

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Industrial

Tesis

Determinación del deterioro del aceite crudo de palma (*Elaeis guineensis*) en la planta extractora Industrias del Espino, anexo Nuevo Horizonte S. A.

Edgar Gambini Espinoza

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Industrial

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : Felipe Gutarra Meza
Decano de la Facultad de Ingeniería

DE : Herbert Antonio Vilchez Baca
Asesor de tesis

ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis

FECHA : 06 de Marzo de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: “**DETERMINACIÓN DEL DETERIORO DEL ACEITE CRUDO DE PALMA (Elaeis Guineensis) EN LA PLANTA EXTRACTORA INDUSTRIAS DEL ESPINO ANEXO NUEVO HORIZONTE S.A.**”, perteneciente al/la/los/las estudiante(s) Edgar Gambini Espinoza, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial; se procedió con la carga del documento a la plataforma “Turnitin” y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 17 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores (Nº de palabras excluidas: 15) SI NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,

La firma del asesor obra en el archivo original
(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD

Yo, Edgar Gambini Espinoza, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 80215809, de la E.A.P. de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "DETERMINACIÓN DEL DETERIORO DEL ACEITE CRUDO DE PALMA (Elaeis Guineensis) EN LA PLANTA EXTRACTORA INDUSTRIAS DEL ESPINO ANEXO NUEVO HORIZONTE S.A." , es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Industrial.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

06 de 03 de 2024

La firma del autor y del asesor obra en el archivo original

(No se muestra en este documento por estar expuesto a publicación)

RESULTADO DEL TURNITIN

tesis Edgar Gambini Espinoza

INFORME DE ORIGINALIDAD

17 %	17 %	3 %	2 %
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.unas.edu.pe Fuente de Internet	7 %
2	1library.co Fuente de Internet	1 %
3	www.ucipfg.com Fuente de Internet	1 %
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	1 %
5	hdl.handle.net Fuente de Internet	1 %
6	repositorio.continental.edu.pe Fuente de Internet	1 %
7	cienciadigital.org Fuente de Internet	<1 %
8	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
9	www.redalyc.org Fuente de Internet	<1 %

10	repositoriodspace.unipamplona.edu.co Fuente de Internet	<1 %
11	publicaciones.fedepalma.org Fuente de Internet	<1 %
12	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
14	qdoc.tips Fuente de Internet	<1 %
15	bdigital.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
16	www.nutricionhospitalaria.org Fuente de Internet	<1 %
17	editorialalema.org Fuente de Internet	<1 %
18	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
19	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
20	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	dspace.udla.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

22	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	repositorio.unaj.edu.pe:8080 Fuente de Internet	<1 %
24	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
25	dspace.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
26	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
27	repository.uamerica.edu.co Fuente de Internet	<1 %
28	scienti.minciencias.gov.co Fuente de Internet	<1 %
29	revistas.unillanos.edu.co Fuente de Internet	<1 %
30	www.archivos.ujat.mx Fuente de Internet	<1 %
31	cladea.org Fuente de Internet	<1 %
32	biblioteca.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
33	FC INGENIERIA Y SERVICIOS AMBIENTALES SOCIEDAD ANONIMA CERRADA. "PAMA de la	<1 %

Planta de Extracción de Aceite Crudo de Palma, Palmiste y Harina de Palmiste de la Planta Neshuya-IGA0014163", R.D. N° 00431-2020-PRODUCE/DGAAMI, 2022

Publicación

34	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
36	Submitted to Universidad Nacional Intercultural de la Amazonía Trabajo del estudiante	<1 %
37	ecopoliticavenezuela.org Fuente de Internet	<1 %
38	palma.webcindario.com Fuente de Internet	<1 %
39	repository.unimilitar.edu.co Fuente de Internet	<1 %
40	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
41	cia.uagraria.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
42	www.coursehero.com Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 15 words

Excluir bibliografía

Activo

DEDICATORIA

A Dios por brindarme la posibilidad de razonar y tomar decisiones a lo largo de nuestra vida.

A mis padres por siempre estar pendientes de mi formación personal y académica, y por la paciencia que tuvieron a lo largo de mi crecimiento profesional.

A la institución por ser partícipe de mi formación integral como profesional y de actuar como guía para poder consolidar mis conocimientos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecido, en primer lugar, a Dios por otorgarme día a día la oportunidad de ser mejor persona y de darme las fortalezas para continuar con mi camino a pesar de los obstáculos presentes.

En segundo lugar, agradezco a mi familia por brindarme el soporte emocional necesario y por brindarme la oportunidad de compartir momentos maravillosos que me sirvieron como motivación para la culminación de mis tareas y las distintas actividades que se me presentaba.

Finalmente, agradezco de la misma manera a la universidad y a sus docentes por actuar como guías y responsables de la correcta formación académica a lo largo de las diferentes sesiones brindadas y por su labor en formación de personas con integridad ante la sociedad.

RESUMEN

El objetivo del estudio fue instaurar la cinética y simular la degradación del aceite de palma. Para ello, se recurrió al Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de la “Planta extractora Industrias del Espino Anexo Nuevo Horizonte SA”. Para esto es necesaria la evaluación de la cinética de descomposición del aceite de palma mediante ensayos acelerados a 30, 50 y 70°C, determinando los parámetros cinéticos para que el índice de peróxidos sea formado así como también el color y el doble producto de instauración (DOBI), y simulando la cinética de oxidación a temperaturas de almacenamiento reales. De tal manera que se descubrió que la temperatura tiene una influencia altamente significativa en la formación de peróxidos (P valor = 0,00). Asimismo, para que los peróxidos se formen, energía de activación $E_a=1.5782$ Kcal/mol, las cinéticas de oxidación son $R^2=0.9673$, velocidad de reacción $K_0=0.0796$, $K_0=9.6724$, $E_a=6.7066$ Kcal/mol, para el DOBI, $R^2=0.9400$, y para el color, $R^2=0.9583$, $K_0=0.0254$, $E_a=3.8928$ Kcal/mol. Además, para la simulación de la creación de peróxidos se aplicaron temperaturas entre 10°C y 80°C que variaban 5°C por simulación, arrojando, por ejemplo, la constante de velocidad de reacción $K_{30c}=0.005788609$ meq₀₂ /hora a 30°C, y el tiempo para alcanzar el índice de peróxido máximo permitido (15 meq₀₂ /kg) es de alrededor de 360 horas.

Palabras clave: aceite crudo de palma, cinética, vida útil, simulación, oxidación de lípidos.

ABSTRACT

The objective of the study was to establish the kinetics and simulate the degradation of palm oil. To achieve this, the Laboratory of Analysis and Quality Control of “PLANTA EXTRACTORA INDUSTRIAS DEL ESPINO ANEXO NUEVO HORIZONTE SA” was consulted. The study involved evaluating the decomposition kinetics of palm oil through accelerated tests at 30, 50, and 70°C. The aim was to determine the kinetic parameters for the formation of peroxide values, as well as the color and Double Bond Index (DOBI) and simulate the oxidation kinetics at actual storage temperatures. It was discovered that temperature has a highly significant influence on peroxide formation (P value = 0.00).

For peroxides to form, the oxidation kinetics are $R^2=0.9673$, reaction rate $K_0=0.0796$, activation energy $E_a=1.5782$ Kcal/mol; for DOBI, $R^2=0.9400$, $K_0=9.6724$, $E_a=6.7066$ Kcal/mol; and for color, $R^2=0.9583$, $K_0=0.0254$, $E_a=3.8928$ Kcal/mol. Peroxide formation was simulated at temperatures between 10°C and 80°C with 5°C intervals, yielding, for example, the reaction rate constant $K_{30c}=0.005788609$ meqO₂ /hour at 30°C, and the time to reach the maximum allowed peroxide rate (15 meqO₂ /kg) is about 360hours.

Keywords: kinetics, crude palm oil, shelf life, simulation, lipid oxidation.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	viii
AGRADECIMIENTOS.....	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
ÍNDICE.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	xvii
CAPÍTULO I.....	19
PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	19
1.1. Planteamiento y Formulación del Problema.....	19
1.1.1. Planteamiento del problema.....	19
1.1.2. Formulación del problema.....	20
1.2. Objetivos.....	21
1.2.1. Objetivo general.....	21
1.2.2. Objetivos específicos.....	22
1.3. Justificación e Importancia.....	22
1.4. Hipótesis.....	23
CAPÍTULO II.....	24
MARCO TEÓRICO.....	24
2.1. Antecedentes del Problema.....	24
2.1.1. Antecedentes internacionales.....	24
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	29
2.2. Bases Teóricas.....	33
2.2.1. Aspectos generales de la palma aceitera.....	33

2.2.2. Producción de aceite de palma.....	41
2.2.3. Producción de semillas	46
2.2.4. Distribución de áreas de cultivo a nivel nacional	49
2.2.5. Características del aceite de palma	49
2.2.6. Calidad del aceite de palma.....	51
2.2.7. Simulación	54
2.3. Bases legales.....	56
2.4. Definición de Términos Básicos.....	57
2.4.1. Generalidades de las grasas y aceites.....	57
2.4.2. Almacenamiento acelerado	61
2.4.3. Cinética de reacciones para determinar pérdida de la calidad en alimentos.....	62
2.4.4. Parámetros cinéticos.....	63
CAPÍTULO III.....	65
METODOLOGÍA.....	65
3.1. Metodología para la Solución	65
3.1.1. Lugar de ejecución	65
3.2. Materiales.....	65
3.2.1. Materia prima	65
3.2.2. Reactivos	65
3.2.3. Materiales de vidrio.....	65
3.2.4. Equipos.....	66
3.3. Métodos de análisis	66
CAPÍTULO IV.....	67
ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	67
4.1. Requerimientos	67
4.1.1. Determinación de la energía de activación con el método de Arrhenius para el índice de peróxido (IP).....	67
4.1.2. Simulación de velocidad de reacción de peróxido con variadas temperaturas.....	68
4.2. Análisis de la Solución.....	69
4.2.1. Simulación de la formación de peróxidos en almacenamiento con temperaturas variadas	69

4.2.2. Evaluación de Índice de deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI) en espectrofotómetro (269 nm - 446 nm)	71
4.3. Diseño	72
4.3.1. Caracterización del aceite	72
4.3.2. Conducción de las pruebas aceleradas	72
4.3.3. Orden de reacción (n)	72
4.3.4. Hallar la constante de velocidad de reacción	73
4.3.5. Energía de activación (Ea), usando el modelo Arrhenius.	73
4.3.6. Simulación de oxidación del aceite	73
CAPITULO V	75
ELABORACIÓN	75
5.1. Elaboración	75
5.1.1. Características fisicoquímicas del aceite crudo de palma	75
5.2. Pruebas y Resultados	75
5.2.1. Índice de peróxido durante el almacenamiento	75
5.2.2. Temperatura y tiempo de almacenamiento en la formación de peróxidos.	77
5.2.3. Indicador de constante de tiempo de respuesta de concentración de peróxido y orden de reacciones	78
CONCLUSIONES	81
RECOMENDACIONES	83
REFERENCIAS	84
ANEXOS	90
Anexo A. Análisis de varianza	90

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Producción anual de aceite de palma en el Perú	36
Tabla 2. Capacidad de plantas extractoras de aceite crudo en el Perú	36
Tabla 3. Tipos de frutos de palma aceitera	38
Tabla 4. Distribución de áreas de cultivo de palma aceitera	49
Tabla 5. Composición del aceite de palma	51
Tabla 6. Características de un aceite de palma de excelente calidad	53
Tabla 7. Producción mundial de las principales grasas y aceites en 2014	58
Tabla 8. Producción mundial de las principales grasas y aceites en América	58
Tabla 9. Constante de velocidad de reacción de formación de peróxido, ajustadas al modelo de Arrhenius.	67
Tabla 10. Valores simulados de la constante de velocidad de reacción (K), de formación de peróxidos a diferentes temperaturas	69
Tabla 11. Simulación de creación de peróxido a temperaturas de almacenamiento más cercanas a la realidad.	70
Tabla 12. Índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (DOBI)	71
Tabla 13. Promedios mensuales sobre las características fisicoquímicas del aceite	75
Tabla 14. El índice de oxidación de CPO durante el almacenamiento a varias temperaturas.	76
Tabla 15. Efecto de la temperatura en el índice de peróxido en almacenamiento del aceite crudo de palma	77
Tabla A1. Análisis de la varianza del efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento de peróxidos, en el aceite crudo de palma	81
Tabla A2. Volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock	81
Tabla F1. Volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock.....	90
Tabla G1. Perdida monetaria en USD.....	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Taxonomía de Hutchinson para la palma aceitera. Tomado de (32)	37
Figura 2. Palma de tres años	38
Figura 3. Morfología de fruto	39
Figura 4. Partes del fruto de palma	39
Figura 5. Color de fruto	40
Figura 6. Peligros químicos por etapa	44
Figura 7. Proceso de producción de aceite de palma	46
Figura 8. Semilla de palma germinada	47
Figura 9. Modelo de simulación	55
Figura 10. Estructura del glicerol	59
Figura 11. Estructura del ácido graso	59
Figura 12. Estructura del Triglicérido	60
Figura 13. Constante de velocidad de reacción (K) de formación de peróxido de orden cero con la temperatura, ajustada a la ecuación de Arrhenius	68
Figura 14. Índice de deterioro de la capacidad de blanqueo en almacenamiento a diferentes temperaturas, para el aceite crudo de palma.	71
Figura 15. Diseño experimental para evaluar la pérdida de calidad del aceite crudo de palma.	74
Figura 16. Variación del índice peróxido del CPO en almacenamiento a diferente temperatura	76
Figura 17. Variación del índice de peróxido en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción cero)	78
Figura 18. Variación del Ln (índice de peróxido) en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción 1)	79
Figura 19. Variación de 1/índice de peróxido en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción 2)	80
Figura B1. Cálculo e interpretación del índice de Deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI)	83
Figura D1. Diagrama de operaciones del proceso	86
Figura D2. Diagrama de análisis del proceso detallado	87
Figura E1. Diagrama de recorrido del proceso	88
Figura F1. Tendencia de volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock	89
Figura G1. Tendencia de pérdida de aceite anual.....	90
Figura G2. Grafico de tendencia de pérdida monetaria USD.....	91

INTRODUCCIÓN

La producción de aceites comestibles se encuentra en crecimiento, además un gran porcentaje de total de aceites están elaborados a base de la palma aceitera, esto debido al alto rendimiento de producción de aceite por hectárea. De esta manera, el aceite de palma puede tener diferentes usos, como en repostería, gastronomía, agroalimentaria y combustibles. En la actualidad, se cultiva la palma aceitera en diferentes partes del mundo, debido a que los frutos son producidos en un corto tiempo, y la producción puede mantenerse hasta 30 años, las zonas de cultivo deben ser zonas húmedas.

En el Perú, la producción de palma aceitera incrementa año tras año, se cultivan más de 70 mil hectáreas de palma, en departamentos diferentes, como en San Martín, Huánuco y Ucayali. Los agricultores consideran la producción de palma aceitera como principal fuente de ingreso (1).

Además, el aceite crudo de palma, luego de pasar por su proceso de obtención es almacenado en recipientes de acero. Este aceite crudo de palma necesita refinarse; por lo que el periodo de tiempo que pasa almacenado durante este proceso hace que esta sustancia pierda su calidad. Este aceite crudo de palma pasa por un proceso de oxidación, en el cual su cinética dependerá de diferentes factores, tales como la temperatura en la que se encuentra almacenado el aceite de palma crudo (CPO).

Para el trabajo de investigación que presentaremos a continuación se hará uso de pruebas aceleradas que nos va a permitir realizar una simulación de las temperaturas que el aceite estaría almacenado y permitirá observar ello en un periodo de tiempo más corto, permitiendo de esa manera evaluar y predecir la calidad del CPO.

Por lo que la presente investigación se divide en cinco capítulos. Los primeros tres capítulos presentan las bases de la problemática y del cómo se desea tratar esta problemática. Desde el capítulo uno donde se establece la problemática y se establece lo que se espera alcanzar, pasando por el capítulo 2, que teoriza y revisa los términos y variables que se estudian hasta un capítulo 3, donde se demuestra cómo se procederá para estudiar por fenómenos ya identificados y teorizados.

A su vez, en el capítulo 4 se presenta el análisis y diseño de la solución, que consiste en especificar los instrumentos que se utilizaron para realizar los análisis y en todo el proceso de realizar el diseño. Finalmente, en el capítulo 5 se explican los resultados obtenidos a partir del análisis y experimentación con el aceite crudo de palma.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y Formulación del Problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La palma aceitera se cultiva en muchas regiones por su alto rendimiento en aceite, que tiene muchas aplicaciones más allá de las industrias alimentaria y de combustibles. Esto incluye los sectores petrolero y químico, entre otros. La industria del aceite de palma, líder mundial en la producción de aceites vegetales y una de las más prometedoras por la variedad de productos en los que puede utilizarse, se ha visto impulsada en América Latina.

En Latinoamérica, los países de Brasil, Honduras, Guatemala, Costa Rica, Perú y Ecuador destacan en cantidad de cultivo de palma aceitera, que dejan como resultado una gran participación en el empleo particularmente favoreciendo a pequeños productores, excepto en Perú y Guatemala, donde la mayor explotación de este producto es realizada por empresas grandes (2).

En el Perú hay 81 mil hectáreas de cultivo de palma aceitera que se ubican en zonas deforestadas anteriormente por otros cultivos en las zonas forestales de San Martín, Loreto y Ucayali. Además, gracias a las condiciones climáticas, las regiones de Madre de Dios y Junín se consideran potenciales como zonas de cultivo (3)

La calidad del aceite de palma crudo (CPO) se establece durante su almacenamiento en grandes tanques de acero inoxidable tras su extracción del mesocarpio del fruto de la palma aceitera. Estos aceites son naturalmente ricos en antioxidantes como los tocoferoles y las gomas, pero sus altos niveles de acidez libre los hacen incomedibles; por ello, su refinación es importante y también determinar la pérdida de calidad del CPO a lo largo del proceso de almacenamiento.

Debido a que el CPO se comercializa en varias partes del país y en una variedad de climas, es importante comprender la química de oxidación del CPO a diferentes temperaturas de almacenamiento, mucho más importante para empresas de extracción que manejan grandes

cantidades, como lo es la planta de extracción de Industrias del Espino, en su almacén de Lima con una gran capacidad.

En dicha planta de almacenamiento, aunque muy someramente, el producto almacenado ha llegado a malograrse por fuera de lo planeado. Por lo que esta investigación nace de la necesidad de reconocer los factores que contribuyen a la oxidación del aceite en el tanque de almacenamiento, para evitar pérdidas de producto, que a su vez generan pérdidas monetarias para la empresa.

Para esto, la investigación se basa en la simulación de diferentes temperaturas mediante pruebas aceleradas para observar el grado de oxidación consecuente en el aceite crudo de palma, y así poder identificar y corregir la temperatura idónea para el almacenamiento de este producto en los tanques de la empresa Industrias del Espino.

1.1.2. Formulación del problema

1.1.2.1. Problema general

¿Cuál es el rango de temperaturas constantes que debe tener un tanque de almacenamiento para evitar la oxidación del aceite crudo de palma?

1.1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el índice de deterioro del aceite crudo de palma cuando esta almacenado a 30°C, 50°C y 70°C?
- ¿Cuál es el índice de oxidación del aceite crudo de palma en temperaturas reales de 1°C a 80°C?

1.1.2.3. Árbol de problemas

I. Problema general: Oxidación del aceite crudo de palma en el tanque de almacenamiento.

II. Causas:

- Temperaturas inadecuadas de almacenamiento
- Falta de conocimiento sobre los rangos óptimos de temperatura
- Falta de control y monitoreo de las condiciones de almacenamiento
- Interacción del aceite con el ambiente (aire, luz, humedad).
- Inadecuado mantenimiento o diseño del tanque de almacenamiento

III. Consecuencias:

- Pérdida de calidad del aceite crudo de palma
- Disminución del valor comercial del producto
- Riesgo de productos finales de baja calidad
- Pérdidas económicas para los involucrados
- Desperdicio de recursos y materia prima.

IV. Problemas específicos:

- Falta de información sobre el índice de deterioro del aceite crudo de palma a diferentes temperaturas.
- Desconocimiento del índice de oxidación del aceite crudo de palma en temperaturas reales.
- Necesidad de identificar la temperatura óptima de almacenamiento para evitar la oxidación del aceite.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar el rango de temperaturas constantes que debe tener un tanque de almacenamiento para evitar la oxidación del aceite crudo de palma

1.2.2. Objetivos específicos

- Analizar el índice de deterioro del aceite crudo de palma almacenado a 30, 50 y 70 utilizando pruebas aceleradas.
- Identificar mediante simulación la oxidación del aceite crudo de palma a temperaturas de almacenamiento de 1 O a 80 oc.

1.3. Justificación e Importancia

Es conveniente evaluar la capacidad de la planta, debido a que se prevé que la capacidad de racimos de frutos secos que se producen en la zona y la demanda del aceite crudo de palma se incrementen en los próximos años. La descripción a detalle del proceso es necesaria para poder realizar el balance de línea.

En el Perú, la producción de palma aceitera incrementa año tras año, se cultivan más de 70 mil hectáreas de palma, en departamentos diferentes, como en San Martín, Huánuco y Ucayali. El aceite crudo de palma tiene muchas ventajas presentándose como el cultivo vegetal de mayor rendimiento, por lo que es muy eficiente. El cultivo de la palma aceitera se realiza en diferentes partes del mundo necesitando menos cantidad de tierra requerida por otros cultivos.

Asimismo, la investigación propuesta tiene una relevancia académica significativa, ya que se centra en el estudio de la cinética y degradación del aceite de palma crudo. La comprensión de los procesos de oxidación y formación de peróxidos en el aceite de palma es fundamental para garantizar la calidad y vida útil de este importante producto. Además, se busca determinar los parámetros cinéticos que afectan la formación de peróxidos, el color y el doble producto de instauración (DOBI), lo que proporcionará información valiosa para el desarrollo de métodos de conservación y refinamiento más eficientes.

La investigación también tiene una importancia social relevante, ya que el aceite de palma es ampliamente utilizado en diversos sectores, incluyendo la industria alimentaria y de biocombustibles. La importancia que tiene la elaboración de este proyecto radica en el valor que tiene el aceite de palma y su cultivo en la economía de muchos países productores, favoreciendo las

oportunidades de trabajo nacional, la balanza comercial y el PBI. Esta actividad económica puede generar ingresos estables por más de 30 años a los palmicultores y a los pobladores que buscan empleo agrario, así mismo lograr el desarrollo de la planta extractora Industrias del Espino Anexo Nuevo Horizonte S.A.

1.4. Hipótesis

Mantener una temperatura constante de 50°C en el tanque de almacenamiento del aceite crudo de palma resultará en una menor oxidación en comparación con temperaturas más bajas o altas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del Problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

Herrera et al. (4) proponen un análisis para conocer la composición fisicoquímica del aceite de palma crudo y compararlos con las cantidades teóricas de los compuestos de dicho aceite, además de identificar su calidad dentro de la normativa NTC 431. De acuerdo con dicho análisis se observó que los compuestos respecto a los ácidos grasos de la palma tradicional y la híbrida clásica permanecen intactos en contraposición con el aceite del híbrido Fortuna, el cual contiene una mayor cantidad de triglicéridos. Sumado a lo anterior se encontró que las variables con mayor incidencia respecto al deterioro por oxidación mientras el aceite era extraído y posteriormente almacenado fueron la aparición de trazas de hierro o cobre, la reutilización del aceite, la exposición a los rayos solares y el alto contenido de clorofila pertenecientes de plantas inmaduras.

Así mismo, los autores Mohamed et. al (5) tuvieron como objetivo encontrar un método más efectivo para determinar ciertos parámetros relacionados al aceite de palma y de esta manera distinguir los diferentes grados de racimos de frutas en su estado fresco. Este método era no destructivo y los resultados indican que se mostró mejor delimitación en la clasificación de racimos de frutas en su estado fresco y la medición en diversos parámetros relacionados a la calidad del aceite. Con estos resultados se puede mejorar los diferentes procesos, sobre todo el de selección y de control de calidad.

Por su parte, Acuña et. al (6) mencionan que la hacienda La Cabaña ha desarrollado un nuevo híbrido llamado Fortuna, por lo que propusieron realizar un estudio fisicoquímico del aceite de palma crudo del híbrido con el propósito de contrastar los resultados con los valores teóricos del híbrido interespecífico Classic, y de esta manera determinar los criterios de excelencia del aceite no refinado proveniente de la palma, basándose en la norma NTC 431. Las consecuencias indican elementos de la composición de grasas insaturadas mantienen atractivos relativamente parejos entre la palma

tradicional y el híbrido Classic, pero la fortuna presenta una mayor cantidad de triglicéridos con ácido oleico y una reducida cantidad de ácido palmítico.

A su vez, los autores Segurondo y Cortez (7) desarrollaron el trabajo de investigación en el que se tuvo por objetivo la examinación del deterioro del aceite usado en frituras de centros de venta de *fast food*. Para dicho fin se utilizó una prueba llamada Kreiss y se valoró el índice de peróxidos para evaluar el deterioro de dicho aceite. El desarrollo y obtención de resultados fue descrito con ayuda del análisis de muestras en laboratorio de las cuales se encontró que 42 % no se encontraban ubicados dentro del rango determinado por la norma de Bolivia NB 34008 encontrándose así que dichos aceites estaban deteriorados y rancios. Finalmente, recomendaron el uso de métodos cuantitativos para la evaluación del deterioro de aceites debido a que métodos cualitativos pueden tener una valoración muy relativa fijándose solo en el tono y el color del aceite lo cual implica un rango de error elevado.

De igual forma, en el trabajo de investigación realizado por Khosla (8) se indicó que el aceite de palma es considerado como principal aceite comestible a nivel global, representando aproximadamente la mitad del consumo a nivel global para el 2050. La investigación sobre las grasas comestibles se ha centrado en la posibilidad de poder causar cierto riesgo de contraer enfermedades cardiovasculares. Sin embargo, se ha registrado que el aceite de palma rojo es abundante en carotenoides y tocotrienoles, por lo que combate las deficiencias de vitamina A, presenta algunas propiedades anticancerígenas y además nos protege contra la neurodegeneración. La investigación continúa avanzando para explorar y comprender de manera óptima los diferentes beneficios de usar o consumir este aceite y sus subproductos en relación con la salud humana.

A su turno, Chew et al. (9) realizaron la investigación, la cual detalla la forma que el aceite de palma forma parte importante en su uso como aceite vegetal consumible y elegible en la dieta de las personas. Asimismo, la investigación específica cómo las tecnologías de extracción y la excelencia del aceite de palma producido han permanecido estancadas durante las últimas décadas. Además, este documento de investigación revisa el último desarrollo en las tecnologías de proceso que se pueden aplicar en diversos procesos en la extracción del aceite de palma para mejorar la

sostenibilidad, la eficiencia y la calidad del aceite producido. También, se encontró que las crecientes preocupaciones sobre los contaminantes del proceso, es decir, 3-monocloropropanodiol (3-MCPDE) y el éster glicídico (GE), que se encuentran en los aceites comestibles refinados deben ser intensificados a fin de desarrollar métodos que puedan lograr características superiores en la calidad de este, producido a partir de molinos. Este da paso al incremento del curso sostenible de molienda de aceite de palma con una mejor calidad evitando el deterioro del aceite y mejorando su eficiencia en cuanto a extracción.

Por su parte, Guerra et al. (10) realizaron un estudio donde mencionan que el aceite de sachá inchi obtenido a través del prensado en frío de las almendras de la planta *Plukenetia volubilis* L., que presenta propiedades fisicoquímicas altamente beneficiosas para la nutrición humana. Se analiza que el aceite durante un Intervalo de almacenamiento de 2 a 6 meses mostró un índice de peróxido de 4,56 meq O₂/Kg, un 0,37 % de ácidos grasos libres y un 0,033 % de humedad. El bajo porcentaje de ácidos grasos libres y humedad sugieren que este se encuentre en buen grado de estabilidad y calidad del aire. Adicional a ello, el estudio también realiza un análisis estadístico que confirmó las excelentes propiedades del aceite, respaldando de esta manera la calidad y el valor nutricional de este aceite, manteniendo este valor gracias al método de extracción utilizado.

Mientras que en el trabajo de investigación realizado por Almache (11) se indica que la fase inicial del proceso de producción de aceite de palma se inicia con la semilla, que consiste en una nuez envuelta por una capa grasa externa suave, conocida como mesocarpio, un cascarón o endocarpio, y granos envueltos por una testa de tonalidad marrón que representa los óvulos. En el método más convencional de producción de aceite de palma, se extrae el aceite del mesocarpio del fruto fresco de la palma de aceite (FFPA). Este procedimiento incluye la esterilización al vapor del FFPA, la separación de los frutos de los racimos, y la digestión de los frutos. Y, por último, la extracción del aceite mediante prensado, la cual tiene como fin ser utilizada para diversos fines industriales y alimentarios.

A su vez, De Almeida et. al (12) realizaron un análisis de almacenamiento de distintos tipos de aceite de palma (crudo, refinado, oleína y estearina refinadas) en tres condiciones diferentes,

siendo la primera en oscuridad y a temperatura ambiente (entre 20 y 25 °C), refrigeración (entre 4 y 8 °C) y temperatura ambiente expuesto a la luz natural (entre 26 y 32 °C). Este estudio se realizó durante 12 meses donde se realizaron análisis de manera periódica para poder evaluar la estabilidad de los aceites mediante la medición de ácidos grasos libres, valor del peróxido, fase de inducción, conteo global de carotenoides y evaluaciones cromáticas. Al final se obtuvo como resultado que el almacenamiento a temperaturas más altas y la acción de la luz solar intensificó los procesos de oxidación. También, se evidenció que los aceites almacenados en refrigeración (entre 4 y 8 °C) presentaron una mejor calidad. Este estudio nos brinda información relevante para conocer y poner en práctica las mejores condiciones de almacenamiento y garantiza la calidad del producto.

En esta misma línea, Salazar (13) menciona que el DOBI (Deterioration of Bleachability Index) es un parámetro utilizado en la industria del aceite de palma para evaluar la calidad y la capacidad de refinación del aceite crudo de palma y que indica la proporción entre las absorciones de los carotenos a 446 nm y los carbonilos a 269 nm. Se menciona también que una alta presencia de carotenos en el aceite de palma se considera indicativo de un artículo recién recolectado y un nivel de madurez ideal. Un DOBI alto indica que el aceite tiene una buena capacidad para ser refinado y producir un aceite de palma refinado de alta calidad y que, por el contrario, tener un DOBI bajo sugiere que el aceite crudo de palma puede tener dificultades para obtener un aceite refinado aceptable. Según la ecuación utilizada para resolver la aceptación del aceite crudo de palma establece que el coste del DOBI no debe ser superior a 3, por lo que este límite se establece como estándar de calidad.

Por otro lado, Ngangjoh et al. (14) realizaron el estudio a partir de la ejecución de encuestas aleatorias entre 148 personas para acceder a la percepción de los componentes relacionados al deterioro y la calidad microbiana del aceite de palma crudo en la zona del noroeste de Camerún. Para la determinación del deterioro por agentes microbianos se realizaron aislamientos microbianos tentativos con frecuencias de ocurrencia en las muestras de aceite de diferentes sitios en la Región Noroeste, en dichas pruebas Se inoculó un mililitro de 10-3 diluciones de cada muestra en Agar de dextrosa de papa por duplicado por el método de vertido en placa e incubado a temperatura ambiente

durante 3-7 días. Todos los aislamientos fúngicos fueron identificados sobre la base de su apariencia macroscópica con respecto a la micología en línea. Se recogieron 79 muestras de diferentes mercados en la región y se concluyó que el manejo del aceite de palma crudo por parte de dichos ofertantes era antihigiénico, además, se tenía poco conocimiento de las causas y razones asociadas con su deterioro.

De igual forma, Pérez y Bombón (15) realizaron el estudio que tenía como principal objetivo hallar los niveles de deterioro del aceite de origen vegetal en diversas pruebas muestrales de diferentes centros de comida de la ciudad. Para lograr ello, se tomó en cuenta varios índices físicos tales como el índice refractario, la densidad, y también el color de los aceites vegetales usados, con lo cual se llegó a la conclusión de que los resultados manifestaban que existían varias diferencias entre aceites nuevos y usados. Así mismo, gracias a la diferencia de color como prueba física se pudo establecer una mayor diferencia debido a que la diferencia de tonalidades era muy notoria. Este hecho también ocurrió con los niveles químicos, los cuales evidenciaron un mayor nivel de deterioro del aceite usado, resultando en niveles mayores a los blancos. Finalmente, los estudios realizados pudieron establecer la existencia de ciertas pruebas muestrales que excedían la normativa nacional y ello los convertía en nocivos para el bienestar de las personas.

De igual manera, en el trabajo de investigación realizado por Navarro et. al (16) mencionan que las instalaciones de extracción de aceite de palma crudo en Ecuador juegan un rol crucial en la industria de los alimentos, donde la eficiencia de la extracción de aceite en estas plantas depende de la variedad y calidad de la fruta, así como de las condiciones de procesamiento. Para ello, se obtuvo como objetivo monitorear por dos meses una planta industrial donde se observa tanto la materia prima como los procesos de producción. Aquí se utiliza el procedimiento de extracción Soxhlet se empleó para evaluar el potencial de aceite en cuatro variedades de racimos de palma aceitera y para calcular las pérdidas de aceite en la planta de extracción. Junto con ello se utiliza la centrifugación como técnica para determinar la proporción de disolución del licor de prensa durante el proceso de prensado y clarificación. Los resultados indicaron que la extracción de aceite de la variedad E. guineensis alcanza un 20 %, y este valor difiere de las otras variedades.

Por último, Paso (17) menciona que en su estudio se empleó el proceso de refinación física del aceite crudo de palma, que comprende las fases de desgomado, blanqueado y deodorizado. En cada etapa del proceso, se tomaron muestras con el propósito de caracterizarlas mediante técnicas espectroscópicas y verificar la eficiencia en la eliminación de impurezas. Las técnicas utilizadas incluyeron Espectroscopia por Transformada de Fourier (FTIR) y Espectroscopia Ultravioleta-Visible (UV-Vis). Además, se determinó la temperatura de descomposición del aceite blanqueado y deodorizado mediante análisis termogravimétrico/calorimétrico simultáneo (TGA/DSC), que se encontró en el rango de 360 a 385 °C. Las técnicas espectroscópicas aplicadas en la caracterización de las muestras de aceites confirmaron la eliminación de compuestos como fosfolípidos, carotenos y ácidos grasos libres en cada etapa de refinación. Estas metodologías analíticas pueden ser beneficiosas para monitorear la calidad del aceite en distintas fases del proceso de refinación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

Ortega (18), en su investigación, se enfocó en analizar las variaciones de propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica sometida a tensiones térmicas y deformaciones durante ciclos de enfriamiento. La revisión bibliográfica destacó que los aceites vegetales, especialmente el de palma, pueden mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas. Inicialmente, se evaluó el comportamiento mecánico de la mezcla, determinando la estabilidad, el flujo, el peso específico y el porcentaje de vacíos en el agregado mineral. Asimismo, se valoró el porcentaje de adherencia al simular el enfriamiento con variaciones de temperatura durante el ensayo. A través de este proceso, se estableció el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para las mezclas asfálticas, considerando tanto propiedades mecánicas como físicas.

A su vez, en la investigación de Peláez y Tristian (19) se realizó un estudio donde se empezó realizando una búsqueda de diferentes artículos científicos a nivel mundial, encontrándose que el tratamiento fisicoquímico los más utilizados en comparación con los tratamientos biológicos. Asimismo, se halló que los tratamientos fisicoquímicos son fundamentales para lograr que los efluentes puedan ser descargados en corrientes de agua. En términos de eficiencia y remoción, los tratamientos fisicoquímicos presentaban porcentajes altos de eficiencia, logrando eliminar entre el

70 % y el 100 % de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), mientras que los tratamientos biológicos presentaron porcentajes menores de remoción.

A su turno, Baca (20) realizó la investigación, la cual tuvo como objetivo establecer las cualidades químicas y físicas de un aceite residual usado en frituras. Para este estudio se tomaron muestras para analizar el nivel de acidez, peróxidos, yodo, el pH, el índice de refracción y los valores de saponificación. Se halló que dichas muestras no cumplían con las especificaciones dadas por el código alimentario y la norma técnica peruana 209-001, es decir, el aceite presentaba un deterioro bajo los criterios y parámetros establecidos para su estudio. Se concluyó que los valores altos del peróxido pueden determinar la calidad y deterioro de un aceite a través del cálculo de oxidación y creación de radicales libres del mismo.

Por su parte, Pinto (21) realizó un estudio donde evaluó la temperatura y la exposición a la luz en el aceite de soya refinado de uso comercial, específicamente en su estabilidad oxidativa y de esta manera evitar que exista la presencia de sustancias no aptas para los humanos. En este estudio se llevó a cabo 11 tratamiento, en los cuales, el primer tratamiento presentó los mejores valores después de los 30 días de evaluación, con un índice de peróxidos de 3,740 mEq O₂/ Kg de aceite y una acides de 0,071 mg de KOH/g. En conclusión, se determinó que la temperatura represento cierta influencia en las características fisicoquímicas del aceite.

Mientras que, en el artículo de investigación realizado por Girón (22), se buscó determinar el tiempo de vida útil que presenta el aceite de guanábana. Para este propósito se usó la ecuación de Arrhenius usando una metodología, la cual caracterizó la materia prima y a la semilla. El aceite se extrajo con un rendimiento del 16,34 %, y su índice de acidez fue de 3,365 (valor porcentual del ácido oleico), el índice de yodo fue de 24,53 gramos de yodo por gramo de aceite absorbido, y el índice de peróxido fue de 1,71 miliequivalentes por kilogramo de aceite, todos ellos relacionados con el índice de deterioro del aceite y el tiempo que seguirá siendo utilizable. Se obtuvo como resultado final que la vida útil de dicho aceite fue de 14.44 días a una temperatura promedio de 20 grados centígrados en relación con el índice de peróxidos.

Por otro lado, Aranda et. al (23) llevaron a cabo un estudio para el proceso de análisis para determinar la composición química y las características fisicoquímicas, así como el posible efecto genotóxico del aceite de *Plukenetia volubilis* L. (sacha inchi), se llevaron a cabo diversas evaluaciones. Se examinó el perfil de ácidos grasos, tocoferoles, esteroides, fosfolípidos, entre otros componentes. Los resultados revelaron que el aceite de sacha inchi presenta una alta proporción de ácidos grasos poliinsaturados (81.72 %), seguidos por los monoinsaturados (10.31 %) y los saturados (7.67 %). Los ácidos grasos alfa-linolénico y linoleico fueron identificados como los más predominantes en el aceite. En cuanto a las características fisicoquímicas, se determinaron valores importantes, como el índice de refracción (1.48), saponificación (189 mg KOH/g), índice de iodo (190), peróxidos (0.9 meq/kg) y acidez (1.11 KOH/g). Estos parámetros respaldan la calidad del aceite, indicando propiedades adecuadas para su consumo. Además, se realizó una evaluación genotóxica, y los resultados sugieren que el aceite de sacha inchi no induce genotoxicidad, lo que confirma su seguridad como alimento. Estos hallazgos respaldan la idoneidad del aceite de sacha inchi para su incorporación en la dieta, destacando su perfil nutricional y su potencial como fuente segura de nutrientes.

En esta misma línea, Garavaglia et al. (24) desarrollaron la investigación que buscó evaluar el nivel de disposición de las muestras de aceite de oliva de Brasil del sur y sudeste del país. Dicha calidad fue evaluada sobre la base de su grado de acidez, el índice de peróxidos, el delta-k, compuestos fenólicos, la estabilidad oxidativa y la valoración sensitiva o sensorial. Dentro de los principales resultados obtenidos al clasificar las muestras de aceites se obtuvo que la caracterización física y química pueden ser bastante útiles para brindar información sobre el estado y calidad de un aceite, los valores de los peróxidos permiten saber si un aceite se encuentra en buen estado oxidativo o no. Otro de los hallazgos relacionados a la estabilidad de oxidación es la existencia de componentes fenólicos en un aceite, es así como, se observó una estabilidad oxidativa respecto a la presencia de componentes fenólicos.

De igual forma, en el artículo de investigación realizado por Talavera y Urrutia (25), se buscó analizar la disponibilidad química del aceite de sésamo o ajonjolí y del aceite de linaza, los cuales

son vendidos en bioferias del distrito de Miraflores y Barranco en la ciudad de Lima. Para esto, se desarrollaron diversas pruebas y evaluaciones, las cuales tuvieron como objetivo medir su densidad, su acidez y acidez libre, además del índice de yodo y peróxidos. Asimismo, el índice de peróxidos permitió calcular el nivel de oxidación y deterioro de las muestras de aceite usadas, al mismo tiempo permitió conocer que tan deterioradas estaban las muestras. Según los resultados de este estudio, los aceites de linaza y sésamo vendidos en las bioferias de Miraflores y Barranco se encontraban dentro de los rangos aceptables para el consumo humano de las respectivas marcas. Es así como, se concluyó que los aceites expendidos en las ferias pueden ser comercializadas ya que no se encontraron valores anormales dentro de los índices de peróxidos y acidez en contrastación a la Norma CODEX (STAN 210-1999) para aceites consumibles.

A su vez, Villegas (26) realizó el trabajo de investigación, el cual tuvo como objetivo dar respuesta y solución al planteamiento sobre la cantidad de aceite que puede extraerse de los higos silvestres utilizando distintos disolventes (butanol, etanol, metanol, isopropanol). Dentro de los resultados obtenidos se identificó la cantidad o índice de peróxidos, el cual está relacionado a la calidad del aceite y su deterioro, dicho aceite tuvo una cantidad de ácidos grasos libres bajo lo cual resulta ser bueno, ello dado que se detecta la existencia de ácidos grasos no esterificados, se relaciona a la formación de gomas y un acelerado grado de deterioro.

Por otro lado, Carrillo et al. (27) mencionan que el potencial la viabilidad fisiológica de las semillas está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales y el almacenamiento a que se someten. La viabilidad de las semillas puede mantenerse durante periodos prolongados de tiempo si se mantienen en condiciones adecuadas. Otra parte fundamental es la regulación de la temperatura y la humedad durante el almacenamiento a las semillas para garantizar su viabilidad a largo plazo. Las condiciones óptimas de almacenamiento pueden variar según la especie y deben determinarse sobre la base de investigaciones.

Mientras que el estudio de Esfarjani et al. (2019), también se analizó la calidad y la ranciedad de los aceites que se desechaban de los establecimientos de comida rápida. En cincuenta establecimientos de comida rápida de Teherán (Irán) se tomaron muestras aleatorias de sus aceites

de fritura no utilizados. Se calcularon varias características fisicoquímicas y se compararon con las normas. A continuación se presentan los valores medios de los índices fisicoquímicos de rancidez en el aceite usado que se desechó: contenido de ácidos grasos libres 1.52 %, índice de peróxido 3.06 mEq/kg, valor de p-anisidina 57.63 mEq/kg, valor de oxidación total 64.53, compuestos polares totales 20.19 %, viscosidad 107.87 CP, y color rojo 9,64. Es así como se concluye que durante la degradación de los aceites se generan distintos subproductos como alcoholes, compuestos cíclicos, polímeros, dímeros y ácidos grasos libres como resultado de las reacciones de hidrólisis y oxidación, dichos subproductos pueden medirse y obtener de esta forma el rango de deterioro en el que se encuentra un aceite, tal como se hizo en las muestras de aceite.

Por último, Guimaraes (28) menciona que el objetivo de su investigación fue analizar como la etapa de madurez y las condiciones de esterilización ejercen influencia en la eficiencia de la extracción de aceite crudo de palma africana (*Elaeis guineensis*). Los resultados indican que los frutos maduros exhiben una menor acidez, mientras que los frutos verdes y sobre maduros muestran una acidez más elevada. Asimismo, se observó que la acidez de los frutos disminuye con el proceso de esterilización. Tanto la madurez como el procedimiento de esterilización son factores determinantes que inciden en el rendimiento de extracción de aceite. En cuanto al índice de blanqueamiento se encontró que disminuye en todos los tratamientos, pero etapas posteriores a la extracción, la índice mejora.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Aspectos generales de la palma aceitera

2.2.1.1. Palma aceitera

La palma aceitera, perteneciente al género *Elaeis* y especie *Elaeis guineensis* de la familia de las palmáceas, es una planta monocotiledónea. Se caracteriza por ser monoica, lo que significa que desarrolla flores masculinas y femeninas en la misma planta. Su aspecto majestuoso se debe a que su tronco puede alcanzar los 25 metros de altura y está coronado por hojas largas en forma de punta de flecha (Alvarado y Ballarte, 2020).

Elaeis guineensis, conocida como la palma aceitera africana, es la especie oleaginosa con mayor producción de aceite. Nombrada por Jacquin en 1793, *elaoïn* significa “aceite” y *guineensis* hace referencia a la región guineana (Barrero, 2006). Esta palma comienza a producir racimos entre el segundo y tercer año después de ser plantada, alcanzando la madurez en el octavo año, cuando muestra todo su potencial de productividad.

El aceite de palma ha sido producido históricamente por los nativos de África, quienes llevaban a cabo la cosecha y el proceso de extracción de manera manual. Con el transcurso del tiempo, se han empleado diversas herramientas y técnicas para mejorar el proceso de extracción y obtener un aceite de mayor calidad. Cuando estalló la Segunda Guerra Mundial en 1939 ya existía más de 100.000 hectáreas, pero la industria del aceite de palma de la región se deterioró durante este contexto (The Palmoil, 2021).

En la actualidad, la producción de la palma aceitera es realizada en diferentes partes del mundo, ya que los frutos son producidos luego de tres años de ser sembrados, y esta producción se mantiene durante 25 a 30 años, entonces existe un alto rendimiento de aceite producido. Tiene gran variedad de usos, como en la industria agroalimentaria, biocombustibles, industria de oleo químicos (Bonifaz y Bujaico, 2019).

Esta planta está formada por el tallo principal de la planta, la cual se encarga de suministrar nutrientes y agua a la cabeza de la planta. Las hojas se encargan de la fotosíntesis y la reproducción. De tres a seis centímetros de longitud, los frutos oblongos de esta planta son bastante sustanciosos. Asimismo, están formados por un tejido conjuntivo fibroso y una nuez en la que está encerrada una almendra de acacia o de palmera, que contribuyen a su estructura. El raquis lo mantiene todo unido, formando lo que conocemos como “racimo de frutos” (29).

Además, el aceite de la palma africana se separa mecánicamente de la pulpa. Ese aceite es predominantemente saturado (casi el 50 %) en triglicéridos, siendo el ácido palmítico el más abundante. Asimismo, el aceite de palma tiene un índice de yodo de entre 50 y 55 gI₂/100g, debido a su alta concentración de ácidos grasos de cadena saturada. Gracias a su bajo nivel, es menos probable que haya polioles que puedan convertirse en los necesarios para la producción de polímeros.

Esto se debe a que los polioles derivados de los aceites vegetales a menudo pueden obtenerse de ingredientes que tienen un valor de yodo superior a 60 gI₂/100g. El aceite de palma alto oleico es ideal para extraer polioles, aunque también pueden utilizarse otras fracciones de aceite de palma (como la oleína del aceite doble o triplemente fraccionado) (Orjuela et al., 2021).

El cultivo de aceite de palma es uno de los alimentos con mayor cantidad de producción, importación, exportación y comercialización a nivel internacional, y es considerado seguro para la ingesta de las personas. Gracias a su bajo precio, su alto punto de fusión y su resistencia a la oxidación, su aplicación en el sector alimentario ha crecido. Es ingerido como aceite (crudo o para cocinar) en toda Asia, África y Sudamérica, pero es más común encontrarlo en los alimentos elaborados de países del occidente, a pesar de que las sociedades científicas consideran que estos alimentos deben consumirse solo en raras ocasiones. El aceite de palma tiene una mayor concentración de ácidos grasos saturados (AGS), los que tienen una cadena larga (12-18 carbonos) a diferencia de la mayor parte de los demás aceites de origen vegetal, y estos AGS se han relacionado con consecuencias dañinas para el bienestar de las personas, aunque estos resultados no tienen un consenso (Gesteiro et al., 2018).

Respecto al país, el cultivo de palma aceitera incrementa año tras año, se cultivan más de 70 mil hectáreas de palma, en departamentos diferentes, como en San Martín, Huánuco y Ucayali. Los agricultores consideran la producción de palma aceitera como principal fuente de ingreso. Para lograr una adecuada producción, las tierras para cosechar deben ser húmedas y ubicadas en zonas tropicales, el promedio de la temperatura debe ser de 27°C a 33 °C, donde mayormente los agricultores realizan la cosecha en épocas de lluvia, con el fin de que haya una maduración más rápida (1).

Tabla 1*Producción anual de aceite de palma en el Perú*

Año	Produccion (Tm)
2000	28
2001	35
2002	30
2003	36
2004	42
2005	40
2006	47
2007	48
2008	53
2009	54
2010	58
2011	72
2012	104
2013	113
2014	124
2015	137
2016	147
2017	170
2018	184
2019	183
2020	190
2021	200

Fuente: Tinoco et al. (30)

Tabla 2*Capacidad de plantas extractoras de aceite crudo en el Perú*

Empresa	Ubicación	Capacidad Instalada	Capacidad Procesar	Capacidad Producir Aceite	Has Producción	Capacidad Utilizada
		TM/RFF/Hora	TM/RFF/Año	TM/Año		TM/RFF/Año
OLANSA	Neshuya - Ucayali	12	86,400	17,200	2,392	28,704
OLPASA	Aguaytia - Ucayali	6	43,200	8,640	1,000	12,000
INDUPALSA	Caynarachi - San Martin	6	43,200	8,640	1,133	13,596
OLPESA	Tocache - San Martin	10	72,000	14,400	1,334	10, 672
Palmas del Espino	Uchiza - San Martin	60	432,000	108,400	8,500	212,500
Palma selva Tocache	Tocache - San Martin	10	72,000	14,400	2,725	32, 700
TOTAL		104	748,800	171,680	17,084	310, 172

Fuente: Alvarado y Ballarte (31)

2.2.1.2. Clasificación taxonómica

La comunidad científica está de acuerdo con la taxonomía de Hutchinson para la palma aceitera, que es la siguiente como se indica en Sánchez (32) .

División:	Fanerógrafo
Tipo:	Angiosperma
Clase:	Monocotiledóneas
Orden:	Palmales
Familia:	Palmaceae
Tribu:	Cocoina
Género:	Elaeis
Especie:	Elaeis guineensis Elaeis oleifera

Figura 1. Taxonomía de Hutchinson para la palma aceitera. Tomado de (32)

La palma aceitera o *Elaeis guineensis* pertenece al género *Elaeis*, debido a que corresponde a una de las tres especies de palma y fue descrita por primera vez por el investigador botánico Michel Adanson. Es una planta propia de la región tropical calurosa, al ser una planta pertenece al reino Plantae, es de la división Fanerógama en consecuencia de su reproducción mediante semillas, además es del tipo Angiosperma por contener flores en la planta (33).

2.2.1.3. Tallo de palma aceitera

Debido a que se desarrolla de tres a cuatro años después de la plántula, el tallo o tronco, es un órgano grande y voluminoso en la parte inferior sobre el que descansa el tallo frondoso. El ápice del tallo se une al meristemo vegetativo en el otro extremo del bulbo; esta es la punta creciente del tallo, que mantiene su forma cónica al entrelazarse con la copa de la palmera; está protegido del daño por el tejido tierno de hojas jóvenes que emergen del tallo (Alvarado y Ballarte, 2020).



Figura 2. Palma de tres años

Fuente: (34)

2.2.1.4. Fruto de la palma aceitera

Hay tres variedades distintas de fruta, según el tamaño de la cubierta exterior del mesocarpio (cáscara) y dos variedades distintas según el color que revelan.

Tabla 3

Tipos de frutos de palma aceitera

Tipo	Endocarpio (Semilla)	Mesocarpio (Pulpa)
Pisifera	Sin semilla	
Dura	2 - 8 mm	35% - 65%
Tenera	0.5 - 4 mm	60% - 96%

Fuente: Alvarado & Ballarte (31)

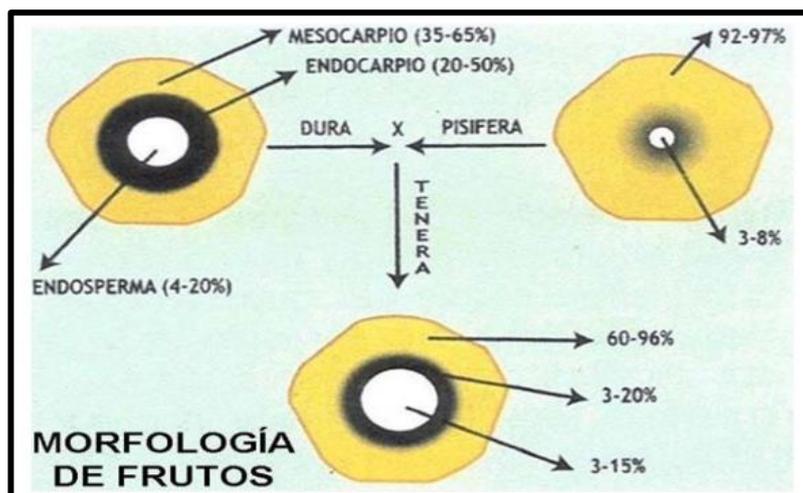


Figura 3. Morfología de fruto

Fuente: (34)

El fruto es una drupa que puede tener un tamaño de 3-30 gramos y puede tener una longitud de 2-5 centímetros (Velázquez y Gómez, 2010).

Hay cuatro piezas distintas que componen una fruta de palma. Además, la almendra o palmiste se compone, de afuera hacia dentro de la siguiente manera: entre un 5 % y un 7 % de agua, entre un 48 % y un 52 % de aceite.

- El endospermo también se conoce como almendra o palmiste.
- El mesocarpio es la pulpa comestible que se utiliza para extraer el aceite.
- El exocarpio o la cáscara: La epidermis es la capa más externa de la piel y es muy seca y cerosa.
- Endocarpio. Junto con la almendra, constituye la semilla.

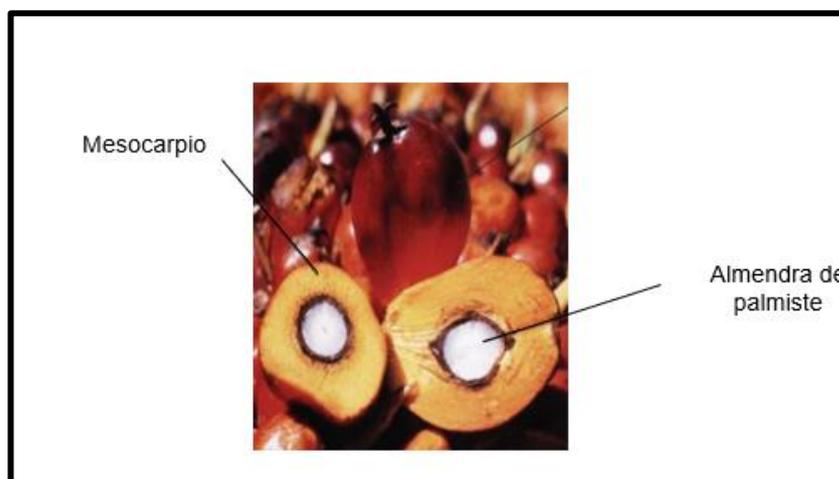


Figura 4. Partes del fruto de palma

Después de quitar la pulpa, lo que queda es un solo endocarpio con semillas y un solo pericarpio. La semilla de almendra tiene un endospermo pegajoso, blanco y duro y un embrión gris, blanco y duro junto a un poro de germinación. Según Alvarado y Ballarte (31), la mayoría de las semillas tienen uno o más cotiledones, mientras que otras tienen dos o más almendras. Todas las semillas tienen tres cámaras de germinación que corresponden a los tres carpelos de un ovario. Cada poro en germinación desarrolla una cubierta fibrosa, y estas fibras se unen en su base para formar una estructura laminar que corre hacia el interior de la semilla.

El color del fruto es un atributo importante que indica el grado de madurez de un fruto, ya que a medida que el fruto madura, la concentración y el tipo de pigmentos naturales presentes pueden cambiar (34). Los pigmentos liposolubles incluyen la clorofila, la cual proporciona el color verde y es responsable de la fotosíntesis. A medida que la fruta madura la clorofila puede degradarse y dar paso a ciertos pigmentos. Los carotenoides son otro grupo de pigmentos que se manifiestan en tonos amarillos, naranjas o rojos. Y, por último, también están las antocianinas, las cuales dan color rojo y azules en muchas frutas y vegetales. Estos pigmentos tienen propiedades antioxidantes y han demostrado su papel fundamental en la salud humana.



Figura 5. Color de fruto

Fuente: (34)

Dado el uso y el consumo del fruto de esta planta, esta es la que tiene un mayor valor económico. Por lo que de acuerdo con la obtención de racimos, referido en cantidad y peso es que se

determina el rendimiento. En ese sentido, la extracción de aceite está relacionada a la cantidad de racimos que se obtiene en la producción de una hectárea de este cultivo.

2.2.2. Producción de aceite de palma

Se estima que ocho millones de hectáreas se utilizan para la siembra y cosecha de aceite de palma en todo el mundo (35). Ello debido a que el aceite de palma se extrae para uso humano e industrial, su recolección es una actividad muy buscada.

Según Khosla (36), el procesamiento del aceite y las grasas para el consumo humano aumentaron de 84 millones de ton. en 1991 a 214 millones de toneladas en 2016. El crecimiento de la población sugiere que la producción debe aumentar a más de 300 tm para 2030 y más de 500 tm para 2045. Alrededor de la mitad de todos los aceites y grasas comestibles serán suministrados por aceite de palma para 2050. Además, los aumentos en la producción, las exportaciones, el uso de la tierra y el rendimiento de aceite por hectárea contribuyen a esta cifra, lo que refleja la creciente importancia del mercado del aceite de palma. Asimismo, la producción del aceite de palma consta de 3 fases cultivo, extracción y refinación (29).

2.2.2.1. Cosecha

Aunque la palma aceitera puede prosperar en distintos tipos de suelo, debe cultivarse en terreno nivelado. Las propiedades biológicas del suelo tienen un impacto significativo, que varía según el clima y el cuidado de las plantas durante el cultivo (en términos de agua, temperatura y luz). Los ciclos de cosecha deben realizarse mayormente durante los meses que llueve, por la humedad, también debe considerarse la capacidad de los agricultores y la capacidad de producción.

Según Alvarado y Ballarte (31), el clima juega un papel más importante que las propiedades fisicoquímicas del suelo. Las temperaturas por debajo de los 18 °C durante períodos prolongados tienen un efecto negativo en la fisiología de la planta, lo que hace que su crecimiento se ralentice y que la producción de hojas se retrase. El análisis climático integral y los estudios acerca de las consecuencias del efecto invernadero en el rendimiento del aceite de palma son cruciales. Para un

periodo de un año, se debe contar con una disposición del recurso hídrico de al menos entre 1800 y 2200 mm.

Las precipitaciones son la mayor fuente de riego de las plantas, por ello, es importante asegurarse de que siempre haya suficiente en el suelo durante todo el año. Esto asegura que la planta pueda seguir produciendo. A partir de la cosecha de la palma hasta su crecimiento y cosecha, diferentes condiciones pueden favorecer la creación de ésteres de 3-monocloropropanodiol (3-MCPD) y ésteres de glicerol (GE) en la refinación del aceite de palma. Dado que el cloro es el principal precursor de los ésteres de 3 - MCPD, diversas fuentes pueden proporcionarlo (29).

- El uso de fertilizantes, que están compuestos por clóranos o compuestos organoclorados producidos naturalmente durante el cultivo de la palma aceitera.
- Los largos ciclos de cosecha en el cultivo de palmeras y el riego continuo de las plantas, que favorece la hidrólisis y la sobre maduración, pueden mitigarse con tierra clorada, al igual que la presencia de clorofila en su composición, que ayuda a la maduración de los frutos.
- Utilización de agua o compuestos clorados para el riego de la planta, de dependiendo de la su ubicación.

2.2.2.2. Extracción del aceite crudo de palma

Según López (29), esta fase comienza cuando llega los racimos de flores frescas a la planta extractora y finaliza con el aceite de palma crudo. La extracción y las condiciones pueden mejorar el desarrollo de precursores de 3 - MCPD y GE (ésteres de glúcido). Condiciones que pueden aumentar la cantidad de precursores en el ácido acético final:

- Usar agua para esterilizar frutas con alto contenido de cloro o compuestos cloro
- Baja rotación del inventario de fruta fresca que favorece el aumento de diacilglicerol (DAG)
- Usar compuestos de amonio cuaternario.

2.2.2.3. Refinación del aceite crudo de palma

Existen aspectos que favorecen en esta etapa:

- Utilizar tierras filtrantes activadas para el blanqueo, en vista que poseen componentes clorados que impulsan la formación de 3-MCPD ésteres.
- Temperaturas de desodorización superiores a 180°C
- Las temperaturas superiores a 240°C ayudan a producir GE

El procesamiento de petróleo a largo plazo alienta Esterificación de 3-MCPD.

- Cuando se utiliza mucho ácido fosfórico en el proceso de blanqueo, es más probable que se formen subproductos no deseados.

Cada proceso, al pasar por diferentes etapas y cambios de la materia prima e insumos, genera desperdicios; en el caso de la industria del aceite de palma, se producen residuos vegetales, y estos pueden generar subproductos como torta de palmiste raquis, fibras, nuez, así como desechos y emisiones residuales. Por otro lado, también pueden estar presentes algunos contaminantes en cada proceso. Existen algunos peligros químicos en la fruta o el aceite de palma procesados.

Estos son los peligros químicos que están presentes en el fruto de palma y aceite, dependiendo de las etapas:

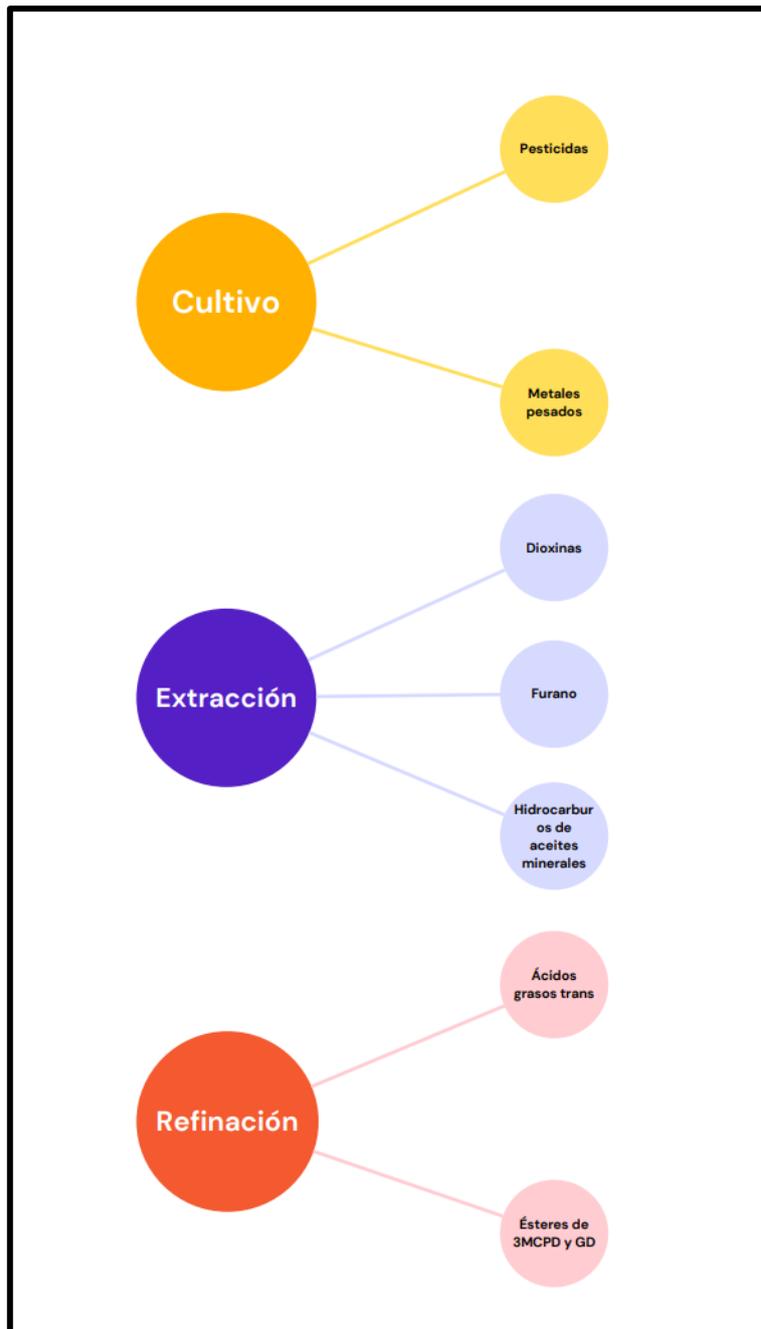


Figura 6. Peligros químicos por etapa

Fuente: Elaboración propia

Cultivo. Durante el trayecto de cultivo de ciertos productos como, por ejemplo, la agricultura, se pueden utilizar pesticidas para controlar plagas y enfermedades de las plantas. Estos pesticidas pueden contener sustancias químicas que, si no se utilizan correctamente, pueden representar un riesgo para la salud de las personas y el entorno ambiental. Además, en el caso específico del cultivo

de productos como la palma aceitera, también existe el riesgo de contaminación con metales pesados, los cuales pueden ser absorbidos por las plantas a través del suelo contaminado.

Extracción. En el trayecto de extracción del aceite de palma, pueden presentarse peligros químicos específicos. Por ejemplo, durante el proceso de extracción, se pueden formar compuestos químicos como dioxinas y furano, los cuales son subproductos tóxicos de ciertas reacciones químicas. Estas sustancias son consideradas contaminantes ambientales y representan un riesgo para la salud humana si se ingieren en cantidades elevadas. Además, también existe la posibilidad de contaminación con hidrocarburos provenientes de aceites minerales utilizados en los equipos de extracción.

Refinación. Durante la etapa de refinación de productos como el aceite de palma, se pueden generar peligros químicos adicionales. Por ejemplo, durante este proceso, pueden formarse ácidos grasos trans, que son grasas insaturadas que han sido modificadas químicamente y se ha demostrado que tienen efectos adversos para la salud humana. Además, también se ha identificado la presencia de ésteres de 3MCPD (ésteres de 3-monocloropropanodiol) y ésteres de GD (ésteres de glicerol-di químicos), que son subproductos indeseables de la refinación y que también pueden constituir una amenaza para la salud humana si se consumen en cantidades significativas.

En la extracción de aceite de palma, vemos que los efluentes se tratan en grandes piscinas de oxidación. Este método es ineficiente para tratar el agua sobrante, pero genera problemas ambientales como malos olores, emisión de gases, acumulación de desechos sólidos y contaminación natural del agua (35). Por lo que es fundamental que los productores y procesadores estén conscientes de estos peligros y tomen las acciones requeridas para asegurar la seguridad y excelencia de los productos terminados.



Figura 7. Proceso de producción de aceite de palma

Fuente. Elaboración propia

2.2.3. Producción de semillas

2.2.3.1. Polinización de la planta

En el proceso de producción de semillas, las palmas madres, que son del tipo “dura”, aportan las inflorescencias femeninas y de las palmas padres que son del tipo Pilífera se extrae el polen necesario para la fecundación controlada.

Una vez seleccionado cada cruce, se procede con la polinización controlada, debido a que en forma natural la polinización de la palma es entomofilia, o sea, que se lleva a cabo por medio de insectos, principalmente por los conocidos como *Elaeidobius kamerunicus*, *Mystrops costarricensis* y otros en menor grado.

2.2.3.2. Aislamiento de inflorescencias

Para realizar un aislamiento de inflorescencias, se usan bolsas especiales hechas de un material parecido a la lona, dichas bolsas seden el intercambio de gases entre la inflorescencia y el

medio ambiente, también impiden el paso de insectos, y polen externo, con esto se evita la polinización cruzada, de esta forma puede darse de forma artificial la polinización cruzada si así se desea.

El proceso de embolse de inflorescencias es parecido tanto en las masculinas como en las flores femeninas. Las plantas seleccionadas para su producción son constantemente analizadas debido a que se debe conocer las fechas más precisas para realizarles la polinización artificial.

2.2.3.3. Germinación de la semilla

El proceso de germinación de la semilla es realizado de forma sumamente lenta y desigual, ello principalmente por razones fisiológicas, químicas y físicas de la planta las cuales no permiten una rápida y uniforme germinación. Se conoce que la semilla de la planta de palma puede mantener una semilla viable por más de dos años, dicha naturalidad es conocida como latencia de la semilla. Usando tecnología que acompañe el proceso de germinación se observó que a temperatura y humedad controlada se tiene un periodo de germinación menor a tres meses.



Figura 8. Semilla de palma germinada

Fuente: (37).

2.2.3.4. Selección de caracteres genéticos

La selección de palma aceitera se realiza basándose en la producción de frutos por racimo y por palma y también en el contenido de aceite por racimo (calidad de fruto). Casi todos los programas

de mejoramiento genético de palma aceitera se hicieron tomando en consideración el espesor de la cáscara del fruto con el propósito de desarrollar material de siembra con alto rendimiento de aceite. Las palmas Dura se utilizan como palmas madres y las Ténera/Pisífera como fuentes de polen o padres machos. Las variables de la producción que se cuantifican en los programas de mejoramiento genético son las siguientes:

- Peso medio de racimo
- Producción total por hectárea, por año
- Número de racimos

La cantidad total de aceite producido por racimo se determina por medio de los siguientes componentes:

Peso medio por fruto (F)

Contenido

- Mesocarpio en el fruto (M/F %)
- Aceite en el mesocarpio (O/M %)
- Almendra en el fruto (K/F %)
- Cáscara en el fruto (Sh/F %)
- Aceite en el racimo (O/B %)

Las medidas de crecimiento más comúnmente usadas son las siguientes:

- Número de hojas
- Área foliar
- Altura y diámetro del tronco
- Longitud de raquis
- Corte transversal del peciolo
- Índice de racimo
- Distribución de materia seca vegetativa

Usualmente, dichos datos son recolectados de forma individual para cada palma y así se obtiene el peso de los racimos producidos por palma. Sumado a ello, se recolectan muestras de los racimos y se llevan a un laboratorio de análisis donde son determinados los componentes del racimo y del fruto. Dicho proceso de selección de material genético de la palma aceitera se relaciona con la variable genética de los caracteres, los atributos de dichos caracteres y su relación entre estos (Ortiz y Fernández, 2000).

2.2.4. Distribución de áreas de cultivo a nivel nacional

En el Plan Nacional de Palma se identificó un área potencialmente atractiva para el cultivo e inserción de la palma aceite, dicha área contaba con 1135.000 hectáreas. Debido a ello, en el año 2015, el Plan dio como medida de monitoreo y control una alerta debido a la tala indiscriminada de las plantaciones y bosques de la zona ubicada en la Amazonía; de acuerdo con ello se establecieron 629.322 hectáreas para su posterior cultivo, es así como se determinó una cantidad de 505.678 hectáreas de plantación a evaluar su viabilidad en cuanto a si la zona era cultivable o no (Angulo et al., 2017).

Tabla 4

Distribución de áreas de cultivo de palma aceitera

	Ha 2010	%	Ha 2015	%
Selva Peruana	77535,384	100.00 %	77535,384	100.00 %
Área Potencial	1135,000	1.46 %	1135,000	1.46 %
Área Sembrada	57,752	0.07 %	62,000	0.08 %

Nota. Ministerio de Agricultura y Riego 2010-2015 (38)

2.2.5. Características del aceite de palma

Según López (29), los aceites y los lípidos cumplen una función crucial en la alimentación de las comunidades en su conjunto debido a su alta densidad energética, cantidad de ácidos grasos esenciales y otras cualidades beneficiosas como los antioxidantes y los ácidos grasos omega-3 y omega-6. Estos alimentos afectan numerosas funciones corporales cruciales en los seres humanos. Entre estos se encuentra el aceite de palma, que encuentra una amplia aplicación debido a su

accesibilidad, productividad, bajo precio, adaptabilidad, propiedades físicas y químicas y cualidades nutricionales.

2.2.5.1. Propiedades físicas

A continuación, se enumeran algunas de las cualidades físicas más notables del aceite de palma, según Ayar (39) son las siguientes:

Tensión superficial e interfacial. En este caso se separan las grasas, ácidos grasos y aceites. Debido a la presencia de componentes superficiales polares activos como monoglicéridos y fosfolípidos, los aceites comerciales poseen menor tensión superficial e interfacial

Solubilidad. Los aceites y las grasas son notoriamente incompatibles con el agua, aunque pueden disolverse en muchos disolventes químicos no polares. Los parámetros termodinámicos del disolvente y del soluto, así como las fuerzas relativas de atracción presentes entre las moléculas, son cruciales para establecer la solubilidad.

Densidad. Las densidades de los aceites suelen estar en el rango de 0,92 a 0,964 g/L. A medida que aumenta la temperatura, existe una correlación aproximadamente lineal entre las dos variables (densidad y temperatura). Cuando están en estado sólido, las grasas tienen densidades de aproximadamente 1 g/L, lo que es mucho mayor.

2.2.5.2. Propiedades químicas

Según la investigación de Núñez y Ramírez (40), el aceite de palma es un triglicérido formado por un glicerol y tres ácidos grasos, estos últimos siendo carboxílicos con propiedades polares, son indispensables para que se determine la naturalidad de un aceite. Los siguientes ácidos grasos se encuentran en el aceite de palma: ácido esteárico, ácido oleico 43 %, ácido palmítico 43 %, ácido láurico en menor proporción, mostrados en la tabla 5.

Tabla 5*Composición del aceite de palma*

Ácidos grasos		%
Saturados	Laúrico	0.10
	Mirístico	1.00
	Palmitico	43.80
	Esteárico	4.80
	Araquídico	0.30
	Palmitoleico	0.10
Monoinsaturados	Oleico	38.90
	Linoleico	10.60
Poliinsaturados	Linolénico	0.30

Fuente: Núñez y Ramírez (2004)

Uno de los alimentos con mayor presencia de vitamina E es el aceite de palma crudo (600-1000 ppm). Esta vitamina está presente en una variedad de fuentes dietéticas, como nueces, semillas y aceites vegetales. Se compone de ocho componentes estructuralmente relacionados, principalmente tocoferol y tocotrienol. Aunque los tocoferoles predominan en los aceites de oliva, girasol, más y soja, los tocotrienoles cumplen la misma función en la cocción y el almacenamiento del arroz, siendo el aceite de palma crudo la mayor fuente de tocotrienoles (36).

El aceite de palta cuenta con un efecto positivo en ciertos aspectos sobre el perfil cardiovascular, mejorando su condición frente a los lípidos saturados y transgénicos, sin embargo, su perfil lipídico en cuanto a las grasas monoinsaturadas y polinsaturadas no es deseable (Serna y Betancourt, 2015).

2.2.6. Calidad del aceite de palma

La cantidad de ácidos grasos libres (AGL), se utiliza como indicador de calidad del aceite de palma, que oscila entre el 2 % para los niveles extremadamente bajos y el 5 % o más para los extremadamente altos. El índice de peróxido también se tiene en cuenta junto con las pruebas de calidad fundamentales, como los niveles de AGL, agua e impurezas.

El aceite de palma tiene varios usos culinarios. Entre las principales aplicaciones del aceite de palma se encuentran la repostería, la panadería y otros usos que pueden utilizarse para elaborar ácido acético y margarina. También, se puede utilizar para fabricar biocombustibles, cosméticos, plásticos y medicamentos. Debido a su estabilidad oxidativa, el aceite de palma es mejor que otros aceites para freír. Esto se debe a su comportamiento de procesamiento y su resistencia sin afectar la calidad de los alimentos (29)

Al igual que otros aceites y grasas, la calidad del aceite de palma roja puede verse mermada por variables ambientales, afirman Rincón y Martínez (41). Por lo tanto, debe estar directamente ligada a ciertas medidas tomadas a lo largo del proceso de producción del aceite, incluyendo la cosecha (debido al alto contenido de clorofila derivado del racimo inmaduro), la extracción (debido al sobrecalentamiento del aceite en presencia de oxígeno), el almacenamiento y el transporte (alto contenido de clorofila derivado del racimo inmaduro).

Sin embargo, según Patterson (42), la calidad del aceite de palma disminuye sobre todo debido a la oxidación, que es la interacción entre las uniones dobles de las grasas saturadas y el oxígeno ambiental, lo que da lugar al desarrollo de moléculas como aldehídos y cetonas, así como cadenas libres de lípidos oxidados.

Asimismo, el calor y la humedad elevada, la existencia de metales catalíticos como el hierro y el cobre, y la prolongada exposición de los lípidos a la luz y al entorno son circunstancias que promueven este proceso. Dado que la hidrólisis enzimática puede producirse en el mesocarpio de la fruta dañada, la recogida y el procesamiento de la fruta en el momento óptimo de desarrollo es esencial para prevenir la acidez (Potter y Hotchkiss, 1999).

Por su parte, Peixoto (43) afirma que tanto en la fase de almacenamiento como en la de tránsito, hay que procurar que el aceite no absorba demasiada humedad, esto a la oxidación la favorece, acortando la vida útil del aceite y crea dificultades durante los procesos de purificación y refinado. La calidad de los aceites está determinada por un conjunto de características que deben mantenerse; la tabla 6 ilustra algunos de ellos.

Tabla 6*Características de un aceite de palma de excelente calidad*

Características	Niveles óptimos
Ácidos grasos libres	< 5,00%
Humedad	< 0,50%
Índice de peróxido	< 5,00%
Impurezas	< 0,01%
Hierro	< 3,50 ppm
Cobre	< 0,20 ppm

Fuente: Quesada (1998)

El aceite se produce a partir del mesocarpio de la palma, que ha sido el objeto de más estudios debido a la alta concentración de ácidos grasos saturados que contiene (AGS). Su relación AGS/AGS oscila entre 49,4/50,5 % y 46/56 %, que es inferior a la del aceite de palmiste (obtenido extrayendo la almendra del fruto de la palma). Al contener más ácidos grasos saludables (oleico y linoleico), el aceite de palma puede tener un mejor perfil de AGS que otros aceites vegetales. Sin embargo, debido a que el ácido palmítico constituye casi la totalidad de los AGS, existe la preocupación de que se trate de una característica negativa. Sin embargo, el contenido de ácido palmítico es menor en los componentes oleína y super oleína del aceite de palma. El color del aceite de palma rojo se debe a una alta concentración de concentrados orgánicos, como los carotenoides y, aunque en menor medida, otras sustancias químicas antioxidantes, como el licopeno y las xantofilas. Debido a su alta concentración de -carotenos y tocoferoles, se ha considerado como una opción potencial para combatir la insuficiencia de vitaminas A y E en las poblaciones asiáticas y africanas. El contenido de carotenos oscila entre 500 y 700 mg/kg.

Además, con una concentración de 375 mg/kg, los niveles del aceite de palma rojo tienen un alto contenido de tocoferoles y tocotrienoles, lo cual ha llamado especialmente la atención. Han oscilado entre 600 y 1.000 mg/kg, según los autores. Se especula que el alto contenido de tocotrienoles puede tener propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antitrombóticas y quizás anticancerígenas. Estudios recientes sobre el impacto de los suplementos de tocotrienol y carotenoides derivados del aceite de palma en la función vascular y las enfermedades cardiovasculares en individuos de riesgo no encontraron efectos ni buenos ni perjudiciales. La industria alimentaria emplea aceite de palma refinado, blanqueado y desodorizado, durante el cual se destruye la mayor parte de carotenoides, el licopeno, las xantofilas, los tocoferoles y los tocotrienoles, lo que disminuye gravemente las posibles ventajas para la salud del aceite de palma rojo.

Según cómo se distribuyan sus grasas insaturadas, el aceite de palma tiene importantes beneficios para la salud, como aminorar el colesterol dañino (LDL), incrementar las grasas que favorecen (HDL) y no agregar colesterol al torrente sanguíneo cuando se consume. Por su alto contenido en carotenoides y tocotrienol, también protege contra las afecciones circulatorias y ciertos tipos de cáncer (29).

2.2.7. Simulación

Según Tarifa (44), la simulación es “un método para recrear el comportamiento dinámico de un sistema en el mundo real”, incluida su evolución al pasar el tiempo. Podemos estudiar el funcionamiento interno del sistema y hacer algunas observaciones sin visitar físicamente el propio sistema. Como resultado, surgen dos nuevas conceptualizaciones:

Proceso de simulación. Esto implicará ejecutar el modelo en tiempo real en una computadora para generar ejemplos representativos del comportamiento del sistema.

Modelo de simulación. Se refiere a la agrupación de suposiciones sobre cómo funciona un sistema, las cuales son expresadas como interacciones de cálculo matemático y/o lógicas entre los componentes del sistema.

Modos de simulación

Según Tarifa (44), es necesario realizar experimentos con un modelo mientras se simula para adquirir los resultados deseados. Un sistema independiente, las variables de salida de un modelo determinan el modo de simulación, mostrado en la figura 9.

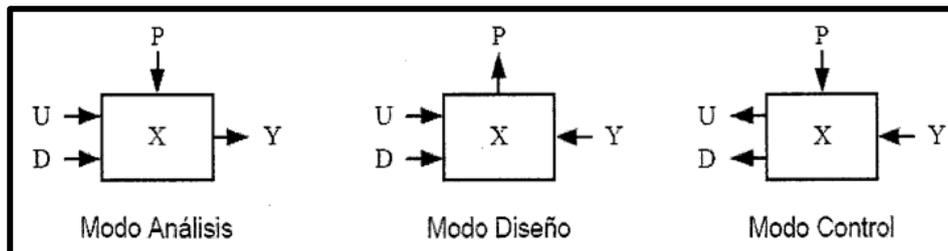


Figura 9. Modelo de simulación

Análisis. Las variables de salida del modelo son también las variables de salida reales del sistema. Con este método, podemos examinar cómo responde el sistema en tiempo real a las entradas y ajustes especificados. Como el modelo limita un sistema que se sabe funcional, es teóricamente más sólido y garantiza la existencia de una solución. Definiendo las condiciones de entrada, como la temperatura y la presión, se pueden determinar las condiciones de salida del intercambiador de calor.

Diseño. Aquí vemos una conexión entre la salida del modelo y las variables de interés en el sistema físico real. Se emplea durante el proceso de configuración de un equipo cuando es difícil identificar los parámetros del sistema que generarán las salidas previstas para las entradas indicadas. En el caso de un intercambiador de calor, por ejemplo, se seleccionará el tamaño y el tipo de intercambiador para que las corrientes de salida y entrada alcancen las condiciones adecuadas.

Control: Existe una correspondencia unívoca entre las variables de salida del modelo y las variables de entrada del sistema real. La aproximación se utiliza para calcular los valores de entrada que producirán la salida deseada. Para lograr un resultado deseado del funcionamiento de un sistema, este comando se utiliza para establecer los parámetros apropiados. Para garantizar que las corrientes de salida de un intercambiador de calor específico satisfacen los criterios requeridos, se establecerán, por ejemplo, las condiciones de las corrientes de entrada.

2.2.7.1. Tipos de simulación

Arbeloa (45) señala que existe una variedad de factores que se pueden utilizar para categorizar diferentes simulaciones; algunos de estos factores incluyen a lo siguiente:

Determinista en comparación con aleatoria. Se dice que un modelo de simulación es determinista si y solo si no incluye ninguna variable aleatoria. Normalmente, en un modelo de simulación estocástica se incluye al menos una variable aleatoria.

Estática en comparación con dinámica. Para comparar y contrastar los modelos de simulación estática y dinámica, considere lo siguiente: una simulación dinámica, en cambio, intenta recrear el desarrollo de un sistema a lo largo del tiempo.

Continuo frente a discreto. En los modelos de simulación continua, el rendimiento cambia de manera constante a lo largo del tiempo. Con el fin de explicar las relaciones entre los componentes del sistema, se utiliza un modelo de simulación continua, es común usar ecuaciones diferenciales (que ya están presentes debido a la condición de continuidad). Si este no es el caso, podemos decir que el modelo de simulación es discreto, lo cual implica que la conducta varía únicamente en momentos específicos en el tiempo.

2.3. Bases legales

De acuerdo con la Resolución Ministerial N.º0281-2016-MINAGRI, que publicó el Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera en Perú, la distribución de plantas de palma aceitera es de interés local, fomentando el desarrollo sostenible y fomentando la reparación de tierras deforestadas en áreas ideales (38)

Esta propuesta tiene como objetivo aumentar la participación en la elaboración de aceite de palma desde una perspectiva de carácter económico, en el plano social y medioambiental. Propone estrategias para aumentar la plantación y la rentabilidad, así como la calidad de la producción mediante la incorporación de recursos puros con el medio ambiente. También, pretende penetrar mercados tradicionales y no tradicionales.

El Proyecto de Ley N.º930/2011-CR propone promover el cultivo de palma aceitera en áreas aptas. Ingresó al proceso de revisión de documentos el 22 de marzo de 2012. Luego, en 2006-2011 se propuso un Proyecto de Ley N.º3514/2009-CR, para promover la siembra de palma aceitera en el Valle de los Ríos Apurímac y Ene (VRAE) y áreas deforestadas de la Amazonía. Esta propuesta de ley de 7 artículos (46) consta de lo siguiente:

- El artículo 1 propone hacer de la palma aceitera un cultivo nacional de reforestación y alternativa a la coca, excepto en áreas boscosas y biodiversas.
- El artículo 2 establece que antes de sembrar palma aceitera se debe certificar un estudio de zonificación.
- El artículo 3 crea el Fondo de Desarrollo de la Palma Aceitera para financiar la expansión de la frontera agrícola y mejoras viales.
- El artículo 4 establece que los fondos se utilizarán para ampliar las tierras de cultivo de palmeras e investigaciones para prevenir plagas.
- El artículo 5 establece que el sector agropecuario, los directores regionales, el IIAP y las universidades afines brinden asistencia técnica y establezcan programas para el mejoramiento de semillas.
- El artículo 6 le da al Ministerio del Ambiente 90 días para determinar áreas de alta diversidad y restringidas para este cultivo.
- El artículo 7 dice que el reglamento determinará las fuentes de financiamiento del fondo con la aprobación del ministerio

2.4. Definición de Términos Básicos

2.4.1. Generalidades de las grasas y aceites

2.4.1.1. Grasas y aceites

En 2014, la fabricación a nivel internacional de aceites y grasas se estimó en 200 millones de toneladas, y el aceite de palma contribuyó con el 33 % de ese total como el aceite más importante utilizado para satisfacer la demanda mundial. El aceite de soja ocupó el segundo lugar con un 22 %,

mientras que el aceite de canola ocupó el segundo lugar. tercero con 14 %. La mayor contribución provino de Asia (52,8 %), luego América (23,2 %) y finalmente Europa (19,0 %) (González, 2016).

Tabla 7

Producción mundial de las principales grasas y aceites en 2014

Continente	Producción (Millones de toneladas)	Participación mundial %
Asia	105.7	52.8
América	46.4	23.2
Europa	37.6	18.8
África	5.8	2.9
Oceanía	4.7	2.4
TOTAL	200	100

Fuente: (Gonzales, 2016)

Tabla 8

Producción mundial de las principales grasas y aceites en América

País	Producción (Millones de toneladas)	Participación América %
Estados unidos	17	36.5
Brasil	9.7	20.8
Argentina	8.5	18.3
Canadá	4	8.5
México	1.8	3.9
Colombia	1.3	2.8
Otros	4.2	9
TOTAL	46.4	100

Fuente: (Gonzales, 2016)

La industria del aceite de palma es uno de los campos más prometedores, ya que sus productos tienen muchos usos. En la actualidad, ocupa la posición principal a nivel mundial en la manufactura de aceites y grasas derivados de vegetales. Las grasas y aceites convencionales se componen principalmente de triglicéridos, los cuales son triésteres formados por ácidos grasos y glicerol. Muestran solubilidad en solventes orgánicos, pero no en agua. Su densidad es menor que la del agua, y en condiciones normales de temperatura pueden presentarse en forma líquida o sólida. (47).

2.4.1.2. Componentes

De acuerdo con Bockisch (48), el glicerol, también conocido como glicerina, también conocida como glicerol, representa un alcohol polihídrico (propano-1,2,3-triol) que ayuda a crear moléculas lipídicas. Las estructuras del glicerol y del ácido graso se ven en la figura 10 y Figura 11 respectivamente.

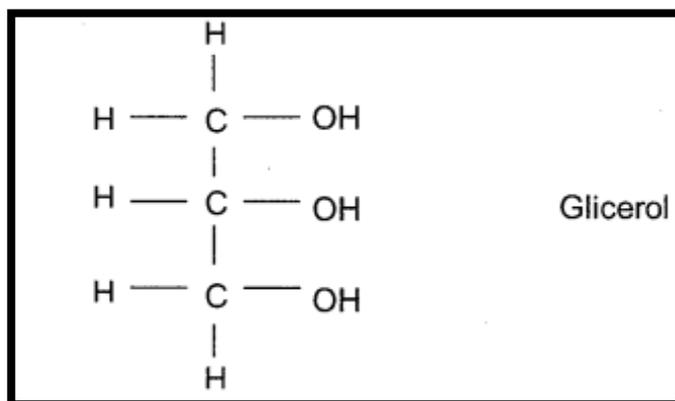


Figura 10. Estructura del glicerol

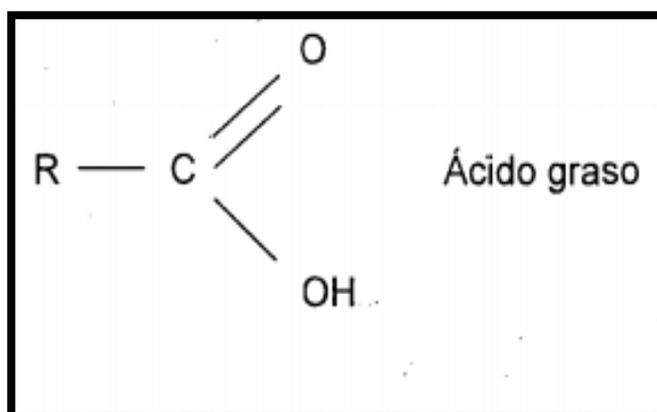


Figura 11. Estructura del ácido graso

Según Bockisch (48), los ácidos grasos son moléculas con un solo carbono, y los ácidos grasos que se encuentran en aceites y grasas son alcanos o alquenos. Cuando se estudia simplemente la ubicación o la configuración de la doble capa, puede notarse una influencia considerable de la estructura del ácido graso en los atributos físicos (cis o trans).

Los ácidos grasos trans tienden a tener un comportamiento estable frente a la descomposición oxidativa, con un punto de fusión medio frente a las saturadas e insaturadas, debido a ello son comúnmente usados en la industria de la comida rápida. Estos ácidos grasos son obtenidos mediante la hidrogenación, es decir, mediante la convertibilidad del aceite líquido en aceite o grasa sólida. Frente a este panorama surgió evidencia la cual detallaba su estrecha relación con la inflamación metabólica, la diabetes y el cáncer. Es así como entidades como la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Panamericana de la Salud (OPS) sugieren disminuir su consumo o eliminarlo (Ballesteros et al., 2012).

El perfil de los ácidos grasos polinsaturados está estrechamente relacionado a la cantidad total de lípidos ingeridos debido a que las grasas esenciales las que el cuerpo humano es incapaz de sintetizar por lo que se deben de conseguir a través de la comida. Para las personas se hace necesario el ingerir dichos aceites mediante la dieta o precursores que generen este tipo de ácidos grasos. Existe una relación que debe mantenerse en el cuerpo de las personas, el cual es 5:1 o 10:1 respecto a los ácidos de ω - 3 y 6 (Pinazo y Boscá, 2012).

Según Giraudio et al. (49), los triglicéridos son ésteres de glicerol que contienen tres moléculas de ácido graso. Estas moléculas de ácidos grasos pueden variar en su recuento de átomos de carbono, nivel de saturación y potencial de ramificación. Asimismo, los triglicéridos se encuentran en las grasas animales, mientras que los aceites son triglicéridos bajo su condición líquida que proceden de las plantas o de los peces. La estructura de un triglicérido se muestra en la figura 12.

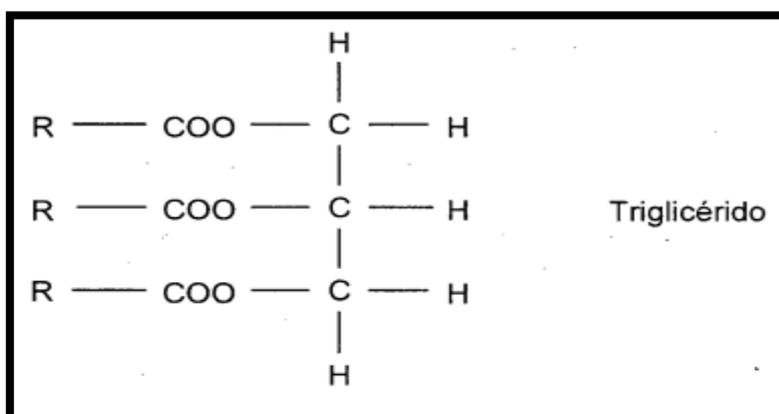


Figura 12. Estructura del triglicérido

2.4.1.3. Factores de deterioro

Según Salazar (50), el ritmo de degradación de las grasas y aceites depende de varios parámetros, uno de los cuales es la temperatura. Lo evalúa mediante variables e índices que indican si los componentes funcionales de las grasas y los aceites han interactuado o no, un proceso que puede degradar las propias grasas y aceites o sus elementos. El índice de acidez de un lípido indica cuántos ácidos grasos libres contiene, mientras que el índice de peróxido de un lípido indica cuánto oxígeno está presente en forma de peróxidos.

2.4.1.4. Deterioro del índice de blanqueabilidad

El índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (DOBI) es una métrica para determinar la posibilidad de refinamiento del aceite de palma crudo a raíz de la absorción en valores que van de 446 nm a 269 nm, según Rueda (51). La metodología se basa en la relación entre los carotenoides y la oxidación total de los carotenoides. Las moléculas de caroteno se miden un límite de absorción a 446 nm, mientras que las de sus homólogos oxidados tienen un máximo de absorción a 269 nm.

2.4.2. Almacenamiento acelerado

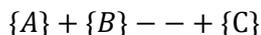
Las pruebas son basadas en una variación de la prueba del horno Schaal y fueron empleadas con frecuencia para determinar la estabilidad que poseen los aceites vegetales (Eskin et al., 1989; citado por Aparicio y Harwood, 2003). Fennema (52), recomienda almacenar la muestra a 60-65°C en la oscuridad y hacer inspecciones frecuentes para detectar el enranciamiento inducido por la oxidación utilizando medios organolépticos o la medición del valor de peróxido.

Como afirma De Man (1987) y citan Aparicio y Harwood (53), los resultados de la prueba de Schaal (de la estufa) dependen de factores como el volumen de las unidades de almacenamiento, la relación superficie/volumen del aceite y si las unidades están cubiertas o no. Asimismo, los índices de oxidación son proporcionales a la superficie/volumen del aceite. Dado que la prueba Schaal imita los cambios oxidativos observados en las pruebas de vida útil, es más fiable que las realizadas a temperaturas más altas.

Según Evans et al. (1973), referenciado por Aparicio y Harwood (53), el aumento de la temperatura en el almacenaje eleva la cantidad de oxidación hasta el punto de que la prueba completa puede terminarse en menos tiempo. Una jornada de almacenamiento a estas temperaturas es comparable a un mes a temperatura ambiente.

2.4.3. Cinética de reacciones para determinar pérdida de la calidad en alimentos

Estudio científico de la rapidez de las reacciones químicas y de los elementos que las influyen y de los mecanismos subyacentes por los que se producen, se engloba dentro de la cinética química. Muchos factores físicos diferentes e interacciones químicas y biológicas contribuyen a la transformación de las comidas (Alvarado, 1996). Por esta razón, se suele utilizar el término “velocidad instantánea”, que se refiere a las velocidades medidas en incrementos de tiempo infinitesimales. Primero debe calcularse la relación concentración-tiempo de la velocidad de reacción. Mediante una reacción química:



Velocidad de reacción:

$$V = -\frac{d\{A\}}{dt} = -\frac{d\{B\}}{dt} = \frac{d\{C\}}{dt}$$

La densidad de A y B disminuye con el tiempo por el signo negativo, mientras que la concentración de C, el resultado de la reacción aumenta. Sin embargo, numerosos experimentos han proporcionado pruebas concluyentes de que la siguiente fórmula predice con exactitud el ritmo de una reacción:

$$V = k \{A\}_i \{B\}_i$$

En este contexto, un orden de reacción está definida como una reacción a una de las sustancias químicas cuyo exponente es mayor que la concentración en la cinética. Para una determinada velocidad de reacción, denotada por la constante k en la fórmula, se indica una velocidad específica. A menos que se especifique lo contrario, la concentración de reactivos y productos no

tiene ningún efecto sobre la velocidad de reacción. En la siguiente notación representa la tasa para un sistema con una sola especie reactiva y un orden:

$$(-d\{A\}/dt) = k\{A\}^n$$

El concepto de retribución, propuesto por Labuza y Riboh (54), puede extenderse a la disminución de la calidad de numerosas comidas, y puede expresarse matemáticamente como sigue:

$$\pm dA/dt = kA^n$$

Donde A: el tiempo de calidad adaptable (e), la sensibilidad a la temperatura y a la velocidad (k), y el orden de reacción (n), un factor de potencia que determina si la velocidad es equitativa a la concentración de la sustancia A (a) juegan un papel.

La destrucción de A (como un nutriente o un olor definitorio) se indica con un signo negativo, mientras que la formación de un subproducto perjudicial se indica con un signo positivo (como de color o aroma). Además, los resultados de los estudios para prever el deterioro de la calidad suelen expresarse como una función de A en el tiempo, en lugar de una tasa. Por lo tanto, hay que utilizar un gráfico cinético para convertir los datos en una forma que pueda utilizarse para calcular la tasa de deterioro.

2.4.4. Parámetros cinéticos

Torres (55) sostiene que las magnitudes de los valores cinéticos, tales como la tasa de reacción y la barrera energética, deben determinarse antes de utilizar la ecuación de Arrhenius para evaluar la influencia de la temperatura en las tasas de reacción. Para determinar estos parámetros cinéticos se utilizan dos enfoques comunes.

En el método de regresión lineal, la velocidad de cambio se representa gráficamente frente a la inversa de la temperatura (absoluta) para una velocidad constante. Si es posible, las constantes de velocidad deben probarse en al menos tres rangos de temperatura distintos. Este gráfico es lineal, por lo que el término preexponencial y la barrera de energía para la activación pueden determinarse hallando la pendiente y la intersección mediante un análisis de regresión.

La energía de activación se calcula en línea recta a partir del nivel del atributo de calidad o de la concentración utilizando el enfoque de regresión no lineal proporcionado por Saguy y Karel. (56). Asimismo, las constantes de velocidad son innecesarias cuando se utiliza este enfoque. La diferencia en las características de calidad calculadas utilizando los parámetros cinéticos especificados puede entenderse mejor gracias al uso de puntos de datos reales.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Metodología para la Solución

3.1.1. Lugar de ejecución

Se llevó a cabo en el Laboratorio de Análisis y Control de Calidad de la “Planta Extractora Industrias del Espino Anexo Nuevo Horizonte SA”, la cual se encuentra ubicada en el caserío Nuevo Horizonte, provincia de Tocache, San Martín, a una altitud de 503 m s. n. m., humedad entre 70 y 80 %.

3.2. Materiales

3.2.1. Materia prima

Industrias del Espino Anexo Nuevo Horizonte S.A. suministró el aceite de palma crudo utilizado en el proceso de fabricación.

3.2.2. Reactivos

- Cloroformo
- Solución de tiosulfato de sodio 0.002 N
- Solución saturada de sodio 0.002 N
- Agua destilada
- Ácido acético
- Isooctano de calidad para espectrofotometría
- Almidón

3.2.3. Materiales de vidrio

- Envases de la muestra de 1000 gr
- Vasos de precipitación de 50, 100,250 y 500 ml
- Erlenmeyer de 150 ml

- Termómetro 0 -100 °C
- Micropipetas de 0, 1 y 05 ml
- Fiolas con tapas esmeriladas de 25ml
- Probetas de 50 y 500 ml

3.2.4. Equipos

- Estufas con control de temperatura marca MEMMERT modelo 100-800
- Espectrofotómetro marca SHIMADZU UV-1800
- Balanza analítica marca OHAUS modelo AP210S de 0-210 gr de capacidad

3.3. Métodos de análisis

- La simulación que se realizó fue de tipo DETERMINISTA en modo ANÁLISIS
- Índice de peróxido según el método
- Prueba DOBI, método original Tirtiaux
- Color por el método HUNTER LAB (2001)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

4.1. Requerimientos

4.1.1. Determinación de la energía de activación con el método de Arrhenius para el índice de peróxido (IP)

La Tabla 9 ilustra los ajustes al modelo de Arrhenius para las constantes de velocidad de reacción (K) de orden 0, 1 y 2 con temperaturas variadas.

Tabla 9

Constante de velocidad de reacción de formación de peróxido, ajustadas al modelo de Arrhenius

Temperatura			Constante de velocidad de reacción (K)		
T° C	°K	1/°K	Orden cero	1er orden	2do orden
30	303	0,0033	0,02047852	0,00570919	0,00177945
50	323	0,003095975	0,03217067	0,00700180	0,00183373
70	343	0,002915452	0,04660201	0,00773691	0,00165962

Nota. Elaboración propia

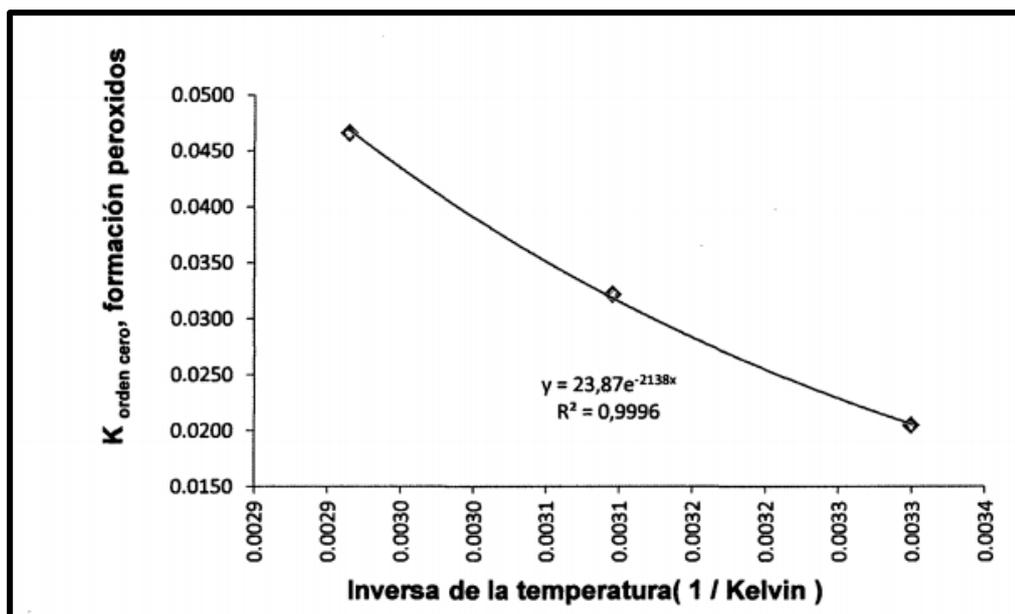


Figura 13. Constante de velocidad de reacción (K) de formación de peróxido de orden cero con la temperatura, ajustada a la ecuación de Arrhenius

Siguiendo los resultados de la regresión de Arrhenius, la energía de activación (Ea) se calculó de la siguiente manera.

Modelo de Arrhenius: $K = K_0 \cdot e^{-E_a / RT}$

Ecuación regresionada: $Y = 23.87e^{-2138x}$,

Por ello: $E_a/R = 2138 \text{ cal.mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

$E_a = 2138 \times 1.98717 = 4248.56 \text{ cal/mol}$

4.1.2. Simulación de velocidad de reacción de peróxido con variadas temperaturas

Las simulaciones de las constantes de velocidad de reacción a varias temperaturas se realizaron utilizando la ecuación de Arrhenius, que corresponde a valores de K de orden uno.

Por ejemplo, para 30°C (303 K). Así podemos obtener temperaturas distintas de 10°C a 80°C con intervalo de 5°C, mostrado en la siguiente tabla:

Tabla 10

Valores simulados de la constante de velocidad de reacción (K), de formación de peróxidos a diferentes temperaturas

Temperatura °C	Temperatura °K	K orden cero meq O2/kg()
10	283	0,004809791
15	288	0,005049934
20	293	0,005293258
25	298	0,005539551
30	303	0,005788609
35	308	0,006040233
40	313	0,006294234
45	318	0,006550424
50	323	0,006808628
55	328	0,007068672
60	333	0,007330393
65	338	0,007593632
70	343	0,007858236
75	348	0,008124061
80	353	0,008390967

Nota. Elaboración propia

La Tabla 10 muestra que la constante de velocidad de reacción aumenta con el incremento de la temperatura, lo que coincide con el estudio estadístico.

4.2. Análisis de la Solución

4.2.1. Simulación de la formación de peróxidos en almacenamiento con temperaturas variadas

Las pruebas rápidas se llevan a cabo para conocer el deterioro en un periodo de tiempo más corto. La luz y el calor son los dos elementos más significativos en el deterioro de los aceites y las grasas. Todas las muestras se mantuvieron en condiciones de oscuridad y temperatura controlada mientras se evaluaba la influencia de la temperatura (papel de aluminio). Utilizando el valor de peróxido a diferentes temperaturas, la Tabla 11 simula la degradación oxidativa del aceite de palma crudo.

Según Zapata y Rojano (57), a los 6 días aparecieron cambios sustanciales en el proceso de oxidación, con un índice de peróxido de 12, 5 dentro del Rango Permisible de la AOAC (0-15 meqO₂/g de aceite). Se obtuvieron muestras diariamente a lo largo del almacenamiento a 50 °C para controlar la estabilidad oxidativa. Según los resultados de la simulación, tuvimos 14,5053 PI después de 15 días a 30 °C, lo que indica que la estabilidad oxidativa del aceite de palma se degrada a temperaturas más altas y durante períodos de tiempo más prolongados.

Tabla 11

Simulación de creación de peróxido a temperaturas de almacenamiento más cercanas a la realidad.

Formación de peróxidos simulados						
Días	Horas	10 °C	30 °C	50 °C	70 °C	80 °C
0	0	1.8051	1.8051	1.8051	1.8051	1.8051
1	24	2.0260	2.0741	2.1255	2.1798	2.2078
2	48	2.2739	2.3833	2.5029	2.6322	2.7004
3	72	2.5521	2.7385	2.9471	3.1785	3.3028
4	96	2.8644	3.1466	3.4703	3.8382	4.0396
5	120	3.2149	3.6156	4.0863	4.6349	4.9408
6	144	3.6083	4.1544	4.8117	5.5968	6.0431
7	168	4.0498	4.7736	5.6659	6.7585	7.3913
8	192	4.5453	5.4851	6.6717	8.1613	9.0402
9	216	5.1015	6.3026	7.856	9.8552	11.057
10	240	5.7257	7.2419	9.2506	11.9006	13.5238
11	264	6.4263	8.3212	10.8927	14.3707	16.5408
12	288	7.2126	9.5614	12.8263	17.3534	20.231
13	312	8.0952	10.9864	15.1032	20.9552	24.7444
14	336	9.0857	12.6239	17.7843	25.3045	30.2647
15	360	10.1975	14.5053	20.9413	30.5566	37.0165
16	384	11.4453	16.6672	24.6587	36.8988	45.2746
17	408	12.8457	19.1513	29.036	44.5573	55.3751
18	432	14.4175	22.0056	34.1903	53.8054	67.7289
19	456	16.1817	25.2853	40.2597	64.973	82.8388
20	480	18.1617	29.0538	47.4064	78.4585	101.3196

Nota. Elaboración propia

4.2.2. Evaluación de Índice de deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI) en espectrofotómetro (269 nm - 446 nm)

Mediciones de la cinética DOBI en la Figura 14 y la Tabla 12 muestran los resultados del examen del índice de deterioro de la capacidad de blanqueo a 269 nm y 446 nm, respectivamente.

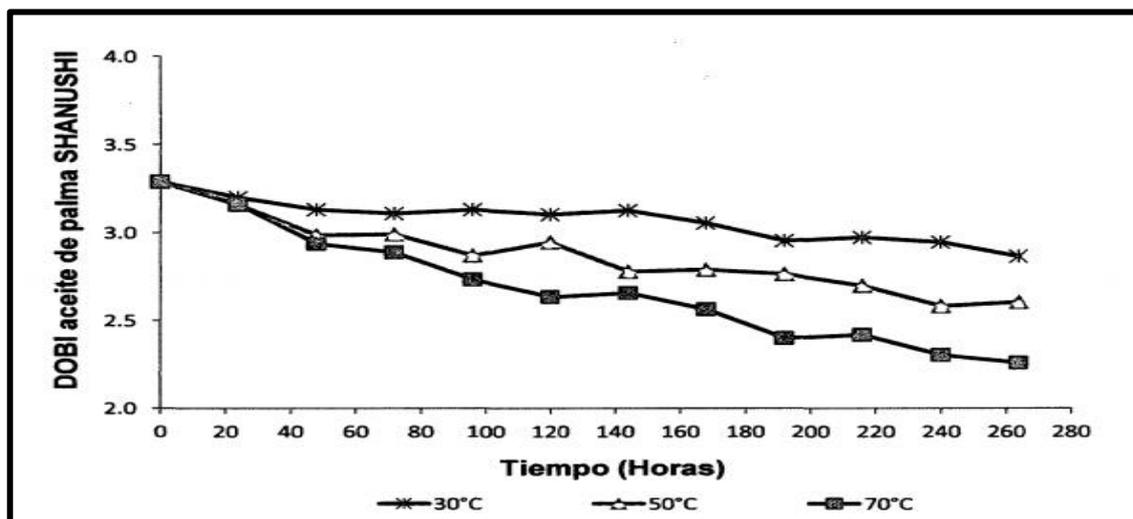


Figura 14. Índice de deterioro de la capacidad de blanqueo en almacenamiento a diferentes temperaturas, para el aceite crudo de palma.

Tabla 12

Índice de deterioro de la capacidad de blanqueo (DOBI)

Tiempo (horas)	Índice de deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI)		
	30 °C	50 °C	70 °C
0	3.2895	3.2895	3.2895
24	3.1999	3.1596	3.161
48	3.1313	2.986	2.9373
72	3.1100	2.9925	2.8892
96	3.1315	2.8723	2.7343
120	3.1035	2.9482	2.6364
144	3.1264	2.7806	2.6571
168	3.0558	2.7892	2.5631
192	2.9535	2.7643	2.3985
216	2.9740	2.6988	2.4192
240	2.9468	2.5828	2.3044
264	2.8658	2.606	2.2592

Nota. Elaboración propia

La conexión logarítmica entre la intensidad de la luz a una determinada longitud de onda que atraviesa una muestra y la intensidad de la luz entrante caracteriza la absorción, tal y como describe Urueta (58), antes de entrar en la muestra. Un alto nivel de carotenoides indica un fruto de palma maduro y fresco (446 nm). Una alta concentración de compuestos carbónicos indica un aceite de palma que ha sido severamente oxidado (269 nm). Los que tienen un DOBI > 3 son de excelente calidad, con un rango de 2-3 regular, 2-1 pobre y 1 muy pobre.

4.3. Diseño

4.3.1. Caracterización del aceite

Una muestra de CPO hecho el día fue enviada al laboratorio para analizar el valor de peróxido, el color y el DOBI.

4.3.2. Conducción de las pruebas aceleradas

Durante el periodo de evaluación, el CPO se mantuvo en botellas de plástico de mil gramos. El índice de peróxido, el índice de blanqueo con oxidante diluido y el color se midieron tres veces al día durante 12 días en hornos de temperatura controlada a 30, 50 y 70 °C; estas temperaturas y tiempos están respaldados por el trabajo de Torres et al. (59).

4.3.3. Orden de reacción (n)

Para clasificar la tasa de degradación de las muestras de aceite en relación con los criterios de calidad que se evaluaron, empleamos el modelo de integración de Alvarado (60). Utilizando la siguiente ecuación integrada, podemos elegir un orden de reacción de cero ($n = 0$):

$$A = A_0 + kt$$

Sustituyendo los valores experimentales de A y t en esto se obtiene el valor de k, que es el mismo que la pendiente. Utilizando la siguiente ecuación integral linealizada, elegimos entonces que el orden de la reacción sea $n = 1$:

$$\ln A = \ln A_0 + kt$$

Seleccione el modelo más apropiado evaluando el R2 producido por el análisis de regresión lineal, como se hizo antes. Del mismo modo, trabajaron con n valores diferentes a los anteriores (n = 0,8; 0,5; 0,4; y 0, 1), dando como resultado la siguiente ecuación integrada (Alvarado, 1996).

$$\left(\frac{1}{n-1}\right)((A)^{1-n} - (A_0)^{1-n}) = kt$$

4.3.4. Hallar la constante de velocidad de reacción

Fue posible calcular la constante de velocidad de respuesta, que es la misma a la pendiente de la regresión, utilizando la regresión lineal resultante para estimar el orden de reacción para cada conjunto de valores.

4.3.5. Energía de activación (Ea), usando el modelo Arrhenius.

La velocidad de reacción (k) está relacionada con la temperatura mediante la ecuación de Arrhenius.

$$K = K_0 e^{-\frac{E_a}{RT}} \quad \ln K = \ln K_0 - \frac{E_a}{R(T)}$$

La energía de activación Ea se puede derivar ajustando los datos experimentales de la constante de velocidad de reacción a sus temperaturas correspondientes en grados Kelvin utilizando el modelo de Arrhenius mediante regresión; esto nos permite reemplazar el valor de Ea con la constante R = 1,98717 cal.moi-1 K 1.

4.3.6. Simulación de oxidación del aceite

La constante de oxidación se determinó para cada una de las temperaturas de almacenamiento disponibles después de seleccionar el modelo matemático que mejor describiera la influencia de la temperatura en la constante. A continuación, se modelizó la oxidación a distintas temperaturas o se utilizó el valor de peróxido adquirido para obtener el k correspondiente, que luego se utilizó para insertarlo en la ecuación de pérdida de calidad.

El montaje experimental que se empleó para medir la disminución de la calidad del aceite de palma crudo con el tiempo y la temperatura se encuentran representados en la figura 15.

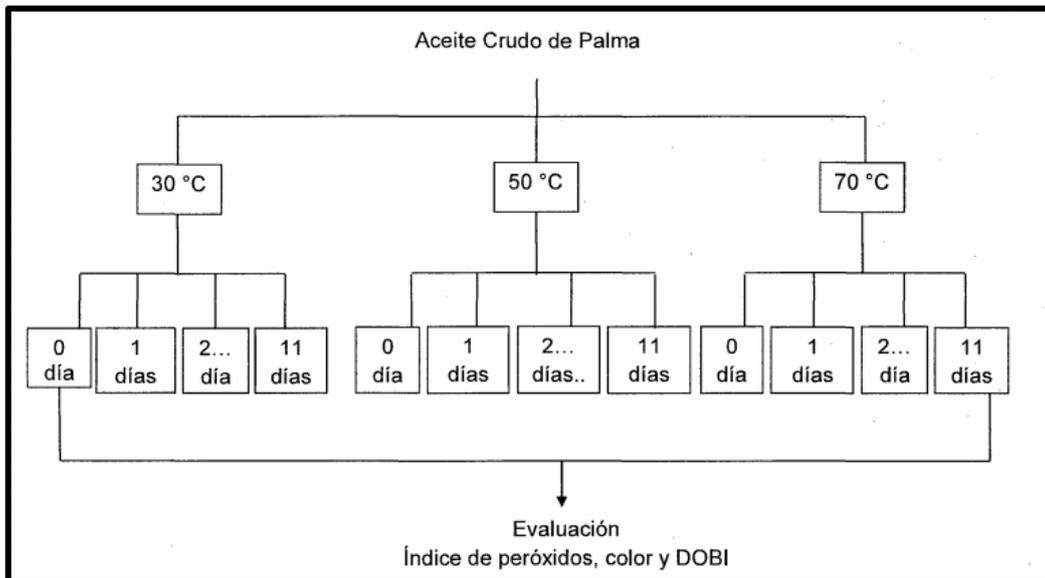


Figura 15. Diseño experimental para evaluar la pérdida de calidad del aceite crudo de palma.

CAPITULO V

ELABORACIÓN

5.1. Elaboración

5.1.1. Características fisicoquímicas del aceite crudo de palma

En la tabla muestra las propiedades fisicoquímicas medias mensuales del aceite de palma crudo producido por la empresa “Industria del Espino”.

Tabla 13

Promedios mensuales sobre las características fisicoquímicas del aceite

Acidez (%)	Humedad (%)	Color (Lovibond)	IP (meqO ₂ /kg aceite)	DOBI	Impureza (%)
2,69	0,14	18,50	1,50	3,12	0,021

Fuente: Industria del Shanusi S.A

Maycock (61) afirma que la acidez del aceite de palma crudo de Malasia suele estar entre el 2,5 % y el 3,5 %, el contenido de agua nunca es superior al 15 %, los contaminantes nunca superan el 0,01 % y el P. l. oscila entre el 2 % y el 6,5 %.

Según Beltrán (62), los ácidos grasos crecen sobre todo entre el momento en que se cosecha la palma y el momento en que se esteriliza, es decir, el tiempo que se tarda en sacar el aceite del fruto. Además, el bajo contenido de humedad en el material de las semillas oleaginosas es deseable porque facilita el proceso de extracción del aceite y evita la degradación del producto debido al enranciamiento hidrolítico, al proteger de la hidrólisis los triacilgliceroles que constituyen el aceite o la grasa (Belén et al., 2004).

5.2. Pruebas y Resultados

5.2.1. Índice de peróxido durante el almacenamiento

Véase la Tabla 14 y la Figura 16 para un desglose de los resultados del análisis del valor de peróxido.

Tabla 14

El índice de oxidación de CPO durante el almacenamiento a varias temperaturas.

Tiempo (horas)	Índice de peróxido (meq O ₂ / Kg Aceite)		
	30°C	50°C	70°C
0	1,8051	1,8051	1,8051
24	1,8107	1,9190	2,2259
48	2,0310	2,1436	2,9917
72	2,1346	2,7062	3,4743
96	2,4296	3,1270	5,4345
120	2,8014	4,6208	5,8519
144	4,1107	5,4102	7,4905
168	4,5593	5,7572	7,9995
192	5,5023	7,1962	8,7961
216	5,2639	7,2047	9,9447
240	6,7184	8,4551	12,3500
264	6,2803	10,4811	14,9092

Nota. Elaboración propia

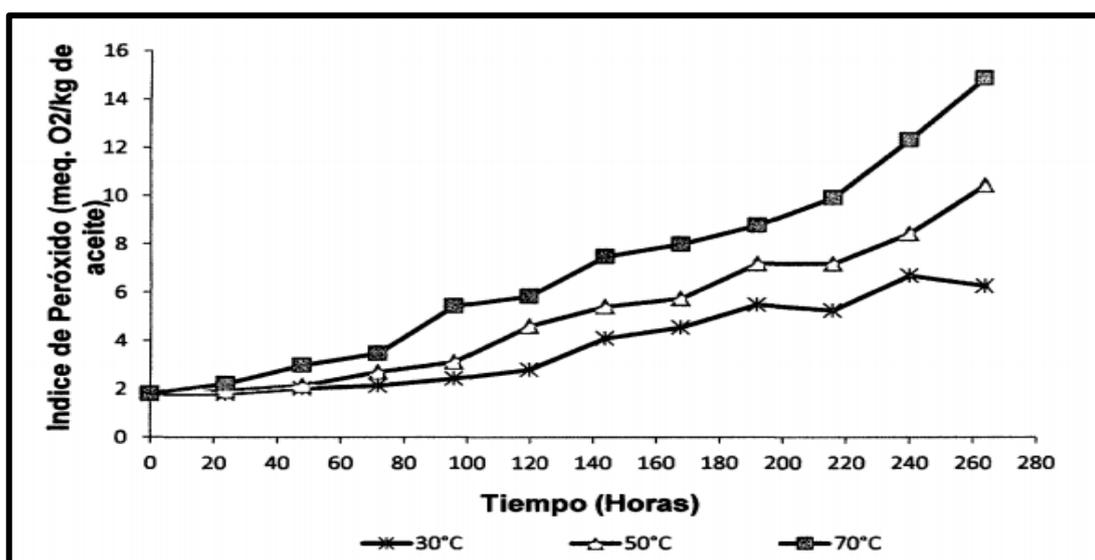


Figura 16. Variación del índice peróxido del CPO en almacenamiento a diferente temperatura

La oxidación del aceite de palma crudo, causada por los hidroperóxidos (peróxidos), empieza lentamente, pero se acelera rápidamente.

Los aceites y grasas expuestos reaccionan lentamente al principio, pero una vez que la ranciedad se ha establecido, la tasa de generación de peróxido se acelera, y da lugar a la síntesis de cetonas, ácidos que producen el típico producto rancio y aldehídos

Belén et al. (63) informan de que en los días inmediatamente posteriores a la extracción, el aceite crudo muestra cierta resistencia a la oxidación; sin embargo, cuando se eleva la temperatura de ensayo, el aceite se deteriora y su vida útil disminuye. El calentamiento del aceite sin aire ni oxígeno puede reducir el índice de peróxido porque el aceite oxidado se descompone en diferentes carbonilos y otras sustancias químicas, la descomposición se acelera en medida de que la temperatura incrementa (Tan et al., 2000).

5.2.2. Temperatura y tiempo de almacenamiento en la formación de peróxidos

El ANOVA se muestra en el anexo 1, la generación de peróxido en el aceite de palma crudo resultó ser extremadamente sensible tanto a la temperatura como a la duración del almacenamiento (valor P 0,001).

La Tabla 15 da una representación de los resultados de la prueba de Tukey para comparar las medias del índice de peróxido según la influencia de la temperatura.

Tabla 15

Efecto de la temperatura en el índice de peróxido en almacenamiento del aceite crudo de palma

Temperatura de almacenamiento (°C)	Cantidad	Promedio Índice de Peróxido (meq O ₂ /kg de aceite)
30	24	3,78727 ^a
50	24	5,06883 ^b
70	24	6,93944 ^c

Los valores representan el promedio, los datos provienen del experimento (n=24) valores con superíndices diferentes indican diferencia significativa (p < 0,05), por Tukey

Los datos de la Tabla 15 demuestran que la oxidación de los aceites se produce con mayor rapidez a temperaturas más elevadas, según se desprende de la mayor generación de peróxidos (64).

5.2.3. Indicador de constante de tiempo de respuesta de concentración de peróxido y orden de reacciones

En función de la concentración del reactivo o del producto, se puede determinar la secuencia de reacción en una comida. Los desplazamientos de concentración por unidad de tiempo se utilizan para cuantificar el tiempo de las respuestas de desintegración. Utilizando el método de integración descrito por Labuza, ajustamos los datos de peróxido a los diferentes modelos de las figuras para obtener la velocidad de reacción (n) y la constante de velocidad de reacción Labuza (2000).

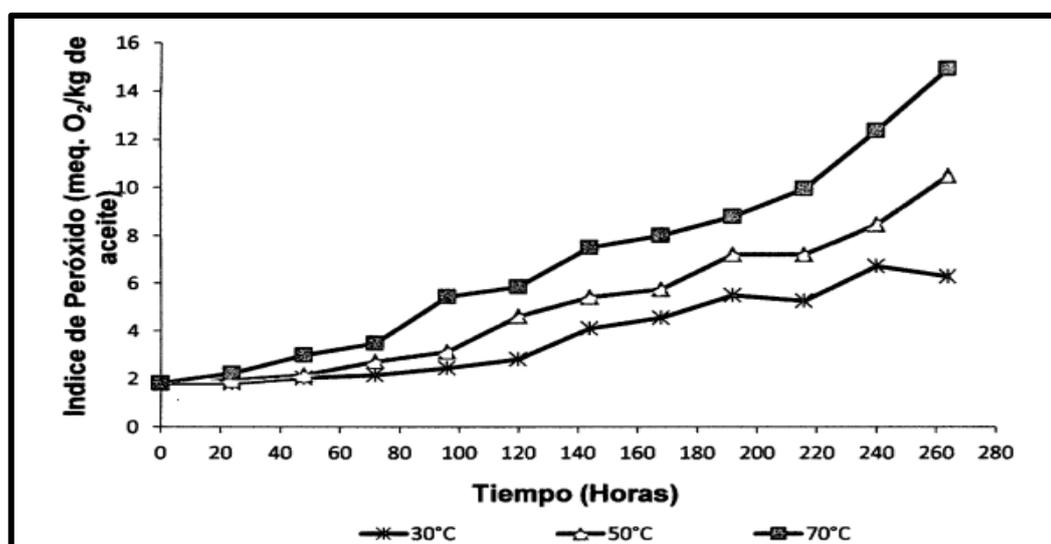


Figura 17. Variación del índice de peróxido en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción cero)

El valor de peróxido (IP), el valor de peróxido inicial (IPo), la constante de velocidad de reacción (K) y el tiempo (t) fueron ajustados a la ecuación de velocidad de reacción de orden cero:

$$IP = IPo + K t.$$

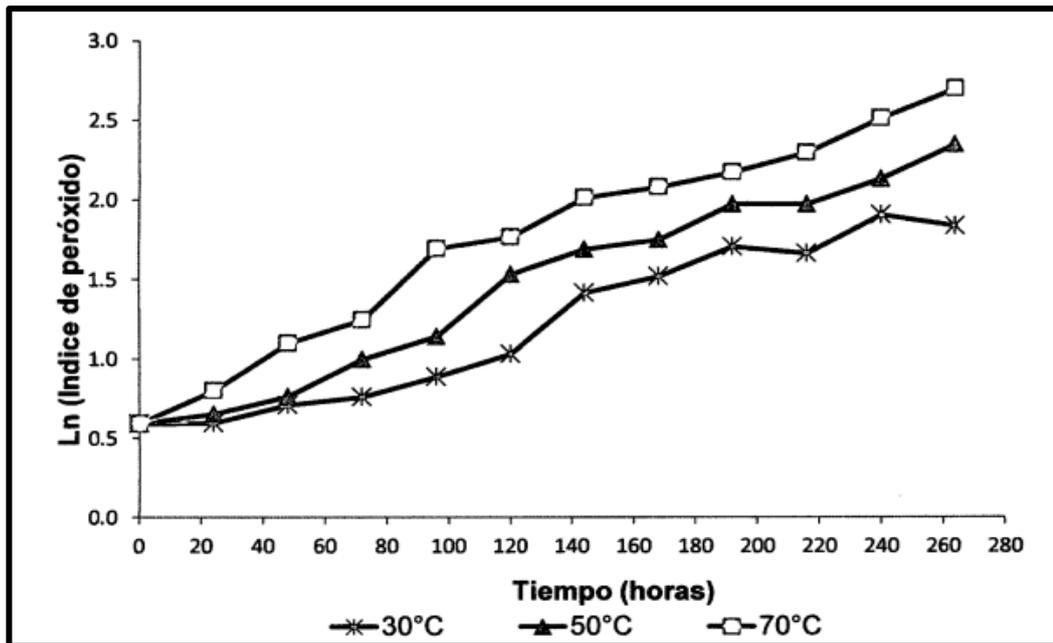


Figura 18. Variación del Ln (índice de peróxido) en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción 1)

Se utilizó una ecuación de velocidad de reacción de orden uno para ajustarse a los datos

$$\ln IP = \ln IPO + Kt$$

La concentración de peróxido (Ln IP), la concentración de peróxido inicial (Ln IPO), la constante de velocidad de reacción (K) y el tiempo (t) son variables.

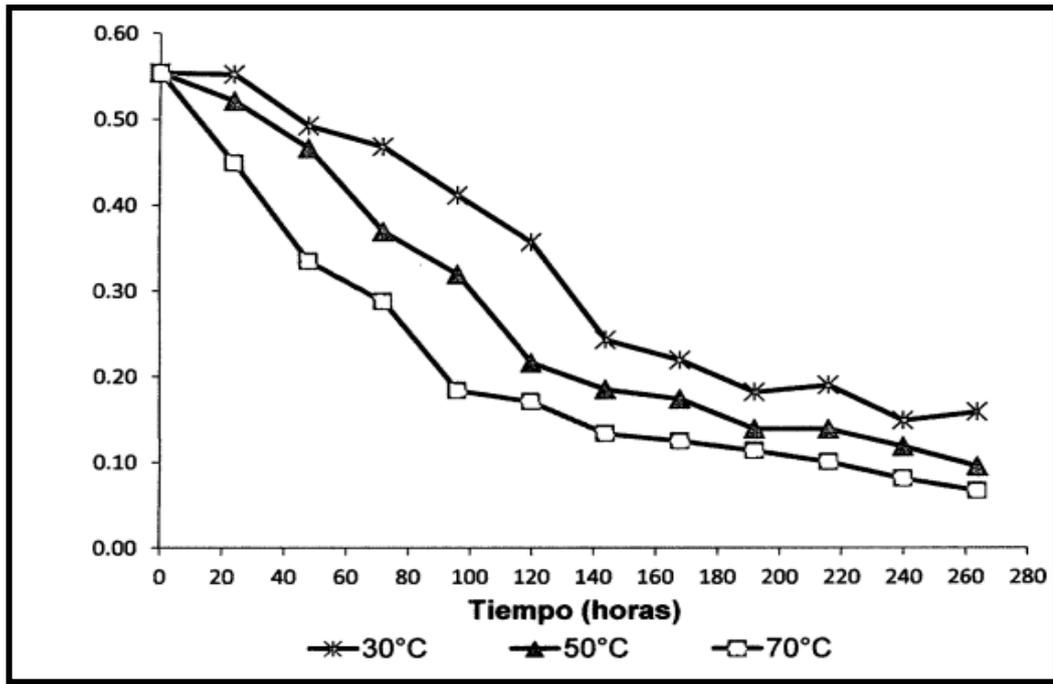


Figura 19. Variación de 1/índice de peróxido en almacenamiento a diferentes temperaturas (orden de reacción 2)

Los valores de la Figura 198, están ajustados en la ecuación de velocidad de reacción de orden dos: $\frac{1}{\sim} = 1; 0 - K \cdot t$

$\frac{1}{\sim}$ es la inversa del índice de peróxido inicial

\sim es la inversa del índice de peróxido

$1/P_0 K$ es la constante de velocidad de reacción de orden dos y t (horas)

CONCLUSIONES

1. Con el empleo de la simulación de diferentes temperaturas mediante pruebas aceleradas, se logró determinar los parámetros de cinética de oxidación del aceite de palma crudo, como el índice de peróxido, el color y el DOBI. Estos parámetros son fundamentales para evaluar la calidad y estabilidad del aceite.
2. En cuanto a los datos experimentales y la obtención de las constantes de velocidad de reacción, se empleó un enfoque de la cinética química, gracias al empleo de herramientas matemáticas y estadísticas, lo que permitió modelar la cinética de oxidación y obtener información precisa sobre la velocidad de formación de peróxidos en función de la temperatura.
3. Los parámetros de la cinética de oxidación del aceite de palma crudo incluyen los siguientes valores: para el índice de peróxido, se observa un orden de reacción de 1, con $R^2=0.9673$, $K_0=0.0796$ y $E_a=1.782$ Kcal/mol; en cuanto al color, se presenta un orden de reacción de 2, con $E_a=3,8928$ Kcal/mol, $K_0=0.0254$ y $R^2=0.9583$; finalmente, para el DOBI, se evidencia un orden de reacción de 2, con $E_a=6.7066$ Kcal/mol, $K_0=9.6724$ y $R^2=0.9400$.
4. Los resultados obtenidos para la tasa de formación de peróxidos en el aceite crudo de palma arrojaron los siguientes valores para la constante de velocidad de reacción: $K_{30oc} = 0,005788609$ meq, 02/hora, $K_{50oc} = 0.006808628$ meq 02/hora y $K_{70oc}=0.007858236$ meq 02/hora.
5. El periodo simulado para alcanzar aproximadamente 15 meq 02/kg, como establece el Codex Stan 210-1999 y la AOAC para aceites y grasas vírgenes, es el siguiente: a 80°C, se necesitan 240 horas (IP=13.5238); a 70°C, se requieren 264 horas (IP=14.3707); a 50°C, se estima en 312 horas (IP=15.1032); a 30°C, se calcula en 360 horas (IP=14.5053); y a 10°C, se proyecta en 432 horas (IP = 14.4175)

6. En relación con la hipótesis planteada se puede concluir que mantener una temperatura constante de 50°C en el tanque de almacenamiento del aceite crudo de palma no resulta en una menor oxidación en comparación a temperaturas más bajas o altas. Sin embargo, esta información resulta ser valiosa, ya que se dio a conocer más sobre la cinética de oxidación del aceite de palma crudo y además de destacar la importancia de otros factores que participan en el proceso de oxidación.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda eliminar el aire y la luz del aceite de palma crudo y luego almacenarlo a diferentes temperaturas permite observar los efectos del aceite antes y después.
2. Examinando la diferencia de espesor entre el aceite de palma crudo y el mismo aceite, se sugiere calentado a diferentes temperaturas.
3. El Complejo Industrial Espino debe utilizar factores cinéticos para pronosticar el crecimiento de peróxidos, DOBI y color a las temperaturas de almacenamiento y comercialización.
4. Durante la extracción del aceite de palma crudo, es importante analizar tanto la cantidad de catalizadores de oxidación (metales pesados) utilizados como el grado en que oxidan el aceite.

REFERENCIAS

1. GONZÁLEZ, J. *Producción y exportación del aceite de palma en bruto peruano*. Tesis de grado para obtener el título en negocios internacionales. 57 pp. Universidad César Vallejo, 2018.
2. GROMKO, D. ¿Tendrá éxito América Latina con el aceite de palma? [en línea]. [En línea] 2015. [Citado el 16 de setiembre de 2022.] <http://latinamericanscience.org/palma>.
3. JUNPALMA Perú. ¿Qué es la palma aceitera? Conoce el desarrollo palmero en el Perú y el mundo [en línea]. [En línea] 2017. [Citado el: 16 de setiembre de 2022.] <https://junpalmaperu.org/que-es-la-palma-aceitera-conoce-el-desarrollo-palmero-en-el-peru-y-el-mundo/#:~:text=En%20Per%C3%BA%2C%20existen%2081%2C000%20hect%C3%A1reas,%2C%20Ucayali%2C%20Loreto%20y%20Ucayali>.
4. HERRERA, C., Ramírez, R. y Muñoz, L. Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido interespecifica fortuna en una plantación ubicada en Cabuyaro-Meta. *Revista Sistemas De Producción Agroecológicos*, 2019, 1(1), 2-17. ISSN: 2248-4817.
5. MOHAMED, A., Voon, L., Tuerxun, A. Detector de madurez en palma de aceite (OPRID) y método térmico no destructivo para estimar la calidad del aceite de palma. *Revista Palmas*, 2019, 42, 9-17. ISSN: 0121-2923
6. ACUÑA, H., Quesada, C., López, L. Análisis fisicoquímico del aceite crudo de palma proveniente del híbrido interespecifico fortuna en una plantación ubicada en Cabuyaro-Meta. *Revista Unillanos*. [En línea] 2019, 1(10). <https://revistas.unillanos.edu.co/index.php/sistemasagroecologicos/article/view/722/776>.
7. SEGURONDO, R. y Cortez, V. Determinación de la rancidez en aceites usados en el proceso de frituras en establecimientos de expendio de comida rápida. *Revista Con-ciencia*, 2020, 1(8), 115-128. ISSN: 2310-0265
8. KHOSLA, P. Atributos nutricionales y de salud del aceite de palma: una actualización. *Publicaciones Fedepalma*. [En línea] 2019, 1(40). <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13009/12842>.
9. CHEW, C., y otros. Prospects of Palm Fruit Extraction Technology: Palm Oil Recovery Processes and Quality Enhancement. *Malasia: Food Reviews International*, 2021, 1(38), 1-28. ISSN: 1525-6103.
10. TROYA, V. G., Alava, G. G., & Navarrete, E. T. Efecto del almacenamiento sobre el índice peroxido en aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia Volubilis* Linneo. *Revista Científica Arbitrada Multidisciplinaria*, 2022, 2(8), 53-60. ISSN: 2806-5794
11. ALMACHE, M. *Importancia de la cosecha para mejorar la calidad y rendimiento en la extracción de aceite en el racimo de palma aceitera*. Tesis de titulación, Universidad Técnica de Babahoyo [En línea] 2022.
12. DE ALMEIDA, D., Viana, T., Costa, M, Feitosa, S. Efectos de diferentes condiciones de almacenamiento en la estabilidad oxidativa del aceite de palma crudo y refinado, y la estearina y oleína de palma refinadas (*Elaeis guineensis*). *Revista Palmas*. 41(3), 67-80 <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmas/article/view/13232/13022>.

13. SALAZAR, J. *Evaluación de la reutilización de tierras provenientes de la etapa de blanqueo en la refinación del aceite de palma*. Tesis de pregrado. [En línea] 2019.
14. NGANGJOH, A., Tatanja, N. y Ejoh, A., Spoilage and microbial quality of crude palm oil from the North-west Region of Cameroon. *African Journal of Food Science*, 2020, 14(9), 304-312. ISSN: 1996-0794
15. PÉREZ, L. y Bombón, A. *Determinación de los índices de degradación en aceites vegetales usados en procesos de fritura en restaurantes de la ciudad de Ambato*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Bioquímico. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, 2021.
16. NAVARRO, J., Carrera, A., Flores, A. Mejoramiento de extracción de aceite de palma en una planta industrial. *Ciencia Digital*. [En línea] 2022. 3(5). ISSN: 2600-5859 <https://cienciadigital.org/revistacienciadigital2/index.php/ConcienciaDigital/article/view/2206/5420>.
17. PASO, I. *Caracterización por técnicas espectroscópicas de aceite crudo de palma y aceite refinado*. Tesis para obtener el título de ingeniería química e industrias extractivas [En línea] 2020. [https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28550/Tesis %20Islemi %20Paso %20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/28550/Tesis%20Islemi%20Paso%20Cruz.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
18. ORTEGA, W. *Aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente expuestos a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020*. Tesis para optar el título profesional de ingeniero civil. [En línea] 2021. http://repositoriodemo.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/9211/4/IV_FIN_105_TE_Ortega_DelaVega_2021.pdf.
19. PELAEZ, L., Tristian, J. *Comparación de los métodos de tratamiento biológico y fisicoquímico para la reducción del DBO generado en efluentes de plantas extractoras de aceite de palma (POME): Revisión sistemática*. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2022.
20. BACA, A. *Determinación de las características fisicoquímicas del aceite residual de frituras de los establecimientos de comida del mercado municipal de Huamachuco*. Tesis de grado para obtener el título profesional de Ingeniería Agroindustrial. Perú: 55 pp.: Universidad Nacional de Trujillo, 2019.
21. pinto, S. *Efecto de la temperatura e iluminación sobre el índice de estabilidad oxidativa del aceite de soya refinado comercial en la etapa de almacenamiento*. Tesis para optar el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias, Perú, 15 pp. Universidad Nacional de Juliaca, 2022.
22. Girón, A. *Determinación de vida útil del aceite a partir de las semillas de guanábana (Annona muricata L.), mediante prensado en frío con fines de rendimiento*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Perú: 63 pp. Universidad Nacional de Piura, 2021.
23. ARANDA, J., Villacrés, J., Ríos, F. Composición química, características fisicoquímicas, trazas metálicas y evaluación genotóxica del aceite de Plukenetia volubilis L. (sacha inchi). *Revista Peruana de Medicina Integrativa*. 2019 1(4). <https://repositorio.essalud.gob.pe/bitstream/handle/20.500.12959/3952/Composici%20qu%20admica%20caracter%20f%20adsico-qu%20admicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

24. GARAVAGLIA, J, y otros. *Composición físico-química y sensorial de aceites de oliva producidos con aceitunas cultivadas en diferentes regiones de Brasil*. Jaén: Simposium Expoliva, 2019. ISBN: 978-84-946839-2-3.
25. TALAVERA, Paloma y Urrutia, Micaela. *Evaluación de la calidad química de aceites de Sesamum indicum (ajonjolí) y Linum usitatissimum (linaza) que se expenden en dos Bioferias de los distritos de Miraflores y Barranco en Lima, Perú*. Tesis de grado para obtener el título en Nutrición y Dietética. Perú: 43 pp. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2019.
26. VILLEGAS, J. *Extracción de Aceite de Higuierilla (Ricinus communis) con cuatro Alcoholes Disolventes a Nivel de Laboratorio, Jaén Cajamarca*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Forestal y ambiental. Perú: 90 pp. Universidad Nacional de Jaén, 2019.
27. CARRILLO, F., Rucabado, A. Evaluación de la viabilidad de semillas de Sacha Inchi Plukenetia volubilis L. Conservadas a 4 °C. *Anales Científicos*. 2021. 82(2), 303-311. <https://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/view/1793/2315>.
28. FERREYRA, K. *Influencia del estado de la madurez y condiciones de esterilización de los frutos, en el rendimiento y calidad de aceite crudo de palma africana de la planta extractora Oleaginosas Amazónicas S.A.-Ucayali 2018*. 2019. <https://api-repositorio.unia.edu.pe/server/api/core/bitstreams/52ce86d0-1241-4f03-bd66-dca892848b9e/content>.
29. LÓPEZ, L. *Elaboración de un programa de gestión de riesgos químicos para el aceite de palma producido en Colombia, para regular la presencia de contaminantes que afectan la salud del consumidor en tiempos de la covid-19*. Tesis de posgrado para obtener el título de Máster en Gerencia de Programas Sanitarios en inocuidad de alimentos. Universidad para la Cooperación Internacional. Costa Rica: 75 pp.: Universidad para la Cooperación Internacional., 2021.
30. TINOCO, E., Bravo, F. y Bueno, F. El uso de datos y sistemas organizacionales en la producción de aceite palma (Elaeis Guineensis) en Colombia, Ecuador y Perú. *Revista Generando*, 2022, 3(1), 1-16. ISSN: 2806-5905.
31. ALVARADO, A. y Ballarte, N. *Factores determinantes de las exportaciones de aceite de palma: tecnología, capacitación y calidad de la región Ucayali durante el periodo 2013-2018*. Tesis de grado para obtener el título en Negocios Internacionales. Universidad Peruana de ciencias aplicadas. Perú: 159 pp. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2020.
32. SÁNCHEZ, E. *Análisis de rentabilidad de un cultivo de palma aceitera híbrida en la provincia de Orellana*. Tesis de grado para obtener el título en Administración y Contabilidad. Ecuador: 151 pp. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012.
33. MINISTERIO de Agricultura. *Palma Aceitera*. Lima: Dirección de información agraria, 2010. <https://palma.webcindario.com/potencialidadpalma.pdf>
34. LARA, N., Ortega, G. Manual técnico de palma africana. [En línea] 2021. <https://ciencia.unam.mx/leer/1132/-de-que-depende-la-maduracion-de-los- frutos->.
35. ARIAS, K. *Evaluación de tratamiento para los efluentes de plantas extractoras de aceite de palma (elaeis guineensis) en el cantón la concordia*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Universidad Agraria del Ecuador. Ecuador: 76 pp. Universidad Agraria del Ecuador, 2021.

36. KHOSLA, P. Atributos nutricionales y de salud del aceite de palma: una actualización. *Revista Palmas*, 2019, 40(1), 34-39. Vol. 40. ISSN: 0120-0178.
37. PALMELIT. Disponibilidad y calendario de pedido [en línea]. [En línea] 2022. [Citado el: 10 de agosto de 2022.] <https://www.palmelit.com/es/comercializacion/disponibilidades-y-calendario-de-pedido>.
38. MINAGRI. Resolución Ministerial N.º0281-2016-MINAGRI. Perú: 118 pp. MINAGRI, 2016.
39. AYAR, A. *Estabilidad de la grasa y efecto en los extractos de soya, Rosemary y orégano*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero en Industrias alimentarias. 2001.
40. NUÑEZ, L. y Ramírez, O. *Aplicación y evaluación de los efectos de campos magnéticos en el rendimiento de la extracción de aceite crudo de palma*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Químico. Colombia: Universidad Industrial de Santander, 2004.
41. RINCÓN, S. y Martínez, D. Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. *Revista Palma*, 2009, 30(2), 11-24. ISSN: 0120-0178.
42. PATTERSON, H. *Handling and Storage of Oilseeds, Oils, Fats, and Meal*. New York: Elsevier Applied Science, 1989. ISBN: 1-85166-248-0.
43. PEIXOTO, H. Palma aceitera. Papel de aceite de palma en la solución de los problemas de bajo consumo calórico en América Latina. Su consumo y la salud humana. *Mesa Redonda sobre Palma Aceitera*. 1986, 4., 8-12.
44. TARIFA, E. *Teoría de Modelos y Simulación*. Argentina: 17 pp.: Universidad Nacional de Jujuy, 2000.
45. ARBELOA, P. *Arquitectura de redes, sistemas y servicios*. España: Universidad Pública de Navarra, 2004.
46. MINISTERIO de la Producción. *Resolución Directoral N° 3542-2009-PRODUCE/DIGSECOVI*. Perú: 3 pp. Ministerio de la Producción, 2009.
47. ZILLER, S. *Grasas y aceites alimentarios*. Primera. España: Editorial Acribia, S.A., 1996. ISBN: 978-8420007991.
48. BOCKISH, M. Composición, estructura, datos físicos y reacciones químicas de las grasas y los aceites, sus derivados y productos asociados. *A&G*, 2008, 70(2), 152-165. ISSN: 0002-2667.
49. GIRAUDO, M., y otros. Integrantes de emulsiones alimenticias. Parte II: Aceites y Grasas., *Revista Aceites y Grasas*, 2008, 14(70), 172-183. ISSN: 0002-2667.
50. SALAZAR, E., y otros., *Revista Saber*, 2007, 19, 172-182. ISSN: 1315-0162.
51. RUEDA, H. *Evaluación del tiempo postcosecha sobre la actividad lipásica del mesocarpio del fruto de la palma de aceite y la calidad del aceite*. Tesis para obtener el título de Químico. Colombia: 85 pp. Universidad Industrial de Santander, 2011.
52. FENNEMA, O. *Química de los alimentos*. Segunda. España: Acribia S.A., 2000. ISBN: 9788420009148.

53. APARICIO, R. y Harwood, J. *Manual del aceite de oliva*. España: AMV Ediciones. Mundi-Prensa, 2003. ISBN: 978-8489922419.
54. LABUZA, T. y Riboh, D. Theory and Application of Arrhenius Kinetics to the Prediction of Nutrient Losses in Foods [Degradation, Keeping, Quality, Temperature, Quality Controls, Analysis, Models]. *Food Technology*, 1982, 10(36), 66-74. ISSN: 0015-6639.
55. TORRES, J. *Determinación de la estabilidad del aceite de girasol coloreado con achiote mediante pruebas aceleradas*. Tesis para obtener el título de Ingeniero en Industrias Alimentarias. Lima: s.n. : Universidad Nacional Agraria La Molina, 2003.
56. SAGUY, I. y Karel, M. Modeling of quality deterioration during food processing and storage. 2, *Food Technology*, 1985, 34, 78-85.. 2, ISSN: 0015-6639.
57. ZAPATA, A., Cogollo, A y Rojano, B. Potencial nutracéutico del aceite de la almendra de choibá o almendro de montaña (*Dipteryx oleifera* Benth). *Revista Cubana de Plantas Medicinales*, 2013, 18(3), 368-380. ISSN: 1028-4796.
58. URUETA, J. *Implementación del DOBI como parámetro de calidad en extractoras de aceite de palma*. Palmas, 2007, 28,143-148. ISSN: 0121-2915.
59. TORRES, A., Guerra, M. y Rosquete, Y. Estimación de la vida útil de una fórmula dietética en función de la disminución de Lisina disponible. Torres, A., Guerra, M. y Rosquete, Y. *Food Sci. Technol*, 2001, 21(2), 129-133. ISSN: 0101-2061.
60. ALVARADO, J. *Principios de Ingeniería aplicados a alimentos*. Ecuador: Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos, 1996.
61. MAYCOCK, J. *Manejo de la calidad del aceite de palma en las plantas de beneficio en Malasia*. ISSN: 0121-2923
62. BELTRÁN, C. 1991, Influencia del procesamiento sobre la calidad final del aceite. *Palmas*, 12, 102-107. ISSN: 0121-2923.
63. BELÉN, D., y otros. Características físico-químicas del aceite de la semilla de la coroba ("jessenia polycarpa karst"). *Grasas y Aceites*, 2004, 55(4), 423-427. ISSN: 0017-3495
64. BARRERA- Arellano, D. Estabilidad y utilización de nitrógeno en aceites y grasas. *Grasas y Aceites*, 1998, 49(1), 55-63.
65. REINOSA Pulido, Doris C. Costos ambientales en el proceso de extracción del aceite de palma. Estudio de un caso. *Revista Venezolana de Gerencia [online]*. 2009,14(46), 228-247. ISSN 1315-9984.
66. RUIZ, G. y Saavedra, J. *Determinación de los parámetros óptimos de funcionamiento para un equipo de extracción sólido-líquido en la extracción de aceite esencial de naranja usando un sistema de cáscara de naranja-alcohol etílico*. Tesis de grado de Ingeniería Química. Perú: 94 pp. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 2007.
67. BARRERO, J. *Estimación de la huella hídrica de un cultivo de palma aceitera para la producción de biodiesel en el municipio de Codazzi*. Tesis para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Colombia: Universidad Nacional de Colombia, 2006.

68. FORT, R. y Borasino, E. *¿Agroindustria en la Amazonía? Posibilidades para el desarrollo inclusivo sostenible de la palma de aceite en el Perú*. Lima: GRADE. ISBN: 978-9972-615-94-8, 2016.
69. GONZALES, A. *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceite crudo de palma aceitera*. Tesis de grado para obtener el título de Ingeniero Agroindustrial. Universidad Nacional de San Martín. Perú: 177 pp. Universidad Nacional de San Martín, 2013.
70. BONIFAZ, M. y Bujaico, J. *Formación de una asociación de productores de aceite de palma de la región Ucayali para la exportación hacia el mercado de Canadá*. Tesis de grado para obtener título en Administración de Negocios Internacionales. Perú: 43 pp. Universidad Tecnológica del Perú, 2019.
71. ORJUELA, A., y otros. *Poliolios grasos: Producción, retos y oportunidades para el sector del aceite de palma*. Bogotá, D.C. Cenipalma, 2021.
72. GESTEIRO, E., Galera, J. y González, M. Aceite de palma y salud cardiovascular: consideraciones para valorar la literatura. *Nutrición Hospitalaria*, 2018, 35(5), 1229-1242.
73. ORTIZ, R. y Fernández, O. *Cultivo de la Palma Aceitera*. Primera. San José: EUNED, 2000.
74. ANGULO, D., y otros. *Producción y comercialización de derivados oleaginosos de palma aceitera*. Tesis de posgrado para obtener el título en Magíster de Administración de Empresas. Perú: s.n. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2017.
75. SERNA, A M y Betancourt, C. Aceite de palma alto oleico: propiedades fisicoquímicas y beneficios para la salud humana. *Revista Palmas*, 2015, 36(4), 57-66.
76. POTTER, N. y Hotchkiss, J. *Ciencia de los alimentos*. Quinta. Zaragoza: Editorial Acribia S.A., 1999.
77. GONZÁLEZ, A. La agroindustria de la palma de aceite en América. *Palmas*, 2016, 37, 215-228.
78. Ballesteros, M., y otros. Ácidos grasos trans: un análisis del efecto de su consumo en la salud humana, regulación del contenido en alimentos y alternativas para disminuirlos. *Nutrición Hospitalaria*, 2012, 27(1), 54-64.
79. PINAZO, M. y Boscá, L. Propiedades antiinflamatorias de los ácidos grasos poliinsaturados omega-3. Indicaciones en oftalmología. *Arch Soc Esp Oftalmol*, 2012, 87(7), 203-205.
80. TAN, Y. Estudio de PORIM sobre el aceite de palma crudo 97-98: características de calidad e identidad., y otros. *Palmas*, 2000, 21(4), 39-56.
81. ESFARJANI, F., y otros. Evaluating the rancidity and quality of discarded oils in fast food restaurants. *Food Science & Nutrition*, 2019, 7(7), 2302-2311.
82. DÍAZ, C., Caballero, K., Garcia, J. Alternativas para el almacenamiento flexible de aceite de palma y de palmiste en planta de beneficio. *Boletín El Palmicultor*, 2020, 585, noviembre), 20–22. <https://publicaciones.fedepalma.org/index.php/palmicultor/article/view/13290/13077>.

ANEXOS

Anexo A. Análisis de varianza

La tabla A1 muestra el efecto de la temperatura y el tiempo de almacenamiento en la formación de peróxidos en el aceite crudo de palma mediante un análisis de varianza. Los resultados indican que tanto el tiempo como la temperatura tienen efectos significativos en la formación de peróxidos.

Tabla A1

Análisis de la varianza del efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento de peróxidos, en el aceite crudo de palma

Fuente	S.C	Gl	C.M	Razón-F	P _{valor}
Efectos Principales					
A:Tiempo	558,738	11	50,7944	41	0,0000
B:Temperatura	120,622	2	60,311	48,68	0,0000
Residuos	71,8509	58	1,23881		
Total (corregido)	751,211	71			

Anexo B. Índice de Deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI), por el método de Tirtiaux

La oxidación del petróleo crudo es crucial para determinar su idoneidad para el blanqueo y refinado. El procedimiento implica medir la absorción del aceite a 446 nm y 269 nm en un espectrofotómetro, proporcionando información clave sobre su calidad. A continuación, se da mayor detalle respecto a ello.

Definición

DOBI es el análisis utilizado para evaluar la degradación por blanqueo del petróleo crudo que se someterá a blanqueo y refinado.

Base

Esta característica indica el grado en que un aceite ha sido oxidado por el calor excesivo y el oxígeno. Como los carotenos y los tocoferoles se han descompuesto y el aceite ha adquirido un tono marrón opaco, los aceites oxidados son difíciles de blanquear (o no se pueden blanquear, según el grado de oxidación). El 0081 es el radio de absorbancia comprendido entre 446 y 269 nanómetros.

Materiales: reactivo y equipo

Se realiza utilizando cubetas de 10 mm de espesor y isooctano en un espectrofotómetro (C8H 18).

Procedimiento

- Pesar 15 g de material en una cubeta de 25 ml entre 0,08 y 0 utilizando una balanza analítica con precisión del cuarto decimal.
- Disolver y calibrar el aceite en octano.
- Llenar una cubeta con la disolución de aceite y la otra con isooctano.
- Tomar en el espectrofotómetro los valores de absorción a las longitudes de onda 446 nm y 269 nm.

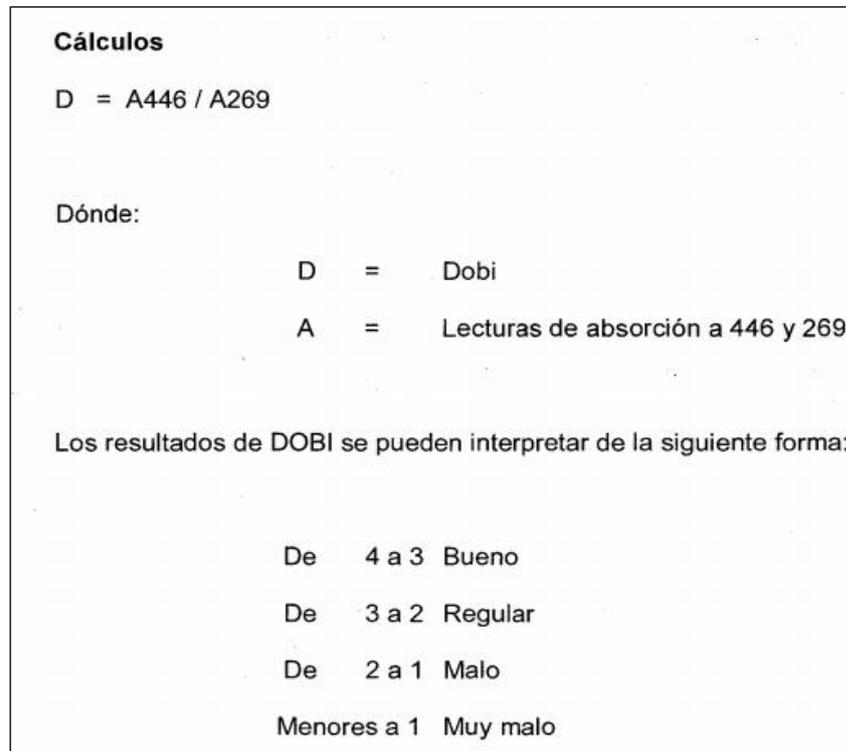


Figura B1. Cálculo e interpretación del índice de Deterioro de la Capacidad de Blanqueo (DOBI)

Precauciones

- El Isooctano es muy volátil; evite la inhalación de vapores y el contacto con la piel y los ojos.
- El Isooctano es muy inflamable; por lo tanto, operar en una atmósfera ventilada natural o artificialmente y lejos de fuentes de calor.

Anexo C. Determinación del color del aceite crudo de palma (Lovibond)

La determinación del color del aceite crudo de palma mediante un Lovibond electrónico automático se utiliza para evaluar el tono rojo anaranjado del aceite. A continuación, se da mayor detalle respecto a ello.

Definición

El tono rojo anaranjado brillante del aceite de palma crudo se debe a su alta concentración de carotenos (0,05-0,2 %), que son potentes antioxidantes.

Materiales y equipo

- Celda de ½”.
- Lovibond electrónico automático.

Método y cálculo

Para este examen se utiliza un dispositivo electrónico automático con gamas de color grabadas. Así, el color se determina comparando el color de la luz que pasa a través de una profundidad dada de aceite y grasas líquidas con el color de la luz de la misma fuente que se transmite a través de los estándares de color Lovibond. Utilice ½ “celda para el petróleo crudo.

Anexo D. Diagrama de operaciones del proceso de producción de aceite crudo de palma

EXTRACCIÓN DE LA PALMA ACEITERA

Recepción de la fruta. Se trata de pesar el camión cargado de fruta a su entrada en la fábrica, lo que permite gestionar diariamente la materia prima disponible. Efluente N.º 1: impurezas de la fruta.

Esterilización. Es la exposición de la fruta a la temperatura y presión del vapor saturado durante setenta y cinco minutos. La fruta se transporta en carros hasta un esterilizador donde la temperatura debe estar entre 140 y 150 grados centígrados. Efluente N.º 2: Líquidos por condensación.

Desfrutado. Se refiere a la separación mecánica de la fruta de los racimos mediante un tambor de desfrutado giratorio. La fruta esterilizada se transporta a la máquina desfrutadora, que mediante golpes continuos separa la fruta del raquis. N.º 3 Efluente Rachis vacío.

Prensado. En primer lugar, el proceso de digestión, que consiste en macerar la fruta a 90°C. La segunda etapa, el prensado, en la que se extrae físicamente por presión el aceite contenido en el mesocarpio del fruto, requiere la adición de agua caliente para ayudar a extraer el aceite y mantener una temperatura constante hasta la claridad. Este paso produce dos corrientes: una corriente líquida que procede a la clarificación y una corriente sólida que procede a la desfibración.

Clarificación. Consiste en filtrar, decantar y centrifugar el petróleo para eliminar el agua y los contaminantes del lodo con el fin de obtener altos rendimientos de petróleo crudo con un mínimo de impurezas. Efluente nº4 El residuo de lodo sale del clarificador.

Almacenamiento. Una vez que el petróleo cumple los requisitos de pureza, se almacena en tanques. Efluente nº5 Lodos del tanque de almacenamiento.

(65)

La siguiente figura representa el proceso de producción del aceite de palma, desde la recepción de la fruta hasta el almacenamiento del petróleo crudo. Cada etapa, como la esterilización, desfrutado, prensado, clarificación y almacenamiento, tiene sus respectivos efluentes.

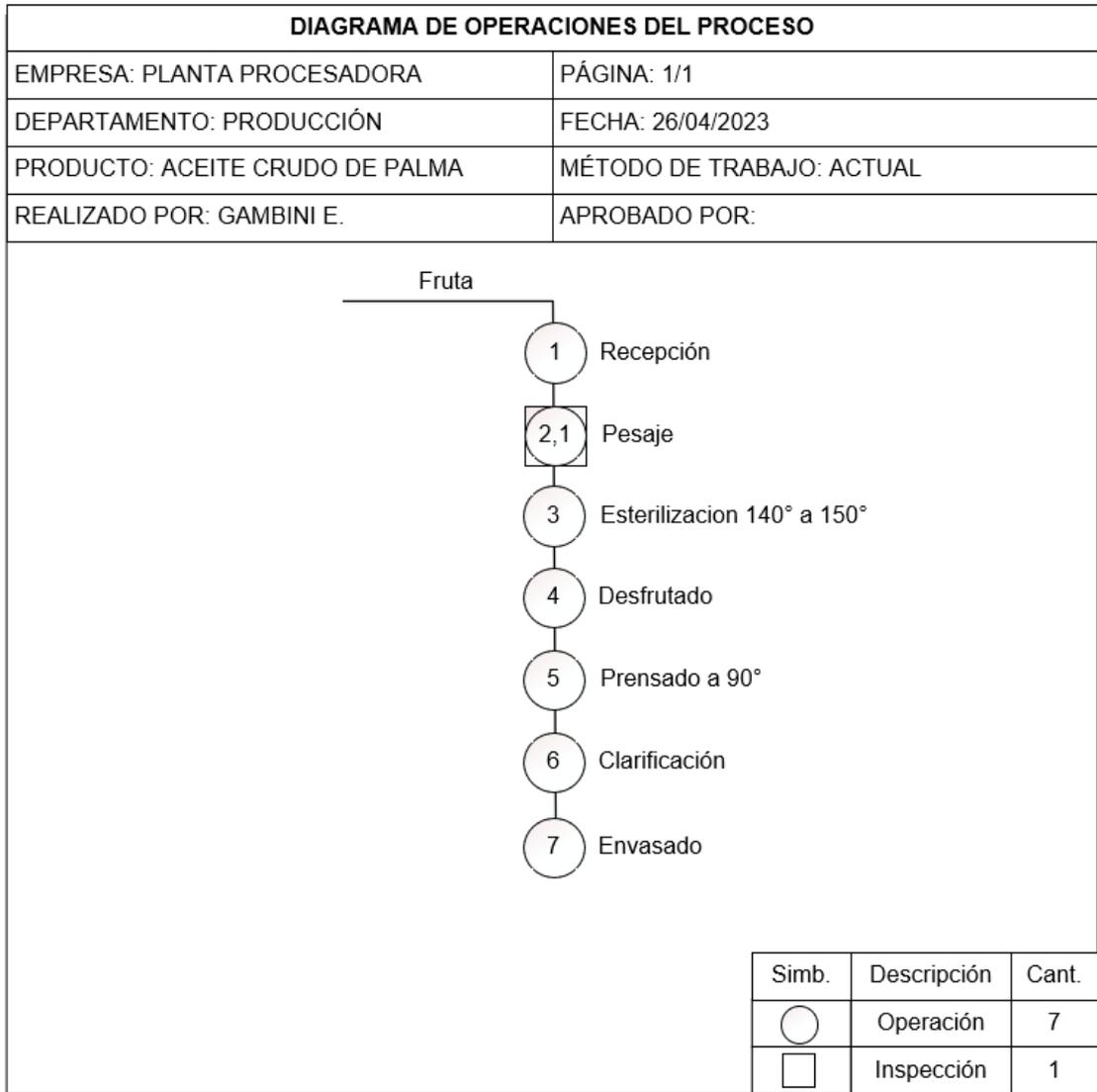


Figura D1. Diagrama de operaciones del proceso

La Figura D2 proporciona una representación visual detallada del proceso de producción del aceite de palma, utilizando símbolos estándar para operaciones, transporte, espera, inspección y almacenamiento. Además, incluirá observaciones temporales para cada etapa.

DIAGRAMA DE ANALISIS DEL PROCESO DETALLADO							
EMPRESA: INDUSTRIA DEL ESPINO			ACTIVIDAD				
DEPARTAMENTO: PRODUCCION			OPERACIÓN	○		7	
PRODUCTO: ACEITE CRUDO DE PALMA			TRANSPORTE	⇒		3	
HECHO POR: GAMBINI E.			ESPERA	D		0	
METODO DE TRABAJO: ACTUAL			INSPECCIÓN	□		1	
FECHA			ALMACENAMIENTO	▽		1	
PROCESO	SIMBOLOS						Observaciones
	○	⇒	D	□	▽	◻	
Recepción de la fruta	X						30 minutos
Transporte a zona de pesaje		X					De 30 minutos a 1 hora
Pesaje						X	30 minutos en promedio
Transporte a zona de esterilización		X					85 minutos en promedio
Esterilización	X						A una temperatura entre 140º y 150º durante 75 min
Desfrutado	X						Aproximadamente 60 minutos
Prensado	X						A una temperatura 90º de aproximadamente 90 minutos
Clarificación	X						Retira agua y las impurezas
Envasado	X						Entre 30 minutos y 2 horas
Transporte a almacen		X					30 minutos
Almacenamiento						X	40 minutos

Figura D2. Diagrama de análisis del proceso detallado

Anexo E. Diagrama de recorrido del proceso

El siguiente diagrama ilustra el recorrido del proceso de producción de aceite de palma, incluyendo recepción, área de pesaje, producción con esterilización, desfrutado, prensado, clarificación, almacenamiento y área de envasado. Este gráfico proporcionará una representación visual de la secuencia y ubicación física de cada fase del proceso.

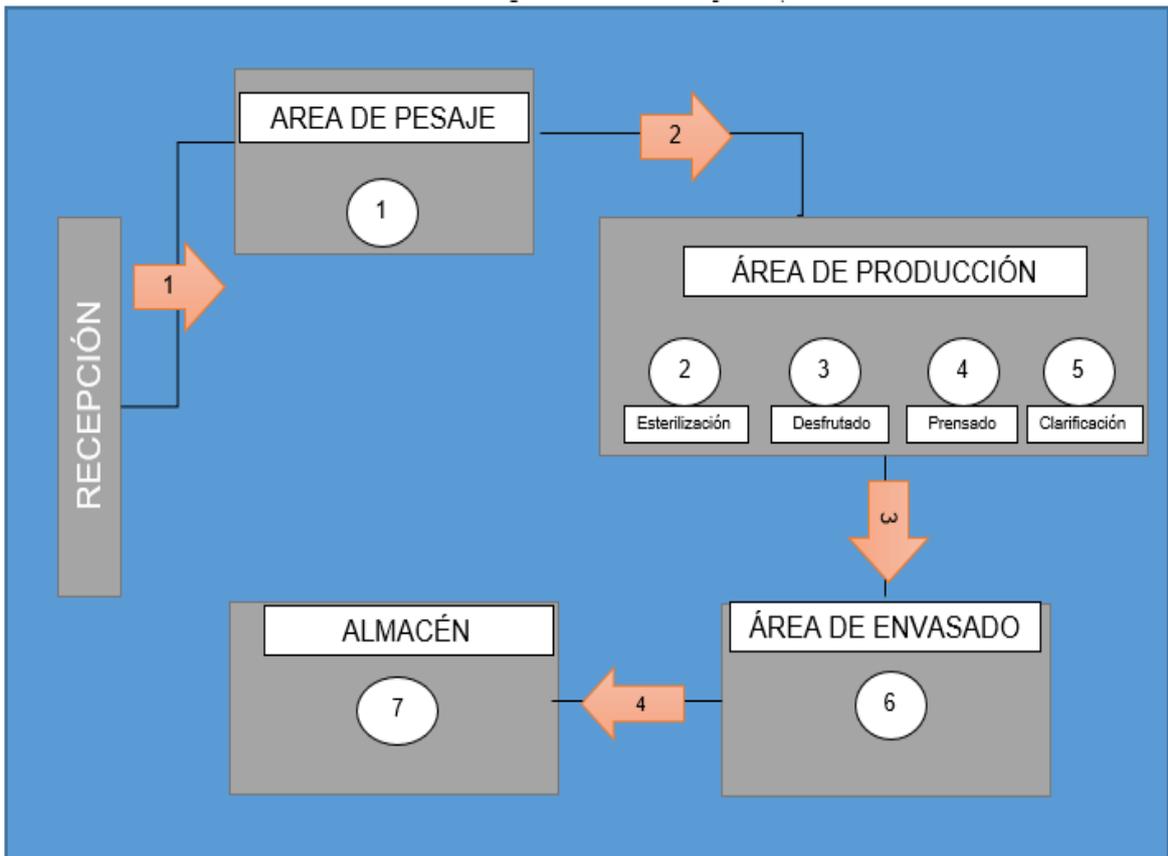


Figura E1. Diagrama de recorrido del proceso

Anexo F. Volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock

A continuación, se presenta datos relacionados con el procesamiento de fruta fresca para la obtención de aceite de palma, abarcando los años 2020 a noviembre de 2023. El volumen procesado de RFF muestra una tendencia decreciente, alcanzando un promedio de 82.110 toneladas métricas en ese periodo.

DESCRIPCIÓN	UD	2020	2021	2022	De Enero a Nov. 2023	Promedio
RFF PROCESADO NH	TM	69,274	84,536	91,661	82,967	82,110
Aceite de palma (obtenido)	TM	16,907	19,950	21,854	19,729	19,610
Perdita física (merma)	%	0.20	0.16	0.15	0.15	0.17
Pérdida física (merma)	TM	33.81	31.92	32.78	29.59	32.03

Tabla F1

Volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock

La siguiente figura muestra la tendencia del volumen anual de aceite crudo en el tanque de almacenamiento (tq. Stock), la cual proporciona información adicional sobre patrones específicos de almacenamiento de aceite crudo a lo largo de los años.

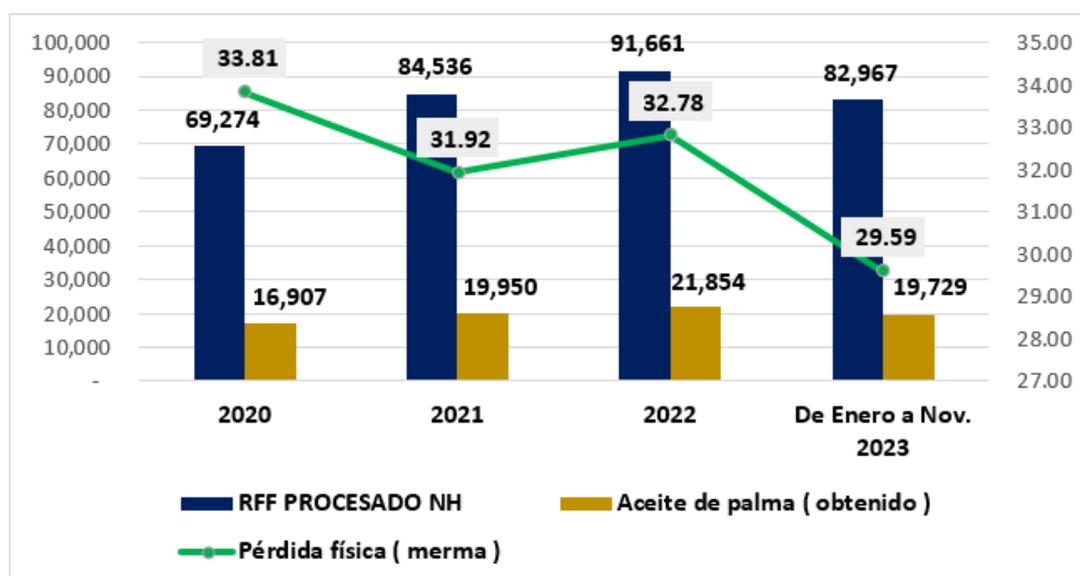


Figura F1. Tendencia de volumen anual de aceite crudo en el tq. Stock

Anexo G. Proceso de pérdida de aceite anual

La siguiente figura de tendencia de pérdida de aceite anual proporciona una representación visual de estos datos, ayudando a identificar patrones o cambios significativos a lo largo del tiempo.

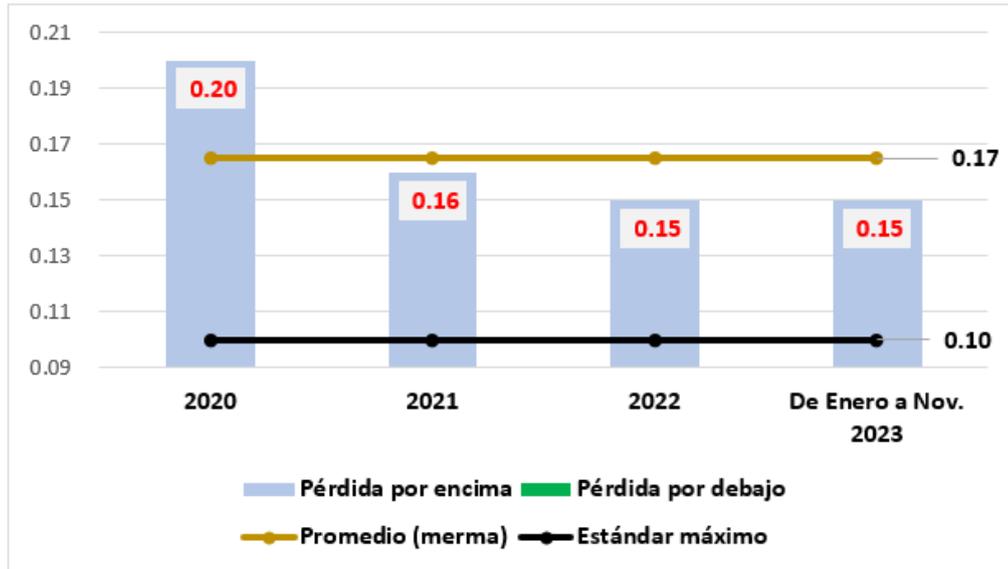


Figura G1. Tendencia de pérdida de aceite anual

La siguiente tabla presenta datos relacionados con la pérdida de aceite anual, con énfasis en la pérdida monetaria en dólares estadounidenses (USD). Durante el periodo comprendido entre 2020 y noviembre de 2023, se observa una tendencia a la baja en la pérdida monetaria, alcanzando los 25,154 USD en los primeros 11 meses de 2023.

Tabla G1

Perdida monetaria en USD

	UD	2020	2021	2022	De Enero a Nov. 2023
Perdida monetaria	USD	30.094	29.526	31.469	25.154
Precio del aceite crudo por TM	USD	890	925	960	850

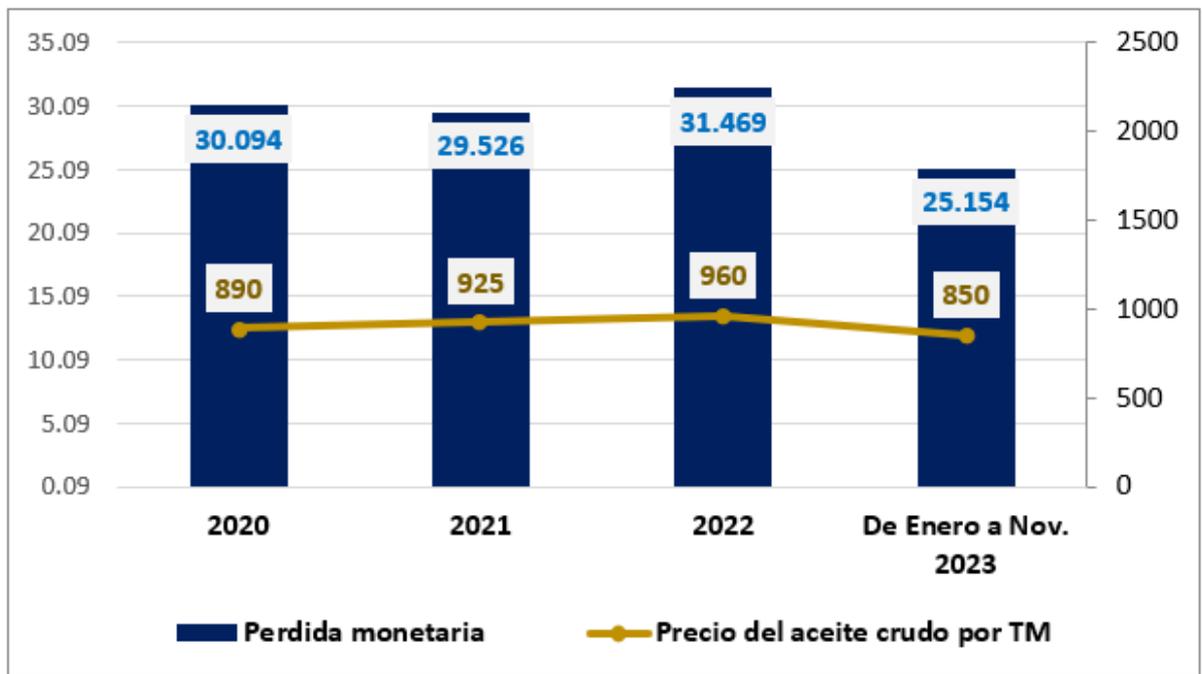


Figura G2. Gráfico de tendencia de pérdida monetaria USD

Anexo H. Objetivo y mejora para reducir las pérdidas físicas menor a 0.10 % en el tq.

Stock aceite crudo almacenamiento

¿Qué medidas se podrían tomar para reducir la pérdida de deterioro del aceite crudo en el tanque de almacenamiento?

El deterioro de la calidad de aceite no se puede detener por completo. Solo se pueden usar ciertos pasos de precaución para minimizar el deterioro como veremos en los siguientes.

La oxidación: El riesgo que surge el contacto del aceite con el oxígeno en la atmosfera. La oxidación degrada la calidad del aceite producido. Aunque en ciertos casos algunos efectos de la oxidación pueden rectificarse con un procedimiento adicional, conlleva grandes gastos para la empresa.

Hidrolisis: Es importante tener una buena práctica de almacenamiento de aceite en un tanque muy limpio. Bueno, si hay microorganismo pequeño o presencia de agua en el tanque conduce a la hidrolisis. Descompone la grasa del aceite en los ácidos grasos y hace que el aceite sea inútil (mala calidad) para una mayor producción, así como para la cocción básica, por lo tanto, se sugiere tener un plan establecido para limpieza del tanque.

Almacenamiento:

Antes de diseñar el plan de mantenimiento hay varios factores primordiales que se deben de tener en cuenta ya posteriormente son difíciles de rectificar

Contaminación: Esto ocurre si queda residuos de productos almacenados previamente o por la presencia de cualquier otro elemento, con suciedad presente en el tanque conducirá a la contaminación se sugiere garantizar la limpieza del tanque y tuberías y válvulas y un sistema eficiente de inspecciones adecuadas.

Calentamiento:

- ✓ Durante la recirculación del aceite es una alternativa, pero tenga en cuenta se está exponiendo el aceite a más aire y esta aireación deteriora el aceite.
- ✓ La mejor manera de mezclado es con agitadores.
- ✓ Los tanques de almacenamiento que tiene calentamiento deben de estar previstos de sensores de temperatura y control automático para evitar sobrecalentamiento y no deteriorar la calidad del aceite.
- ✓ Reducir reproceso
- ✓ Controlar en el proceso productivo que no supera presencia de agua y lodo superior al estándar
- ✓ Presencia de metales (por tratamiento o manejo en el campo con productos químicos)

- ✓ Transportar el aceite en cisternas previa inspección de limpieza adecuada

Se debe de controlar de manera exhaustiva todas las áreas de proceso productivo de la planta extractora con el fin de que todos los parámetros de operación cumplan las especificaciones para así evitar productos no conformes a los tanques de almacenamiento.

Anexo I. Constancia de autorización



CONSTANCIA DE AUTORIZACION

Yo, RODRIGUEZ ZA VALETA, HOLMAN ARMANDO, Identificado con DNI. 41900090, en mi calidad de Jefe de Recursos Humanos, del área de RECURSOS HUMANOS, de la empresa Industrias del Espino S.A con R.U.C. N°. 20163901197, Ubicado en la ciudad de Palmawasi, Distrito Santa Lucia, Provincia - Tocache, Región – San Martin

OTORGO LA AUTORIZACIÓN,

Al señor. GAMBINI ESPINOZA, EDGAR, identificado con DNI N° 80215809, egresado de la carrera profesional de Ingeniería industrial de la Universidad Continental (Sede Huancayo) a quien se le autorizo para que en las instalaciones de la empresa: Industrias del Espino S.A, en la sede de Nuevo Horizonte pueda desarrollar su Tesis, Trabajo de suficiencia profesional para optar el título profesional.

Nombre de la tesis: "Determinación del deterioro del aceite crudo de Palma" (Elaeis guineensis) en la planta extractora Industria del Espino anexo Nuevo Horizonte S.A."

Atentamente.

INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A.
Holman A. Rodriguez Zavaleta
JEFE DE RECURSOS HUMANOS

Figura II. Constancia de autorización