudio Comparativo, en Fritura, de la Estabilidad de Diferentes Aceites Vegetales. *Investigaciones, Transferencia de Tecnología* 8(4):568-573.
88. Van Arsdel, N. y Copley, M. 1964. *Food Dehydration*. AVI Publishing, Westpoint, CT.
89. Vilca, R. 2009. *Cinética de Oxidación de Lípidos en el Proceso de Obtención de Charqui de Alpaca (Lama pacos)* (en línea). Tesis Ing. Agroindus. Puno, Perú, UNA. Consultado 26 Oct. 2017. Disponible http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/3353/Vilca_Curo_Romualdo.pdf?sequence=1&isAllowed=y
90. Waterman, J. 1978. *La producción del pescado seco*. Documento Técnico Pesca. (160). 32 p.
91. Webb, F. 1966. *Ingeniería Bioquímica*. Zaragoza, España, Ed. Acribia.
92. Welti, J.; Vergara, B. 2001. *Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad*. Puebla, México, UDLAP.
93. Zuta, José; Guevara, Ramiro. 1990. *Líneas de procesamiento de pescado y mariscos*. Callao, Perú, Ed. UNAC.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1

Evaluación sensorial para pescado fresco (Tabla de Wittfogel)

SUPERFICIE Y CONSISTENCIA PUNTOS

Superficies lisa brillante; color luminoso; mucílago claro y transparente. Consistencia firme y elástica bajo la presión de los dedos.	4
Superficie aterciopelada y sin brillo; color ligeramente pálido; mucílago lechoso y opaco; consistencia fácilmente separables de la piel.	3
Superficie granulosa y sin brillo, mucílago denso de color gris amarillento, consistencia relajada; escamas fácilmente separables de la piel.	2
Superficie muy granulosa, color sucio e impreciso; mucílago turbio, amarillento o marrón rojizo, grumoso; consistencia blanda, se quedan impresos la huella de los dedos.	1

OJOS PUNTOS

Globo ocular hinchado y abombado, córnea clara y brillante; pupila negra oscura.	4
Globo ocular plano; córnea opalescente; pupila opaca.	3
Globo ocular hundido; córnea acuosa y turbia; pupila gris lechosa.	2
Globo ocular contraído; córnea turbia, pupila opaca cubierta de mucílago turbio gris amarillento.	1

BRANQUIAS PUNTOS

Color rojo sanguíneo, mucosa clara, transparente y filamentosa.	4
Color rosa pálido, mucosa opaca.	3
Color rojo grisáceo y acuoso, mucosa lechosa, turbia y densa.	2
Color sucio, marrón rojizo; mucosa turbia gris y grumosa.	1

CAVIDAD ABDOMINAL Y ÓRGANOS**PUNTOS**

Superficie de corte de los lóbulos ventrales con coloración natural, sin decoloración, lisos y brillantes; peritoneo liso, brillante y muy firme; riñones y demás órganos (excepto partes del estómago e intestino), así como la sangre aórtica, de color rojo profundo.	4
Superficie de los lóbulos ventrales aterciopelados y sin brillo; zona rojiza a lo largo de la espina central; riñones y demás órganos de color rojo pálido, como laca.	3
Superficie de corte de los lóbulos ventrales amarillentos; peritoneo granuloso, áspero y separable del cuerpo; riñones y demás órganos, así como la sangre aórtica de color marrón rojizo.	2
Superficie de corte de los lóbulos ventrales turbios y pegajosos; peritoneo fácilmente desgranable; riñones y demás órganos turbios y pastosos; sangre acuosa de color marrón sucio, con tonos violetas.	1

OLOR (Practicarlos en la superficie, branquias, cavidad abdominal)**PUNTOS**

Fresco como el agua de mar	4
Ya no como el agua de mar, pero fresco y específico.	3
Olor neutral o ligeramente ácido, parecido al de la leche o al de la cerveza.	2
Olor pesado o rancio, a pescado con TMA (amoníaco)	1

CALIFICATIVO

Calidad extra	18-20 puntos
Buena calidad	13-18 puntos
Calidad media	08-13 puntos
Recusable	Menos de 08 puntos

ANEXO 2

Tabla de evaluación de madurez sexual Grupo Maier

ESTADIO	TESTÍCULO	OVARIO
I	Testículos pequeños, vidriosos, transparentes, sin color o algo grisáceos.	Ovario vidrioso, transparente, pequeño y con paredes tirantes. Los óvulos no se pueden ver a simple vista, bajo el microscopio se les puede ver como pequeñas células transparentes y poligonales de tamaños diversos. Bajo la lupa las paredes ováricas internas son homogéneas.
II	Testículos pequeños, turbios, ligeramente rojizos y algo transparentes.	Ovario poco transparente, rojizo o rojo grisáceo, de paredes tirantes y pequeñas. Los lóbulos se pueden reconocer con la lupa como células redondeadas y transparentes, pero todavía hay óvulos como en el estadio I.
III	Testículos pequeños, rojizos, con vasos sanguíneos opacos.	Ovario totalmente opaco, naranja a rojo blanquizado, relativamente pequeño (la mitad del tamaño definitivo), muy rollizo. Óvulos se pueden notar a simple vista, se hacen algo opacos y toman color anaranjado por el vitelo que comienza a formarse y puede reconocerse al microscopio.
IV	Testículos pequeños, rojo-blanquizados, tirantes, con pocos vasos sanguíneos. Cuando se les aprieta no sale líquido.	Ovario totalmente opaco, naranja a rojo blanquizado, relativamente pequeño (la mitad del tamaño definitivo), muy rollizo. Óvulos se pueden notar a simple vista, con vitelo de un color naranja o rojo blanquizado. Por estar muy pegados unos a otros, pueden tomar la forma poligonal.

V	Testículos totalmente opacos, blancos con la longitud definitiva; rollizo-tirante; libera líquido blanco cuando se le aprieta.	Ovario opaco, naranja o rojo blanquizco. Ha alcanzado el tamaño y peso definitivos. Los óvulos como en IV, pero nuevamente bien redondeados.
VI	Igual al anterior pero libera líquido lechoso; tiene las paredes bien estiradas.	Ovario rojo grisáceo, haciéndose algo transparente, con algunos puntos naranjas. La misma longitud que en V. La mayor parte de los óvulos se han hecho transparentes y se deslizan con facilidad.
VII	Testículos opacos, blancos con algo rojizo, liberan todavía esperma; algo acortados y con paredes distendidas.	Ovarios gris a rojo oscuro, transparentes, algo acortados. Las paredes se arrugan y tienen algunos vasos sanguíneos. Ningún óvulo opaco.
VIII	Testículos rojos o gris-rojizos, muy cortos, no sale esperma; paredes muy suaves y con muchos vasos sanguíneos. Luego continua como en el Estadio II y siguientes.	Ovario de color rojo y transparente, claramente acortado. Paredes muy suaves, rugosas, con vasos sanguíneos. De los óvulos blancos, quedan muy pocos, estando algo aplastados y en reabsorción. Luego continua como en el Estadio II y siguientes.

Tanto para el caso del macho como de la hembra, los Estadios VII y VIII indican que se ha liberado esperma u óvulos y que se reinicia un periodo de maduración.

ANEXO 3

Tabla base para la evaluación sensorial de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados.

	PUNTAJE
A. SABOR	
– Salado, muy agradable y característico a humo.	3
– Salado, agradable y característico a humo.	2
– Salado y ligeramente rancio.	1
– Desagradable y rancio.	0
B. OLOR	
– Muy agradable olor a humo.	3
– Suave olor a humo y agradable.	2
– Sin olor a humo.	1
– Olor extraño, diferente a humo.	0
C. COLOR	
– Marrón dorado claro brillante.	3
– Marrón dorado, ligeramente oscuro	2
– Marrón oscuro y poco brillo.	1
– Marrón oscuro sin brillo.	0
D. TEXTURA AL TACTO	
– Firme	3
– Ligeramente firme	2
– Blando en toda la superficie	1
– Húmedo y pegajoso a la presión táctil	0
E. APARIENCIA GENERAL	
– Brillo uniforme y apariencia lisa	3
– Poco brillo y ligeramente rugoso	2
– Opaco y rugoso	1
– Opaco y muy rugoso	0

CALIFICATIVO

Excelente.....	13-15 puntos
Muy bueno.....	11-12 puntos
Bueno.....	9-10 puntos
Aceptable.....	7-8 puntos
Malo.....	<7 puntos

ANEXO 4

Ficha de evaluación de la aceptabilidad de trozos de bonito salados, deshidratados, ahumados y envasados al vacío.

Producto: _____ Fecha: _____

Indique que tanto le gusta o disgusta la muestra, según la escala:

1. Me disgusta mucho
2. Me disgusta
3. Me disgusta ligeramente
4. Ni me gusta ni me disgusta
5. Me gusta ligeramente
6. Me gusta
7. Me gusta mucho

Asigne la calificación correspondiente a cada propiedad

Apariencia general _____
Textura _____
Olor _____
Color _____
Sabor _____

ANEXO 5

Formato para la prueba de preferencia según el atributo sabor entre cuatro (4) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 2)

Se presentan cuatro (4) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (M_1, M_2, M_3, M_4) con diferentes concentraciones de sal. Se pide clasificar las cuatro (4) muestras según el grado de preferencia, tomando en cuenta la escala que se presenta a continuación:

- 6 Excelente
- 5 Muy bueno
- 4 Bueno
- 3 Regular
- 2 Malo
- 1 Muy malo

Puede haber muestras con igual preferencia y les puede asignar el mismo puntaje.

Panelista	M_1	M_2	M_3	M_4

Observaciones:

ANEXO 6

Resultados de la prueba de preferencia según el atributo sabor entre las diferentes muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 2)

Calificaciones asignadas por los panelistas

Panelistas	M₁	M₂	M₃	M₄
1	2	5	4	3
2	3	4	5	5
3	2	5	4	3
4	2	4	4	2
5	3	5	5	4
6	3	5	5	3
7	3	6	5	4
8	2	4	4	3
9	2	6	4	3
10	2	5	5	4
11	5	6	4	3
12	3	6	5	3
13	4	5	5	3
14	4	6	6	3
15	3	4	5	5

Muestra M1: Tratamiento T1

Muestra M2: Tratamiento T2

Muestra M3: Tratamiento T3

Muestra M4: Tratamiento T4

Puntajes asignados según recomendaciones de la prueba de Friedman

Panelistas	T1	T2	T3	T4
1	1	4	3	2
2	1	2	3,5	3,5
3	1	4	3	2
4	1,5	3,5	3,5	1,5
5	1	3,5	3,5	2
6	1,5	3,5	3,5	1,5
7	1	4	3	2
8	1	3,5	3,5	2
9	1	4	3	2
10	1	3,5	3,5	2
11	3	4	2	1
12	1,5	4	3	1,5
13	2	3,5	3,5	1
14	2	3,5	3,5	1
15	1	2	3,5	3,5
Σ	R₁=20,5	R₂=52,5	R₃=48,5	R₄=28,5

Hipótesis

Hp: Las cuatro (4) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados no presentan diferencias significativas en cuanto a su preferencia al contenido de sal.

Ha: Al menos una de las cuatro (4) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados presenta diferencias significativas en cuanto a su preferencia al contenido de sal.

α : 0.05

Estadístico de Prueba

Cálculo de los valores de A y B:

$$A = \sum_{i=1}^4 \sum_{j=1}^{15} \{(1)^2 + (4)^2 + \dots + (3,5)^2 + (3,5)^2\} = 444$$

$$B = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^4 [(20,5)^2 + (52,5)^2 + (48,5)^2 + (28,5)^2] = 422,73$$

Calculando el estadístico correspondiente:

$$T = \frac{(4 - 1) \left[(15)(422,73) - \frac{(15)^2(4)(4 + 1)^2}{4} \right]}{444 - \frac{(15)(4)(4 + 1)^2}{4}} = 31,13$$

Criterios de decisión

Si $T \leq X^2_{(0,95,3)} = 7,815$ se acepta la H_p

Si $T > X^2_{(0,95,3)} = 7,815$ se rechaza la H_p

Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística, al 5% de nivel de significación, para rechazar H_p , por lo que podemos afirmar que al menos una de las cuatro (4) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados presenta diferencias significativas en cuanto a su preferencia al contenido de sal. Debido a esto, se procedió a realizar la comparación por pares de muestras, para lo cual se realiza la prueba de múltiples comparaciones.

Prueba de Múltiples Comparaciones

H_p ': Las dos (2) muestras comparadas no presentan diferencias significativas entre sí, en cuanto a su preferencia.

H_a ': Las dos (2) muestras comparadas presentan diferencias significativas entre sí, en cuanto a su preferencia.

α : 0.05

Estadístico de Prueba

Calculando el estadístico correspondiente:

$$F = t_{(1-\frac{0.05}{2}, (15-1)(4-1))} \sqrt{\frac{2(15)(444 - 422.73)}{(15 - 1)(4 - 1)}}$$

$$F = (2,018)(3.897) = 7.86$$

Criterios de decisión

Si $|R_i - R_j| > F$ se rechaza la H_p'

Si $|R_i - R_j| \leq F$ se acepta la H_p'

Comparaciones	$R_i - R_j$	Significancia
T1-T2	32	SI
T1-T3	28	SI
T1-T4	8	SI
T2-T3	4	NO
T2-T4	24	SI
T3-T4	20	SI

ANEXO 7

Formato de evaluación para establecer diferencias según el atributo textura entre dos muestras de trozos de bonitos salados, deshidratados y ahumados (Experimento 3)

Se presentan 3 pares de muestras de trozos de bonito. En lo referido a la textura, diga Ud. Si existe diferencia o no entre las muestras presentadas.

PAR DE MUESTRAS	NO EXISTE DIFERENCIA	SI EXISTEN DIFERENCIAS
A		
B		
C		

Observaciones:

ANEXO 8

Resultados de la evaluación para establecer diferencias según el atributo textura entre dos muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 3)

Resultados de la prueba de diferencias entre dos muestras de trozos de bonito

PANELISTA	NO EXISTEN DIFERENCIAS	SI EXISTEN DIFERENCIAS
1	1	2
2	0	3
3	0	3
4	0	3
5	1	2
6	1	2
7	0	3
8	0	3
9	0	3
10	0	3
11	0	3
12	0	3
13	0	3
14	0	3
15	0	3

El procedimiento que se siguió fue el de la prueba **T de Student**:

Hp: No existen diferencias entre las muestras

Ha: Si existen diferencias entre las muestras

α : 0.05

Criterios de Decisión:

Se acepta la Hp si $T_{cal} \leq T_{tab(1-\alpha, n-1)}$

Se rechaza la Hp si $T_{cal} > T_{tab(1-\alpha, n-1)}$

Desarrollo de la prueba estadística:

- Determinación del número de respuestas acertadas
- Determinación del número de respuestas totales
- Cálculo del valor de la media:

$$M = np$$

- Cálculo de la Desviación estándar:

$$S = npq$$

- Cálculo del valor de T calculado:

$$T_{cal} = \frac{X - np}{npq}$$

Donde:

X = Número total de aciertos

n = Número total de ensayos

p = Probabilidad de ocurrencia del evento (0,5)

q = Probabilidad de la no ocurrencia del evento (0,5)

Solución:

$$M = 45 \times 0,5 = 22,5$$

$$S = 45 \times 0,5 \times 0,5 = 11,25$$

$$T_{\text{cal}} = \frac{42 - 22,5}{11,25} = 1,733$$

$$T_{(0,95;44)} = 1,681$$

Conclusión:

Existe suficiente evidencia estadística, al 5% de nivel de significación, para rechazar H_0 , por lo que podemos afirmar que existen diferencias entre las muestras.

ANEXO 9

Cálculos realizados para determinar las curvas de velocidad de secado

Tiempo		W (Kg)	Humedad libre (X) (Kg _{agua} /Kg _{s.s})	Dt	dX	dX/dt	Velocidad de secado (R) (Kg _{agua} /m ² . h)
(h)	(min)						
0,000	0	0,300	2,692	-	-	-	-
0,333	20	0,286	2,519	0,333	-0,173	-0,519	0,157
0,667	40	0,270	2,322	0,333	-0,198	-0,593	0,179
1,000	60	0,253	2,110	0,333	-0,212	-0,637	0,193
1,333	80	0,235	1,895	0,333	-0,215	-0,644	0,195
1,667	100	0,218	1,677	0,333	-0,217	-0,652	0,197
2,000	120	0,200	1,461	0,333	-0,216	-0,648	0,196
2,333	140	0,183	1,247	0,333	-0,215	-0,644	0,195
2,667	160	0,167	1,045	0,333	-0,201	-0,604	0,183
3,000	180	0,152	0,863	0,333	-0,183	-0,548	0,166
3,333	200	0,139	0,708	0,333	-0,154	-0,463	0,140
3,667	220	0,129	0,585	0,333	-0,123	-0,370	0,112
4,000	240	0,121	0,484	0,333	-0,101	-0,304	0,092
4,333	260	0,114	0,396	0,333	-0,088	-0,263	0,080
4,667	280	0,108	0,326	0,333	-0,070	-0,211	0,064
5,000	300	0,104	0,269	0,333	-0,057	-0,170	0,052
5,333	320	0,100	0,219	0,333	-0,049	-0,148	0,045
5,667	340	0,096	0,176	0,333	-0,043	-0,130	0,039
6,000	360	0,093	0,138	0,333	-0,038	-0,115	0,035
6,333	380	0,090	0,105	0,333	-0,033	-0,099	0,030
6,667	400	0,088	0,077	0,333	-0,028	-0,083	0,025
7,000	420	0,086	0,055	0,333	-0,022	-0,065	0,020
7,333	440	0,085	0,041	0,333	-0,014	-0,043	0,013
7,667	460	0,084	0,031	0,333	-0,010	-0,031	0,010
8,000	480	0,084	0,022	0,333	-0,009	-0,027	0,008
8,333	500	0,083	0,014	0,333	-0,008	-0,024	0,007
8,667	520	0,082	0,006	0,333	-0,007	-0,022	0,007
9,000	540	0,082	0,000	0,333	-0,006	-0,019	0,006

W : peso de la muestra (agua+sólido seco)

Ws : peso de sólido seco

X : contenido de humedad de libre

R : velocidad de secado = - (Ls/A)(dX/dt)

A : área de exposición

Ls : kilogramos de sólido seco.

ANEXO 10

Formato para la prueba de preferencia según los atributos olor y sabor entre tres (3) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 5)

Se presentan tres muestras (3) de trozos de bonito salado, deshidratado y ahumado con diferentes tiempos de ahumado. Se pide clasificar las tres muestras (3) según el grado de preferencia, tomando en cuenta la escala que se presenta a continuación:

3 para el de mayor preferencia

2 para el de mediana preferencia

1 para el de menor preferencia

Puede haber muestras con igual preferencia y les puede asignar el mismo puntaje.

Panelista	M ₁	M ₂	M ₃

Observaciones:

ANEXO 11

Resultados de la prueba de preferencia según los atributos olor y sabor entre las diferentes muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados (Experimento 5)

Panelista	M1	M2	M3
1	2	2	2
2	3	2	1
3	3	2	1
4	2	1	1
5	3	2	1
6	3	2	2
7	3	2	1
8	2	3	3
9	3	2	1
10	2	2	1
11	3	2	1
12	3	2	1
13	3	2	2
14	3	2	1
15	2	3	3

Muestra M1: Tratamiento T7

Muestra M2: Tratamiento T8

Muestra M3: Tratamiento T9

Puntajes asignados según las recomendaciones de la prueba de Friedman

Panelista	T7	T8	T9
1	2	2	2
2	3	2	1
3	3	2	1
4	3	1,5	1,5
5	3	2	1
6	3	1,5	1,5
7	3	2	1
8	1	2,5	2,5
9	3	2	1
10	2,5	2,5	1
11	3	2	1
12	3	2	1
13	3	1,5	1,5
14	3	2	1
15	1	2,5	2,5
Σ	R₁=39,5	R₂=30	R₃=20,5

Hipótesis

Hp: Las tres (3) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados no presentan diferencias significativas en cuanto a su preferencia al tiempo de ahumado.

Ha: Al menos una de las tres (3) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados presenta diferencias significativas en cuanto a su preferencia al tiempo de ahumado.

α: 0.05

Estadístico de Prueba

Cálculo de los valores de A y B:

$$A = \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^{15} \{(2)^2 + (2)^2 + \dots + (2,5)^2 + (2,5)^2\} = 205$$

$$B = \frac{1}{15} \sum_{i=1}^3 [(39,5^2) + (30)^2 + (20,5)^2] = 192,03$$

Calculando el estadístico correspondiente:

$$T = \frac{(3 - 1) \left[(15)(192,03) - \frac{(15)^2(3)(3 + 1)^2}{4} \right]}{205 - \frac{(15)(3)(3 + 1)^2}{4}} = 14,44$$

Criterios de decisión

Si $T \leq X^2_{(0,95,2)} = 5,991$ se acepta la H_p

Si $T > X^2_{(0,95,2)} = 5,991$ se rechaza la H_p

Conclusión

Existe suficiente evidencia estadística, al 5% de nivel de significación, para rechazar H_p , por lo que podemos afirmar que al menos una de las tres (3) muestras de trozos de bonito salados, deshidratados y ahumados presenta diferencias significativas en cuanto a su preferencia por el tiempo de ahumado. Debido a esto, se procedió a realizar la comparación por pares de muestras, para lo cual se realiza la prueba de múltiples comparaciones.

Prueba de Múltiples Comparaciones

H_p ': Las dos (2) muestras comparadas no presentan diferencias significativas entre sí, en cuanto a su preferencia.

H_a ': Las dos (2) muestras comparadas presentan diferencias significativas entre sí, en cuanto a su preferencia.

α : 0.05

Estadístico de Prueba

Calculando el estadístico correspondiente:

$$F = t_{(1-\frac{0.05}{2}, (15-1)(3-1))} \sqrt{\frac{2(15)(205 - 192.03)}{(15 - 1)(3 - 1)}}$$

$$F = (2,018)(3.897) = 7.63$$

Criterios de decisión

Si $|R_i - R_j| > F$ se rechaza la H_p'

Si $|R_i - R_j| \leq F$ se acepta la H_p'

Comparaciones	$R_i - R_j$	Significancia
T7-T8	9.5	SI
T7-T9	19	SI
T8-T9	9.5	SI

ANEXO 12

Resultados en porcentaje de las encuestas de la prueba sensorial

PUNTAJE	CATEGORÍA	APARIENCIA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
7	Me gusta mucho	5,0	22,5	10,0	10,0	12,5
6	Me gusta	40,0	62,5	60,0	57,5	55,0
5	Me gusta ligeramente	35,0	10	20,0	17,5	10,0
4	Ni me gusta ni me disgusta	12,5	5	10,0	15,0	15,0
3	Me disgusta ligeramente	7,5	0	0,0	0,0	7,5
2	Me disgusta	0,0	0	0,0	0,0	0,0
1	Me disgusta mucho	0,0	0	0,0	0,0	0,0

Elaboración propia

ANEXO 13

Especificaciones Técnicas del Empaque

PROPIEDADES	VALORES	TOLERANCIA	UNIDADES
Calibre	70	±10%	micras
Gramaje	68,2	±10%	g/m ²
Rendimiento	14,6	±10%	m ² / kg
Transmisión de vapor de agua	8,4	-	g/(m ² * 24hr * atm)
Transmisión de oxígeno	64,5	-	cc/(m ² * 24hr * atm)
Temperatura de sellado	160	±5%	°C
Tiempo de sellado	≥ 0.7	-	segundo
Fuerza de sellado	≥ 2.6	-	kgf / pulg

FUENTE: ALICO (2017)