

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

---

---

**Influencia de los procesos de semirefinación  
en la vida útil del aceite de pescado**

---

---

**Tesis para obtener el título profesional de  
Ingeniero Agroindustrial**

**Autor:**

**Bach. Vásquez Llanos, Ángel Rafael**

**Asesor:**

**Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino**  
**DNI. N° 32975182**  
**Código ORCID: 0000-0003-0488-5726**

**Nuevo Chimbote - Perú**  
**2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**CARTA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR**

La presente Tesis para Título ha sido revisada y desarrollada en cumplimiento del objetivo propuesto y reúne las condiciones formales y metodológicas, estando dentro de las áreas y líneas de investigación conforme al Reglamento General para obtener el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa (R.D. N° 580-2022-CU-R-UNS) de acuerdo con la denominación siguiente:

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL**

**“INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE SEMIREFINACION EN LA VIDA ÚTIL DEL ACEITE DE PESCADO”**

**AUTORA:** Bach. Vásquez Llanos Angel Rafael

**ASESOR**

**Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino**

DNI: 32975182

Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL**



**HOJA DEL AVAL DEL JURADO EVALUADOR**

El presente trabajo de tesis titulado **“INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE SEMIREFINACION EN LA VIDA ÚTIL DEL ACEITE DE PESCADO”**, para obtener el título profesional de Ingeniero Agroindustrial, presentado por el Bachiller **Vásquez Llanos Angel Rafael**, que tiene como asesor al **Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino** designado mediante la Resolución Decanal N° 637-2022-UNS-FI ha sido revisado y aprobado, el día 15 de abril del 2025, por el siguiente jurado evaluador designado mediante Resolución N° 082-2025-UNS-CFI.

**Dr. Castillo Martínez, Williams Esteward**  
Presidente  
DNI: 40169364  
Código ORCID: 0000-0001-6917-1009

**Dr. Domínguez Castañeda, Jorge Marino**  
Secretario  
DNI: 32975182  
Código ORCID: 0000-0003-0488-5726

**Dr. Sánchez Vaca, Daniel Ángel**  
Integrante  
DNI: 18146173  
Código ORCID: 0000-0003-4326-1852



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**E.P. INGENIERIA AGROINDUSTRIAL**

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**

Siendo las 11.30 horas del día 15 de abril del año dos mil veinticinco, se instalaron en el aula multimedia de la EPIA – 1er piso, el Jurado Evaluador, designado mediante T/Resolución N°082-2025-UNS-CFI integrado por los docentes:

- **Dr. Williams Esteward Castillo Martínez** (Presidente)
- **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda** (Secretario)
- **Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca** (Integrante)

Para dar inicio a la Sustentación del Informe Final de Tesis titulado: **"INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE SEMIREFINACIÓN EN LA VIDA ÚTIL DEL ACEITE DE PESCADO"**, elaborado por el Bachiller en Ingeniería Agroindustrial:

• **VÁSQUEZ LLANOS ÁNGEL RAFAEL**

Asimismo, tienen como Asesor al docente: **Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda**

Finalizada la sustentación, el Tesista respondió las preguntas formuladas por los miembros del Jurado Evaluador. El Jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados al estudio, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Artículo 103° del Reglamento de Grados y títulos de la Universidad Nacional del Santa, declaran:

NOMBRES Y APELLIDOS	NOTA VIGESIMAL	CONDICIÓN
ANGEL RAFAEL VÁSQUEZ LLANOS	19	EXCELENTE

Siendo las 13.00 horas del mismo día, se dio por terminada dicha sustentación, firmando en señal de conformidad el Jurado Evaluador.

Nuevo Chimbote, 15 de abril de 2025

**Dr. Jorge Marino Domínguez Castañeda**  
Secretario

**Dr. Williams Esteward Castillo Martínez**  
Presidente

**Dr. Daniel Ángel Sánchez Vaca**  
Integrante

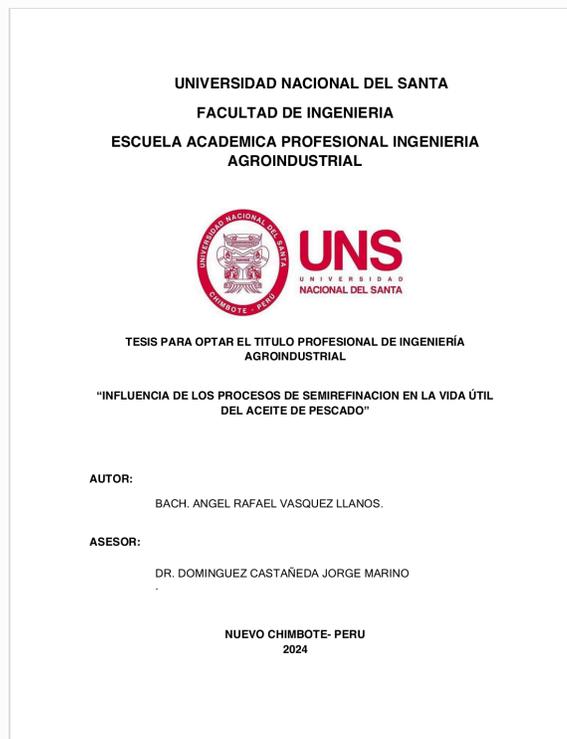


## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: user user  
Título del ejercicio: INFLUENCIA DE LOS PROCESOS DE SEMIREFINACION EN LA VI...  
Título de la entrega: INFORME FINAL DEFINITIVO.pdf  
Nombre del archivo: INFORME\_FINAL\_DEFINITIVO.pdf  
Tamaño del archivo: 2.9M  
Total páginas: 78  
Total de palabras: 11,811  
Total de caracteres: 66,069  
Fecha de entrega: 23-abr.-2025 11:54a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entrega: 2654722154



# INFORME FINAL DEFINITIVO.pdf

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>23%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>23%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>3%</b> PUBLICACIONES	<b>5%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uns.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>13%</b>
<b>2</b>	<b>aprenderly.com</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.unica.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.unaj.edu.pe:8080</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>www.slideshare.net</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>Submitted to North Eastern Regional Institute of Science and Technology</b> Trabajo del estudiante	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>9</b>	<b>qdoc.tips</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>10</b>	<b>www.repositorio.usac.edu.gt</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>11</b>	<b>www.revistas.unitru.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a mi madre y a mi familia, quienes siempre han sido mi mayor apoyo y fuente de inspiración.*

*Su amor y sacrificio me han motivado a perseguir mis sueños y alcanzar mis metas.*

*A mis profesores, por su dedicación y por compartir su conocimiento, guiándome en este camino académico.*

*Y a mis amigos, por su compañía y aliento en los momentos de desafío. Este logro es también de ustedes.*

## AGRADECIMIENTO

*Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han hecho posible la realización de esta tesis.*

*En primer lugar, agradezco a mi asesor, el Dr. Domínguez Castañeda Jorge Marino, por su invaluable orientación, apoyo y paciencia a lo largo de este proceso. Su conocimiento y experiencia han sido fundamentales para el desarrollo de este trabajo.*

*A mi madre, por su amor incondicional y por ser mi motivo para seguir adelante.*

*A mis compañeros de la Universidad Nacional del Santa y de la empresa Doil International SAC, por su familiaridad y por compartir este avance académico. Cada uno de ustedes ha contribuido a hacer de esta experiencia algo memorable.*

*Finalmente, agradezco a todas las personas que, de alguna manera, han influido en mi formación y crecimiento personal. Su apoyo ha sido esencial en este camino.*

## INDICE GENERAL

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	ii
AVAL DEL JURADO.....	iii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT .....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	12
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. Definición de aceite crudo de pescado .....	15
2.2. Componentes del aceite de pescado.....	16
2.2.1. Impurezas:.....	16
2.2.1.1. Partículas insolubles.....	16
2.2.1.2. Materias solubles .....	16
2.2.1.3. Materias en suspensión coloidal .....	16
2.2.2. Triglicérido .....	16
2.2.2.1. Ácidos grasos saturados .....	16
2.2.2.2. Ácido Ácidos grasos poliinsaturados .....	17
2.3. Descomposición del aceite de pescado.....	17
2.3.1. Lipólisis .....	17
2.4.1. Auto-oxidación .....	18
2.4. Formación de productos de oxidación primaria y oxidación secundaria en el aceite .....	19
2.5. Definición de Semirrefinado de aceite de pescado .....	21
2.6. Procesos de semirrefinación de aceite de pescado .....	21
2.7.1. Desgomado.....	21
2.7.2. Neutralizado .....	22
2.7.3. Lavado .....	24
2.7.4. Decolorado.....	25

2.7.	Métodos empleados para determinar la oxidación de los aceites .....	26
2.7.1.	Índice del Peróxido.....	26
2.7.2.	Índice de la p-Anisidina .....	26
2.7.3.	Í% acidez.....	27
2.7.4.	% Humedad y Solidos .....	27
2.7.5.	Método Rancimat .....	28
III.	MATERIALES Y METODOS .....	29
3.1.	Materiales, equipos e instrumentos.....	29
3.1.1.	Materiales.....	29
3.1.1.1.	Materia Prima.....	49
3.1.1.2.	Reactivos. ....	29
3.1.1.3.	Materiales de vidrio. ....	30
3.1.1.4.	Otros materiales.....	30
3.1.2.	Equipos .....	30
3.2.	Metodología de Análisis .....	32
3.2.1.	Análisis físico-químico .....	32
3.2.2.	Análisis del Proceso de semirrefinación de aceite crudo de pescado.....	36
3.2.3.	Análisis para la vida útil mediante el método Rancimat.....	39
3.3.	Procedimiento .....	40
3.3.1.	Recepción de la Materia Prima .....	40
3.3.2.	Homogenización .....	42
3.3.3.	Pesado .....	42
3.3.4.	Dilución .....	42
3.3.5.	Análisis del proceso de semirrefinación del aceite de pescado .....	43
3.3.6.	Análisis de vida útil por el método Rancimat.....	43
3.3.7.	Influencia de los procesos de semirrefinación en la vida útil por el método Rancimat.....	43

3.4.	Diseño Experimental.....	63
3.4.1.	Flujo del diseño experimental del aceite de pescado crudo.....	44
3.4.2.	Variables.....	45
3.4.2.1.	Variables independientes.....	45
3.4.2.2.	Variables dependientes.....	45
3.5.	Diseño estadístico.....	46
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	48
4.1.	Objetivo 1.....	48
4.2.	Objetivo 2.....	50
4.3.	Objetivo 3.....	52
4.3.1.	Mecanismo de acción de los antioxidantes.....	52
4.3.2.	Eficiencia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite de pescado.....	58
VI.	CONCLUSIONES.....	59
VII.	RECOMENDACIONES.....	60
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	61
IX.	ANEXOS.....	63

## ÍNDICE DE TABLAS.

TABLA N°1: Componentes del aceite. ....	20
TABLA N°2: Factores que influyen en el aumento de anisidina en aceites. ....	22
TABLA N°3: mecanismo de oxidación de aceites.....	23
TABLA N°4: Parámetros Óptimos de procesos de semirrefinado .....	44
TABLA N°5: parámetros fisicoquímicos del aceite.....	47
TABLA N°6: Diseño de bloque completamente al azar con arreglo factorial .....	50
TABLA N°7: Calidad del aceite semirrefinado de pescado. ....	52
TABLA N°8: Valores de la extrapolación a 25°C. ....	54
TABLA N°9: 3 Datos de tiempo de inducción a 3 temperaturas de cada proceso del aceite de pescado .....	57
TABLA N°10: Tiempo de inducción del aceite de pescado por cada proceso del aceite de pescado .....	57
TABLA N°11: Tiempo de Inducción (horas) a 70 °C .....	58
TABLA N°12: ANOVA de Tiempo de Inducción (horas) a 70 °C .....	58
TABLA N°13: TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 70 °C.....	58
TABLA N°14: Análisis de ANOVA y TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 70 ° .....	58
TABLA N° 15: La prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey al 95%. ....	59
TABLA N°16: Tiempo de Inducción (horas) a 80 °C .....	60
TABLA N°17: ANOVA de Tiempo de Inducción (horas) a 80 °C .....	60
TABLA N°18: TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 80 °C.....	60
TABLA N°19: Análisis de ANOVA y TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 80 °C .....	60
TABLA N° 20: La prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey al 95%.....	61

TABLA N°21: Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C .....	62
TABLA N°22: ANOVA de Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C .....	62
TABLA N°23: TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C.....	62
TABLA N°24: Análisis de ANOVA y TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C .....	62
TABLA N°25: La prueba de Diferencia Significativa Honesta (DSH) de Tukey al 95%.....	63
TABLA N°26: Tiempo de Inducción (horas) a 70, 80 y 90 °C .....	64
TABLA N°27: ANOVA de Tiempo de Inducción (horas) a 70, 80 y 90 °C .....	64
TABLA N°28: TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 70, 80 y 90 °C .....	64
TABLA N°29: Análisis de ANOVA y TUKEY de Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C .....	64
TABLA N° 30: Eficacia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite crudo de pescado.....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA N°1: Formación y Descomposición de peróxidos por tiempo .....	24
FIGURA N°2: Formación de anisidina por tiempo.....	25
FIGURA N°3: Diagrama de flujo del procesamiento del aceite de pescado en estudio. ....	40
FIGURA N°4: Diagrama de flujo de estabilizado/desgomado del aceite de pescado .....	40
FIGURA N°5: Diagrama de flujo de neutralizado del aceite de pescado .....	41
FIGURA N°6: Diagrama de flujo de decolorado/blanqueado del aceite de pescado .....	42
FIGURA N°7: Diagrama de flujo para la vida útil del aceite crudo depescado.....	43
FIGURA N°8: Diagrama de flujo del diseño experimental de la investigación.....	48
FIGURA N°9: Grafico de medias a 80°C.....	59
FIGURA N°10: Grafico de medias a 90°C.....	61
FIGURA N°11: Grafico de medias a 90°C.....	63

## ÍNDICE DE GRAFICOS.

GRAFICO N°1: VIDA UTIL por extrapolación a 25 °C del Aceite Crudo .....	54
GRAFICO N°2: VIDA UTIL por extrapolación a 25 °C del Aceite Estabilizado.....	55
GRAFICO N°3: VIDA UTIL por extrapolación a 25 °C del Aceite Neutralizado ....	55
GRAFICO N°4: VIDA UTIL por extrapolación a 25 °C del Aceite Semirrefinado ..	56

## ÍNDICE DE ANEXOS.

ANEXO N°1: Aceite crudo de pescado .....	70
ANEXO N°2: Estabilizado de aceite de pescado .....	70
ANEXO N°3: Neutralizado de aceite de pescado .....	71
ANEXO N°4: Lavado de aceite de pescado .....	71
ANEXO N°5: Decolorado de aceite de pescado .....	72
ANEXO N°6: Etapas de semirrefinación de aceite de pescado .....	72
ANEXO N°7: Equipos de laboratorio .....	73
ANEXO N°8: Informe del análisis de laboratorio de la UNS - Método Rancimat..	74
ANEXO N°9: Informe del análisis de laboratorio de Doil International S.A.C- Análisis Físicoquímicos .....	78
ANEXO N°10: HACCP de Doil International S.A.C- Análisis Físicoquímicos .....	82

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue determinar si las etapas de semirrefinación del aceite de pescado afectan la vida útil. El estudio consistió en la toma de muestras de aceite crudo, estabilizado, neutralizado y decolorado. Los aceites fueron caracterizados mediante análisis fisicoquímico como el % de acidez, % de humedad y los índices de anisidina y de peróxido, luego, mediante el método de Rancimat, a temperaturas de 70, 80 y 90°C con flujo de aire a 20 L/h, se determinó los tiempos de inducción, que fueron extrapolados y analizados estadísticamente para cuantificar el tiempo de vida útil de los aceites. Los resultados mostraron que con valores más altos de acidez (0.10-2.17%), humedad (0.01-0.5%), índice de anisidina (20-26.9) e índice de peróxido (1-2), correspondieron a los aceites crudos, mientras que los valores más bajos, lo presentaron los aceites que pasaron por los procesos de estabilizado, neutralizado y decolorado, asimismo, que los aceites de pescado a medida que se les incrementó la temperatura desde 70, 80 hasta 90°C, fueron inducidos más rápido para dar inicio a la oxidación y como tal, el tiempo de vida útil de los aceites de pescado crudo y decolorado de 29 y 22.20 días, fueron influenciados por las etapas de semirrefinación.

**Palabras Clave:** Refinación, aceite de pescado, vida útil, oxidación.

## ABSTRACT

The objective of the research was to determine whether the semi-refining stages of fish oil affect shelf life. The study consisted of taking samples of crude oil, stabilized, neutralized and decolorized. The oils were characterized by physicochemical analysis such as % acidity, % moisture and anisidine and peroxide indices, then, by the Rancimat method, at temperatures of 70, 80 and 90°C with air flow at 20 L/h, the induction times were determined, which were extrapolated and statistically analyzed to quantify the shelf life of the oils. The results showed that with higher values of acidity (0.10-2.17%), humidity (0.01-0.5%), anisidine index (20-26.9) and peroxide index (1-2), corresponded to crude oils, while the lowest values were presented by oils that went through the processes of stabilization, neutralization and decolorization, likewise, than fish oils as the temperature increased from 70, 80 to 90°C, were induced faster to initiate oxidation and as such, the shelf life of raw and bleached fish oils of 29 and 22.20 days, were influenced by the semi-refining stages.

**Keywords:** Refinement, fish oil, useful life, oxidation.

## I. INTRODUCCIÓN.

Un subproducto del proceso de producción de harina de pescado, que es obtenido mediante el prensado de anchovetas (*Engraulis ringens*), que separa los componentes sólidos y líquidos de la materia prima, es el aceite de pescado crudo. No existían parámetros de control del aceite de pescado, ya que era considerado un desecho, debido a las investigaciones posteriores revelaron que el aceite de pescado tenía un alto valor nutritivo por estar compuesto de ácidos grasos omega 3 decisivo para la buena función del sistema inmunitario, adquiriendo por ello un alto valor en el mercado. (Valenzuela, Sanhueza y de la Barra, 2012). En tanto, las reacciones de oxidación de los aceites se producen fundamentalmente en los ácidos grasos insaturados de los triglicéridos; siendo el aceite de pescado rico en esta clase ácidos grasos (omega 3) y ácidos grasos poliinsaturados muy propenso a la oxidación; las propiedades nutricionales del aceite de pescado EPA y DHA han producido un cambio tecnológico y ha sido necesario desarrollar diferentes tecnologías para evitar su deterioro, principalmente el oxidativo para que el producto sea mantenido largos periodos sin que se produzcan cambios químicos y organolépticos (Valenzuela, 2009). Por otro lado, la rancidez hidrolítica es favorecida por presencia de ácidos grasos de cadena corta, humedad, lipasas, temperatura, ruptura de tejidos, condiciones ambientales (Masson, 1994), asimismo, esta rancidez oxidativa se favorece por presencia de oxígeno en la superficie, ácidos grasos insaturados en los triglicéridos, presencia de metales pesados (Fe, Cu, Cr, etc.), temperatura, pigmentos, luz solar (UV), enzimas lipooxigenasas (Masson,1994).

El Perú es el primer país del mundo productor de aceite de pescado según la sociedad nacional de pesquería publicado en el 2024, adquiriendo cada vez más importancia en el procesado industrial de alimentos porque se utiliza para fabricar aceite refinado y concentrado de omega destinados a la industria que elabora suplementos nutricionales y productos farmacéuticos de consumo humano directo, siendo necesario el control de calidad del aceite crudo de pescado. Por otro lado, en los últimos años, la industria pesquera se ha planteado establecer parámetros de control para mejorar la calidad del subproducto, debido al aumento de la demanda de aceite de pescado y al incremento de su valor financiero. Para garantizar que el producto sea seguro para el consumo, es sumamente importante controlar y mantener la calidad del aceite comestible. El contenido de Ácidos grasos libres (%FFA), el valor de peróxido (PV), y el valor de p-anisidina (AV) y tiempo de vida útil (Hr.) se usan comúnmente en la industria para informar la calidad del aceite de pescado, a pesar de que no existe un estándar oficial establecido para evaluar la calidad y solo dependiendo de los requerimientos del cliente. (Alfonso Valenzuela, Julio Sanhueza y Fernando de la Barra, 2012). Al respecto, las empresas han producido aceite de pescado recientemente con niveles altos de %acides, % humedad y sólidos, índice de peróxido y índice de anisidina superiores a los normales debido a su materia prima, superando sus valores óptimos requerido por los clientes, los procesos de semirrefinación deberían aumentar la estabilidad del aceite, pero cada etapa de esta puede aumentar o disminuir su vida útil, ya son 3 etapas diferentes y con diferente finalidad pero relacionadas entre sí, en el desgomado; la neutralización y el blanqueado. Como tal, por las razones expuestas, el objetivo de la investigación fue determinar la influencia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite de pescado.

## II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Antecedentes

Durante la refinación química del aceite de pescado, observaron la presencia de componentes volátiles como hexanal, nonanal, undecanal, 2-nonanona y 2-undecanona, los cuales en cada etapa fueron cambiando en su contenido porcentual, asimismo, afirmaron que los grasos poliinsaturados fueron en aumento, no así sucedió con los ácidos grasos saturados que redujeron de manera significativa, es decir, que el aceite de pescado mejoró tanto en sus características sensoriales como en volátiles y ácidos grasos (Song, et al., 2018).

El aceite de pescado crudo, antes de aplicarse en alimentos, son eliminados los productos de oxidación, pigmentos y aquellos compuestos que producen mal sabor, sin embargo, puede afectar a la estabilidad oxidativa del aceite, por la eliminación de antioxidantes naturales, al respecto, investigaciones realizadas han sido orientadas hacia la eliminación de  $\alpha$ -tocoferoles y fosfolípidos, como tal, con el fin de lograr una mayor retención de antioxidantes naturales y dar mayor estabilidad oxidativa al aceite de pescado, debe minimizarse los procesos refinación (Oterhals & Vogt, 2013).

El aceite de pescado contiene propiedades en beneficio para la salud, sin embargo, contiene sustancias olorosas desagradables originadas en la degradación de lípidos y proteínas, como tal, a través de varios métodos de desodorización, se demostró que puede ser reducida la acidez, el peróxido y el valor de saponificación y

aumentada el enriquecimiento del EPA y el DHA, como también a la eliminación de volátiles desagradables y a un mejor blanqueo (Song, Zhang, et al., 2018).

El aceite de pescado contiene cantidades importantes de ácidos grasos poliinsaturados n-3 altamente insaturados, como el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA), que juegan papel importante en la salud humana, por lo que, se recomienda fortificar alimentos con estos ácidos grasos, sin embargo, por la presencia de los ácidos grasos altamente insaturados, el aceite de pescado es fácil de oxidarse, lo que conlleva a la generación de olores y sabores desagradables (Maqsood et al., 2012).

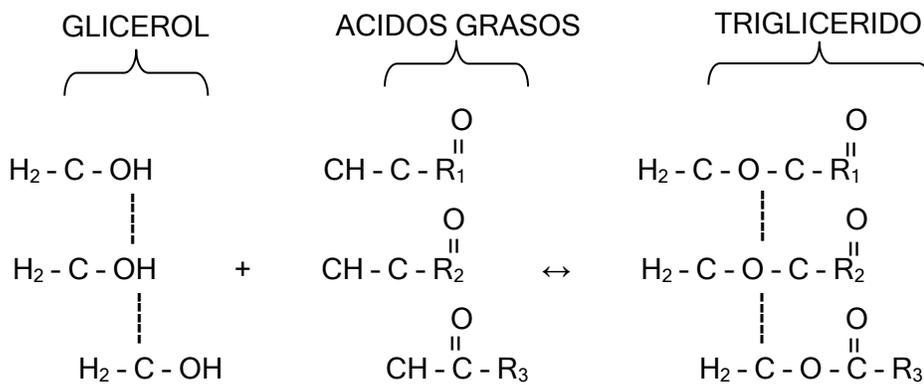
El aceite de pescado es rico en ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga, como tal, son fáciles de oxidarse, por lo que dicha oxidación es el factor limitante para la vida útil (Mozuraityte et al., 2016), al respecto, estudios de estabilidad se ven influenciados por factores ambientales como la humedad, la temperatura y la luz, sin embargo, para dar estabilidad al aceite de pescado, una alternativa es el uso de extractos de plantas medicinales, como es el caso del uso de albahaca (*O. sanctum*), en razón que se demostró que la *E. coli*, *Salmonella* y *P. aeruginosa*, estuvieron ausentes durante el almacenamiento de 6 meses, donde no se manifestó ausencia de rancidez (Jacob & Mathew, 2019).

## **2.2. Definición de aceite crudo de pescado.**

En las plantas pesqueras, el pescado es triturado y cocinado con vapor y luego prensado, del cual se obtiene una torta sólida que luego se seca y se envasa como harina; el líquido de prensa se procesa en un "decanter" (un tipo de separador centrífugo) para separar el aceite de pescado, el cual finalmente se centrifuga a

alta velocidad para eliminar restos de agua y posteriormente se acopia en grandes tanques para su comercialización como aceite crudo de pescado (Valenzuela,2012).

El aceite de pescado está constituido por tres ácidos grasos no saturados o poliinsaturados unidos a la molécula de glicerina, que tienen la capacidad de captar oxígeno a temperatura ordinaria, que a medida que se satura parece incrementarse el olor típico a pescado dada esa alta inestabilidad para oxidarse (Pastor, 2003).



Su composición química depende de diversos factores, como la estructura de ácidos grasos, los cuales varían en función de la especie de pescado, la composición del plancton con que este se alimentó y la época del año (Roldán, 2016).

### 2.3. Componentes del aceite de pescado

El aceite crudo de pescado está formado por “triglicéridos” e “impurezas”, conforme se observa en la Tabla 1.

Tabla 1  
Componentes de aceite de pescado

Aceite de pescado	Triglicérido	AG. Saturados y AG. Poliinsaturado (EPA Y DHA)
	Impurezas	Partículas insolubles, materias en suspensión coloidal y materias solubles.

Fuente: Roldan (2015).

#### 2.3.1. Impurezas

El aceite de pescado, contiene partículas insolubles como restos de materia prima, mucílagos, polvo, materias minerales y trazas, asimismo, partículas solubles, como fosfolípidos (cefalina y lecitina), hidratos de carbono, mucílagos y complejos proteicos y en suspensión coloidal están presentes los ácidos grasos libres, materias colorantes (carotenoides y clorofila), cetonas y aldehídos, esteroides. (David Roldan, 2015).

#### 2.3.2. Triglicéridos

El aceite de pescado contiene ácidos grasos insaturados, que son aquellos que presentan enlaces simples, en el aceite de pescado los principales son el ácido mirístico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido araquídico, ácido behénico y ácido lignocérico. Así también, contiene ácidos grasos poliinsaturados en cuya estructura aparecen uno o varios dobles enlaces, en el aceite de pescado se encuentra en mayor proporción el ácido clupanodónico, ácido palmitoleico,

ácido oleico (cis), ácido linoleico, ácido alfa linolenico, ácido araquidónico, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenóico (DHA). (Ruiter, 1999)

### 2.3.3 Ácidos grasos poliinsaturados

Son aquellos ácidos grasos en cuya estructura presentan uno o varios dobles enlaces, en el aceite de pescado en mayor proporción contiene al ácido clupanodónico, ácido palmitoleico, ácido oleico (cis), ácido linoleico, ácido alfa linolenico, ácido araquidónico, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenóico (DHA). (Ruiter, 1999).

## 2.4. Descomposición de aceite de pescado

Los procesos químicos que provocan el enranciamiento de los aceites se conocen como lipólisis o hidrólisis y autooxidación o enranciamiento oxidativo; sin embargo, existe un tercer proceso, la reversión, que tiene menos importancia que los dos primeros. Este proceso reduce el valor nutritivo de los aceites, al tiempo que produce compuestos volátiles (índice de anisidina) que imparten aromas y sabores desagradables. (Salvador Dergal, 2006).

### 2.4.1. Lipólisis

Conocida también como enranciamiento hidrolítico, es la hidrólisis de los ácidos grasos de los triglicéridos, para separar en ácidos grasos y glicerina, estas reacciones son causados por enzimas lipolíticas-lipasas y podrían afectar a las características organolépticas del producto (Fuentes & Fuentes, 2023).

### 2.4.2. Autooxidación

El deterioro más común de los aceites y grasas es la oxidación de los ácidos grasos insaturados, que también afecta a otras sustancias de importancia biológica como la vitamina A y los carotenoides, esta reacción ocurre cuando un átomo deja un electrón a otro átomo durante un proceso de reducción, en esta, se producen compuestos que mantienen y aceleran la reacción, así como sustancias de bajo peso molecular que producen el aroma característico de la grasa oxidada. Esta reacción se ve favorecida por un aumento del índice yodo, como se observa con los aceites esteárico, oleico, linoleico y linolénico, que absorben oxígeno con el patrón que se muestra en el cuadro; esto significa que los aceites más insaturados necesitan menos tiempo para absorber la misma cantidad de gas y, en consecuencia, se oxidan más rápidamente, donde además de eliminar el agua deja canales para que fluya el oxígeno, al respecto, existen agentes que promueven e inhiben la secreción del aceite también provocan el estallido de los glóbulos de glicerol y aumentan su superficie de oxidación provocando un aumento de la anisidina (Badui, 2006), entre los más importantes se muestran en la tabla 2.

Tabla 2  
Factores que influyen en el aumento de anisidina en aceites

Promotores	Inhibidores
Temperaturas altas	Refrigeración
Metales Cu, Fe, etc.	Secuestradores
Peróxidos de grasas oxidadas	Antioxidantes
Lipoxidasa	Escaldado
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz UV	Empaque opaco
Poliinsaturación	Hidrogenación de ácidos insaturados

Fuente: Badui, 2006.

## 2.5. Formación de productos de oxidación primaria y secundaria en el aceite

Según Badui (2006), la mayoría de las dificultades de deterioro de los productos alimenticios grasos se deben a la auto oxidación, que a menudo implica un mecanismo de cadenas de radicales libres, conforme se observa en la tabla 3, y comprende tres fases:

- Iniciación o formación de radicales libres - hidroperóxidos (se determina con el análisis de peróxidos.
- Reacción y propagación de los radicales libres entre sí.
- Constitución de productos y terminación - radicales como ácidos, aldehídos, cetonas y otros compuestos de peso molecular bajo (se determina con el análisis de anisidina, cuyo valor no debe exceder de 25)

Tabla 3.

Mecanismo de oxidación de aceites

Iniciación	$RH$	$\longrightarrow$	$R^* + H^*$	Radical libre
Propagación	$R^* + O_2$	$\longrightarrow$	$ROO^*$	Radical hidroperóxido
Terminación	$ROO^* + RH$	$\longrightarrow$	$R^* + ROOH$	Hidroperóxido
	$R^* + R^*$	$\longrightarrow$	$RR$	Compuestos muy estables
	$R^* + ROO^*$	$\longrightarrow$	$ROOR$	
	$ROO^* + ROO^* +$	$\longrightarrow$	$ROOR + O_2$	
	$RO^* + R^*$	$\longrightarrow$	$ROR$	
$2RO^* + 2ROO^*$	$\longrightarrow$	$2ROO + O_2$		

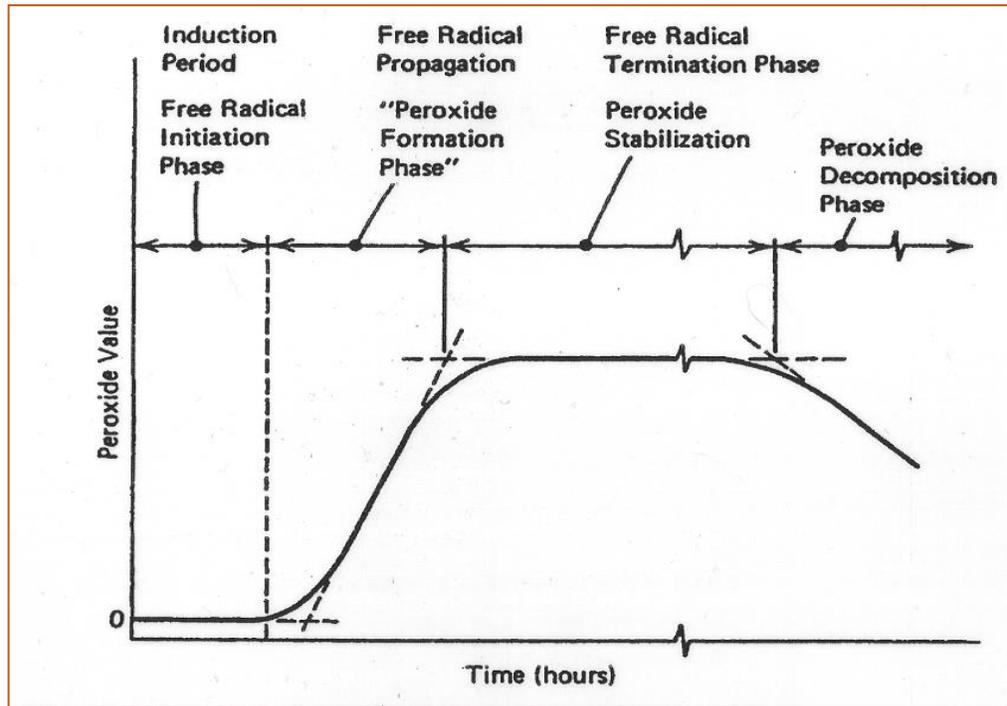
RH: Ácido graso insaturado

Fuente: Badui (2006).

Según las Figura 1 y 2, la oxidación inicial suele ser lenta y relativa a una velocidad uniforme (inducción), luego, la velocidad de oxidación aumenta bruscamente cuando la cantidad de peróxidos alcanza un nivel predeterminado (propagación-terminación), en tanto, debido a la descomposición de los hidroperóxidos, en este punto o poco después, las grasas o aceites empiezan a oler y saber rancios. (Badui, 2006).

Figura 1

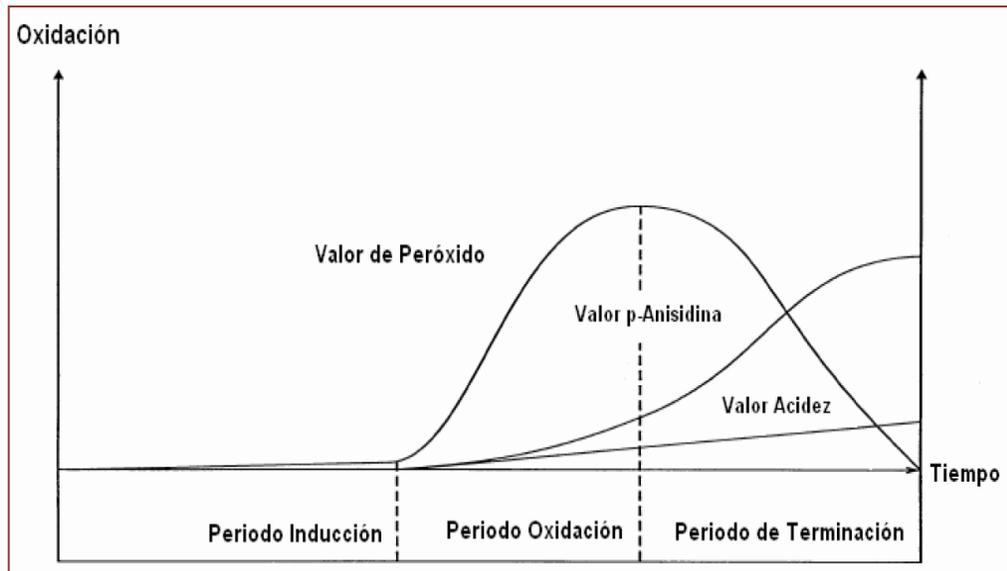
Formación y Descomposición de peróxidos por tiempo



Fuente: Badui (2006).

Los peróxidos de hidrógeno son reactivos, generan nuevos radicales libres para alimentar la reacción, interactúan con otras moléculas, se polimerizan y aumentan la viscosidad, se oxidan y se descomponen en otros compuestos moleculares de baja densidad que desprenden olores y se deshidratan, en este proceso, se observa que el índice de peróxido puede disminuir, no obstante, la viscosidad aumenta junto con la degradación y la producción de compuestos olorosos, por ello, el índice de peróxidos no siempre refleja el grado de oxidación de una grasa depende del tiempo de medición (Badui, 2006).

Figura 2  
Formación de anisidina por tiempo



Fuente: Badui (2006).

## 2.6. Semirrefinado de aceite de pescado

Consiste en someter al aceite de pescado a diferentes procesos físico-químicos que involucra una serie de procesos: desgomado, neutralizado y blanqueado, estas son realizadas con el propósito de eliminar las impurezas presentes que perjudican el color, olor y sabor del aceite, haciéndola apta para el consumo humano según los requisitos de la norma correspondiente (Roldan, 2016).

## 2.7. Proceso de semi refinación de aceite de pescado

El proceso de semi refinación de aceite de pescado consta de las siguientes etapas:

- **Desgomado/Estabilizado**

El objetivo es eliminar los compuestos insolubles: fosfolípidos no hidratables, proteínas, fosfátidos (gomas), albuminas, sales de calcio y magnesio, estableciendo una fase inmiscible con el aceite, además de provocar un mejor

rompimiento de las moléculas de jabones debido a la ausencia de impurezas, mejor separación de borras, evita la formación de espumas al calentar el aceite y desactivación de metales causadores de rancidez (hierro y cobre) así como mayor eficiencia de las tierras de blanqueo mejorando de esta forma la estabilidad (conservación) y sabor del aceite. (Roldan, 2016).

Uno de los métodos más utilizados en el desgomado, proceso que consiste en aplicar pequeñas cantidades ácido sulfúrico concentrado a temperaturas bajas o moderadas, este ácido sulfúrico tiene el efecto de precipitar las proteínas, pigmentos colorantes, etc., pudiendo sin embargo atacar los glicéridos ocasionando sulfonaciones ligeras que deben evitarse ya que a menudo producen un color rojo en los aceites que luego no pueden removerse, es importante tener una agitación intensa para evitar reacciones localizadas. (Andersen, 1965)

- **Neutralizado**

Es un proceso realizado para eliminar los ácidos grasos libres con la finalidad de reducir la acidez del aceite hasta los límites aceptados para aceites semirrefinados, para esto, se aplica soda caustica, el cual reacciona con los ácidos grasos libres formando el jabón sódico, lo que ayuda a eliminar las impurezas que se encuentran dispersas en el aceite depurado; al mismo tiempo ocurren otras reacciones secundarias como reducción de pigmentos, metales, acidez mineral y fosfolípidos hidratables, por lo que en la práctica se utiliza un exceso de 20% de la cantidad teórica de soda calculada (Roldan, 2016).



Es la etapa más difícil, ya que además de neutralizar los ácidos grasos libres, saponifica parte del aceite neutro.



Un exceso mayor de soda acarrea a la formación de grandes cantidades de jabón que causan emulsión y sobre- saponificación del aceite, pudiendo:

- Producir pérdidas elevadas.
- Comprometer la calidad final del aceite refinado.
- Bajar relativamente el rendimiento
- Producir una cantidad considerable de efluente líquido en el aceite.

Por ser reversible la saponificación, es influenciada por:

- **La pureza del aceite:** A mayor cantidad de ácido graso libre requiere de mayor cantidad de soda y mayor formación de borra.
- **Temperatura del proceso de neutralización:** A mayor temperatura la borra pierde densidad y emulsiona, haciéndose el aceite más viscoso, también puede causar la formación de espuma de jabón que flota en la superficie.
- **Concentración del Hidróxido de sodio:** A mayor concentración parte de la borra emulsiona, el aceite se hace viscoso, baja su color y parte del aceite se saponifica.
- **Tiempo y velocidad de Agitación:** Se agita para homogenizar y se pueda hacer la separación de Ácido graso con el aceite, la agitación debe ser rápidas para mezclar íntimamente la soda caustica y el aceite, pero no deberá de haber tendencia a la separación de jabón por fuerza centrífuga dirigida

hacia las paredes del reactor, no deberá formarse remolinos muy pronunciados, el tiempo debe ser controlado porque una vez formado el jabón si se sigue agitando por más tiempo puede emulsionar el aceite.

Industrialmente la neutralización se realiza utilizando soluciones causticas fuertes o débiles, la selección a menudo se basa en pruebas preliminares de laboratorio que indican la concentración de soda caustica y el exceso requerido para un proceso óptimo (Roldan, 2016).

Andersen (1965), menciona que para el proceso de saponificación, se debe considerar lo siguiente:

- **Naturaleza del jabón:** una solución fuerte de soda caustica produce una jabonadura muy viscosa, la que una vez fría puede solidificarse, pero retendrá menos aceite neutro, por lo tanto, la concentración de la solución deberá escogerse de manera que permita que el jabón pueda retirarse fácilmente del reactor.
- **Cantidad de aceite neutro saponificado:** a mayor concentración de la soda caustica, mayor es el riesgo del aceite neutro sea atacado y forme jabón además del formado con los ácidos grasos libres.
- **Cantidad de aceite neutro ocluido en el jabón:** a mayor dilución de la solución de soda caustica, mayor es la tendencia del jabón en solución a formar emulsiones con algo de aceite neutro.
- **La velocidad de separación de aceite neutro y el jabón:** la temperatura del aceite y la concentración deberán escogerse de manera que la jabonadura

cuando se separe en pequeñas hojuelas en el aceite, se asiente rápido y compacte en el fondo del reactor.

- **Decoloración del aceite neutralizado:** a menor concentración, mayor efecto blanqueante en el aceite.
- **La acidez del aceite crudo:** la concentración depende a menudo de la acidez del aceite, a mayor porcentaje a ácidos grasos libres mayor concentración de la soda caustica.

#### ▪ **Lavado**

Después de la neutralización del aceite es lavado con el objetivo de eliminar restos de jabón residual utilizando agua blanda para el lavado (Roldan, 2016).

#### ▪ **Decolorado**

Este proceso se da a los aceites neutros utilizando agentes adsorbentes, como las arcillas activadas y el carbón activado, donde el poder de estos materiales depende de su forma microcristalina y de sus impurezas, por lo que la tierra activada sirve para eliminar los pigmentos (carotenoides, clorofila, xantofilas), también reduce productos de oxidación primaria y productos de oxidación secundaria para dar mejor estabilidad al producto, metales (fierro, níquel), restos de jabón, compuestos fosfátidos y humedad, mientras que el carbón activado tiene el efecto de reducir contaminantes como las dioxinas y PCBs- dioxinas like.

## **2.8. Métodos empleados para determinar la oxidación de los aceites**

En la industria de alimentos para medir la estabilidad oxidativa de los aceites utilizan los siguientes métodos:

### **2.8.1 Índice del Peróxido**

Método basado en la capacidad de los peróxidos de oxidar el ion yoduro del KI y producir yodo que se valora con tiosulfato; también se puede emplear FeO y cuantificar Fe<sup>+3</sup>. Como los peróxidos se degradan, el método está limitado a las primera etapa de la oxidación (iniciación) cuando éstos alcanzan una concentración máxima (propagación y terminación); durante el tiempo de almacenamiento del aceite el valor del índice de peróxidos irá en aumento hasta alcanzar un máximo y luego comenzará a disminuir, por esto es probable que una grasa demasiado oxidada tenga un índice de peróxido bajo, a pesar de que el olor sea característico de reacciones muy avanzadas (Dergal, 2006).

### **2.8.2 Índice de la p-Anisidina**

El índice de p-anisidina cuantifica los productos de oxidación secundarios generados durante la descomposición de hidroperóxidos en compuestos carbonílicos, como aldehídos, cetonas y alcoholes, esta sustancia reacciona en condiciones ácidas, con los compuestos carbonílicos presentes en las grasas y aceites oxidados para formar un producto coloreado que tiene su máxima absorbancia a una longitud de onda de 350 nm, lo que permite la cuantificación de los productos secundarios de oxidación mediante espectrofotometría, es decir, con la intensidad del

color de los productos de reacción amarillenta depende no solo de la cantidad de compuesto aldehído presente sino también de sus estructuras, por ejemplo, la presencia de un doble enlace carbonilo incrementa la absorbancia molar de 4 a 5 veces, lo que significa que los 2 alquinales y dienales, tendrán una mayor contribución sobre el valor de p-anisidina final que otros componentes (Fuentes & Fuentes, 2023).

### **2.8.3 % acidez**

En general el índice de acidez es una medida de la cantidad de cadenas de ácido graso que has sido hidrolizadas desde la estructura básica del glicerol, representa el número de KOH necesarios para saponificar los ácidos grasos libres de una grasa y se expresa generalmente como porcentaje de ácidos grasos calculados en término de ácidos Oleico, esta medida permite evaluar el estado general de enranciamiento de un alimento ya que usualmente el enranciamiento hidrolítico acompaña el enranciamiento oxidativo (Badui, 2006).

### **2.8.4 %Humedad y Sólidos**

Los sólidos en el aceite se conocen como solidos orgánicos residuales y en presencia de agua constituyen un excelente medio de cultivo para el crecimiento microbiano y la actividad hidrológica en el aceite que puede ocasionar el aumento del índice de acidez y durante su almacenamiento llegar a oxidarse. La presencia elevada de humedad en el aceite hidroliza los triglicéridos para dar ácidos grasos libres y glicerol.

### **2.8.5 Método Rancimat.**

El método Rancimat permite determinar rápidamente la estabilidad oxidativa de muestras de aceites o grasas y por consiguiente su período de inducción, mide el grado en el que un aceite se oxida cuando se hace burbujear aire a través de él, en este proceso, se aplica el ácido fórmico que es conducido hacia el agua destilada que se encuentra en una celda del instrumento, donde se va a producir la oxidación acelerada de la muestra el cual es monitoreada en forma continua manifestado en el registro constante de los cambios en la conductividad eléctrica del agua, que recoge los compuestos volátiles formados durante la reacción, es decir, con este método la estabilidad oxidativa es calculado en función al tiempo (en horas) necesario para que la reacción de oxidación alcance el punto de inflexión en la representación gráfica de la conductividad vs tiempo (López, Benites & Gilbert, 2013).

### III. MATERIALES Y METODOS

El trabajo de investigación se realizó en el Laboratorio de Control de calidad de la empresa Doil international S.A.C. y el Laboratorio de Calidad del Instituto de Investigación Tecnológico Agroindustrial de la Escuela de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa; Nuevo Chimbote.

#### 3.1. Materiales, equipos e instrumentos

##### 3.1.1 Materia Prima

La materia prima utilizada para el análisis fue aceite crudo de anchoveta proporcionada por la empresa pesquera Hayduk que se ubica en Coishco y almacenada en la empresa Doil International S.A.C del distrito de Chimbote, provincia de Santa, departamento de Ancash, se tomó tres muestras de 3 litros cada una en cada una de las etapas del proceso de refinación.

##### 3.1.2 Reactivos.

- Agua destilada
- Ácido sulfúrico 98%
- Ácido fosfórico 75 – 85%
- Hidroxido de sodio al 99%
- Tierra decolorante (tonsil supreme 169)
- Isooctano al 99 % grado espectrofotométrico
- Solución de hidróxido de sodio (0.1 N)
- Alcohol etílico 96%
- Fenolftaleina
- Cloroformo
- P-anisidina

- Ácido acético
- Yoduro de potasio (KI)
- Tiosulfato de sodio
- Almidón
- Gas Nitrógeno

### **3.1.3 Materiales de vidrio.**

- Probetas (50 y 100ml) marca Pirex.
- Vasos precipitados (100ml) marca Pirex.
- Tubos de ensayo marca Pirex.
- Tubos de centrifuga (15ml) marca Pirex.
- Pipetas de 1, 2,5 y 10ml marca Pirex.
- Viales marca Pirex.
- Matraces Erlenmeyer de 250ml marca Pirex.
- Celdas de cuarzo para espectrofotómetro
- Fiolas de 25 y 500ml marca Pirex

### **3.1.4 Otros materiales**

- Termómetro 30/150°C
- Buretas (100 ml )
- Pastilla Magnética
- Papel filtro Whatman N°41 (125 mm)

### **3.1.5 Equipos**

- RANCIMAT, marca Metrohm, modelo 743.
- Balanza analítica, marca: Mettler Toledo, modelo NS204S, Max. 250 gr.
- Centrifuga, marca: SIGMA, modelo : 2-16, velocidad: 15000 rpm.
- Espectrofotómetro uv-vis, marca: PG INSTRUMENT, modelo T80.
- Baño maría, marca: LAB COMPANION, modelo: BW-20G.
- Agitador magnético, marca: FAITHFUL, modelo: SH-3

## 3.2 Metodología de Análisis

### 3.2.1 Análisis físico-químico:

Según la Tabla 4, se realizaron los análisis de impurezas, humedad, índice de acidez, índice de peróxido y el índice de anisidina de las muestras tomadas en cada etapa de semirrefinación del aceite al inicio y al término de las pruebas experimentales, para ello, los procedimientos se detallan en los siguientes acápite.

Tabla 4  
Parámetros fisicoquímicos del aceite

Estado de aceite	%Acidez	%Humedad y solidos	Indice de anisidina	Indice de peroxido
Aceite crudo	X	X	X	X
Aceite estabilizado	X	X	X	X
Aceite neutralizado	X	X	X	X
Aceite decolorado	X	X	X	X

#### 3.2.1.1 Determinación de impurezas y humedad.

El método usado fue el ISO 662B: 1998 and ISO 663: 2007 (E)

- En un tubo de ensayo cónico graduado tomar 10 mL de muestra.
- Poner en baño María hasta que se diluya.
- Centrifugar a 3500 rpm durante 5 min.
- Anotar la lectura (solidos + humedad)

EL % de Solidos se determina de la siguiente forma:

$$\%SOLIDOS = \text{Lectura} \times 10$$

El % de Humedad se determina mediante la siguiente formula:

$$\%HUMEDAD = \text{Lectura} \times 10$$

### 3.2.1.2 Determinación del índice de acidez (IA)

La acidez fue determinada con la aplicación del Método AOCS Ca 5a – 40:2009. Ácidos Grasos Libres y ISO 660: 2009

- Las muestras deben de estar mezcladas y completamente líquidas antes de pesarlas.
- Pesar la muestra 5gr.
- Añadir 50 ml alcohol etílico al 95 % neutralizado
- Agregar de 2 ml del indicador (Fenolftaleína).
- Calentar la solución no más de 10 °C de su punto de fusión.
- Titular con 0.1N de NaOH agitar vigorosamente hasta obtener la apariencia del primer color rosado permanente que tenga la misma intensidad que el del alcohol neutralizado antes de añadir la muestra. El color debe persistir por 30 segundos.

$$FFA \text{ como ácido oleico, \%} = \frac{\text{Gasto NaOH}(ml) \times 28.2 \times \text{Normalidad NaOH} \times F_C}{\text{Peso de la muestra}(g)}$$

### 3.2.1.3 Índice de peróxido (Meq O2/kg)

- Determinado a través del Método NTP 209.006: 1968 (Revisada el 2011)
- Las muestras deben de estar mezcladas y completamente líquidas antes de pesarlas.
- Pesar 5g  $\pm$ 0.01g de muestra de aceite en un matraz erlenmeyer de 250ml
- Agregar 30 ml de la solución de ácido acético-cloroformo
- Agitar para disolver la mezcla.
- Añadir 0.5 ml de solución saturada de KI usando una pipeta volumétrica.
- Dejar reposar exactamente 1min con una agitación mínima de tres veces durante ese tiempo.

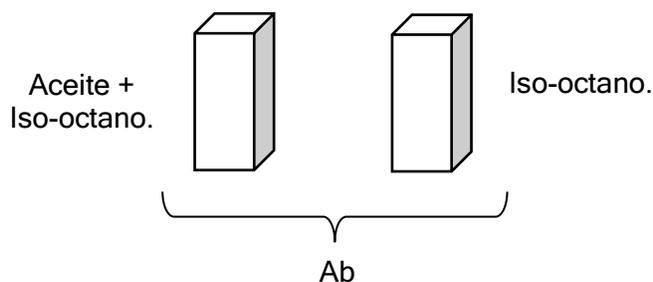
- Seguidamente adicionar 30ml de agua destilada.
- Adicionar 0.5 ml de solución indicadora de almidón.
- Titular con tiosulfato de sodio ( $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ) 0,01 N, agregándolo gradualmente y con agitación constante y vigorosa hasta que el color amarillo del yodo casi haya desaparecido, para liberar todo el yodo de la capa de disolvente, la muestra debe quedar color blanco.

$$\text{Valor de peroxido (PV)} = \frac{\text{Gasto}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} (\text{ml}) \times \text{Normalidad}_{\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3} \times 1000}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

### 3.2.1.4 Índice de anisidina.

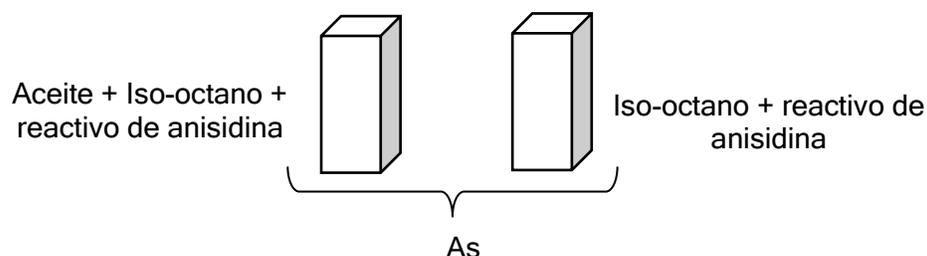
Método AOCS Cd 18-90:2009; p-ANISIDINE VALUE

- Las muestras deben de estar mezcladas y completamente líquidas antes de pesarlas.
- Pesar la muestra de aceite alrededor de  $0.5 - 0.4 \pm 0.001\text{g}$  en la fiola.
- Disolver y enrazar la fiola con Iso-octano.
- Se mide la absorbancia (Ab) de la solución con aceite a 350 nm en una celda con el espectrofotómetro, usando otra celda con Iso-octano como blanco de referencia.



- Se toma con una pipeta 5 ml de Iso-octano en un tubo de ensayo y 5 ml de solución de aceite en otro tubo de ensayo
- Se añade 1 ml de reactivo de anisidina a cada tubo,
- Se agita y deja reposar por 10 min

- Se mide la absorbancia (As) A 350 nm de la solución en una celda y se coloca en otra celda el blanco



$$\text{Índice de anisidina} = \frac{25 (1.2 A_s - A_b)}{\text{Peso de la muestra (g)}}$$

### 3.2.1.5 Estimación de la vida útil por el índice de estabilidad oxidativa(OSI)

Método AOCS Cd 12b-92 (AOCS, 2013)

- La determinación del OSI se realizó por triplicado
- Utilizar en el equipo Rancimat,  $3 \pm 0,2$  g de muestra y un flujo de 10 L/h de aire.
- Para aceite de pescado colocar las temperaturas de 70, 80 y 90°C
- Para un tiempo mayor a 4 horas y una variación más amplia en la determinación del punto terminal.
- Para la determinación de la vida útil de cada muestra se realiza una extrapolación de la relación entre el tiempo de inducción y la temperatura de acuerdo a la ley de Van't Hoff, obteniendo un estimado del tiempo de almacenamiento en condiciones normales.

### 3.2.2 Procesos de semirrefinación de aceite crudo de pescado

El procedimiento de semi refinación del aceite de pescado se realizó siguiendo las etapas mostradas en las Figuras 3, 4, 5 y 6, las mismas que son descritas en los siguientes acápite.

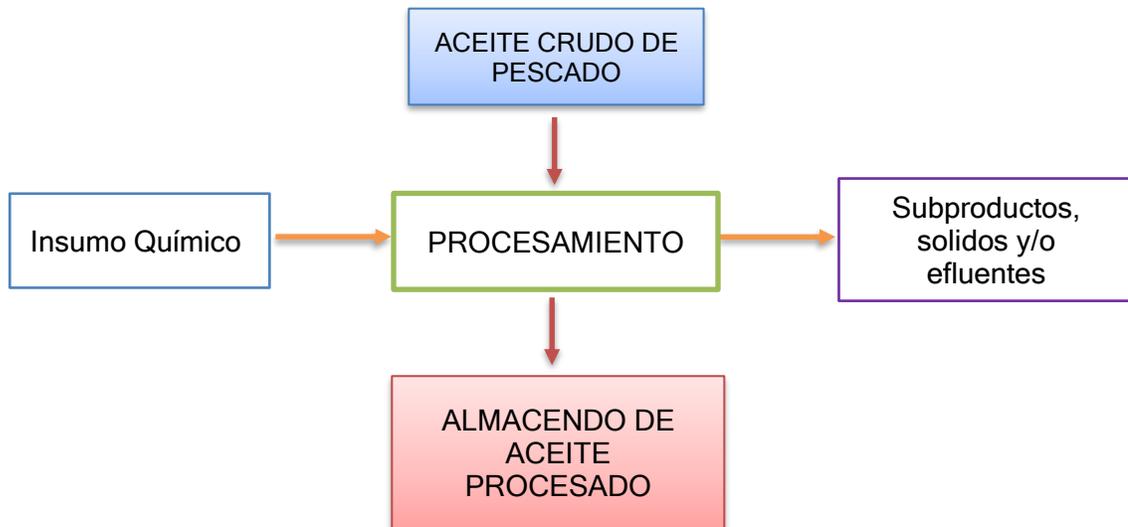
#### 3.2.2.1 Muestreo y recepción del aceite crudo de pescado

El aceite crudo de pescado proporcionado por la fábrica pesquera Hayduk ubicado en el distrito de Coishco, provincia Santa, región Ancash, dispuesto en un tanque de almacenamiento de Doil International S.A.C., inmediatamente a través de un muestreo se tomó 3 litros en recipientes de vidrio ámbar colocándolo bajo atmosfera de nitrógeno en refrigeración a  $4 \pm 1^{\circ}\text{C}$ , hasta los análisis respectivos, los mismos que pasaron por etapas de desgomado, neutralizado y blanqueado conforme se observa en la Figura 3 y Tabla 5.

Tabla 5  
Parámetros óptimos de procesos de semirrefinado

Etapa	Temperatura °C	Presión de vacío (mmHg)
Desgomado	40	-
Neutralizado	60	-
Blanqueado	105	25

Figura 3  
Diagrama de flujo del procesamiento del aceite de pescado en estudio.

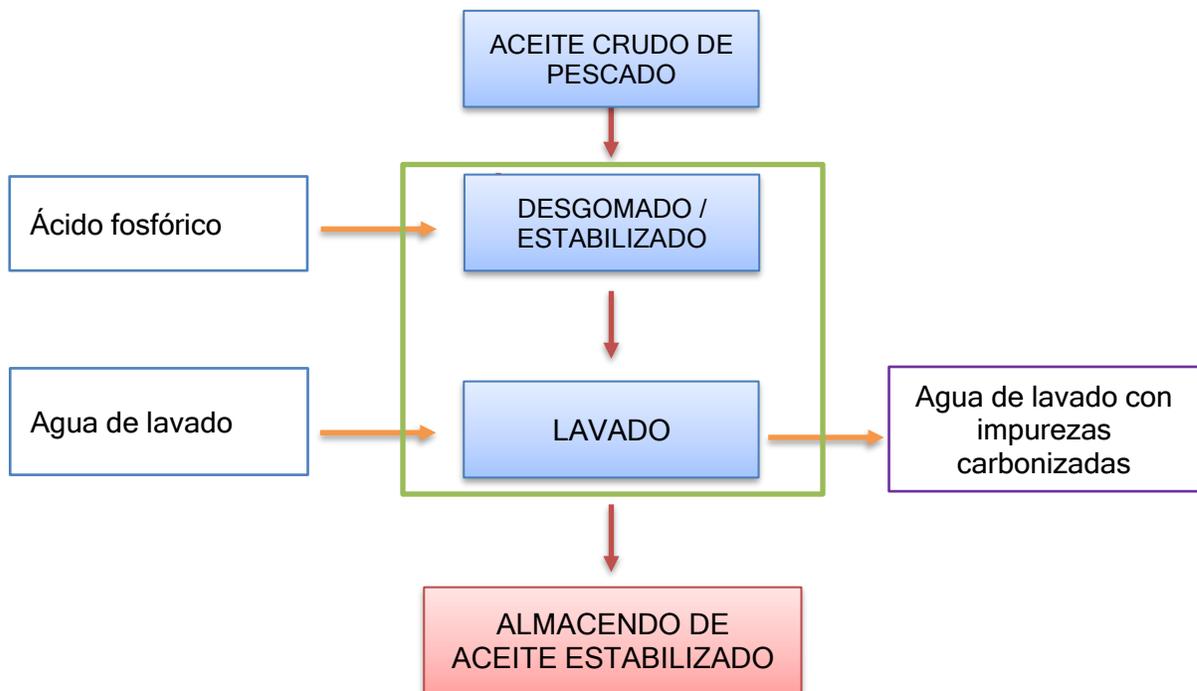


### 3.2.2.2 Proceso de desgomado/estabilizado

El aceite de pescado crudo fue desgomado y estabilizado siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 4, los mismos que se describen a continuación:

- Se tomó una muestra de 500 ml de aceite en un vaso de precipitado
- Se colocó en el agitador magnético con un termómetro acondicionado, mientras se va agitando la muestra este es calentado de 30 a 50 °C
- Se estabilizó con ácido en una proporción de 0.3 a 1%
- Se mantuvo a la misma temperatura y agitación constante hasta que reaccione el ácido con las impurezas del aceite
- Las impurezas ya carbonizadas tienden a decantar por gravedad al fondo del vaso, separándose del aceite.
- Se lavó con agua caliente a 70 a 80°C para ayudar a una mejor separación de las impurezas carbonizadas del aceite.
- Luego se purgó el agua junto a las impurezas carbonizadas.

Figura 4  
Diagrama de flujo de desgomado/desgomado del aceite de pescado.



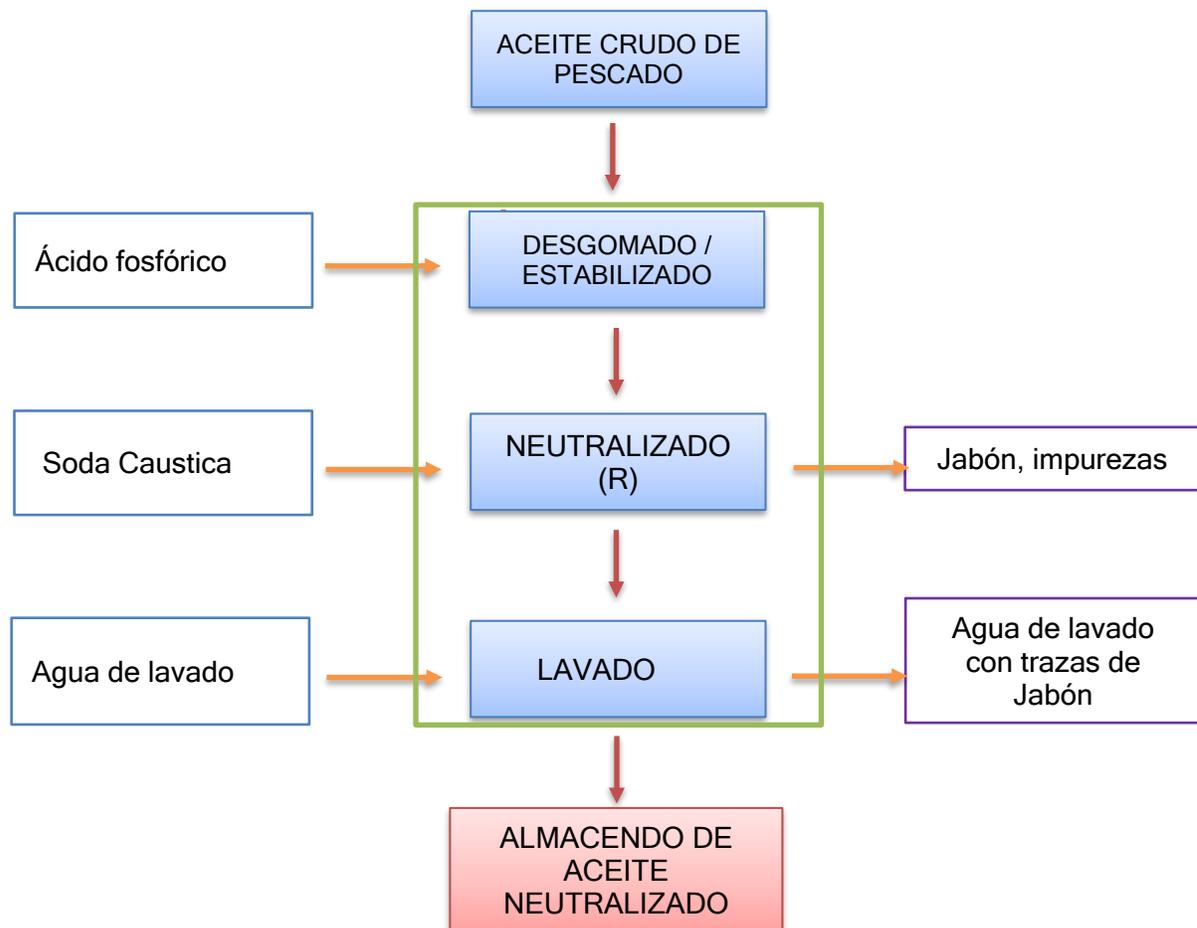
### 3.2.2.3 Proceso de neutralizado

El aceite desgomado/estabilizado fue neutralizado siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 5, los que son descritos a continuación:

- Se tomó una muestra de 500 ml de aceite estabilizado en un vaso de precipitado, luego se calentó el aceite entre 50 a 75 °C con agitación. En el cual, de acuerdo a su acidez agregamos la cantidad de soda caustica a 20°Be. El tiempo de agitación cesa al notarse la separación del aceite con el jabón.
- Posteriormente se dejó reposar de 20 a 60 min, durante este tiempo el aceite neutralizado se separa por densidad y el jabón formado junto con otras impurezas (borra) se van a la parte inferior del vaso.
- Terminado el reposo se evacuó todo el jabón decantado y se lavó con agua caliente de 80 a 90 ° C para eliminar trazas de jabón que queda en el aceite luego se purga.

Figura 5

Diagrama de flujo de neutralizado del aceite de pescado.



#### 3.2.2.4 Proceso de decolorado/blanqueado

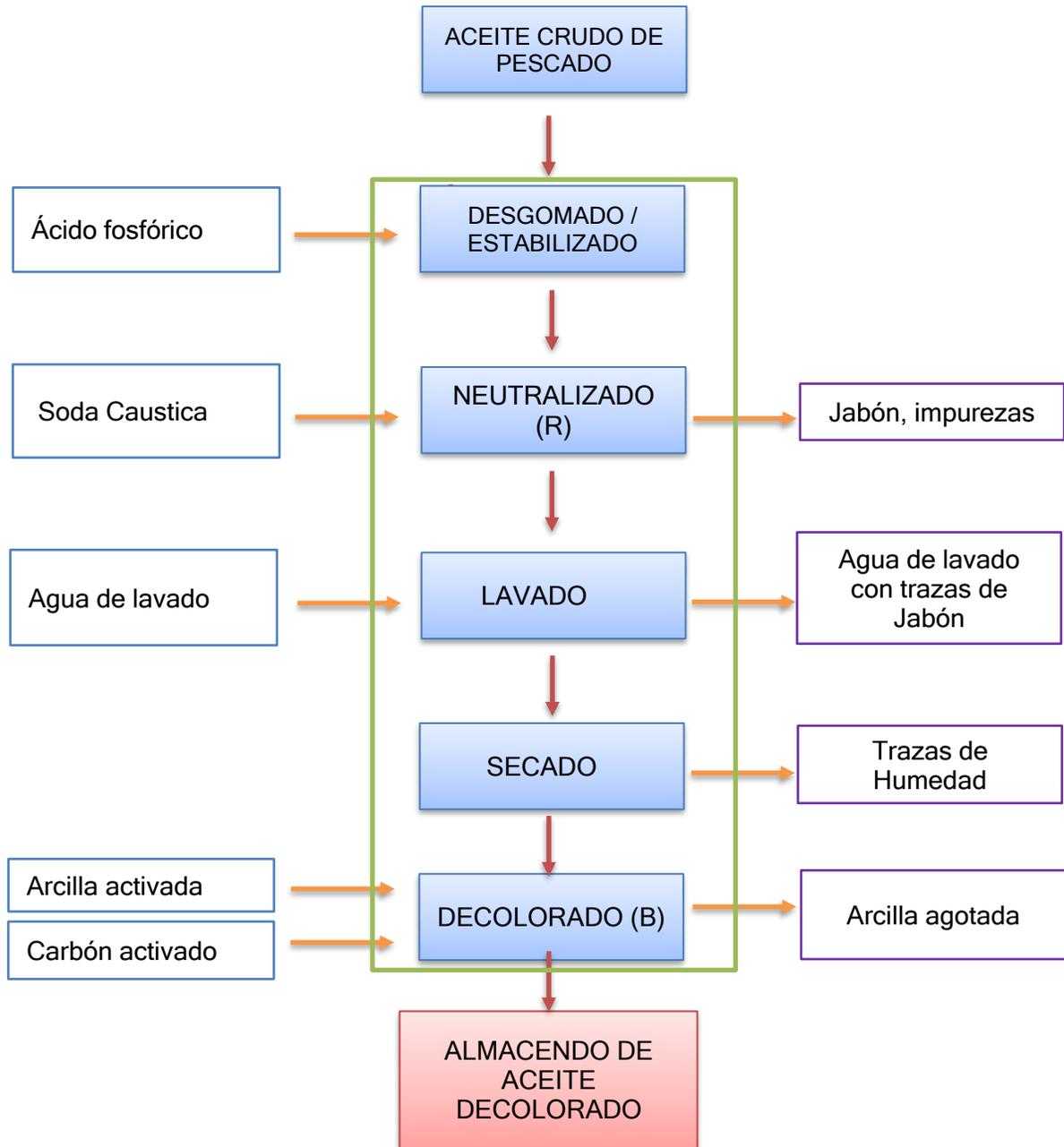
El aceite neutralizado fue decolorado/blanqueado siguiendo los pasos que se muestran en la Figura 6, los mismos que son descritos a continuación:

- Se tomó una muestra de 500 ml de aceite neutralizado en un vaso de precipitado.
- Se calentó el aceite hasta que llegue 90 °C con agitación para colocar el sistema de vacío.
- Se continúa calentando el aceite con vacío entre 105 a 110 °C con agitación
- Se decoloró agregando con arcilla activada de 1 a 5%, con un tiempo de 20 a 40 min de contacto con el aceite utilizando el sistema de vacío.
- Terminado el tiempo de contacto aceite - tierra se filtra a fin de retienen la tierra decolorante y dar paso al aceite decolorado.

Las muestras finales de aceite de pescado crudo, estabilizado, aceite neutralizado y aceite decolorado, se colocó en recipientes de vidrio ámbar bajo atmosfera de nitrógeno en refrigeración a  $4 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Todas las muestras de cada proceso de semirrefinación fueron vertidas en vasos precipitados, para ser homogenizados mediante agitador magnético por 5 minutos, luego, se pesó  $3 \pm 0.5\text{g}$  de aceite de pescado para cada tubo de reacción, las mismas que fueron diluidas teniendo en cuenta la densidad del aceite de pescado crudo ( $\rho=0.92 \text{ g/ml}$ ).

Figura 6  
Diagrama de flujo de decolorado/blanqueado del aceite de pescado.

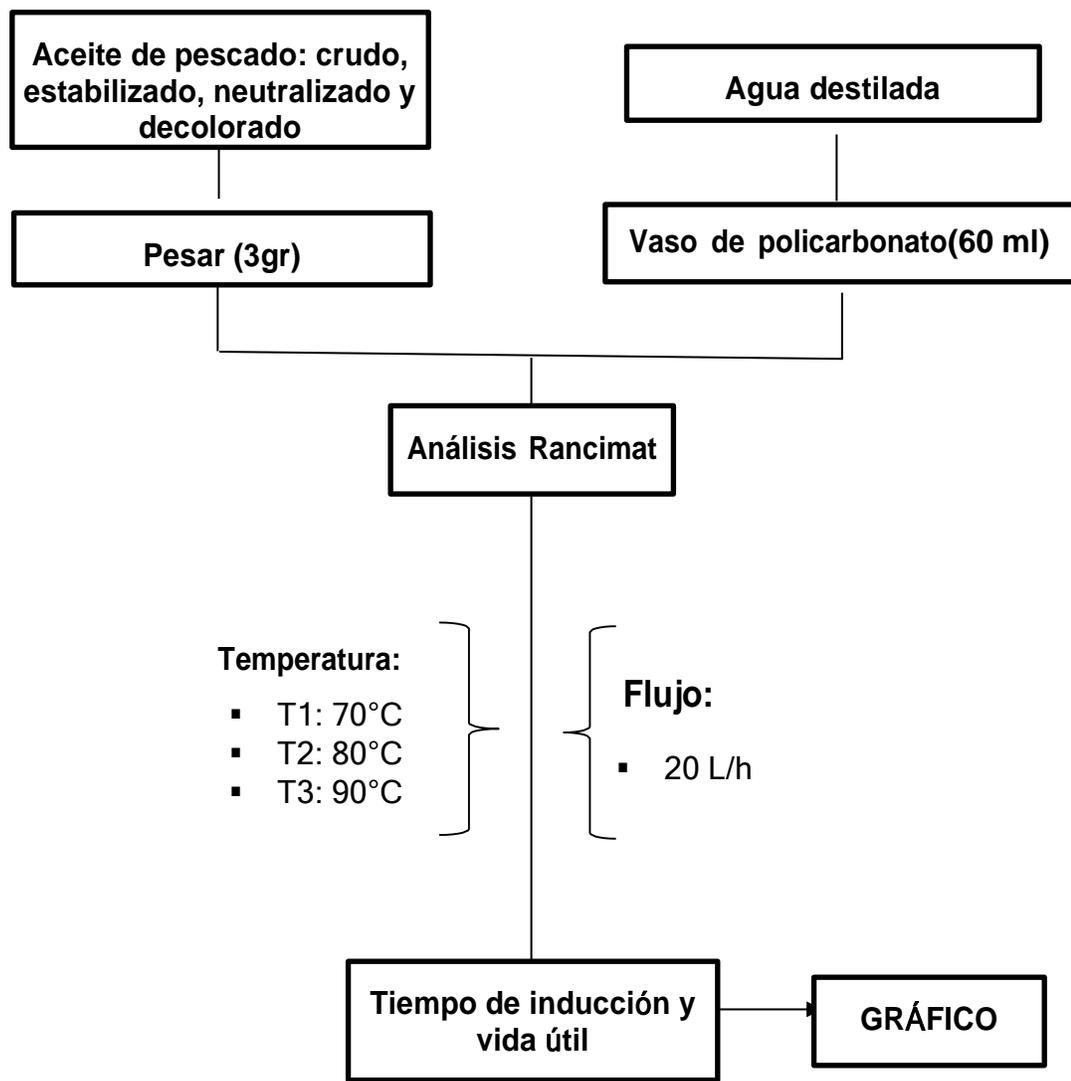


### 3.2.3 Determinación de la vida útil mediante el método Rancimat

Para la vida útil de los aceites de pescado, se realizaron los pasos que se muestran en la Figura 7, los mismos que fueron adaptados del método desarrollado por Rodríguez (2015), donde los aceites según procesos de semirrefinación fueron sometidos a pruebas aceleradas mediante tratamiento térmico a 70, 80 y 90°C y flujo de aire de 20 l/h, en el equipo Metrohm Rancimat 743, el mismo que a través de los datos proporcionados se realizó una extrapolación matemática a los resultados obtenidos.

Figura 7

Diagrama de flujo para la vida útil del aceite crudo de pescado.



### 3.3 Diseño Experimental

#### 3.3.1 Flujo del diseño experimental de la investigación

La Figura 8, muestra el esquema del procedimiento de la investigación, en el cual se observa que los aceites sin procesar (P0), estabilizado (P1), neutralizado (P2) y decolorado (P3), fueron sometidos a las temperaturas 70°C (T1), 80°C (T2) y 90°C (T3) con flujo de aire de 20 l/h, mediante el equipo Rancimat, con los datos de temperatura y tiempo registrados se realizó la tabulación y extrapolación para obtener el tiempo de vida útil.

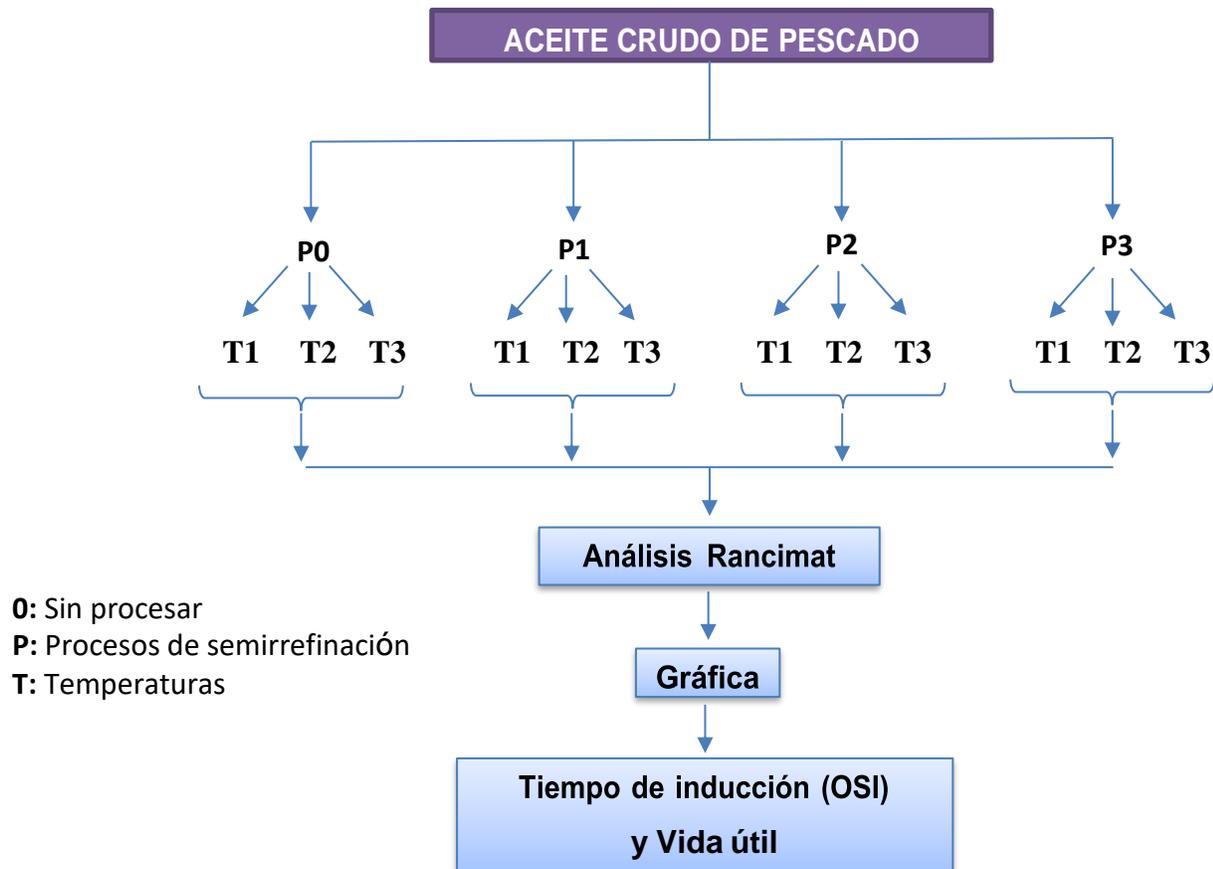


Figura 8. Diagrama de flujo del diseño experimental de la investigación.

### 3.3.2 Variables

- **Variables independientes.**

3Etapas del proceso de semi refinación

3.3.1.1.1 **P0:** Sin procesar  $\left\{ \begin{array}{l} - T1: 70^{\circ}\text{C} \\ - T2: 80^{\circ}\text{C} \\ - T3: 90^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$

3.3.1.1.2 **P1:** Estabilizado  $\left\{ \begin{array}{l} - T1: 70^{\circ}\text{C} \\ - T2: 80^{\circ}\text{C} \\ - T3: 90^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$

3.3.1.1.3 **P2:** Neutralizado  $\left\{ \begin{array}{l} - T1: 70^{\circ}\text{C} \\ - T2: 80^{\circ}\text{C} \\ - T3: 90^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$

3.3.1.1.4 **P3:** Decolorado  $\left\{ \begin{array}{l} - T1: 70^{\circ}\text{C} \\ - T2: 80^{\circ}\text{C} \\ - T3: 90^{\circ}\text{C} \end{array} \right.$

- **Variable dependiente**

Vida útil (horas).

El diseño estadístico usado fue el “Diseño completamente al azar (DCA)” con arreglo factorial de 4x3 con 3 repeticiones, es decir 36 experiencias, cuyos resultados se evaluaron a través de un análisis de varianza al 95% de confianza, el cual permitió evaluar las variables de respuesta.

Tabla 6  
 Diseño de bloque completamente al azar con arreglo factorial 3 x 4

		ETAPAS			
		P0	P1	P2	P3
TEMPERATURA	T1				
	T2				
	T3				

### 3.4.2 Diseño estadístico:

Modelo aditivo lineal:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ij}$$

**Dónde:**

**$Y_{ijk}$ :** Es la vida útil del aceite de pescado según etapa y temperatura

**$\mu$**  = Es el efecto de la media general.

**$\alpha_i$**  = Es el efecto del i-ésima etapa de refinación.

**$\beta_j$**  = Es el efecto de la j-ésima temperatura.

**$(\alpha\beta)_{ij}$**  = Es el efecto de la interacción en el i-ésimo etapa de refinación y j-ésima temperatura.

**$\varepsilon_{ij}$**  = es el efecto del error experimental

## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Características fisicoquímicas del aceite de pescado

En la tabla 7, se muestra las características fisicoquímicas de los aceites procesados, el cual indica que el % acidez del aceite crudo de 2.17 aumenta a 2.27, debido a la acidez mineral que adquiere el aceite crudo, cuando este, es estabilizado, así mismo, se observa que al neutralizar con soda caustica el % acidez baja a 0.1 ya que el soda caustica reacciona con los ácidos grasos libres formándose el oleato de sodio y luego, durante el decolorado el % acidez aumenta ligeramente a 0.15 por la acidez mineral de la arcilla activada que se añade y parte porque se hidroliza el aceite con la humedad que se está eliminando alta temperatura, cabe resaltar para que un aceite sea destinado a consumo, debe tener un índice de acidez inferior a 3, valores más grandes podrían comprometer a la calidad del aceite, es decir, cuanto mayor sea el índice de acidez menor será la calidad del aceite. Se observa una disminución del índice de acidez al pasar de un proceso de refinación a otro, esto se puede justificar, que en cada proceso son eliminados los ácidos grasos libres, como tal, es muy importante esta prueba para el control de los aceites.

Tabla 7  
Características fisicoquímicas del aceite de pescado según proceso de semi refinación

Proceso	%				Índice			
	Acidez	(*) Máx.	Humedad + impurezas	(*) Máx.	Anisidina	(*) Máx.	Peróxido	(*) Máx.
Crudo	2.17	3	0.5	1	26.9	45	2	10
Estabilizado	2.27	3	0.1	1	26.8	35	1	10
Neutralizado	0.10	3	0.1	1	23.2	25	1	7
Decolorado	0.15	0.3	0.01	0.1	20.0	20	1.1	3

(\*) HACCP - Doil internacional S.A.C

Por otro lado, con respecto al % de Humedad más impurezas del aceite crudo es de 0.5, el cual al ser estabilizado los sólidos se carbonizaron con el ácido, adquiriendo peso para decantar y separarse del aceite reduciendo a 0.1 cuyo valor se mantiene durante el neutralizado, pero durante el decolorado el aceite a temperaturas elevadas mayor a la temperatura de ebullición del agua en vacío pierde humedad bajando a 0.01.

En cuanto al índice de anisidina del aceite crudo que fue 26.9, en la etapa de estabilizado, bajo ligeramente con respecto al del aceite sin procesar ya que algunas trazas de productos de oxidación secundaria son arrastrados junto a los sólidos decantados, esto influyó en la disminución ligera a 26.8, el mismo que durante el neutralizado es arrastrado y separado con el jabón formado bajando significativamente a 23.2 indicando que esta fase también ayuda a disminuir parcialmente los productos de oxidación secundaria y en

decolorado, en razón que la arcilla activada adicionalmente a su efecto sobre los pigmentos tiene como capacidad de absorber también los productos de oxidación secundaria, este se redujo el índice de anisidina a 20.

Por su parte, el índice de peróxido del aceite crudo cuyo fue de 2, el cual al ser estabilizado al reaccionar con el ácido aceleró su periodo de oxidación, separándose como productos de oxidación secundaria el cual, se verificó con la disminución a 1, que en el proceso de neutralizado se mantuvo el valor del peróxido evidenciando que la soda caustica no tiene ninguna acción sobre los productos de oxidación primaria y durante el decolorado subió ligeramente a 1.1, a causa que el aceite fue sometido a temperaturas más elevadas a través de un sistema de vacío, para que no afecte o degrade el aceite, pero al ser filtrado este reacciona con el oxígeno lo que hace que incremente el valor de peróxido.

#### **4.2. Vida útil del aceite de pescado según procesos de semirrefinación**

La tabla 8, muestra la influencia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite de pescado, donde se observa que el aceite a medida que pasa por las etapas del proceso de refinación, el tiempo de estabilidad disminuye desde 701 a 533 horas, resultado debido posiblemente a que durante la neutralización disminuye la cantidad de compuestos polares buenos para el aceite como antioxidantes naturales (fenólicos), se formaron compuestos polares dañinos y también se eliminan ácidos grasos libres

principalmente saturados, que le confieren mayor estabilidad al aceite crudo y menos al aceite refinado.

Tabla 8  
Vida útil del aceite de pescado según proceso de semirrefinación

Proceso	A	B	r <sup>2</sup>	Tiempo (h)	Tiempo (días)	Tiempo (años)
Aceite crudo	5729.2333	-0.0840	0.9994	701	29.00	0.08
Aceite estabilizado	4546.2458	-0.0823	0.9996	582	24.25	0.07
Aceite neutralizado	3955.8393	-0.0819	0.9992	511	21.29	0.06
Aceite decolorado	3955.8940	-0.0802	0.9997	533	22.20	0.06

#### 4.3. Estabilidad oxidativa del aceite de pescado según procesos de semirrefinación

En correlación con los resultados mostrados en la Tabla 8, según las Figuras 9, 10, 11 y 12, los aceites según proceso de semirrefinación muestran comportamientos lineales con respecto al Índice de Estabilidad Oxidativa, cuando los aceites son sometidos a las temperaturas de 70, 80 y 90°C. Sin embargo, las velocidades de oxidación del aceite crudo son mayor que en los aceites semirrefinados, comportamiento que se corroboran con las pendientes mostradas en la tabla 8 y los resultados del índice de acidez, índice de anisidina e índice de peróxido, le sigue el aceite estabilizado, luego el neutralizado y finalmente el aceite decolorado, con menor velocidad de manifestarse el índice de Estabilidad Oxidativa.

Figura 9

Extrapolación del Índice de Estabilidad Oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de pescado crudo

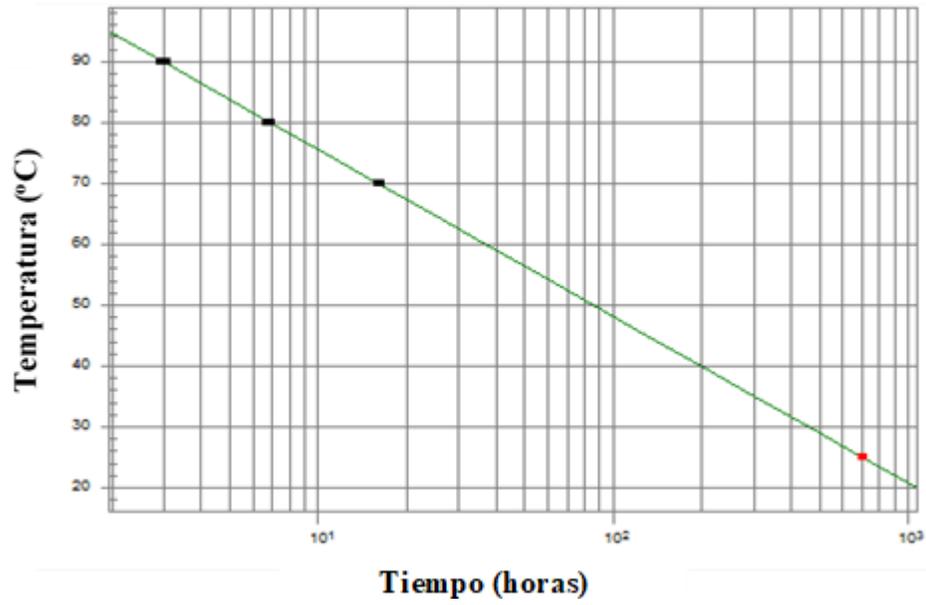


Figura 10

Extrapolación del Índice de Estabilidad Oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de pescado estabilizado

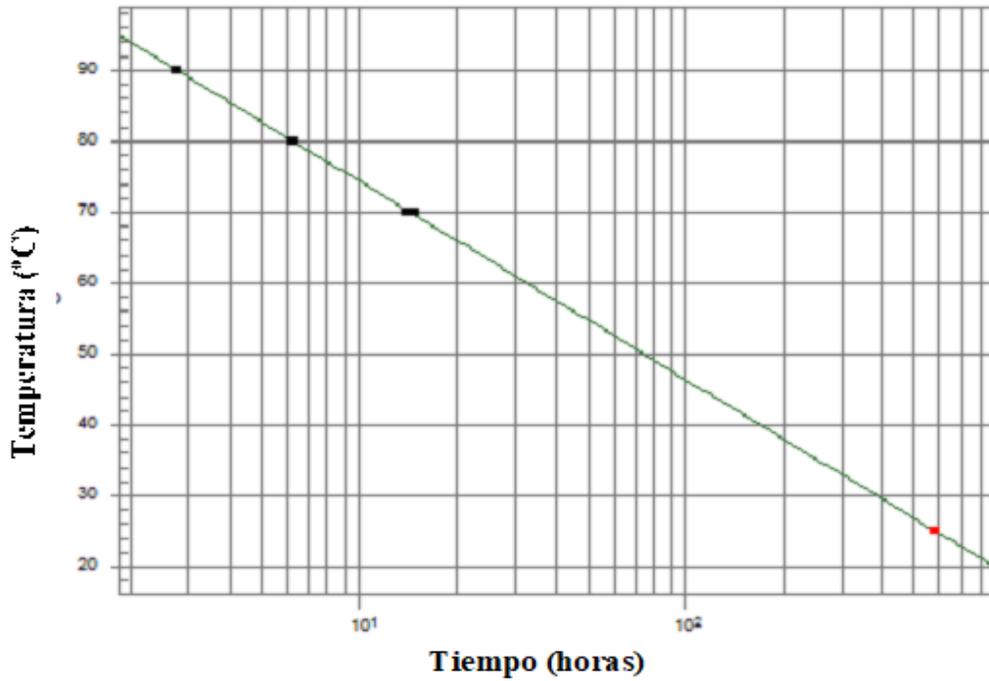


Figura 11  
Extrapolación del Índice de Estabilidad Oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de pescado neutralizado

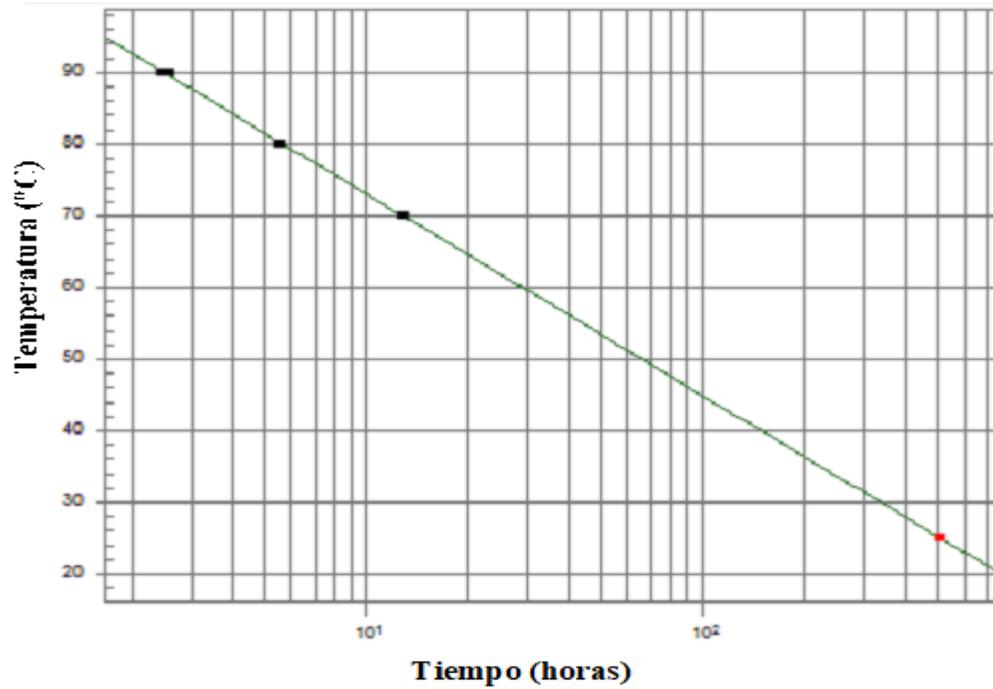
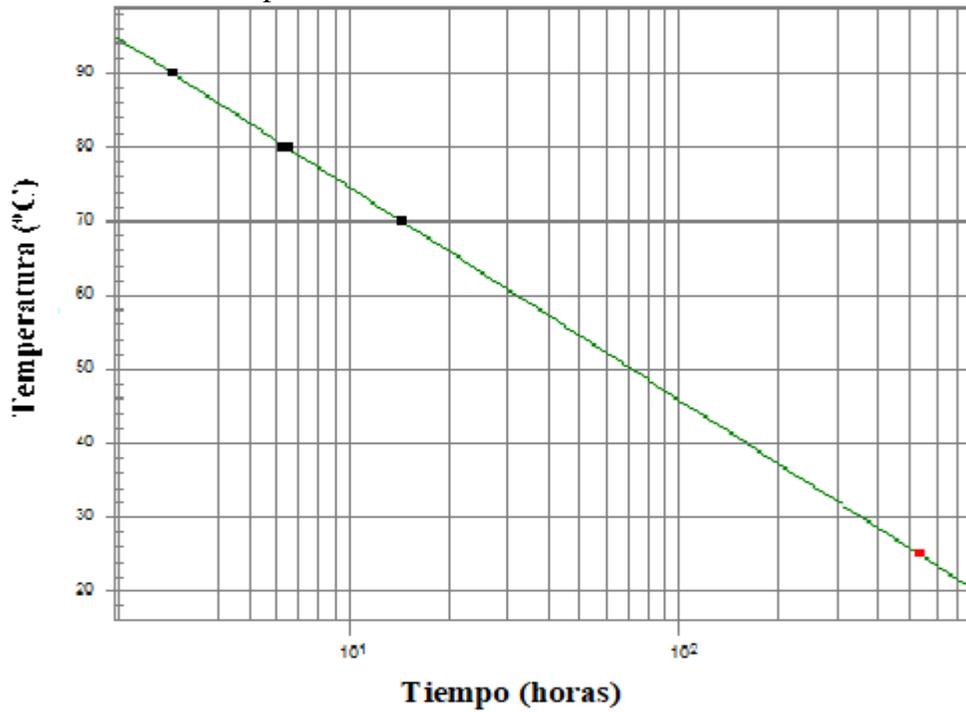


Figura 12  
Extrapolación del Índice de Estabilidad Oxidativa y estimación de la vida útil del aceite de pescado decolorado



#### **4.4. Análisis estadísticos para los tiempos de inducción entre los procesos del aceite de pescado**

Para la determinación de los tiempos de inducción del aceite de pescado se empleó el método Rancimat Metrohm 734. La muestra fue sometida a condiciones aceleradas como a diferentes temperaturas (70, 80°C y 90°C) y un flujo de aire constante de 20L/h, con el fin de oxidar y generar compuestos volátiles como peróxidos, aldehídos y cetonas. El periodo de inducción es aquel en que ocurre la aceleración rápida de la oxidación, y se registra por el número de horas (Viera, 2005).

Los resultados mostrados en las Tablas 9 y 10, demuestran que a medida que los aceites se van refinando más, los tiempos de inducción para acelerar la oxidación de los aceites son menores, es decir, que aquellos aceites refinados van iniciar su oxidación más pronto, por lo tanto, son menos estables y los aceites crudos o menos refinados son más estables. Con respecto a la temperatura, es muy similar, puesto que a medida que se aumente la temperatura, los tiempos de inducción son menores, esto quiere decir, que cuando un aceite es sometido a altas temperaturas es menos estable, debido a que los procesos de iniciación de la oxidación se van a manifestar a mayor velocidad que aquellos sometidos a bajas temperaturas.

Tabla 9  
 Datos de tiempo de inducción a 3 temperaturas de cada proceso del aceite de pescado

F=20 L/H	Temperatura	Tiempo de inducción			Promedio
		*R1	*R2	*R3	
<b>Aceite Crudo</b>	70°C	16.25 h	15.93 h	16.03 h	16.07 h
	80°C	6.71 h	6.76 h	6.96 h	6.81 h
	90°C	2.98 h	2.93 h	3.07 h	2.99 h
<b>Aceite Estabilizado</b>	70°C	14.09 h	14.78 h	14.30 h	14.39 h
	80°C	6.31 h	6.31 h	6.22 h	6.28 h
	90°C	2.79 h	2.75 h	2.79 h	2.78 h
<b>Aceite Neutralizado</b>	70°C	12.83 h	12.94 h	13.08 h	12.95 h
	80°C	5.59 h	5.53 h	5.61 h	5.58 h
	90°C	2.45 h	2.51 h	2.60 h	2.52 h
<b>Aceite Decolorado</b>	70°C	14.60 h	14.40 h	14.54 h	14.51 h
	80°C	6.56 h	6.33 h	6.39 h	6.43 h
	90°C	2.95 h	2.90 h	2.91 h	2.92 h

\*Medición realizada de tres repeticiones por muestra

Tabla 10  
 Tiempo de inducción según proceso de semirrefinación del aceite de pescado

	Proceso	Tiempo de inducción (horas)		
		T1	T2	T3
		70°C	80°C	90°C
<b>P0</b>	Aceite crudo	16.07 h	6.81 h	2.99 h
<b>P1</b>	Aceite estabilizado	14.39 h	6.28 h	2.78 h
<b>P2</b>	Aceite neutralizado	12.95 h	5.58 h	2.52 h
<b>P3</b>	Aceite decolorado	14.51 h	6.43 h	2.92 h

\*Medición promedio realizada a tres repeticiones por muestra

- **Análisis estadístico para el tiempo de inducción a 70 °C**

Los tiempos de inducción a 70°C mostrados en la Tabla 11 y sometidos a análisis de varianza (ver Tabla 12), muestran que el valor *P* de la prueba *F* es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media del Tiempo de Inducción 70°C entre un nivel de PROCESOS y otro, con un nivel del 95.0% de confianza, es decir, que los procesos de semirrefinación influyen en los tiempos de inducción, toda vez, que en cada proceso, los aceites van cambiando sus características fisicoquímicas, conforme se observó en los resultados mostrados en la Tabla 7. En la Tabla 13, se observa las diferencias entre las medias de los procesos de semirrefinación, a 70°C, los tiempos de inducción son diferentes, siendo influenciados en mayor magnitud aquellos aceites crudos, que mostraron un tiempo de inducción promedio de 3.12 h, comparado con el aceite decolorado que tuvo 0.12 h de inducción, demostrando ser menos estable.

Tabla 11  
Tiempo de inducción a 70 °C

Repeticiones	Crudo P0	Estabilizado P1	Neutralizado P2	Decolorado P3
*R1	16.25 h	14.09 h	12.83 h	14.60 h
*R2	15.93 h	14.78 h	12.94 h	14.40 h
*R3	16.03 h	14.30 h	13.08 h	14.54 h

Tabla 12  
ANOVA para el tiempo de inducción (horas) a 70 °C

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad
Entre grupos	14.634	3	4.8782083	109.5406	7.77539E-07
Dentro de grupos	0.356266	8	0.0445333		
Total	14.99089	11	1.3628083		

Tabla 13  
TUKEY para el tiempo de inducción (horas) a 70 °C

Grupo 1	Grupo 2	Promedio	p-value	¿ p-value es < 0.05?
P0	P1	1.6800	4.77E-05	SI
P0	P2	3.1200	4.30E-07	SI
P0	P3	1.5567	8.36E-05	SI
P1	P2	1.4400	1.47E-04	SI
P1	P3	0.1233	8.88E-01	NO
P2	P3	1.5633	8.10E-05	SI

- **Análisis estadístico para el tiempo de inducción a 80 °C**

Los resultados del ANOVA presentados en el Tabla 15, muestra que el valor *P* de la prueba F es menor que 0.05, por lo tanto existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de tiempo de inducción a 80°C en los procesos de semirrefinación, con un nivel del 95.0% de confianza, comportamiento semejante a lo producido con tiempos de inducción a 70°C, con la diferencia, que a mayor temperatura los tiempos de inducción fueron menores, como tal, se demuestra que un aumento de 10°C, produce cambios importantes en los procesos de inicio

de la oxidación de los aceites, resultados que pueden ser corroborados en las Tablas 14 y 16.

Tabla 14  
Tiempo de inducción a 80 °C

Repeticiones	Crudo <b>P0</b>	Estabilizado <b>P1</b>	Neutralizado <b>P2</b>	Decolorado <b>P3</b>
<b>*R1</b>	6.71 h	6.31 h	5.59 h	6.56 h
<b>*R2</b>	6.76 h	6.31 h	5.53 h	6.33 h
<b>*R3</b>	6.96 h	6.22 h	5.61 h	6.39 h

Tabla 15  
ANOVA para el tiempo de inducción (horas) a 80 °C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	2.390733	3	0.796911	88.1376	1.80878E-06
Dentro de grupos	0.072333	8	0.009041		
Total	2.463066	11	0.223915		

Tabla 16  
Tukey para el tiempo de inducción (horas) a 80 °C

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Promedio</i>	<i>p-value</i>	<i>¿ p-value es &lt; 0.05?</i>
P0	P1	0.53	0.00061089	SI
P0	P2	1.23333333	1.1719E-06	SI
P0	P3	0.38333333	0.00499249	SI
P1	P2	0.70333333	8.195E-05	SI
P1	P3	0.14666667	0.30416697	NO
P2	P3	0.85	2.0109E-05	SI

- **Análisis estadístico para el tiempo de inducción a 90 °C**

El ANOVA presentado en el Tabla 18, elaborado con los resultados mostrados en la Tabla 17, muestra que el valor *P* de la prueba F es menor que 0.05, por lo tanto, existe una diferencia estadísticamente significativa

entre la media de los tiempos de inducción a 90°C, en los procesos de semirrefinación, con un nivel del 95.0% de confianza. Por otro lado, se observa que la temperatura de 90°C, afecta más a todos los aceites, toda vez que aumenta la velocidad del deterioro, resultados que se ven reflejados en los tiempos menores que se requieren para dar inicio a la oxidación, siendo mucho menor en un aceite totalmente refinado, debido que el aceite pasa por la estabilización y neutralizado, donde son eliminados muchas impurezas como fosfolípidos, ácidos grasos libres y pigmentos para dar calidad. Los promedios de tiempos de inducción sometidos a la prueba de comparación de Tukey, se ven influenciadas por la temperatura de 90°C y los procesos de semirrefinación de los aceites, siendo de acuerdo a la Tabla 19, 0.07 h, el promedio de tiempo de inducción más corto, para el aceite que pasó por todo el proceso de refinación, mientras que el aceite crudo reflejó un tiempo promedio de inducción de 0.47h.

Tabla 17  
Tiempo de Inducción a 90 °C

Repeticiones	Crudo <b>P0</b>	Estabilizado <b>P1</b>	Neutralizado <b>P2</b>	Decolorado <b>P3</b>
<b>*R1</b>	2.98 h	2.79 h	2.45 h	2.95 h
<b>*R2</b>	2.93 h	2.75 h	2.51 h	2.90 h
<b>*R3</b>	3.07 h	2.79 h	2.60 h	2.91 h

Tabla 18  
ANOVA de Tiempo de Inducción (horas) a 90 °C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	0.3920916	3	0.130697222	43.687	2.63269E-05
Dentro de grupos	0.0239333	8	0.002991667		
Total	0.4160	11	0.037820455		

Tabla 19  
TUKEY para el tiempo de inducción (horas) a 90 °C

<i>Grupo 1</i>	<i>Grupo 2</i>	<i>Promedio</i>	<i>p-value</i>	<i>¿ p-value es &lt; 0.05?</i>
P0	P1	0.216666	0.00554958	SI
P0	P2	0.473333	2.5646E-05	SI
P0	P3	0.073333	0.40979236	NO
P1	P2	0.256666	0.00192591	SI
P1	P3	0.143333	0.04950031	SI
P2	P3	0.4	8.9038E-05	SI

- **Análisis estadístico para los tiempos de inducción a 70, 80 Y 90 °C**  
En la Tabla 20, se observan los tiempos de inducción producidos por la interacción de las temperaturas y procesos de semirrefinación de los aceites, donde el mayor tiempo de inducción (16.07h) se produjo con el aceite crudo tratado a 70°C y el menor tiempo de inducción (2.52h), mostró el aceite neutralizado que fue sometido a 90°C. Los resultados de tiempos de inducción producidos por dichas interacciones, fueron tratadas estadísticamente, a la prueba F, cuyos resultados han sido analizados estadísticamente conforme se

muestra en la Tabla 21, se observan presentan los resultados del índice de estabilidad oxidativo, donde los factores temperatura y procesos no existen diferencias altamente significativas a un nivel de significancia del 5%, ya que los valores  $P$ , resultaron ser mayores a 0.05 ( $p > 0.05$ ), los cuales, se demuestra, que en interacción entre las temperaturas (70, 80 y 90°C) con los procesos de semirrefinación, los aceites, estadísticamente, al 95% de nivel de confianza, no fueron afectados significativamente.

Tabla 20  
Tiempos de inducción a 70, 80 y 90 °C

Temperatura	Crudo <b>P0</b>	Estabilizado <b>P1</b>	Neutralizado <b>P2</b>	Decolorado <b>P3</b>
<b>70 °C</b>	16.07 h	14.39 h	12.95 h	14.51 h
<b>80 °C</b>	6.81 h	6.28 h	5.58 h	6.43 h
<b>90 °C</b>	2.99 h	2.78 h	2.52 h	2.92 h

Tabla 21  
ANOVA para el tiempo de inducción (horas) a 70, 80 y 90 °C

<i>Origen de las variaciones</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Grados de libertad</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Probabilidad</i>
Entre grupos	3.923718	3	1.307906	0.0361	0.990099399
Dentro de grupos	289.6063	8	36.20079		
Total	293.5300	11	26.68455		

#### 4.5. Índice de eficacia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite de pescado

En el Tabla 22, se presentan los resultados de eficacia de los distintos procesos de semirrefinado, el cual, según lo calculado, el aceite sin procesar o crudo tiene el más alto valor, se ordenó según la eficiencia de forma descendente es  $P0 > P3 > P1 > P2$ , como tal, el aceite crudo es más estable

frente al calor, que un aceite semirrefinado, en razón que requiere mayor tiempo de inducción (1 h) para iniciar su oxidación, mientras que los aceites decolorados, requieren menos tiempo de inducción.

Tabla 22  
Eficacia de los procesos de semirrefinación en la vida útil del aceite de pescado.

Proceso	Muestra	Tiempo de inducción (h)			Promedio
		70°C	80°C	90°C	
P0	Aceite crudo	1.00	1.00	1.00	1.00
P1	Aceite estabilizado	0.90	0.92	0.93	0.92
P2	Aceite neutralizado	0.81	0.82	0.84	0.82
P3	Aceite decolorado	0.90	0.94	0.98	0.94

## V. CONCLUSIONES

- Los valores más altos de los rangos aceptables de las características fisicoquímicas de acidez (0.10-2.17%), humedad (0.01-0.5%), índice de anisidina (20-26.9) e índice de peróxido (1-2), correspondieron a los aceites crudos, mientras que los valores más bajos, lo presentaron los aceites que pasaron por los procesos de estabilizado, neutralizado y decolorado.
- Los aceites de pescado que fueron sometidos a procesos de refinación, a medida que se incrementó la temperatura desde 70, 80 hasta 90°C, con flujo de aire de 20 L/h, fueron inducidos más rápido para dar inicio a la oxidación.
- El tiempo de vida útil de los aceites de pescado crudo y decolorado, determinado mediante pruebas aceleradas por el método de Rancimat, fue de 29 y 22.20 días, diferencia marcada, debido a la eliminación de fosfolípidos, ácidos grasos libres y pigmentos durante los procesos de semirrefinación.

## **VI. RECOMENDACIONES:**

- Se recomienda investigar antioxidantes que retarden el tiempo de oxidación del aceite procesado de pescado en sus diferentes etapas.
- Se recomienda realizar análisis de vida útil del aceite crudo de pescado y semirrefinado bajo condiciones normales y ambientes modificados.
- Se recomienda investigar la formación y concentración de compuestos polares en el aceite de pescado en cada una de sus etapas.

## VII. BIBLIOGRAFÍA:

- ✓ Andamayo (2021). Blend de aceite de pescado refinado y aceite de Sacha Inchi. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Lima. Perú.
- ✓ Ardiles, F. y Mozo, M. (2017). Determinación del tiempo de vida útil del aceite crudo de pescado usando antioxidantes sintéticos y naturales mediante uso del Rancimat". Chimbote. Perú.
- ✓ A.J.C. Andersen (1965). Refinación de aceites y grasas comestibles. Editorial continental S.A. Capítulo 2.
- ✓ Crexi, V. T., Legemann-Monte, M., Almeida de Souza, L., & De Almeida-Pinto, L. (2010). Production and refinement of oil from carp (*Cyprinus carpio*) viscera. *Food Chemistry*, 119(3), 945-950. doi:10.1016/j.foodchem.2009.07.050.
- ✓ Huang, J., & Sathivel, S. (2010). Purifying salmon oil using adsorption, neutralization, and a combined neutralization and adsorption process. *Journal of Food Engineering*, 96(1), 51-58. doi:10.1016/j.jfoodeng.2009.06.042.
- ✓ Masson L, 1994. Criterio de calidad para materias grasas utilizadas frecuentemente en la nutrición animal y de peces.
- ✓ Paucar-Menacho, L., Rebeca Salvador-Reyes. R., Guillén-Sánchez, J., Caparobles, J. & Moreno-Rojo, C. (2015). Estudio comparativo de las características físico-químicas del aceite de sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.), aceite de oliva (*Olea europaea*) y aceite crudo de pescado. Universidad Nacional del Santa. Nuevo Chimbote. Perú.
- ✓ Robalino, J.J. (2009). Aprovechamiento de residuos pesqueros para la obtención de ácidos grasos omega 3 en el procesamiento de productos alimenticios. Guayaquil. Ecuador.
- ✓ Roldan (2015). Extracción y refinación de aceite crudo de pescado

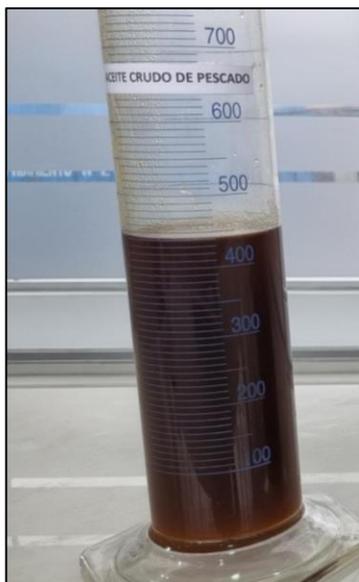
- ✓ Vaisali, C., Charanyaa, S., Belur, P. D., & Regupathi, I. (2015). Refining of edible oils: a critical appraisal of current and potential technologies. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(1), 13-23. doi:10.1111/ijfs.12657.
- ✓ Valenzuela B., Sanhueza C., De la Barra D. (2012). El aceite de pescado: ayer un desecho industrial, hoy un producto de alto valor nutricional. *Revista Chil Nutr Vol. 39, N°2*.

### **SITIOS WEB:**

- ✓ [https://www.metrohm.com/es\\_es/applications/application-notes/aa-t-001-100/ant-112.html](https://www.metrohm.com/es_es/applications/application-notes/aa-t-001-100/ant-112.html)
- ✓ <https://es.scribd.com/document/337433014/EXTRACCION-Y-REFINACION-DE-ACEITE-CRUDO-1-pdf>
- ✓ <https://m.riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/194739/FuentesFuentes%20-%20Determinacion%20del%20valor%20de%20p-anisidina%20en%20grasas%20comestibles.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- ✓ <file:///C:/Users/HP%20PROFESSIONAL/Downloads/331-Texto%20del%20art%C3%ADculo-2113-1-10-20150521.pdf>
- ✓ <https://snp.org.pe/industria-pesquera/aceite-de-pescado/>
- ✓ [https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717-75182012000200009](https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-75182012000200009)
- ✓ [file:///C:/Users/HP%20PROFESSIONAL/Downloads/1162-Article%20Text%20in%20Microsoft%20Word%20or%20LibreOffice%20file%20\(needed\)-1166-1-10-20101007%20\(1\).pd](file:///C:/Users/HP%20PROFESSIONAL/Downloads/1162-Article%20Text%20in%20Microsoft%20Word%20or%20LibreOffice%20file%20(needed)-1166-1-10-20101007%20(1).pd)

## VIII. ANEXOS:

### ANEXO N°1: Aceite crudo de pescado



### ANEXO N°2: Estabilizado de aceite de pescado



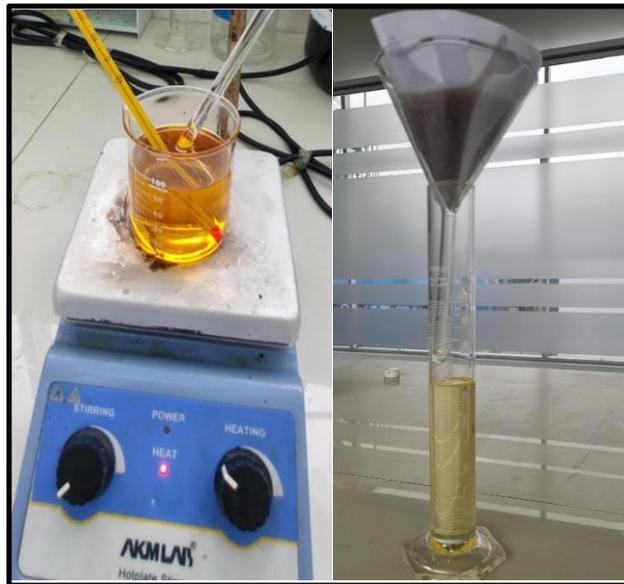
### ANEXO N°3: Neutralizado de aceite de pescado



### ANEXO N°4: Lavado de aceite de pescado



## ANEXO N°5: Decolorado de aceite de pescado



## ANEXO N°6: Etapas de semirrefinación de aceite de pescado



## ANEXO N°7: Equipos de laboratorio



## ANEXO N°8: Informe del análisis de laboratorio de la UNS - Método Rancimat



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
VICERECTORADO DE INVESTIGACION  
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial



### RESULTADOS

MUESTRA : - Aceite Crudo de Pescado  
- Aceite Estabilizado  
- Aceite Neutralizado  
- Aceite Semirrefinado

LABORATORIO : Nutrición y Toxicología

MÉTODO DE ENSAYO : AOCs Official Method Cd 12b-92. 2013. On oil stability index (OSI).

EQUIPO : RANCIMAT 743 SERIE:17430014

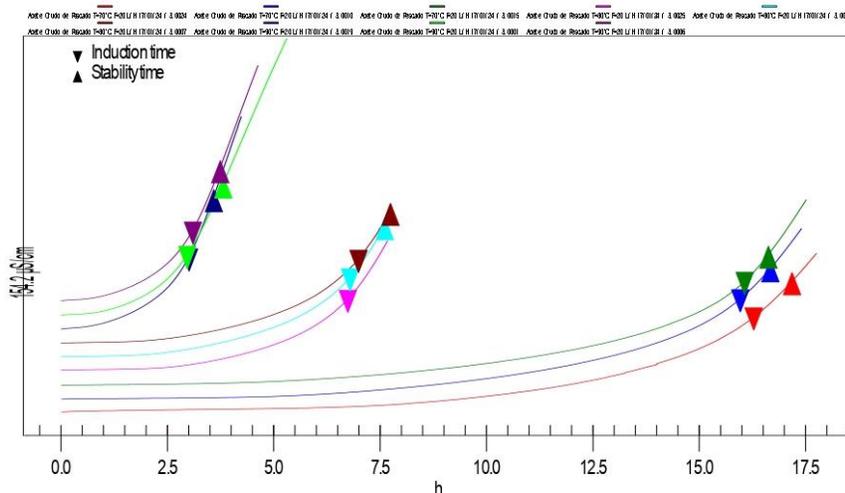
#### 1. ACEITE CRUDO

Cuadro de datos del tiempo de inducción a 3 temperaturas 70, 80, 90 °C

NOMBRE	TEMPERATURA	TIEMPO DE INDUCCION		
		*R1	*R2	*R3
Aceite Crudo F=20 L/H	70°C	16.25 h	15.93 h	16.03 h
Aceite Crudo F=20 L/H	80°C	6.71 h	6.76 h	6.96 h
Aceite Crudo F=20 L/H	90°C	2.98 h	2.93 h	3.07 h

\* Los resultados se han realizado por triplicado

#### GRAFICA



#### VIDA UTIL A TEMPERATURA DE 25°C

AÑOS	0.08 años
HORAS	701 hr
DIAS	29 días

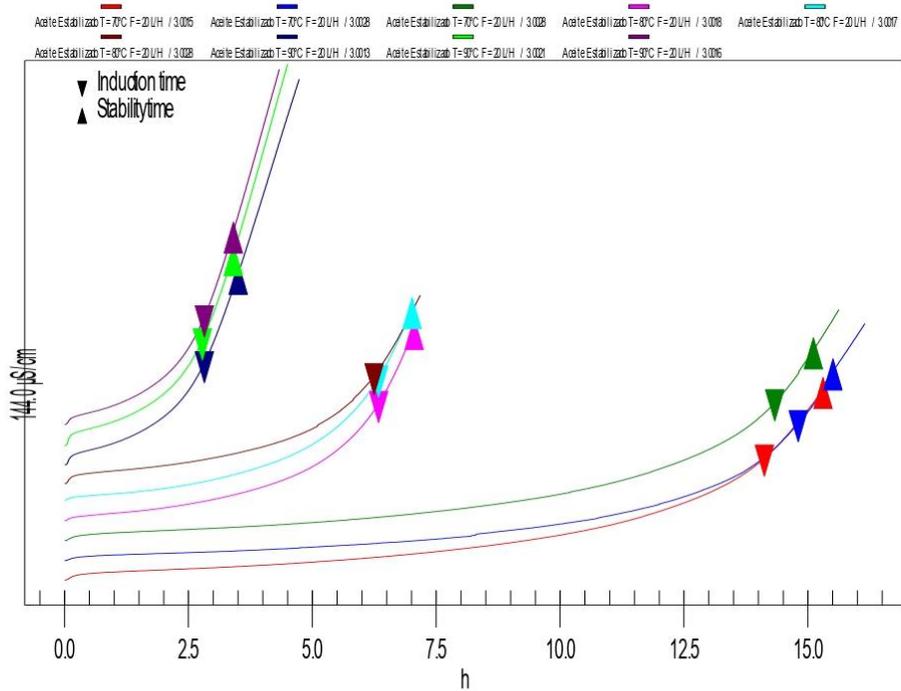
## 2. ACEITE ESTABILIZADO

Cuadro de datos del tiempo de inducción a 3 temperaturas 70, 80, 90 °C

NOMBRE	TEMPERATURA	TIEMPO DE INDUCCION		
		*R1	*R2	*R3
Aceite Estabilizado T=70 F=20 L/H	70°C	14.09 h	14.78 h	14.30 h
Aceite Estabilizado T=80 F=20 L/H	80°C	6.31 h	6.31 h	6.22 h
Aceite Estabilizado T=90 F=20 L/H	90°C	2.79 h	2.75 h	2.79 h

\* Los resultados se han realizado por triplicado

### GRAFICA



VIDA UTIL A TEMPERATURA DE 25°C	
AÑOS	0.07 años
HORAS	582 hr
DIAS	24.25 días

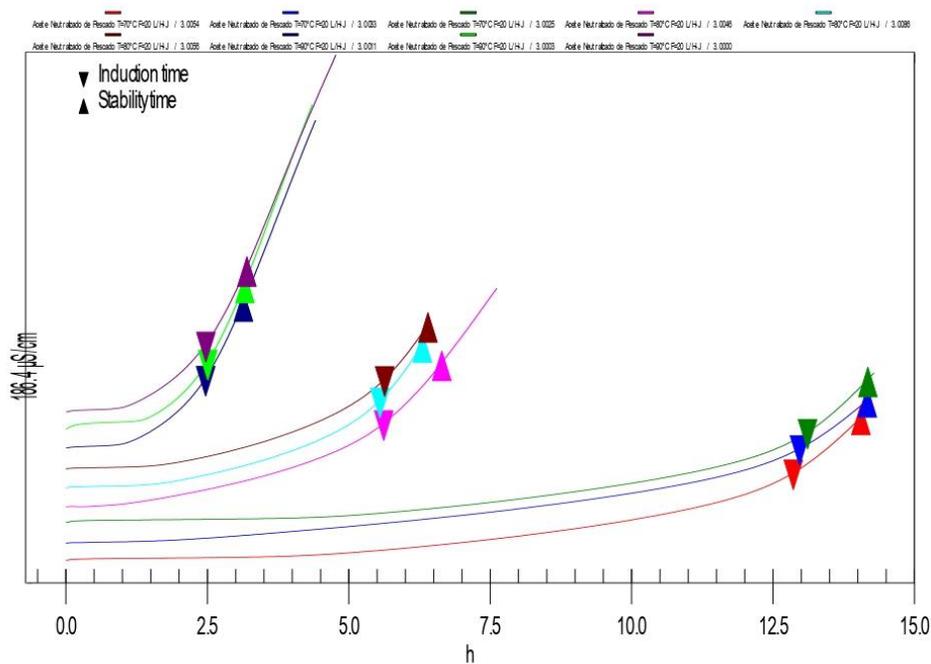
### 3. ACEITE NEUTRALIZADO

Cuadro de datos del tiempo de inducción a 3 temperaturas 70, 80, 90 °C

NOMBRE	TEMPERATURA	TIEMPO DE INDUCCION		
		*R1	*R2	*R3
Aceite Neutralizado T=70 F=20 L/H	70°C	12.83 h	12.94 h	13.08 h
Aceite Neutralizado T=80 F=20 L/H	80°C	5.59 h	5.53 h	5.61 h
Aceite Neutralizado T=90 F=20 L/H	90°C	2.45 h	2.51 h	2.60 h

\*Los resultados se han realizado por triplicado

#### GRAFICA



VIDA UTIL A TEMPERATURA DE 25°C	
AÑOS	0.06 años
HORAS	511 hr
DIAS	21.29 días

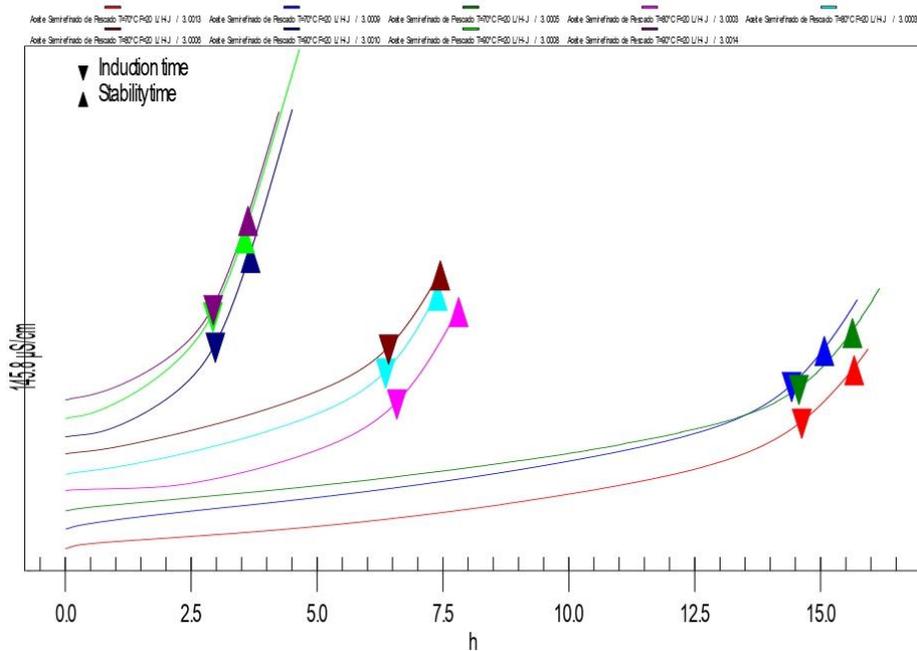
#### 4. ACEITE DECOLORADO

Cuadro de datos del tiempo de inducción a 3 temperaturas 70, 80, 90 °C

NOMBRE	TEMPERATURA	TIEMPO DE INDUCCION		
		*R1	*R2	*R3
Aceite Semirefinado T=70 F=20 L/H	70°C	14.60 h	14.40 h	14.54 h
Aceite Semirefinado T=80 F=20 L/H	80°C	6.56 h	6.33 h	6.39 h
Aceite Semirefinado T=90 F=20 L/H	90°C	2.95 h	2.90 h	2.91 h

\*Los resultados se han realizado por triplicado

#### GRAFICA



VIDA UTIL A TEMPERATURA DE 25°C	
AÑOS	0.06 años
HORAS	533 hr
DIAS	22.2 días

ANEXO N°9: Informe del análisis de laboratorio de Doil International S.A.C- Análisis  
Fisicoquímicos



**INFORME DE ENSAYO  
LABORATORIO DE CALIDAD**

PRODUCTO : Aceite crudo de pescado

CANTIDAD : 17 Kg

FECHA DE ANÁLISIS : 15 /01/ 2024

En cumplimiento con la orden recibida, se llevó a cabo los siguientes análisis, como se describe a continuación:

ANÁLISIS QUÍMICO	UNIDADES	RESULTADOS
Acidez	%	2.17
Humedad + Impurezas	%	0.5
EPA+DHA	-	27.96
Peróxidos	MEQ/KG %	2
Anisidina	%	26.9
Color	%	13
Índice de Yodo	Hannus	187



[www.gdh.pe](http://www.gdh.pe)

**OFICINA LIMA:**  
Av Ventanilla Mz G Lt 95  
Pte Piedra Lima  
E-mail: administracionlima@gdh.pe

**COMPLEJO DOIL - CHIMBOTE**  
Calle El Milagro Mz E Lt 2y3  
Z.I. Gran Trapecio - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**DOIL CHIMBOTE2**  
Jr. Pajares Mz T2 Lt 10  
PJ Miraflores Alto - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**INFORME DE ENSAYO  
LABORATORIO DE CALIDAD**

PRODUCTO : Aceite estabilizado de pescado

CANTIDAD : 16.93 Kg

FECHA DE ANÁLISIS : 15 /01/ 2024

En cumplimiento con la orden recibida, se llevó a cabo los siguientes análisis, como se describe a continuación:

ANÁLISIS QUÍMICO	UNIDADES	RESULTADOS
Acidez	%	2.27
Humedad + Impurezas	%	0.1
EPA+DHA	-	27.96
Peróxidos	MEQ/KG %	1
Anisidina	%	26.8
Color	%	14
Índice de Yodo	Hannus	187

[www.gdh.pe](http://www.gdh.pe)**OFICINA LIMA:**  
Av Ventanilla Mz G Lt 95  
Pte Piedra Lima  
E-mail: administracionlima@gdh.pe**COMPLEJO DOIL - CHIMBOTE**  
Calle El Milagro Mz E Lt 2y3  
Z.I. Gran Trapecio - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe**DOIL CHIMBOTE2**  
Jr. Pajares Mz T2 Lt 10  
PJ Miraflores Alto - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**INFORME DE ENSAYO  
LABORATORIO DE CALIDAD**

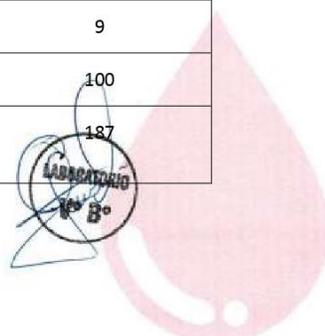
PRODUCTO : Aceite neutralizado de pescado

CANTIDAD : 15.95 Kg

FECHA DE ANÁLISIS : 16 /01/ 2024

En cumplimiento con la orden recibida, se llevó a cabo los siguientes análisis, como se describe a continuación:

ANÁLISIS QUÍMICO	UNIDADES	RESULTADOS
Acidez	%	0.1
Humedad + Impurezas	%	0.1
EPA+DHA	-	27.91
Peróxidos	MEQ/KG %	1
Anisidina	%	23.2
Color	%	9
Jabón	ppm	100
Índice de Yodo	Hannus	187

[www.gdh.pe](http://www.gdh.pe)

**OFICINA LIMA:**  
Av Ventanilla Mz G Lt 95  
Pte Piedra Lima  
E-mail: administracionlima@gdh.pe

**COMPLEJO DOIL - CHIMBOTE**  
Calle El Milagro Mz E Lt 2y3  
Z.1. Gran Trapecio - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**DOIL CHIMBOTE2**  
Jr. Pajares Mz T2 Lt 10  
PJ Miraflores Alto - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**INFORME DE ENSAYO**  
**LABORATORIO DE CALIDAD**

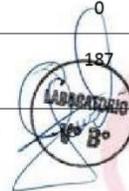
PRODUCTO : Aceite decolorado de pescado

CANTIDAD : 15.75 Kg

FECHA DE ANÁLISIS : 16 /01/ 2024

En cumplimiento con la orden recibida, se llevó a cabo los siguientes análisis, como se describe a continuación:

ANÁLISIS QUÍMICO	UNIDADES	RESULTADOS
Acidez	%	0.15
Humedad + Impurezas	%	0.01
EPA+DHA	-	27.9
Peróxidos	MEQ/KG %	1.1
Anisidina	%	20
Color	%	6
jabón	PPM	0
Índice de Yodo	Hannus	187

[www.gdh.pe](http://www.gdh.pe)

**OFICINA LIMA:**  
Av Ventanilla Mz G Lt 95  
Pte Piedra Lima  
E-mail: administracionlima@gdh.pe

**COMPLEJO DOIL - CHIMBOTE**  
Calle El Milagro Mz E Lt 2y3  
Z.I. Gran Trapecio - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

**DOIL CHIMBOTE2**  
Jr. Pajares Mz T2 Lt 10  
PJ Miraflores Alto - Chimbote  
E-mail: doil@gdh.pe

## ANEXO N°10: HACCP de Doil International S.A.C- Análisis Físicoquímicos

	GESTIÓN DE LA CALIDAD	Código: DR-GQ-PL-01 Versión: 2.0 Fecha: 26-06-2024 Página: 2 de 45
	PLAN HACCP	

### 7. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO (Fase 2)

#### 7.1. Productos Consumo Humano

Producto	Aceite de pescado Crudo (C) - CH	Aceite de pescado Estabilizado (E) - CH	Aceite de pescado Neutralizado (R) - CH	Aceite de pescado Decolorado (RB) - CH	
Materia Prima	Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ) – 100%	Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ) – 100%	Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ) – 100%	Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> ) – 100%	
Uso previsto	Suplementos Nutricionales: El aceite de pescado semirrefinado se utiliza para fabricar suplementos dietéticos en forma de cápsulas o líquidos. Estos suplementos son ricos en ácidos grasos omega-3, especialmente ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), que son beneficiosos para la salud cardiovascular, cerebral y ocular.				
Características físicas	Color Gardner	18-15	18-15	9-11	6-9
	Punto de fusión	Líquido a temperatura ambiente	Líquido a temperatura ambiente	Líquido a temperatura ambiente	Líquido a temperatura ambiente
Características químicas	Acidez Oleica (%)	3 Max	3 Max	0.08 - 3 Max	0.08 - 0.1 Max
	Humedad + Impurezas (%)	1.0 % Max	1.0 % Max	1.0 % Max	0.1% Max
	Peróxidos (meq O <sub>2</sub> /KgL)	10.0 % Max	10.0 % Max	7.0 % Max	3.0 % Max
	Anisidina (i.a.)	45.00 Máx	35.00 Máx	25.00 Máx	20.00 Máx
	Materia insaponificable	3.5% Máx	3.5% Máx	2.5% Máx	1.5% Máx
	Índice de Yodo (Hanus)	175.00 min	175.00 min	175.00 min.	175.00 min.
	Ácidos grasos Omega 3 (EPA/DHA)	min 27%	min 27%	min 27%	min 27%
	Plomo	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg
	Arsénico	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg	≤ 10 mg/Kg
	Mercurio	≤ 0.5 mg/Kg	≤ 0.5 mg/Kg	≤ 0.5 mg/Kg	≤ 0.5 mg/Kg
	Cadmio	≤ 2 mg/Kg	≤ 2 mg/Kg	≤ 2 mg/Kg	≤ 2 mg/Kg
	Dioxins	5,0 ng WHOPCDD/F-TEQ/kg	5,0 ng WHOPCDD/F-TEQ/kg	5,0 ng WHOPCDD/F-TEQ/kg	5,0 ng WHOPCDD/F-TEQ/kg
	Sum of Dioxins and dioxin-like PCBs	20.0 ng/kg	20.0 ng/kg	20.0 ng/kg	20.0 ng/kg
	Dioxin like PCB's	11,0 ng WHOPCB-TEQ/kg	11,0 ng WHOPCB-TEQ/kg	11,0 ng WHOPCB-TEQ/kg	11,0 ng WHOPCB-TEQ/kg
Non dioxin-like PCB's	175 µg/kg (ppb)	175 µg/kg (ppb)	175 µg/kg (ppb)	175 µg/kg (ppb)	