

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



Tesis

Estudio de la estabilidad de peróxidos y características fisicoquímicas en el aceite de palta (*Persea americana*) variedad Hass y Fuerte en su vida de anaquel utilizando antioxidantes (BHA y BHT)

Presentado por:

Alex Cahuana Castillo

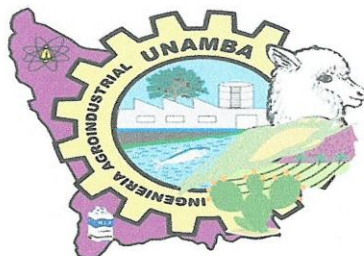
Para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Abancay, Perú

2025



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL




TESIS

Estudio de la estabilidad de peróxidos y características fisicoquímicas en el aceite de palta (*Persea americana*) variedad Hass y Fuerte en su vida de anaquel utilizando antioxidantes (BHA y BHT)

Presentado por **Alex Cahuana Castillo**, para optar el título de Ingeniero Agroindustrial

Sustentado y aprobado el día martes 26 de agosto del 2025 ante el jurado evaluador:

Presidente:



Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca

Primer miembro:



Dr. Luis Ricardo Paredes Quiroz

Segundo miembro:



Dr. Saul Moreano Carrasco

Asesores:



M.Sc. Victor Hugo Sarmiento Casavilca



Mg. Merly Ancco Fuentes

“Año de la recuperación y consolidación de la economía peruana”

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 189-2025

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **“Estudio de la estabilidad de peróxidos y características fisicoquímicas en el aceite de palta (persea americana) variedad Hass y Fuerte en su vida de anaquel utilizando antioxidantes (BHA y BHT)”**, presentado por el Bachr: **Alex Cahuana Castillo**, Para optar el Título de **Ingeniero de Agroindustrial**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(21%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 19 de agosto del 2025

Atentamente,


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
FACULTAD DE INGENIERÍA
Dra. Hesméralda Rojas Enriquez
DIRECTORA DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 642

Agradecimiento

*En primer lugar, quiero expresar mi más profunda gratitud a **Dios**, por guiarme y darme la fortaleza y la perseverancia para lograr esta meta, y por brindarme conocer a las personas correctas que me han guiado en este proceso. Agradezco especialmente a mis asesores de tesis:*

*Al M.Sc. **Víctor Hugo Sarmiento Casavilca**, por su invaluable orientación, su paciencia y su constante apoyo durante todo el desarrollo de este trabajo. Sus conocimientos y experiencia han sido fundamentales para llevar a buen término esta investigación.*

*A la Mg. **Merly Ancco Fuentes**, por su dedicación, sus valiosos consejos y su compromiso con mi proyecto, su guía y retroalimentación han enriquecido enormemente este trabajo y mi formación académica.*

A mi amada familia: A mis padres y hermanos por su amor incondicional, su apoyo constante y los sacrificios que han hecho para que yo pudiera llegar hasta aquí. Son mi fuerza y mi motivación.



Dedicatoria

*A mis padres, especialmente a mi madre **Melba Castillo Collado** quien estuvo siempre a mi lado y fue mi fortaleza y mi motivación en los momentos difíciles y fue pieza fundamental para poder culminar esta meta y a mi padre **Dalmecio P. Cahuana Serrano** por su apoyo y sus enseñanzas.*

*A mis hermanas, **Claudia y Eduarda** y a mi hermano **Elard** por sus consejos y apoyo brindado en cada momento.*

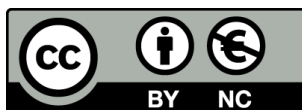
*A mis asesores, M.Sc. **Víctor Hugo Sarmiento Casavilca** y Mg. **Merly Ancco Fuentes** por brindarme su conocimiento y guiarme con mucha vocación en este camino de investigación. Agradezco a cada uno de estas personas, sin su apoyo, esta meta no hubiera sido posible.*



Estudio de la estabilidad de peróxidos y características fisicoquímicas en el aceite de palta (*Persea americana*) variedad Hass y Fuerte en su vida de anaquel utilizando antioxidantes (BHA y BHT)

Línea de investigación: Caracterización, desarrollo de procesos e innovación en la Agroindustria

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
CAPÍTULO I	5
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
1.1 Descripción del problema	5
1.2 Enunciado del problema	6
1.2.1 Problema general	6
1.2.2 Problemas específicos	6
1.3 Justificación de la investigación	6
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación	8
2.1.1 Objetivo general	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	8
2.2.1 Hipótesis general	8
2.2.2 Hipótesis específicas	8
2.3 Operacionalización de variables	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10
3.2 Marco teórico	13
3.14 Marco referencial	41
CAPÍTULO IV	43
METODOLOGÍA	43
4.3 Tipo y nivel de investigación	43
4.4 Diseño de investigación	43
4.5 Población y muestra	45
4.5.1 Población	45



4.5.2	Muestra	45
4.6	Procedimiento de la investigación	46
4.6.1	Proceso de obtención del aceite de palta	46
4.6.2	Descripción del diagrama de flujo de obtención de aceite de palta	46
4.7	Técnica e instrumento	48
4.7.1	Variedades de palta utilizada	48
4.7.2	Preparación de la concentración del antioxidante BHA Y BHT	48
4.7.3	Análisis proximal de las dos variedades de palta	49
4.7.4	Análisis fisicoquímicos del aceite de palta	50
4.7.5	Procedimiento para el estudio de vida útil de aceite de palta	51
4.7.6	Materiales	53
4.7.7	Equipos	54
4.7.8	Reactivos	54
4.8	Análisis estadístico	55
4.8.1	Hipótesis estadística (nula y alterna)	55
CAPÍTULO V		56
RESULTADOS Y DISCUSIONES		56
5.1	Análisis de resultados	56
5.1.1	Caracterización morfológica de las variedades de palta (materia prima)	56
5.1.2	Características fisicoquímicas de la palta (materia prima)	56
5.2	Resultados de propiedades de estabilidad del aceite de palta con antioxidante	57
5.3	Resultados de propiedades de estabilidad del aceite de palta con antioxidante	65
5.4	Resultado de vida útil de aceite de palta hass y fuerte con antioxidante	73
5.5	Contrastación de hipótesis	92
5.6	Discusión	95
5.6.1	Caracterizaciones morfológicas de las variedades de palta (materia prima)	95
5.6.2	Discusión Características fisicoquímicas de la palta (materia prima)	95
CAPÍTULO VI		103
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		103
6.1	Conclusiones	103
6.2	Recomendaciones	104
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		105
ANEXOS		114



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables	9
Tabla 2 — Clasificación taxonómica	14
Tabla 3 — Principales productores de palta en el mundo	15
Tabla 4 — Producción de palta a nivel Nacional	16
Tabla 5 — Producción de palta a nivel regional	16
Tabla 6 — Información nutricional de la palta Hass	19
Tabla 7 — Información nutricional de la palta fuerte	21
Tabla 8 — Composición de ácidos grasos en el aceite de palta	27
Tabla 9 — Composición media del aceite de palta por cada 100 g	27
Tabla 10 — Esquemática del diseño experimental	44
Tabla 11 — Concentración del antioxidante butilhidroxitolueno (BHA y BHT)	49
Tabla 12 — Medida longitudinal, ecuatorial y peso de la palta	56
Tabla 13 — Determinación de las características fisicoquímicas de la palta	60
Tabla 14 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	74
Tabla 15 — Determinación de cinética de degradación para orden uno	74
Tabla 16 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	77
Tabla 17 — Determinación de cinética de degradación para orden uno	78
Tabla 18 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	80
Tabla 19 — Determinación de cinética de degradación para orden uno	81
Tabla 20 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	83
Tabla 21 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	84
Tabla 22 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	86
Tabla 23 — Determinación de cinética de degradación para orden uno	87
Tabla 24 — Determinación de cinética de degradación para orden cero	89
Tabla 25 — Determinación de cinética de degradación para orden uno	89



ÍNDICE DE FIGURAS

	pág.
Figura 1 — Fases de maduración palta Hass	22
Figura 2 — Fases de maduración de palta fuerte	22
Figura 3 — Mapeo de ubicación de la materia prima	50
Figura 4 — Diagrama de flujo para la obtención de aceite de palta	45
Figura 5 — Variedades de palta utilizada	46
Figura 6 — Comparación de medias de acidez titulable	58
Figura 7 — Comparación de medias de acidez titulable	59
Figura 8 — Comparación de medias de índice de refracción	60
Figura 9 — Comparación de medias del índice de refracción	61
Figura 10 — Comparacion de medias de densidad	62
Figura 11 — Comparación de las medias	63
Figura 12 — Comparación de medias de pH	64
Figura 13 — Comparación de medias de pH	65
Figura 14 — Comparación de medias de acidez t	66
Figura 15 — Comparación de medias de acidez t	71
Figura 26 — Comparacion de medias de índice de refracción	68
Figura 17 — Comparación de las medias del índice de refracción	69
Figura 18 — Comparacion de medias de densidad	70
Figura 19 — Comparación de las medias de densidad	71
Figura 20 — Comparación de medias de pH del aceite de palta	72
Figura 21 — Comparación de las medias de pH palta	73
Figura 22 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	74
Figura 23 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	75
Figura 24 — Gráfico de obtención de la pendiente para hallar vida útil	76
Figura 25 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	77
Figura 26 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	78
Figura 27 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	80
Figura 28 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	81

Figura 29 — Gráfico de obtención de la pendiente para hallar vida útil	82
Figura 30 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	83
Figura 31 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	84
Figura 32 — Gráfico de obtención de la pendiente para hallar vida útil	85
Figura 33 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	86
Figura 34 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	87
Figura 35 — Gráfico de obtención de la pendiente para hallar vida útil	88
Figura 36 — Gráfico para la obtención de R en orden cero	89
Figura 37 — Gráfico para la obtención de R en orden uno	90
Figura 38 — Gráfico de obtención de la pendiente para hallar vida útil	91
Figura 39 — Procedimiento de determinación de humedad	119
Figura 40 — Procedimiento de determinación de cenizas	120
Figura 41 — Procedimiento de determinación de densidad	121
Figura 42 — Procedimiento de determinación de índice de refracción	122
Figura 43 — Procedimiento de determinación de índice de acidez	123
Figura 44 — Procedimiento de determinación de índice de peróxidos	124
Figura 45 — Procedimiento de determinación de pH	125



INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años la producción y el consumo de la palta especialmente de las variedades Hass y Fuerte se ha incrementado significativamente en todo el mundo y en Perú, esto debido a las diferentes propiedades que poseen convirtiéndolos en un alimento deseado en diferentes países de Europa y Asia (Vivero et al. 2019). En el año 2024 el Perú se ha ubicado como segundo productor y exportador de palta después de México, aumentado así su producción en un 79.2% en comparación con el periodo del 2023 (MIDAGRI, 2024).

En la región de Apurímac la producción palta ha incrementado principalmente las variedades Hass y Fuerte, los cuales con el transcurso del tiempo han sido cosechados y han generado ingresos satisfactorios para los productores, sin embargo recientemente los productores han mostrado diferentes problemas durante la cosecha y venta de este fruto ya que se genera más del 25 % de palta que pasa a ser descartada, ya sea por daños físicos en el fruto, cosecha inadecuada, deficiente selección, clasificación y almacenamiento inadecuado que viene generando preocupación y pérdidas económicas en los productores (GORE APURÍMAC, 2022).

Percibiendo estos problemas que presentan los productores de la región se ha visto por conveniente generar un sub producto a partir de la palta de descarte y realizar la obtención de aceite de palta para así aprovechar de una mejor manera todo el fruto descartado. El aceite de palta posee diversas propiedades como vitaminas, minerales, escualeno, potasio, hierro, omegas, así también se puede utilizar para prevenir diferentes enfermedades del corazón, de la próstata, de los ojos y la piel, controla también la glucosa en la sangre y por lo cual la diabetes, mejora también el sistema inmune y reduce el colesterol (Mentta, 2020).

La condición fisicoquímica y estabilidad oxidativa del aceite de palta tienden a ser parámetros de mucha importancia en la producción de aceite en la industria de alimentos y cosméticos, que son influenciados por la calidad del fruto, métodos de extracción y temperaturas de almacenamiento, del mismo modo la oxidación del aceite tiende a ser un problema principal de este producto ya que por los atributos que presenta tiende a presentar una oxidación acelerada si no se encuentra en condiciones adecuadas de almacenamiento, envase y temperatura (LLaure y Zotelo 2023).



Por ello el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo encontrar los parámetros adecuados para evaluar la estabilidad de las propiedades fisicoquímicas del aceite de palta de variedad Hass y Fuerte usando dos antioxidantes comerciales butilhidroxianisol (BHA) y butilhidroxitolueno (BHT) que sirvieron para prolongar la estabilidad y vida útil, para así evitar su enranciamiento y de esta manera mantener un aceite con las propiedades deseadas por más tiempo y prolongar su vida útil, el procedimiento para encontrar los parámetros adecuados consistió en obtener el aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte y añadir dos antioxidantes comerciales a dos concentraciones y almacenarlas a dos temperaturas distintas, por periodos de tiempo establecidos y determinar su vida útil.



RESUMEN

El objetivo del presente estudio fue evaluar el efecto de los antioxidantes BHA y BHT y la temperatura sobre la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas del aceite de palta variedad Hass y Fuerte y establecer la cinética de degradación y vida útil durante su almacenamiento a dos temperaturas 25 °C y 35 °C. Para la obtención del aceite de palta se aplicó el método de prensado en frío donde se realizó la recepción, selección, pelado, cortado, deshidratado, prensado, filtrado y envasado del aceite de palta variedad Hass y Fuerte con dos antioxidantes BHA y BHT a 90 y 180 ppm ambas proporciones adecuadas dentro de los niveles permitidos para grasas y aceites vegetales según el Codex Alimentarius. Posteriormente se analizaron las propiedades fisicoquímicas acidez, pH, densidad, índice de refracción, índice de peróxidos en distintos periodos de tiempo, para temperatura de 25 °C se evaluaron en los días 0, 15, 30 y 45 y para temperatura de 35 °C fueron los días 0, 10, 20 y 30, para el estudio de la vida útil se analizó la cinética de formación del índice de peróxido, Los datos obtenidos fueron analizados utilizando el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con tres repeticiones y para la evaluación de los factores en estudio se utilizó el análisis de varianza (ANOVA) multifactorial y prueba de Kruskal Wallis. En los resultados de vida útil se tuvo como la mejor concentración a 90 ppm de antioxidante BHT en aceite de palta variedad Fuerte que alcanzó 376 días, siendo el que más prolongo la vida útil, mientras que con BHA el mejor resultado fue de 305 días correspondiente a una concentración de 90 ppm, y para el aceite de variedad Hass la dosis optima de antioxidante fue la concentración de 180 ppm de BHT que alcanzo 213 días, siendo la que más prolongo su vida útil, mientras que con BHA se obtuvieron 194 días, correspondiente a una concentración de 90 ppm, estos resultados contrastan con el resultado obtenido del aceite control sin antioxidante que solo resulto 164 días el cual se evaluó al final de los resultados; notando así que el uso de ambos antioxidantes, especialmente el BHT estabiliza las propiedades fisicoquímicas del aceite, prolongando su vida útil y previniendo eficazmente el enranciamiento.

Palabras clave: *Aceite de palta, vida útil, antioxidantes, butilhidroxianisol(BHA) Butilhidroxitolueno (BHT).*



ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the effect of antioxidants BHA and BHT and temperature on the oxidative stability and physical-chemical behavior of avocado oil (Hass and Fuerte) and to establish the degradation kinetics and shelf life during storage at two temperatures: 25 °C and 35 °C.

To obtain oil, the cold pressing method was applied. where the Hass and strong avocado oil were received, selected, peeled, cut, dehydrated, pressed, filtered and packaged with two antioxidants BHA and BHT at 90 and 180 ppm, both adequate proportions within the permitted levels for vegetable fats and oils according to the Codex Alimentarius. Subsequently, the physicochemical properties acidity, pH, density, refractive index, peroxide index were analyzed in different periods of time, for a temperature of 25 °C they were evaluated on days 0, 15, 30 and 45 and for a temperature of 35 °C they were days 0, 10, 20 and 30, for the study of the useful life the kinetics of formation of the peroxide index was analyzed, the data obtained were analyzed using the randomized complete block design (DBCA), with three repetitions and for the evaluation of the factors under study the multifactorial analysis of variance (ANOVA) and Kruskal Wallis test were used.

In the shelf life results the optimal dose was the concentration of 90 ppm of antioxidant BHT in avocado oil variety fuerte that reached 376 days, being the one that most prolonged the shelf life, while with BHA 305 days were obtained corresponding to a concentration of 90 ppm, and for the Hass variety oil the optimal dose of antioxidant was the concentration of 180 ppm of BHT that reached 213 days, being the one that most prolonged its shelf life, while with BHA 194 days were obtained, corresponding to a concentration of 90 ppm, these results contrast with the result obtained from the control without antioxidant that only resulted in 164 days which was evaluated at the end of the results; noting that the use of both antioxidants, especially BHT, stabilizes the physicochemical properties of the oil, prolonging its shelf life and effectively preventing rancidity.

Keywords: *Avocado oil, shelf life, antioxidants, butylhydroxyanisole (BHA)*

Butylhydroxytoluene (BHT).



CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

Durante los últimos años el Perú ha incrementado la producción y exportación de palta especialmente de las variedades Hass y Fuerte, es así que en el periodo 2024 fue el segundo máximo exportador a nivel mundial llegando a exportar 36360 toneladas durante el primer bimestre por 75,4 millones de dólares según sierra exportadora, de acuerdo a lo reportado por la SUNAT, llegando a 13 diferentes mercados de los cuales destacaron países bajos 36.7 %, china 20.2 %, España 14.55 %, Chile 9 % y Hong Kong 7.9% (MIDAGRI, 2024).

De igual manera, la región de Apurímac ha incrementado la producción de palta durante estos últimos años y su producción se ha convertido en una de las principales actividades que generan ingresos económicos para el productor. Además según el Instituto Nacional de Estadística e Informática en el 2022 reportó que la región Apurímac tuvo un incremento de 14.8 % de producción de este fruto (INEI, 2022).

No obstante, el incremento de palta en la Región de Apurímac genera una gran cantidad de palta descartada por factores de cosecha inadecuada, deficiente selección, clasificación y un almacenamiento inadecuado, lo que viene generando preocupación y pérdidas económicas en los productores ya que estos frutos son vendidos a un bajo precio y carecen mercados fijos, sintiendo el presente problema y conociendo que existe un subproducto como el aceite de palta el cual posee gran demanda a nivel mundial debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados y sus propiedades funcionales y beneficiosas para la salud humana, es de interés como una opción en la elaboración de este subproducto alimenticio.

Sin embargo, viene a ser un subproducto altamente susceptible a la oxidación durante la obtención y almacenamiento, ya que es un proceso propio y natural que sucede cuando los ácidos grasos insaturados presentes en el aceite reaccionan al entrar en contacto con el oxígeno u otras sustancias oxidantes, deteriorando.



Ante la actual problemática, el presente trabajo de investigación tuvo como finalidad obtener aceite de palta mediante prensado en frío de las variedades Hass y Fuerte y evaluar el efecto del BHA y BHT en concentraciones de 90 y 180 ppm y la temperatura en la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas del aceite de palta durante su almacenamiento. Con este estudio se desea aportar conocimiento y tecnología a los productores de palta, facilitando un mejor aprovechamiento de los frutos rechazados y generando nuevas oportunidades comerciales.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general

¿Cuál será el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas y la vida útil del aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál será el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad de la oxidación y el comportamiento fisicoquímico de los aceites de palta Hass y Fuerte?
- ¿Cuál será el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento en la cinética de degradación de aceite de palta variedad Hass y Fuerte?
- ¿Cuál será el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento en la vida útil de aceite de palta variedad Hass y Fuerte?

1.3 Justificación de la investigación

MINAGRI (2019), refiere que el consumo de palta ha progresado exponencialmente en los últimos años, su sabor único y sus propiedades nutritivas lo han convertido en un alimento novedoso y de moda en los países desarrollados. En Perú la palta en el 2018 fue el producto agroexportador más importante, y en 2019 fue el segundo mayor productor de palta en el mundo después de México.

En la región Apurímac las principales provincias productoras del fruto de palta son Chincheros con un 69 %, Andahuaylas 14 %, Abancay con un 12 % y Aymaraes con un 5 %.



Por lo que, la producción de palta al interior de la región ha incrementado debido a la demanda nacional y mundial, siendo las principales variedades que se cultivan Hass y Fuerte (GORE APURÍMAC, 2022). Por otra parte el gobierno regional de Apurímac viene trabajando con 4 provincias siendo Chincheros la que encabeza la producción de palta con 692 hectáreas seguida de Andahuaylas con 520, Abancay 516 y Aymaraes con 238 hectáreas de cultivo, evidenciando así que se quiere incrementar los niveles de producción en las provincias mencionadas para generar mayor comercialización e ingresos (GORE APURÍMAC, 2022).

De igual manera se observa que existen algunas debilidades en las condiciones de cosecha y postcosecha, generando pérdidas que pueden deberse a diversos factores. Además, en la cadena de producción de palta existen asociaciones que están incursionando en la producción de aceite de palta y precisamente con esta investigación podremos generar alternativas de mejora tanto en la calidad y en la vida útil del aceite de palta como sub producto. Según Green y Wang (2023), en el transcurso de los últimos 5 años, la industria del aceite de palta ha obtenido un crecimiento notable, debido al aumento de su popularidad. Sin embargo existe un problema con este aceite, ya que es altamente vulnerable a la oxidación por el alto contenido de ácidos grasos insaturados que presenta en su composición y al contacto con el oxígeno sufre reacciones desfavorables reduciendo su calidad, lo que lleva al uso de antioxidantes comerciales que son expendidos en tiendas especializadas en productos químicos, los cuales tienen efectos significativos en la reducción y ralentización de la oxidación, reduciendo su cinética de degradación, mejorando de esta manera el tiempo de vida útil y manteniendo la calidad de sus atributos del aceite sin afectar ninguno de sus veneficios.

Conociendo los escenarios presentados este trabajo de investigación está enfocado en el estudio del efecto del Butilhidroxianisol (BHA) y del butilhidroxitolueno (BHT) añadido al aceite de palta variedad Hass y Fuerte en dos temperaturas 25 y 35 °C con el cual se busca lograr un producto óptimo y de calidad para el consumo humano, en donde se evaluara la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas del aceite en diferentes periodos de tiempo a 25 °C los días 0, 10, 30 y 45 para 35°C los días 0,10,20,30 y a partir de ello establecer la cinética de degradación y la vida útil generando nuevos conocimientos y tecnología para que los productores puedan aprovechar y generar otros métodos de aprovechamiento de la palta descartada.



CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Evaluar el efecto de BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento sobre la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas y vida útil del aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.

2.1.2 Objetivos específicos

- Evaluar el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento en la estabilidad de la oxidación y las propiedades fisicoquímicas del aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.
- Evaluar el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento sobre la cinética de degradación de aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.
- Evaluar el efecto del BHA y BHT y la temperatura de almacenamiento sobre la vida útil de aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La adición de antioxidantes BHA y BHT y el control de la temperatura de almacenamiento tiene influencia en la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas y en la vida útil del aceite de palta de variedad Hass y Fuerte.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La concentración de antioxidantes BHA y BHT y el control de la temperatura tiene efecto en la estabilidad de la oxidación y el comportamiento fisicoquímico del aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.

- La concentración de antioxidante BHA y BHT y el control de la temperatura tiene efecto sobre la cinética de degradación de aceite de palta de variedades Hass y Fuerte.
- La concentración adecuada del BHA y BHT el control de la temperatura tiene efecto sobre el tiempo de vida útil del aceite de palta de variedades Hass y Fuerte

2.3 Operacionalización de variables

La operacionalización de las variables independientes y dependientes de la investigación se observa en la Tabla 1.

Tabla 1 — Operacionalización de variables

Variables	Indicador	Índice
Variables independientes (fijas)		
Temperatura de almacenamiento	<ul style="list-style-type: none"> • 25 • 35 	°C °C
Tipo de antioxidante	<ul style="list-style-type: none"> • BHT • BHA 	Adimensional
Concentración del antioxidante	<ul style="list-style-type: none"> • 90 • 180 	ppm ppm
Variedad de palta	<ul style="list-style-type: none"> • Hass • Fuerte 	Nominal Nominal
Variables dependientes (de respuesta)		
Características fisicoquímicas del aceite de palta	<ul style="list-style-type: none"> • Índice de peróxido • Índice de acidez • Índice de refracción • Densidad • pH • Cenizas • Humedad • Índice de madurez • vida útil 	<ul style="list-style-type: none"> • meqO_2/Kg • mgNaOH/g • Adimensional • g/cm^3 • Adimensional • % • % • % Materia seca • Días

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

- a) LLaure y Zotelo (2023), en su investigación titulada “Estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas del aceite de palta extraídos a diferentes temperaturas” evaluaron la estabilidad y el tiempo de vida útil del aceite. Donde primeramente obtuvieron el aceite por el método de prensado en frío, y así también evaluaron las características fisicoquímicas del aceite de palta donde obtuvieron resultados para el índice de refracción a 20 °C valores de 1.4691 a 1.4693 y entre 1.169 y 1.4693 extraído a 80°C, en cuanto al índice de acidez obtuvieron valores de 0.6637 a 0.688 (mgNaOH/g) extraído a 20 °C, y 0.7165 a 0.8167 (mgNaOH/g) extraído a 80 °C, así mismo en el índice de Peróxido obtuvieron valores de 16.3137 a 22.856 (meq.O₂/Kg de grasa) extraído a 20 °C, y entre 21.6581 a 26.3069 (meq. O₂/Kg de grasa) extraído a 80 °C, y para la densidad obtuvieron 0.9013 g/cm³ extraído a 20°C y 0.9113 g/cm³ extraído a 80 °C en la variedad hass y para la variedad fuerte obtuvieron 0.9464 g/cm³ extraído a a 20 °C y 0.9491 g/cm³extraído a 80 °C. En referencia a la vida útil manifestaron que obtuvieron resultados para las variedades hass y fuerte donde presentaron mayor tiempo de vida útil en comparación con las demás variedades. de igual forma observaron que el aceite extraído a 80°C manifiesta un menor índice de estabilidad oxidativa en comparación con la extracción a 20°C por lo cual la temperatura de extracción influye considerablemente en la estabilidad oxidativa del aceite de palta.
- b) Villanueva et al. (2017), desarrollaron un estudio titulado "Influencia de antioxidantes en la estabilidad oxidativa del aceite de chia (*Salvia hispanica L.*) por rancimat". El objetivo principal del estudio fue determinar cómo los antioxidantes sintéticos y naturales a concentraciones de 200 ppm de etoxiquina (EQ), butilhidroxianisol (BHA), butilhidroxitolueno (BHT) y fortium (FT), tendrán influencia sobre el índice de estabilidad oxidativa (OSI) del aceite de chía por el



método de rancimat a diferentes temperaturas (90, 100 y 110 °C), en un periodo de tiempo condicionado. El aceite de chía se obtuvo mediante prensado en frío antes de adicionar antioxidantes en alícuotas a concentraciones de 200 ppm.

Los resultados indicaron que el BHT aumentó el índice de estabilidad oxidativa (OSI) más que el antioxidante natural (FT), con un factor de protección (FP) de 1,26 a 1,30 para todas las temperaturas, superando al EQ (FP de 1,27 a 1,22), al BHA (FP de 1,09 a 1,10) y al fortium (FP de 1,08 a 1,09). Esto hace referencia que los antioxidantes sintéticos tuvieron un mayor factor de protección que el antioxidante natural (FT). De esta manera, se demostró que la estabilidad oxidativa del aceite de chía aumentó en el orden BHT > EQ > BHA > FT a un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0,05$), lo que contribuyó a la reducción del deterioro del aceite sometido a una oxidación acelerada por el método de rancimat. Como resultado, los antioxidantes sintéticos, particularmente el BHT y el BHA, pueden utilizarse como una alternativa bajo las concentraciones permitidas por el Codex Alimentarius.

- c) Santos Agualongo (2018), realizó una investigación titulada “Estudio de la estabilidad del aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa” en el cual evaluó la estabilidad del aceite adhiriendo dos antioxidantes, alfa-tocoferol (natural) y butilhidroxitolueno (artificial) a concentraciones de 0,01, 0,03 y 0,05 para el alfa-tocoferol y 0,01 a 0,02 para el butilhidroxitolueno. En la cual las muestras de aceite fueron almacenadas a temperaturas de 5, 15 y 25 °C, por un tiempo de 30 días. Se concluyó que el mejor fue el tratamiento 7 de antioxidante natural alfa- tocoferol con concentración de 0,03 y a una temperatura de almacenamiento de 5°C, obteniendo así un tiempo de estabilidad de 684,0 días por, otro lado el mejor tratamiento para el antioxidante BHT fue con concentración de 0,02 % y a una temperatura de almacenamiento de 5 °C teniendo así un tiempo de estabilidad de 953,0 días. Así mismo se contrastó las características fisicoquímicas del aceite de sachá inchi a tiempo cero (control), con el mejor tratamiento de aceite de sachá inchi con alfa-tocoferol determinado en el tiempo de vida útil y con el mejor tratamiento de aceite de sachá inchi con BHT determinado en el tiempo de vida útil, hallándose que en la mayoría de las características fisicoquímicas no se encuentra diferencia significativa al 95% de confianza, excepto en la densidad que existe un aumento de la densidad en el aceite de sachá inchi cuando se utiliza los dos tipos de antioxidantes.



- d) Chilig y Chiluisa (2018), desarrollaron un proyecto de investigación denominado "Efecto antioxidante del aceite esencial de tipo (*Minthostachys mollis*), en el aceite de palta (*Persea americana*)", en el cual examinaron el resultado del antioxidante de aceite de tipo en la palta, para prevenir la oxidación y prolongar la vida útil del producto. Aplicando diferentes concentraciones (0.04%, 0.06%, 0.08%), en 50 ml de aceite de palta y en dos tipos de envases ámbar e incoloro, con la finalidad de evidenciar los cambios que se producen en las muestras durante un periodo de tiempo corto. Así mismo prepararon un testigo que contenía 50 ml de aceite de palta y 0.00375 gramos de butilhidroxitolueno (BHT), para comparar el efecto antioxidante al final de la investigación. Al finalizar la investigación obtuvieron como mejor tratamiento el T4 que contenía 0.06 % de aceite de tipo en envase ámbar. obteniendo así valores del índice de peróxidos (5,0165 mEq de O₂ activo/kg de aceite), acidez (0.5653 % de ácidos grasos libres), índice de refracción (1,4695) y pH (6,3460). Al comparar el efecto antioxidante del mejor tratamiento T4 vs el testigo (antioxidante sintético BHT, se determinó que el aceite de tipo cumple con la misma función que el antioxidante sintético, ya que tuvo un similar efecto antioxidante con respecto al testigo basándonos al cumplimiento de parámetros fisicoquímicos (Índice de peróxidos, acidez, pH e índice de refracción de acuerdo a la norma mexicana NMX-F-052-SCFI-2008.
- e) Coello y Salazar (2015), en su tesis "Efecto de la adición de Ácido Ascórbico y ButilHidroxitolueno (BHT) en la oxidación enzimática y rancidez oxidativa de pasta de palta (*Persea americana*) variedades Hass y Bacon", estudiaron el impacto de dos antioxidantes en la pasta de palta Hass y Bacon, para prevenir el pardeamiento y la rancidez, Los factores del diseño experimental fueron dos variedades de palta transformadas en pastas, a las cuales se les agregó en diferentes concentraciones los porcentajes de ácido ascórbico de 0,15, 0,10, 0,05 y porcentajes de BHT de 0,02, 0,015, 0,01. Aplicándose así un total de nueve tratamientos, cada uno de los cuales tubo una muestra como patrón para cada variedad. El color, el olor, el sabor, la textura y la aceptabilidad de las pastas se estudiaron sensorialmente obteniendo así el mejor tratamiento T7, que corresponde a la formulación, pasta de palta Hass con 0,15 % de ácido ascórbico y 0,02 % de BHT y en la pasta con palta Bacon el mejor tratamiento T2 con formulación de 0,10 % de ácido ascórbico y 0,015 % de BHT.



Así mismo los autores también indican que el estudio de vida útil de las pastas almacenadas a 7 °C permitió determinar que el tiempo de consumo ideal para las pastas estudiadas es de 12 días. Como resultado, se puede mejorar la formulación y los antioxidantes si se desea aumentar el tiempo de vida útil, y se puede observar que las pastas de palta tienen un alto porcentaje de oxidación y rancidez.

3.2 Marco teórico

3.2.1 Palta (*Persea americana*)

Es una fruta tropical y subtropical única, que está obteniendo constantemente aceptación a nivel mundial. Se le atribuye diferentes nombres en diferentes regiones del mundo. La palta se considera el sexto cultivo subtropical más importante y se cultiva en 50 países del mundo, siendo México, Colombia y Perú los principales productores (Majid et al. 2020).

Qin y Zhong (2016), señalan que una de las características primordiales de la palta es su alto contenido de grasa que varía entre 10 y 30 % y agua que varía entre 70 y 78 % de acuerdo a la variedad y la estacionalidad, lo que hace que sea un fruto que dependa mucho de estos factores. El fruto de la palta no sólo es una extraordinaria fuente de ácido oleico monoinsaturado, contiene importantes antioxidantes liposolubles y fitoquímicos con elevados niveles como carotenoides, clorofilas, polifenoles, tocoferoles y fitoesteroles, se valora que el porcentaje ácidos grasos insaturados en la palta es de aproximadamente 15 gramos en 100 gramos de fruto. No obstante, aporta una amplia variedad de nutrientes que incluyen proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales (Qin y Zhong, 2016).

Así mismo, Rengifo et al. (2015), menciona que la palabra palta es de origen quechua, y su uso fue documentado en la obra “Comentarios reales de los incas” de Garcilaso de la Vega difundida en 1605, en relación a la nación de los paltas, quienes habitaron la actual provincia de Loja (Ecuador). Dicha nación fue conquistada por el inca Túpac Yupanqui entre 1450 y 1475. Hoy en día, normalmente se le denomina palta a *Persea americana* en los países de Perú, Bolivia, Chile, Argentina y Uruguay.



3.2.1 Clasificación taxonómica de la palta

De acuerdo a los autores, Tineo et al. (2018), la clasificación taxonómica de la palta, es de la siguiente manera:

Tabla 2 — Clasificación taxonómica

Reino	<i>Plantae</i>
Sub reino	<i>Tracheobionta</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Laurales</i>
Familia	<i>Lauraceae</i>
Género	<i>Persea</i>
Raza	Mexicana, Guatemalteca y Antillana
Especie	<i>Persea americana</i>

3.2.2 Producción mundial de la palta (*Persea americana*)

Los principales productores de palta aumentaron su producción mundial de manera generalizada. La producción de palta pasó de 2 434 407 toneladas, en el 2018, a 3 050 402 toneladas en el 2021, siendo México, el principal productor y exportador de palta del mundo, manifestando un aumento significativo en la cifra exportada del 2018 al 2021, pero sufrió un descenso en el 2022 a 1 041 787 toneladas. Pese a este decrecimiento, México se mantiene firme como mayor exportador de palta en el 2022. De igual modo Perú, los Países Bajos, España, Chile, Kenia, Colombia, Sudáfrica, la República Dominicana, Marruecos, los Estados Unidos, Sri Lanka, Francia e Israel muestran una tendencia creciente como exportadores del año 2018 al 2022, a diferencia de los Estados Unidos, que manifiesta una disminución en el 2022 (Flores y Espinoza 2023).

Por otra parte, el principal importador de palta es EE.UU, seguido de Holanda y Francia, en particular, destaca la variedad Hass que domina el mercado internacional gracias a su larga vida útil y alta calidad nutricional (Ahmad y Danish 2022).

Tabla 3 — Principales productores de palta en el mundo en toneladas

Exportadores	2018	2019	2020	2021	2022
Mundo	2 434 407	2 304 542	2 568 318	3 050 402	No hay datos
México	1 091 936	9 52 201	9 78 908	1 227 070	1041 787
Perú	359 428	312 073	410 697	541 520	583 215
Países Bajos	245 776	270 108	333 212	366 439	334 542
España	108 891	119 144	138 401	139 925	150 148
Chile	132 525	144 621	96 884	98 183	109 287
Kenia	71 879	63 356	79 081	95 036	103 240
Colombia	30 009	44 570	77 075	96 904	98 595
Sudáfrica	89 343	47 948	47 265	52 795	62 985
República Dominicana	36 090	44 968	50 082	56 456	57 605
Estados Unidos	68535	59347	66940	61386	69332
Francia	21 760	28 217	28 653	32 336	37 336
FUENTE: Flores y Espinoza 2023					

3.2.4 Producción de palta a nivel nacional

Para el año 2023, el porcentaje de producción en Perú superó las 911 000 toneladas métricas, el principal productor de palta fue La Libertad ubicada en la costa noroccidental produciendo más de 280 000 toneladas, así mismo en el noroeste del país se tuvo a Lambayeque y en la costa central a Lima que juntas sumaron una producción de 215 000 toneladas métricas de palta durante el año mencionado (Statista, 2023).

Tabla 4 — Producción de palta a nivel Nacional

Regiones	Producción en toneladas (2023)
La Libertad	280.445
Lambayeque	156.821
Lima	110.821
Ica	105.131
Junín	66.336
Ayacucho	42.011
Ancash	30.900
Huancavelica	26.061
Arequipa	25.615
Apurímac	14.053
Cusco	9.945
Moquegua	7.449
Pasco	6.747
Piura	5.567
Huánuco	5.103
Cajamarca	4.791
Loreto	3.653
Ucayali	2.898
Puno	2.580
Lima Metropolitana	1.279
FUENTE: Flores y Espinoza 2023	

3.2.5 Producción palta a nivel regional

En la región Apurímac las principales provincias productoras de palta son Chincheros con un 69 %, Andahuaylas 14 %, Abancay 12 % y por último se encuentra la provincia de Aymaraes con 5 %, donde se producen la variedad hass y fuerte por su preferencia en el mercado. Comprendiendo así que la producción de palta al interior de la región va incrementando debido a la elevada demanda nacional y mundial (Gore Apurímac, 2022).

Tabla 5 — Producción de palta a nivel regional

Provincia	Porcentajes de producción (%)
Chincheros	69
Andahuaylas	14
Abancay	12
Aymaraes	5
FUENTE : GORE APURÍMAC 2022	

3.2.6 Variedades de palta (*Persea americana*)

Amórtegui et al. (2001), mencionan que existen tres variedades reconocidas según su composición genética, estas variedades son ampliamente conocidas a nivel mundial como razas ecológicas o razas hortícolas la mexicana (*Persea americana* var. *Drymifolia*), la Guatemalteca (*Persea nubigena* var. *Guatemalensis*) y la Antillana (*Persea americana* var.).

- **Variedad mexicana:** Originarias de la región central de México, son árboles altos que se adaptan climas fríos (hasta 2800 msnm), siendo la altura óptima es 1000 y 1500 msnm.
- **Variedad guatemalteca:** Oriunda de las tierras altas de Guatemala, árbol de gran tamaño el cual está adaptado a un clima medio (700 y 1500 msnm).
- **Variedad antillana:** Se piensa que es oriunda de la Sierra Nevada de Santa Marta. Estas plantas son cultivadas desde el nivel del mar hasta una altura de 1200 msnm (Amórtegui et al. 2001).

3.3 Principales variedades cultivadas en la región

En la región de Apurímac la producción de palta ha incrementado, debido a la demanda nacional y mundial; siendo las principales variedades que se cultivan la variedad hass y fuerte (Sierra Exportadora, 2015).

3.3.1 Variedad Hass

Es la variedad más apreciada y cultivada en el mundo con un nivel de incremento en la superficie de producción. Seleccionada por Rudolph G. Hass en La Habra Heights, California, a principios de 1920 y patentado en 1935. Se cree que deriva del antiguo cultivar Lyon y que contaba con un 10 - 15 % de genes de la variedad mexicana y el resto de la variedad guatemalteca, recientemente con la secuenciación del genoma de la palta se sabe que 'Hass' tiene 64 % de su genoma derivado de la variedad mexicana y 36 % de la variedad guatemalteca. La "sangre" mexicana le da una mejor adaptación a climas más templados, lo que le otorga la particularidad de situarse en diferentes tipos de altitudes (Barrientos Priego, 2017).



3.3.2 Características de la palta Hass

El fruto pesa entre 200 a 300 gramos, miden 18 centímetros de largo suele tener siempre la forma de pera o relativamente ovalada. La corteza exterior comienza a madurar hasta que adquiere un color oscuro, casi morado.

La pulpa es rica en ácidos grasos esenciales y la parte lipídica supera el 20% del contenido, también contiene fibras, pero no son resistentes a diferencia de otras variedades que son resistentes y que causan molestias en el consumidor. El fruto Hass es atribuido como el mejor frente a otras variedades de palta tanto por el sabor de la pulpa como por su aroma (Tonioni, 2024).

La palta hass puede ser cultivada a una altitud de 2500 msnm; el aspecto climático como la temperatura y la lluvia son los causantes que mayor influencia tienen en la cosecha y rendimiento. La temperatura afecta el rendimiento del palto, según la raza y calidad del portainjerto dependerá la resistencia al frío extremo. La región andina requiere 1200 mm de lluvia y durante el año; las sequías extendidas afectan el cultivo. En cuanto al exceso de lluvia en la etapa de floración o cuajado de los frutos provoca pérdidas y enfermedades. Se sugiere tener suelos profundos, francos arenosos, textura liviana con pH 5.6 a 6.5, los suelos arcillosos con buen drenaje son adecuados (AGROBANCO, 2011).

3.3.3 Propiedades y beneficios de la palta Hass

Las propiedades de la palta están estrechamente relacionadas con el contenido nutricional que están presentes en la pulpa comestible del fruto. La variedad Hass es superior en cuanto a textura en el paladar, siendo pastosa y cremosa, y el sabor es mantecoso y único debido a la presencia de grasas naturales, en particular, ácidos grasos insaturados hasta más del 30%. Esta fracción lipídica mezclada con la presencia de fitoesteroles tiene la función de equilibrar adecuadamente el colesterol circulante, ya que las grasas insaturadas actúan incrementando el colesterol bueno y contrarrestando el colesterol "malo". Además, es rica en omega-3, que son ácidos grasos esenciales para el organismo incluso ayudan a prevenir y anticipar enfermedades degenerativas y cognitivas como el Alzheimer (Tonioni, 2024). Además del contenido lipídico, la palta está compuesta por muchas vitaminas como la A, C, E y K.



De igual manera, tienen un efecto antioxidante que a la par con otros fitonutrientes y compuestos activos que se encuentran en la pulpa de la palta, brindan excelentes efectos antienvjecimiento al combatir los radicales libres circulantes. Otra vitamina que encontramos en la pulpa de la palta es la vitamina D, que es primordial para el metabolismo y la absorción del calcio, así como para otras funciones de nuestro cuerpo. En referencia a los minerales, la palta es bajo en sodio y rico en magnesio y potasio, lo que le atribuye en una excelente comida para comer cuando hacemos ejercicios o hacemos desgaste físico, así como para personas con hipertensión (Tonioni, 2024).

3.3.4 Valor nutricional palta Hass

En la siguiente Tabla se observa el valor nutricional de la palta Hass por cada 100 g y por porción comestible.

Tabla 6 — Información nutricional de la palta Hass

Composición	100 g	1 porción ½ unidad
Energía (Kcal)	160	128
Proteínas (g)	2,0	1,6
Grasa total (g)	14,7	11, 8
Saturados (g)	2,1	1,7
Monoinsaturados (g)	9,8	7,8
Polinsaturados (g)	1,8	1,4
Grasa Trans (g)	s/i	s/i
Colesterol (mg)	0,0	0,0
Hidratos de carbono disponibles (g)	1,8	1,4
Fibra dietética total (g)	6,7	5,4
Sodio (mg)	7,0	1%
Potasio (mg)	485,0	388,0
Vitamina A (µ ER)	7,0	1%
Vitamina C (mg)	10,0	13%
Vitamina E (mg ET)	2,1	8%
Ac. Fólico (µg)	81,0	32%
Calcio (mg)	12,0	1%
Hierro (mg)	0,6	3%
NOTA		
% En relación a la Dosis Diaria Recomendada.		
FUENTE: 5 al día Chile 2020		

3.4 Variedad Fuerte

La palta Fuerte es la segunda variedad mercantil más apreciada después del Hass. Es un fruto mercantil proveniente de California que ha venido siendo apreciada desde hace mucho tiempo por su proceso de maduración en la temporada de invierno y su tipo de floración B, que normalmente los productores plantan junto al Hass para obtener un ciclo de producción más continuo (Nursery, 2016).

Agregando a lo anterior, la palta Fuerte fue la variedad estándar más cultivada durante décadas, siendo remplazada gradualmente en los años de 1960 por la variedad Hass, pasando a ser así la segunda variedad más cultivada. Surge a partir del cruce de un progenitor de la raza guatemalteca y otro mexicano llegando a ser una variedad híbrida. Siendo originaria en Puebla-México. De acuerdo a su comportamiento en la floración, corresponde al Tipo “B” que significa que realizan la polinización durante la tarde. (MINAGRI, 2015).

3.4.1 Características de la palta Fuerte

La palta Fuerte tiene forma de pera, de dimensión mediana con 300 a 400 gramos de peso en promedio. la piel del fruto es moderadamente áspera al contacto, de grosor moderado de color verde y de solidez carnosa, los frutos contienen una cantidad baja de fibra. El contenido de aceite varía entre 18% y 26% (MINAGRI, 2015).

Amórtegui et al. (2001), mencionan que la condición de la pulpa es adecuada, cuando el color es amarillo pálido y una maravillosa apariencia al ser visualizada. La semilla de este fruto es de tamaño mediano de forma canónica y muy incorporada a la pulpa. De igual forma la producción es alterna siguiendo un sistema de rotación de cultivos y los frutos pueden reservarse en el mismo árbol inclusive un periodo de tres meses después de su maduración fisiológica. A nivel de la costa peruana la variedad Fuerte no es recomendable su producción (al nivel del mar); en la sierra y en la selva alta es recomendable su producción de 700 a 1 800 m.s.n.m. ya que se comporta muy bien, con optimas cosechas. En la costa central del Perú la temporada de cosecha se alarga desde los meses de mayo hasta agosto (MINAGRI, 2015).



3.4.2 Propiedades y veneficios de la palta Fuerte

La palta Fuerte es un buen proveedor de vitaminas C, E y K. Estas vitaminas vienen a ser muy influyentes en el crecimiento de los tejidos, la obtención de colágeno, y la absorción de hierro, la protección de los dientes, el metabolismo óseo, la función inmune, la coagulación de la sangre y así mismo ayuda a contrarrestar los radicales libres y el daño oxidativo. De igual forma incluyen vitaminas B tiamina, riboflavina y niacina, que generan la producción de energía, el metabolismo de los lípidos, la función nerviosa, la digestión y la salud de la piel. La palta Fuerte tiene valor alto de proteínas y potasio.. Así mismo contiene magnesio para equilibrar la glucosa en sangre y folato para crear glóbulos rojos. La palta Fuerte tiene grasas monoinsaturadas, como el ácido oleico, que ayudan a disminuir el colesterol en el organismo mientras elevan los niveles de colesterol saludable (Nursery, 2016).

3.4.3 Valor nutricional de la palta fuerte

Tabla 7 — Información nutricional de la palta fuerte

Composición	100 g
Carbohidratos	1
Fibra dietética	3
Azúcar	0
Grasas	19
Poliinsaturados	2
Monoinsaturados	12
Trans	-
Proteínas	2
Sodio	2 mg
Potasio	460 mg
Colesterol	- mg
Vitamina A	5 %
Vitamina C	6 %
Calcio	1 %
Hierro	2 %
NOTA % En relación a la Dosis Diaria Recomendada. FUENTE: LLaure y Zotelo 2023	

3.5 Índice de madurez

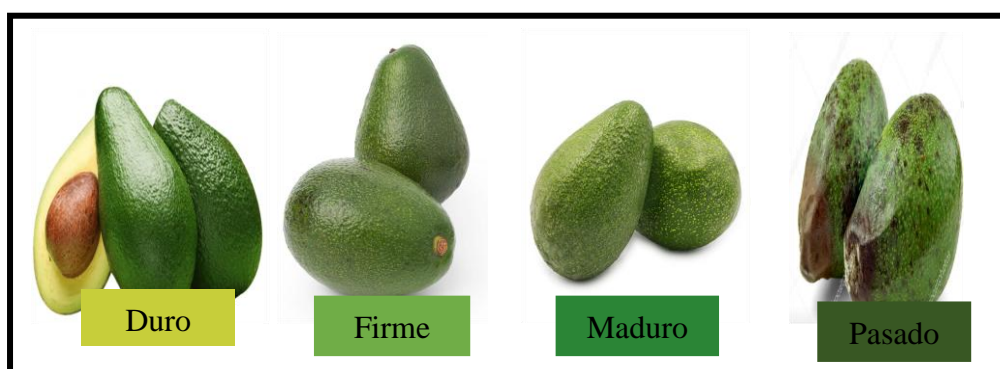
El fruto de la palta muestra durante su crecimiento en el árbol, un aumento del porcentaje de aceite y sufre un descenso en su contenido de humedad, lo que se aprovecha como el indicador del índice de madurez, afectando sus características gustativas (Olaeta et al. 1999). A diferencia de la mayor parte de las frutas, el fruto de la palta no logra conseguir la madurez en el árbol, puesto que tarda un promedio de tiempo que va desde los siete a dieciséis días luego de haber sido cosechado así mismo esto va a depender de la variedad.

Guillén (2016), menciona que la cantidad de aceite y de materia seca aumentan en los frutos con el tiempo de maduración fisiológica, pero que estos cambios no se hacen muy significativos durante el tiempo de maduración en postcosecha comercial de igual manera menciona que existe una íntima conexión entre el aumento del contenido de aceite y la reducción del contenido de agua en el proceso de maduración.



FUENTE: Palta Hass – Ltd Export 2024

Figura 1 — Fases de maduración palta Hass



FUENTE: Zuta 2024.

Figura 2 — Fases de maduración de palta Fuerte

Guillén (2016), refiere que la peculiaridad de la palta en comparación con la gran parte de frutos existentes, no logra obtener la maduración a lo largo del periodo que se mantiene en el árbol. Esta propiedad llega a ser sumamente aprovechable, ya que se puede ver por conveniente en qué momento realizar la cosecha acorde a la necesidad del mercado, de igual manera este fruto logra tener algunas dificultades, ya sea en el momento de la cosecha temprana o tardía.

3.6 Usos y aportes benéficos de la palta

La palta se consume principalmente como fruto fresco, no obstante, en las últimas temporadas, han surgido interés en la extracción industrial para obtener aceite o generar otros subproductos a partir de este, generando un interés creciente, razón por el cual este fruto es muy valioso para la industria ya que nos puede servir de diferentes maneras (Mora et al. 2021).

Considerando también el rubro de la salud la palta aporta muchos beneficios, la extracción, aislamiento e identificación de antioxidantes de fuentes naturales en los últimos años la palta ha generado crecimiento muy importante en la investigación relacionado a la industria alimentaria, nutracéutica y farmacéutica, en este contexto la palta aporta muchísimas propiedades benéficas para la salud como propiedades anticancerígenas, propiedades antimicrobianas, propiedades antiinflamatorias, impacto contra la salud cardiovascular y la diabetes entre otras propiedades que son de gran importancia en estos temas (Bhuyan et al. 2019).

3.6.1 Aceite de palta

Green y Wang (2023), mencionan que en el transcurso de los últimos 5 años la industria del aceite de palta ha tenido un crecimiento notable, en la actualidad se vende como un producto exótico en muchas tiendas de comestibles de marcas privadas especialmente en países como Francia, Inglaterra, Italia y España.

En las últimas décadas ha sido notable el incremento al consumo de aceites funcionales para realizar tratamientos y prevenir enfermedades crónicas que van en aumento. El aceite de palta virgen (VAO) contiene altos niveles de ácidos grasos monoinsaturados (MUFA) y compuestos bioactivos que tienen un potencial beneficioso en la salud humana (Tan, 2019).



Según López et al. (2021), el aceite de palta (*Persea americana*), es un producto de interés por sus propiedades funcionales y beneficios para la salud humana. Así mismo el aceite de palta tiene una gran demanda por parte de los consumidores debido a su alto contenido de ácidos grasos monoinsaturados, al igual que el aceite de oliva, además de tener un perfil de sabor neutro (Tan, 2019). El aceite de palta es atractivo en el mercado para los consumidores por mantener una composición similar con el aceite de oliva, lo que lo convierte en parte de la gama de productos gourmet consideradas como una opción saludable para la elaboración de subproductos alimenticios, cosméticos y farmacéuticos (Tan, 2019).

Los principales beneficios del aceite de palta descritos en la actualidad se relacionan con el manejo y tratamiento de enfermedades crónicas como hipercolesterolemia, hipertensión, diabetes y enfermedad del hígado graso debido a su contenido de ácidos grasos poliinsaturados y compuestos bioactivos, especialmente clorofila, α -tocoferol y β - sitosterol, siendo así un sub producto muy interesante y atractivo para los consumidores (Dos santos et al. 2014).

3.6.2 Clasificación del aceite de palta

Según Donat (2017), manifiesta que se alcanza apreciar cuatro categorías de aceites vegetales, en función de su procesamiento tras la obtención:

- **Aceite refinado**

Es un método de limpieza del aceite, permitiendo también el control preciso del color, el olor, la acidez y la reducción de su grado de oxidación. Utiliza una mezcla de procesos físicos y químicos suaves que no modifican la estructura y la composición de los compuestos lipídicos, al tiempo que resguarda en la medida posible la existencia de los antioxidantes naturales, como el tocoferol. Durante el proceso de refinación solo se desechan ciertos compuestos vegetales, que son encargados de ciertas propiedades organolépticas, dando como producto un aceite vegetal 100 % natural, exento de ciertos compuestos menores que puedan impartir color y olor no deseados.



En el proceso de refinación se eliminan gomas, ceras, fosfátidos y ácidos grasos libres (no esterificados). De este modo el aceite adquiere un color y queda exento de olores que sean desagradables, consiguiendo también al mismo tiempo funcionalidad y estabilidad (Donat, 2017).

- **Aceite virgen**

Se produce a partir de la extracción secundaria de una mezcla de métodos mecánicos y procesos de refinado químico y mecánico. Los cuales no afectan ningún compuesto propio, de igual forma es un producto natural, sin embargo, en este se puede hallar algunos defectos y la acidez de esta es menor a 1. Son ideales en ácidos grasos monoinsaturados y óptimos para llevar una dieta saludable (Donat, 2017).

- **Aceites extra virgen**

Se trata de los aceites producidos singularmente por métodos mecánicos u otros métodos físicos, son obtenidos mediante el prensado del fruto de la palta (una sola presión), sin el uso de productos químicos y en condiciones que no alteran su pureza y calidad propia del producto, habitualmente se obtiene mediante prensado en frío. La utilización de este método de extracción sin refinamiento posterior, permite que el producto conserve sus propiedades gustativas tales como el sabor, olor característico y un color verde intenso propio del fruto (Donat, 2017).

- **Aceite ligero**

Aceite obtenido mediante el método de extracción con solventes. Este aceite es de una menor calidad en cuanto a su composición. El uso de fuertes solventes afecta y destroza las propiedades originales del producto reduciendo las propiedades benéficas y valor nutricional, así como su sabor y olor natural (Donat, 2017).

3.6.3 Normas para aceites vírgenes

Los aceites de cocina están regulados mediante normas, o conjunto de parámetros químicos que debe cumplir cada aceite para ser considerado puro y de calidad, de acuerdo a lo que detalla el Codex Alimentarius y la norma para aceites vegetales especificados.



Por otra parte el comité de aceites y grasas en la reunión del comité del Codex Alimentarius, decidieron encaminar un nuevo proyecto para la renovación de la Norma para ciertos aceites vegetales especificados (CXS 210 1999) e incluir especificaciones para el aceite de palta (Codex Alimentarius 2021).

En el presente, el Comité del CODEX sobre grasas y aceites ha nombrado un Grupo de Trabajo Electrónico (GTE), encabezado por México y copresidido por los EE. UU, y realizó una propuesta sobre un conjunto de normas para el aceite de palta (Green y Wang 2023).

Así mismo, basándose en las normas establecidas para el aceite de oliva extra virgen, se han planteado normas para el aceite de palta obtenido mediante el proceso de extracción por prensado en frío. La temperatura límite de la obtención del aceite de palta es de 50°C, lo cual no genera ningún cambio en el aceite, y aún permite clasificarlo como extra virgen o virgen a la vez que cumpla con los estándares recomendados para los aceites. Para cada tipo, el aceite de palta tiene la obligación de cumplir con estándares sensoriales, de propiedades y de calidad química (Wong et al. 2014).

3.6.4 Composición del aceite de palta

El aceite de palta al igual que las fracciones comestibles y no comestibles contienen múltiples compuestos bioactivos con distintas funciones biológicas benéficas para el organismo humano (King et al. 2023).

El ácido oleico (C18:1 ω -9), es el principal componente de la palta tomando un porcentaje superior de ácido graso en el aceite de palta, luego encontramos el palmítico en un porcentaje menor (C16:0), consecutivamente el linoleico (C18:2 ω -6), palmitoleico (C16:1 ω -7) (Vargas et al. 2020), tabla 8.

Así mismo Qwerty (2021), menciona que el contenido de ácidos grasos monoinsaturados en el aceite de palta es similar a la del aceite de oliva, tabla 9.



Tabla 8 — Composición de ácidos grasos en el aceite de palta

Ácido graso	Aceite de palta
Acido mirístico C14:0	ND - 0.3
Ácido palmitico C16:0	11,0 - 24,0
Acido palmitoleico C16:1	4,0 - 12,0
Acido margárico C17:0	ND - 0.3
Ácido margaroleico C17:1	ND - 0,12
Acido esteárico C18: 0	0,1 - 1,3
Ácido oleico C18:1	53,0 - 70,0
Acido linoleico C18: 2	7,8 - 19,0
Ácido linolenico C18:3	ND - 2.1
Ácido araquidico C20: 0	ND - 0.3
Ácido gadoleico C20:1	ND - 0.3
Ácido eicosadienico C20:2	ND - 0.3
Ácido behenico C22:0	ND - 0.5
Ácido lignocericico C24:0	ND - 0.2
NOTA Composición de ácidos grasos del aceite de palta. FUENTE: Codex Alimentarius, 2021	

Tabla 9 — Composición media del aceite de palta por cada 100 g

Difícil	Familia de ácidos grasos	Contenido por 100 g
Ácido palmítico (saturado)		10,9 g
Ácido esteárico (saturado)		0,66 g
Ácido oleico(monoinsaturado)	ω -9	67.889 g
Ácido palmitoleico (monoinsaturado)	ω -7	2665
Ácido linoleico (poliinsaturado)	ω -6	12,53 g
Ácido alfa-linolénico (poliinsaturado)	ω -3	0,95 g
Ácidos grasos saturados totales		11,56 g
Ácidos grasos monoinsaturados totales		70,55 g
Ácidos grasos poliinsaturados generales		13.486 g
vitamina e		16,85 mg
NOTA Composición media del aceite de palta por cada 100 g. FUENTE: Qwerty 2021		

3.6.5 Beneficios que aporta el aceite de palta en la salud

El aceite de palta contiene muchas vitaminas relevantes, gracias a su contenido de vitamina B como vienen a ser (vitamina B1, B2, B3, B4, B5 y B9) y vitamina C, gracias a estos tienen un impacto preventivo que favorece a nuestro sistema nervioso. La vitamina D posee un impacto fortificador de inmunidad y ayuda el sistema inmunológico. Además, la vitamina E frena de manera considerable el ritmo de envejecimiento, suavizando así las arrugas y retardando la generación de otras nuevas arrugas. Por su parte vitamina H y el silicio fortifican la estructura del cuero cabelludo restaurándolo y previniendo su caída. De igual forma brinda grandes porcentajes de potasio, lo que genera un impacto favorable en la comunicación entre las células. contiene también resultados optimistas sobre los perfiles lipídicos, reduciendo los niveles de colesterol LDL y mejorando la salud y función del sistema cardiovascular (Kwiatkowska, 2019).

El aceite de palta posee un extraordinario beneficio dentro del sistema cardiovascular de manera que disminuye la presión arterial y el nivel de colesterol malo, mejora nuestra vista y ayuda a mejorar su funcionamiento, además la ingesta coopera en tratar el artritis, al reducir el dolor y la rigidez de las articulaciones (Kwiatkowska, 2019).

3.6.6 Aceite de palta en cosmética

El aceite de palta obtenido por prensado en frío es un componente muy conocido en el sector de la producción de cosméticos para la protección de la piel y el cabello. Así mismo es una estupenda opción para el tratamiento y cuidado del cuerpo, igualmente puede sustituir al aceite de oliva para ungir y reestructurar el cabello, del mismo modo el uso regular de aceite de palta en el rostro suaviza y la mantiene húmeda, gracias a la vitamina E, que preserva eficientemente la piel contra la inflamación y la picazón, ayudando a mantener el estado saludable y su bella apariencia (Kwiatkowska, 2019). Su capacidad de ralentizar el proceso de envejecimiento de la piel, es sin duda una de las propuestas cosméticas más ambiciosas y rentables puesto que estos cosméticos naturales garantizan una piel y tono de color saludable (Kwiatkowska, 2019).



3.6.7 Aceite de palta en la cocina

El aceite de palta es de coloración verde oscuro y tiene un ligero sabor a nuez, sin embargo, es importante saber que el aceite de palta obtenido por prensado en frío no se debe freír ni hervir, ya que pierde considerablemente todos sus atributos benéficos para la salud, se puede utilizar también de forma segura en una variedad de platos porque es un producto popular a nivel mundial. Es apropiado como componente de aderezos para ensaladas de verduras frescas, como complemento de pasta, raviolos italianos o guisos, puede sustituir la mantequilla para verter sobre pan integral o el aceite de oliva para preparar pesto de hierbas con hierbas frescas (Kwiatkowska, 2019). De igual modo es ideal como componente en adobos de carnes, pescados y verduras no obstante, si deseamos emplear aceite de palta para freír, hornear o asar, tenemos la responsabilidad de elegir aceite obtenido por prensado en caliente y luego purificado en el proceso de refinado (Kwiatkowska, 2019).

3.7 Oxidación del aceite de palta

La existencia de luz tiene un fuerte impacto en la estabilidad oxidativa del aceite de palta, como se ha reportado para otros aceites vegetales, los cuales experimentan modificaciones al ser expuestas a presencias de rayos del sol y por lo tanto sufren cambios que alteran sus componentes lo que ocasiona una oxidación acelerada motivo por la cual la luz tiene un impacto tan grande en la oxidación (Woolf et al. 2009).

El elevado contenido de clorofila en el aceite de palta cumple la función de fotosensibilizador beneficiando la oxidación, mientras que los tocoferoles y carotenoides presentes son inhibidores de la oxidación. La clorofila se activa con la exposición a la luz y reacciona con los lípidos para formar intermediarios de oxidación que consiguen reaccionar muchísimo más para conformar radicales libres y productos de oxidación y deterioro; como resultado esto conduce a la degradación de los pigmentos de clorofila en el aceite.

La presencia de oxígeno tiene un efecto significativo sobre la estabilidad del oxígeno del aceite de palta. La fotooxidación como la autooxidación son favorecidas por reducidos aumentos del oxígeno disponible. Un incremento de temperatura afecta de manera significativa las reacciones de oxidación.



Por consiguiente, en el aceite de palta en circunstancias de luz predomina la fotooxidación, mientras que la autooxidación predomina a altas temperaturas, llegando a ser así ambas reacciones independientes (Woolf et al. 2009).

3.7.1 Estabilidad oxidativa de aceites vegetales

Cuellar y Alba (2008), definen a la estabilidad oxidativa como la resistencia de una matriz lipídica a la oxidación causada por la acción de la temperatura, la luz, el oxígeno, la presencia de metales y otros factores. La oxidación es el proceso que hace que un aceite o grasa se vuelva rancio en un tiempo relativamente corto.

La estabilidad oxidativa de un aceite al ser calentado depende de la densidad de su composición y qué tan extensas sean las cadenas de ácidos grasos presentes. En cambio, los aceites compuestos por una elevada proporción de grasas saturadas y monoinsaturadas son más resistentes al calor y al proceso oxidativo que puede descomponer los ácidos grasos. Los aceites hechos de grasas poliinsaturadas poseen cadenas de ácidos grasos más cortas y se degradan con mayor facilidad, liberando radicales libres. Por ello estos aceites son más apropiados para utilizarse en frío en aderezos para ensaladas (Tan, 2019).

Es posible obtener datos precisos de estabilidad de un aceite al analizar su capacidad de resistir a la oxidación en condiciones de almacenamiento a temperatura ambiente aunque demanda mucho tiempo (Navas, 2010). Hoy en día hay técnicas de oxidación rápida para evaluar la estabilidad oxidativa del aceite, como el método Rancimat y el método RapidOxy. En particular, el método de RapidOxy es una prueba de oxidación acelerada que tiene métodos de absorción de oxígeno. Este se fundamenta en el incremento de la presión de oxígeno y temperatura dentro de una cámara cerrada, lo que facilita la estabilidad bajo condiciones oxidativas de las muestras evaluadas.

3.7.2 Antioxidantes

Los antioxidantes son elementos que pueden ralentizar el desarrollo de autooxidación de otras sustancias o contrarrestar los radicales libres.



Se ha utilizado durante años en la industria alimentaria como agente para prevenir la oxidación, así brindar un mejor sabor, aroma y color. Los antioxidantes también se han utilizado para tratar diversas enfermedades, como el cáncer y la enfermedades coronarias (Kebede y Emire 2019).

De igual modo Uzombah (2022), describe a los antioxidantes como componentes que ralentizan la velocidad de oxidación y cumplen dos funciones principales, quebrar la cadena de oxidación produciendo radicales libres o actuando como donadores de hidrogeno y facilitar la descomposición del peróxido en sustancias más estables que impiden una oxidación superior. De igual manera Carocho y Ferreira (2013), mencionan que para que una sustancia sea considerado antioxidante debe tener la capacidad de, formar un nuevo radical tras la eliminación de ese radical y sea estable a través de enlaces de hidrógeno intramoleculares en esta última oxidación. En tal sentido los antioxidantes cumplen una función muy valiosa en los alimentos, ya que, tras el daño causado por los microorganismos, la oxidación de lípidos es la segunda fuente principal de degradación de alimentos.

3.7.3 Antioxidantes naturales

Khlebnikov et al. (2007), detallan que los antioxidantes naturales vitamina C, vitamina E, carotenoides, polifenoles y oligoelementos son los que encontramos en el interior de determinados alimentos, frutas, verduras, nueces, semillas, hojas y cortezas que muchas veces son adecuadas para combatir contra la oxidación o autooxidación de diversos alimentos que son propensos a sufrir daños ya sea por causa su contenido elevado en ácidos grasos como vienen a ser el caso de los aceites vegetales, y así también se pueden aplicar para hacerle frente a distintas enfermedades coronarias.

De igual manera Uzombah (2022), reporta que los antioxidantes naturales presentan el potencial de reducir las especies reactivas de oxígeno y las especies reactivas de nitrógeno y sus distintos efectos adversos asociados al deterioro en oportunidades se denominan nutrientes adicionales que se hallan en reducidas cantidades en los alimentos, especialmente en los alimentos que



contienen compuestos como la vitamina C o E, que presentan un potencial antioxidante que contrarresta los radicales libres y ayuda a las células del daño oxidativo, así mismo actúan como facilitadores de nutrientes y compuestos bioactivos.

3.7.4 Antioxidantes sintéticos

Según el Codex Alimentarius (2024), la dosis máxima aceptable de antioxidante sintético butilhidroxianisol (BHA) en grasas y aceites vegetales es de 200 mg/kg, y así también para el antioxidante sintético butilhidroxitolueno (BHT) la dosis máxima en grasas y aceites vegetales es de 200 mg/kg, valores que no se puede sobrepasar al emplear estos antioxidantes.

Xiu et al. (2009), mencionan que los antioxidantes artificiales se utilizan considerablemente en la industria de alimentos y de piensos, así como en las diferentes industrias de confitería y aceites comestibles. El butilhidroxianisol (BHA), y el belutilhidroxitolueno (BHT), galato de propilo y terc-butilhidroquinona, son los antioxidantes más utilizados y populares porque previenen y ralentizan eficazmente diversas reacciones de oxidación en los alimentos.

Así mismo son antioxidantes normalmente empleados en aceites vegetales ya que estos tienen efectos significativos en la reducción y ralentización de la oxidación y prolongan su estabilidad oxidativa, diferentes investigaciones se han orientado en la búsqueda de recientes antioxidantes artificiales dirigidos a retrasar los efectos del impacto inducido por los radicales libres en distintos campos, especialmente, en la industria alimentaria como es el caso de los aceites vegetales (Khaledi et al. 2011). Además, la seguridad de los antioxidantes artificiales ha sido probada en las condiciones necesarias de no generar efectos secundarios en la salud y se debe admitir su uso en alimentos en cantidades adecuadas (Yehye et al. 2015).

3.7.4.1 Butilhidroxianisol (BHA)

REISCHE et al. (2008), mencionan que se trata de un fenol impedido con grupos di-terc-butilo en el anillo fenólico, lo que tiende a ser un antioxidante primario extremadamente eficaz.



A causa de su elevada solubilidad en lípidos, el BHA se emplea considerablemente en aceites a granel y en emulsiones de aceite en agua. Sus principales usos incluyen la conservación de aceite de soja y de palma en cereales y productos de confitería. De igual forma, se utiliza considerablemente en la elaboración de productos de repostería, debido a su estabilidad térmica y alcalinidad moderada. es un conservante eficaz que se añade a los productos para evitar la contaminación por hongos y bacterias y para evitar que los aceites y grasas se rancien (Yehye et al. 2015).

Así mismo, el Hidroxianisol Butilado (BHA) eventualmente podría actuar como coantioxidante, ya que tienen las características de cooperar a la regeneración reducida de diferentes antioxidantes como es el caso del butilhidroxitolueno (BHT) o el α -tocoferol (De guzmán et al. 2009).

3.7.4.2 Butilhidroxitolueno (BHT)

Es un antioxidante fenólico, de contextura sólida y cristalina de color blanquecino con atributos semejantes al BHA, es el antioxidante apropiado en usos de tratamientos térmicos, sin embargo, tiende a ser menos estable que el BHA, tiene un peso molecular bajo y no genera manchas en los alimentos que se vayan a utilizar. Se sabe que existe más de quince mil publicaciones sobre BHT y sus aplicaciones en distintos sectores ya sean alimentarios y no alimentarios. Se ha certificado en miles de revistas y publicaciones científicas, patentes y revisiones generales y conferencias generales que hablan sobre el papel del BHT como antioxidante clave en la cinética de degradación de los alimentos, productos farmacéuticos (Yehye et al. 2015).

Así mismo, el butilhidroxitolueno (BHT) es empleado como un antioxidante en aceites vegetales y esenciales, generando grandes resultados en la reducción del proceso de oxidación de los aceites causados por los radicales libres así mismo este antioxidante sintético es reconocido como apto y seguro para su utilización en alimentos en



las dosis permitidas y adecuadas a los porcentajes establecidos dentro de cada país y viene a ser uno de los antioxidantes que más se emplean en los alimentos que contienen grasas, productos derivados del petróleo y caucho (Yehye et al. 2015).

3.8 Extracción de aceite de palta

La extracción de aceite de palta es similar a la extracción de aceite de oliva. Normalmente, los aceites extra virgen se extraen de la fruta de alta calidad con niveles reducidos de deterioro y desordenes fisiológicos, de igual manera para la obtención del aceite virgen algunas frutas deterioradas levemente o con desórdenes fisiológicos son aceptadas. En los casos mencionados, la obtención se realiza empleando solo métodos mecánicos a temperaturas menores a 50 °C. Sin embargo en el aceite de palta puro, la calidad no es indispensable, con baja acidez, color y un sabor suave, y de igual manera en el aceite de palta ligero, se aceptan mezclas con diferentes aceites (Xagoraris et al. 2022).

3.9 Métodos de extracción

Tan (2019), manifiesta que la palta madura se lava, se pela y deshuesa en un primer instante. Esto en función al procedimiento de extracción que se pretende emplear, la pulpa de la palta puede ser expuesta a pretratamientos como deshidratación y pulverización previo al procedimiento de extracción de aceite. Según lo explicado acerca del aceite extra virgen (VAO), se comprende que si el aceite de palta se extrae a una temperatura menor o igual a 50 °C empleando procedimientos naturales y no recurra al refinado o a diferentes procesos térmicos se considera como aceite extra virgen.

De igual manera Flores et al. (2019), manifiestan que el aceite de palta se puede obtener utilizando diferentes procesos en los cuales cada uno de estos tienen sus propios parámetros establecidos, dentro de todos estos tenemos, método por prensado en frío, la extracción acuosa asistida por ultrasonidos (UAAE), Extracción de CO₂ subcrítico (SCO₂), método por solventes, obtención con dióxido de carbono supercrítico, extracción enzimática acuosa, extracción asistida por ultrasonidos y método de Soxhlet son los métodos más utilizados para la obtención de aceites.



3.9.1 Método de prensado en frío

El procedimiento de prensado en frío hace referencia al proceso de extracción de aceite vegetal comestible el cual se caracteriza por emplear procesos mecánicos, como la extrusión o prensado, sin añadir temperaturas elevadas. De igual forma, el aceite obtenido se puede purificar mediante lavado, sedimentación, filtración y centrifugación. En este proceso de prensado en frío, el aceite se extrae, recuperando únicamente de las células del parénquima de la pulpa; la rotura se manifiesta a inicios de la molienda y se observa que las células idioblásticas (portadoras del aceite) permanecen intactas durante el proceso de extracción (Flores et al. 2019).

Tan (2019), menciona que antes de iniciar el presando se desarrollan las operaciones del lavado de la palta, pelado, despedrado, molienda y mezcla de la pulpa molida de palta a 40 a 50 °C durante 40 a 60 minutos, para posteriormente centrifugar y dejar correr a 3000 a 4000 rpm y para separar el aceite del agua se hace uso de la centrifuga de alta velocidad.

3.9.2 Extracción acuosa asistida por ultrasonido (UAAE)

Esta técnica emplea las fuerzas de cavitación creadas por ondas sonoras para quebrar las paredes celulares compuestas de aceite. Este procedimiento admite la formación de una emulsión, que permite una adecuada obtención de aceite. Este procedimiento se puede realizar empleando un baño ultrasónico o un transductor de bocina ultrasónica (Flores et al. 2019).

Del mismo modo el ultrasonido es un modelo de energía mecánica que genera cambios de compresión a medida que viaja a través de un medio líquido. El arrancamiento de agua asistida por ultrasonido (UAAE), se da usando un transductor ultrasónico y un baño de agua ultrasónico. Los impactos mecánicos causados por el ultrasonido generan una mejor absorción del disolvente en la planta y mejora el traslado de la masa. Esto permite una fácil lixiviación de compuestos polares y no polares de la estructura celular (Tan, 2019).



3.9.3 Extracción enzimática acuosa

Surge para mejorar el rendimiento de la extracción por centrifugación, en este método de extracción se considerará la combinación de enzimas, como pectinasas, α -amilasa, proteasas y celulasas, con la pulpa de palta triturada. La productividad varía dependiendo a la acumulación y tipo de enzima empleada y tiempo de reacción y porcentaje de agua que es manejada. Se valora que este proceso mejora el aceite hasta 25 veces, a diferencia del rendimiento de una centrifugación no enzimática (Flores et al. 2019).

3.9.4 Método Soxhlet

Este método se sustenta en la extracción sólido - líquido, que se emplea para separar los compuestos lipídicos de la muestra mediante un solvente. Entre los dispositivos empleados en la extracción con solventes es el método conocido como Soxhlet, la que viene a ser un dispositivo de extracción en fase continua, en el que primero se combina el sustrato, posteriormente se agrega el disolvente de extracción el cual completa el ciclo de extracción y purificación del aceite (Guillén Sánchez, 2016).

Así mismo en cuanto a la purificación del aceite esta se da en paralelo por destilación del disolvente, de modo que el sustrato permanezca en relación con disolvente puro. Se emplea a nivel de laboratorio ya que a nivel industrial es muy costoso debido al costo de los disolventes y también por correr el peligro de explosión o incendio de muchos disolventes orgánicos (Guillén Sánchez, 2016).

3.10 Vida útil

El termino vida útil se refiere al periodo transcurrido después de la elaboración del alimento donde este sigue manteniendo sus propiedades óptimas para el consumo. Las pruebas de vida útil se realizan en un periodo de tiempo determinado donde se guarda o deposita el producto bajo estipulaciones determinadas, al concluir dichos estudios y análisis se logra tener la información exigida que porta la etiqueta de los productos en referencia a la fecha de caducidad y requisitos adecuados para conservar el producto con sus propiedades iniciales (Urrutia Lemus, 2021).



A causa de la condición y propiedades de los alimentos como formas biológicas y fisicoquímicas, su naturaleza es un estado activo constante por tal razón, para cada producto alimenticio, existe un periodo reducido, luego de su elaboración, en el cual el producto sostendrá la calidad y seguridad, bajo circunstancias establecidas de almacenamiento, este tiempo se define como vida útil (Salinas et al. 2007).

La vida útil depende de diversos elementos como la producto primario empleado, aspectos de elaboración del producto, procesos calientes o no calientes, buenas prácticas de manufactura, tipos de envase, requisitos de almacenamiento y distribución (Urrutia Lemus, 2021).

3.10.1 La vida útil de aceites vegetales

Florians (2021), define vida útil de aceites vegetales como el periodo en el que el aceite conserva sus características ideales de calidad y gusto, antes de que inicie a degradarse. Así mismo existen cuatro elementos que son influentes en la duración de los aceites vegetales, los cuales son el tiempo, la temperatura, la luz y el aire por lo tanto se pueden regular los tres últimos para ampliar el periodo de vida útil de aceites vegetales, una recomendación es almacenar en lugares frescos y oscuros siendo ideal en lugares con temperatura de 12 °C y así mismo envasarlos en frascos de color ámbar.

Los aceites vegetales que tienden a volverse rancio con rapidez son aquellos que poseen un elevado nivel de ácidos grasos poliinsaturados, con el aceite de uva, cáñamo y lino, esto ocurre porque hay una falta de átomos de hidrogeno en la cadena de carbono lo que permite que el oxígeno se una dando lugar a la oxidación con el tiempo a medida que el aceite se oxide empezara emitir olor desagradable (Florians, 2021).

Los aceites monoinsaturados requieren ser guardados en un lugar fresco y a la sombra, aunque no es estrictamente necesario mantenerlos en refrigeración, aunque es aconsejable. su vida útil oscila entre 12 a 18 meses dependiendo del aceite específico algunos aceites monoinsaturados incluyen aceite de oliva, de almendra, de palta y entre otros (Florians, 2021).



3.11 Métodos de pruebas aceleradas

A lo largo del tiempo se han realizado numerosos ensayos, fundamentados en la oxidación acelerada, para analizar el aguante del aceite a la oxidación. Los estudios de equilibrio oxidativo a temperaturas de 85° C no son confiables debido a los diferentes procesos de oxidación involucrados. Así mismo se encontraron, diferencias entre los resultados del Rancimat y el método del oxígeno activo las cuales no coinciden con la prueba de estabilidad realizada a 60°C (Cordes y Guerra, 2009).

3.11.1 Pruebas de almacenamiento acelerado en aceites vegetales

Las pruebas de almacenamiento acelerado se han empleado grandemente para evaluar la estabilidad de los aceites vegetales. En este método, la oxidación se acelera conservando la muestra de aceite a una temperatura de 60 a 65 °C en un ambiente oscuro las muestras se analizan en periodos determinados midiendo la evolución de la oxidación. Existen variaciones en las condiciones de la prueba, como la cantidad de aceite, el tamaño de los depósitos y la relación entre superficie y volumen, lo que impacta en el nivel de oxidación (Cordes y Guerra, 2009). La Prueba de Schaal es más confiable que las pruebas a altas temperaturas, ya que simula cambios oxidativos relacionados con la vida útil. A mayor temperatura, el nivel de oxidación aumenta, permitiendo realizar la prueba en menos tiempo. Además, se puede evaluar el efecto de la fotooxidación en la estabilidad del aceite (Cordes y Guerra, 2009).

3.11.2 Método del oxígeno activo

En el procedimiento de oxígeno activo (AOM) o el experimento de Swift, el aire burbujea por medio del aceite que se sostiene a 98 °C, en el cual se cogen muestras de aceite en distintos lapsos de tiempo y se evalúa el índice de peróxidos. El tiempo de estimulación se determina gráficamente, dibujando el IP frente al tiempo (Cordes y Guerra, 2009).

3.11.3 Prueba de absorción del oxígeno

El daño oxidativo también se puede evaluar conservando el aceite a altas temperaturas en un medio cerrado y oscuro evaluando la absorción de oxígeno y notando así los cambios y deterioros oxidativos de la muestra las cuales se evaluarán en diferentes periodos de tiempo.



Se tienen diferentes variaciones a este método, teniendo así el procedimiento ASTM de bomba de oxígeno, el aparato FIRA Astell, la prueba de Silvestre y la ganancia de peso o los procedimientos gravimétricos los cuales tiene ciertas diferencias en el procedimiento (Cordes y Guerra, 2009).

3.11.4 Cinética de degradación de aceites vegetales

La cinética de degradación de los aceites vegetales se relaciona con la investigación sobre la rapidez y los métodos a través de los cuales el aceite de palta se va deteriorando con el paso del tiempo, con la influencia de factores como el calor, contacto con el aire y presencia de humedad. Estos procesos de degradación pueden abarcar la hidrólisis oxidación y polimerización que impactan considerablemente la calidad del aceite.

3.12 Características fisicoquímicas de la palta

- **Humedad**

Es la evaluación de la cantidad de agua presente en el aceite. El exceso de agua es un elemento perjudicial para el aceite ya que puede generar enlaces químicos y físicos incorrectos, facilitando de esta manera reacciones de descomposición. El procedimiento para la determinación de cenizas fue de acuerdo al método 934.06 (37.1.10) del AOAC (2005).

- **Cenizas**

Es un método de análisis que determina la cantidad de minerales en una muestra al incinerar la materia orgánica para generar un residuo inorgánico conocido como ceniza el cual refleja el contenido mineral de la muestra inicial y es un indicador de calidad, pureza y valor nutritivo, el procedimiento seleccionado para la determinación de ceniza fue conforme a los procedimientos descritos por el método A.O.A.C. 923:03 (2005).

- **pH**

Señala el grado de acidez o alcalinidad, en el caso del aceite de palta un pH bajo (ácido) informa una fase de oxidación o descomposición, mientras que un pH alto (alcalino) no es habitual en aceites de origen vegetal podría señalar una posible contaminación o la presencia de aditivos, se evaluó según al procedimiento realizado por (Guillén Sánchez, 2016).



3.13 Características de calidad del aceite de palta

Los métodos químicos que se mencionan a continuación son características de calidad en todos los aceites y las grasas.

- **Índice de acidez**

Es la disposición del contenido de los ácidos grasos libres presentes en grasas y aceites. Este resultado es valioso como prueba de pureza, ya que gracias a ello podemos sacar conclusiones acerca del estado de la materia prima al igual que de las reacciones de descomposición que se hayan podido producir a lo largo del tratamiento y almacenamiento del aceite. Metodológicamente este índice representa la cantidad en miligramos de hidroxilo de sodio o de potasio expresado en % de ácidos grasos libres o en % del ácido graso más abundante en el aceite. El ácido graso teóricamente más abundante en el aceite de aguacate es el oleico. Por tal motivo, este índice es expresado en función de este ácido graso (Guillén Sánchez, 2016).

- **Índice de refracción**

El índice de refracción de una sustancia es la relación entre la velocidad de la luz en el vacío y su velocidad en la sustancia en estudio. En los aceites, el índice de refracción se encuentra estrechamente relacionado a la densidad, masa molecular y constitución del aceite y sirve para identificarlo; también disminuye en forma casi lineal al aumentar el índice de yodo. El índice de refracción se puede determinarse con un refractómetro, que abarca una zona de refracción más amplia. La temperatura del aceite y la longitud de onda de la luz influyen mucho en los valores obtenidos (Guillén Sánchez, 2016).

- **Índice de peróxido**

Es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido por tal motivo el índice de peróxido proporciona información sobre el grado de oxidación de un aceite. esta información es de gran importancia en el análisis fisicoquímico de cualquier grasa ya que permite hacer estimaciones de hasta qué punto la grasa se ha visto alterada. se debe tener en cuenta que si la oxidación está muy avanzada se producirá un incremento de la degradación de los peróxidos por lo que el índice descenderá.



En las primeras fases de la rancidez oxidativa se generan diversos peróxidos que cambian las propiedades sensoriales de la grasa, por lo que la prueba del índice de peróxido sólo es representativa en las primeras etapas de la oxidación de grasas (Guillén Sánchez, 2016).

- **Densidad**

La densidad de las grasas solidas o liquidas es bastante constante para los diferentes tipos de triglicéridos, pero la diferencia es grande entre el estado sólido y líquido. Este cambio de volumen es el que se utiliza para determinar el contenido de sólidos en las grasas parcialmente fundidas (Guillén Sanchez, 2016).

3.14 Marco referencial

- **Antioxidantes:** Son compuestos naturales presentes en los alimentos que son utilizados para prevenir la oxidación de las moléculas causada por otras moléculas inestables conocidas como radicales libres (Al farsi et al. 2018).
- **Antioxidantes naturales:** Los antioxidantes naturales son aquellos que podemos encontrar dentro de algunos alimentos, frutas, verduras, los cuales son aprovechados para combatir en muchos casos la oxidación o autooxidación de diversos productos alimenticios, como también se pueden usar para combatir diferentes enfermedades.
- **Butilhidroxitolueno (BHT)** Es un antioxidante fenólico, sólido cristalino blanco con propiedades similares al BHA, es apropiado para tratamiento térmico, pero no es tan estable como BHA, tiene un peso molecular bajo y no mancha.
- **Hidroxianisol Butilado (BHA)** Es un fenol impedido con grupos ditercbutilo en el anillo fenólico, lo que representa un antioxidante primario extremadamente eficaz (Reische et al. 2008).
- **Radicales libres:** Un radical libre es un átomo o molécula que contiene uno o más electrones desapareados, por lo que son muy reactivos, ya que tienden a captar un electrón de moléculas estables con el fin de alcanzar su estabilidad electroquímica, provocando gran daño a las moléculas (Avello y Suwalsky 2006).



- **Energía de activación:** Se refiere a la energía requerida en un sistema antes de comenzar un proceso específico, generalmente se utiliza para referirse a la energía mínima requerida para que ocurran las reacciones. En 1888, Svante Arrhenius, propuso que las moléculas necesitaban una cantidad mínima de energía cinética para reaccionar. Se podría decir que la energía cinética es imprescindible para estimular la reacción de los reactivos a los productos (Barbisan Candela, 2022).
- **Ecuación de Arrhenius:** Es una ilustración matemática empleada para describir la relación entre la constante cinética de una reacción química y la temperatura a la que puede realizarse dicha reacción. Así mismo esta ecuación es una variante de la ecuación de Vant Hoff y se fundamenta en información empírica, o sea, vivencias realizadas y analizadas para determinar la correlación que mejor se adecúa (Barbisan Candela, 2022).
- **Cinética de reacción:** La cinética de las reacciones químicas posibilita la medición tanto cuantitativa como cualitativa de las velocidades de las reacciones, proporcionando datos acerca de la relación entre estas velocidades y factores como la concentración, la temperatura, la presión, la existencia de catalizadores y la condición física de los reactivos, entre otros elementos (Mettler, 2019).



CAPÍTULO IV METODOLOGÍA

4.3 Tipo y nivel de investigación

El presente trabajo de investigación, de acuerdo con Hernández et al. (2014), se clasifico como un estudio de enfoque cuantitativo, dado que se miden variables numéricas. El nivel de investigación fue explicativo experimental, ya que se aclararon los efectos que ocurrieron con las variables dependientes al manipular las variables independientes durante la investigación.

4.4 Diseño de investigación

El diseño experimental corresponde a un DBCA ; donde las variables independientes fueron temperatura de almacenamiento (25 y 35 °C), tipo de antioxidante (BHA y BHT), concentración de antioxidante (90 y 180 ppm) y como bloque variedad de palta (hass y fuerte); mientras que las variables dependientes incluyeron índice de acidez, pH, índice de refracción, densidad, índice de peróxidos y vida útil. Tras verificar la normalidad mediante Kolmogorov - Smirnov, tres variables mostraron distribución normal ($p > 0.05$) y una manifestó distribución no normal ($p < 0.05$), por lo que se aplicó ANOVA factorial para las tres primeras y la prueba de Kruskal - Wallis multifactorial para la última, ambas con tres repeticiones y 95 % de confianza seguido de una comparación de medias con Tukey siguiendo el modelo matemático lineal.

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

- Donde: Y_{ijk} = características fisicoquímicas del aceite de palta
- μ = media de los resultados de cada tratamiento
- A_i = es el efecto del i- énsimo nivel del factor temperatura de almacenamiento
- B_j = es el efecto del j- énsimo nivel de concentración de antioxidante
- C_k = es el efecto del k- énsimo nivel del factor de variedad de palta
- $(AB)_{ij}$, $(AC)_{ik}$, $(BC)_{jk}$ y $(ABC)_{ijk}$ = interacciones
- ϵ_{ijk} = error experimental

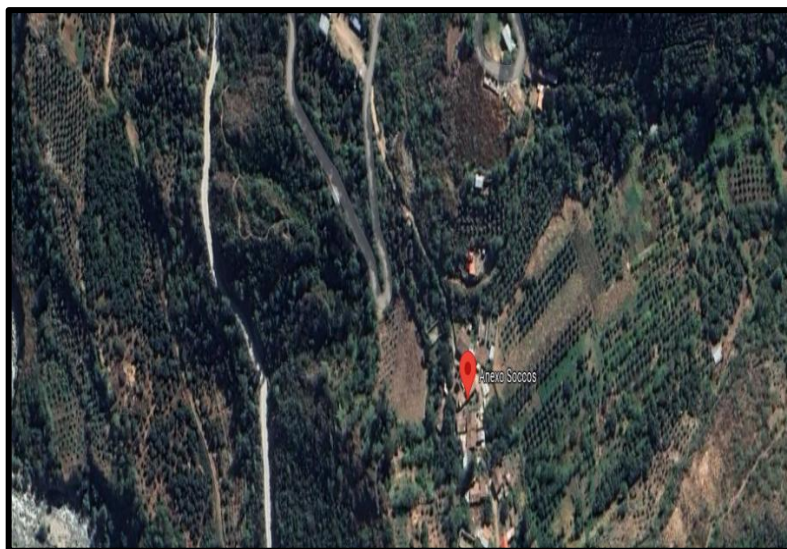
Tabla 10 — Esquematación del diseño experimental

Variables independientes				Variables dependientes
HASS	C (ppm)	A	T (°C)	Características de estabilidad del aceite de palta (Índice de peróxido, acidez, índice de refracción, densidad, pH, humedad, cenizas, índice de madurez y vida útil)
Tratamiento	90 180	BHA BHT	25 35	
T1H	90	BHT	25	Y
T2H	90	BHT	35	Y
T3F	180	BHT	25	Y
T4F	180	BHT	35	Y
T5H	180	BHT	25	Y
T6H	180	BHT	35	Y
T7F	90	BHT	25	Y
T8F	90	BHT	35	Y
Control	Hass		25	Y
FUERTE				
T1H	90	BHA	25	Y
T2H	90	BHA	35	Y
T3F	180	BHA	25	Y
T4F	180	BHA	35	Y
T5H	180	BHA	25	Y
T6H	180	BHA	35	Y
T7F	90	BHA	25	Y
T8F	90	BHA	35	Y
Control	Fuerte		25	Y
TOTAL	90 observaciones			
Claves				
V: Variedad de palta (Hass y fuerte); C: Concentración (90 y 180 ppm); A: Antioxidante BHA y BHT; T: Temperatura de almacenamiento (25°C y 35°C); Y: análisis del índice de peróxido, acidez, índice de refracción, densidad, pH, humedad, cenizas, índice de madurez y vida útil.				
NOTA				
Se tiene un total de 16 tratamientos y a cada tratamiento se le mide índice de peróxido, acidez, densidad, índice de refracción, pH y dos controles haciendo un total de 90 observaciones con 3 repeticiones obteniendo 270 datos en total.				

4.5 Población y muestra

4.5.1 Población

La población para el presente trabajo de investigación estuvo compuesta por la palta (*Persea americana*), variedad hass y fuerte procedente de la Cooperativa Agraria Circa, en la zona de Soccos, que está ubicado entre las coordenadas: latitud sur 13° 53' 57.9" S (-13.89940726000) y longitud oeste 72° 54' 9.4" W (-72.90262050000) y a una altitud de 2535 msnm en el distrito de Circa, provincia de Abancay, departamento de Apurímac.



FUENTE: GOOGLE MAPS, 2025.

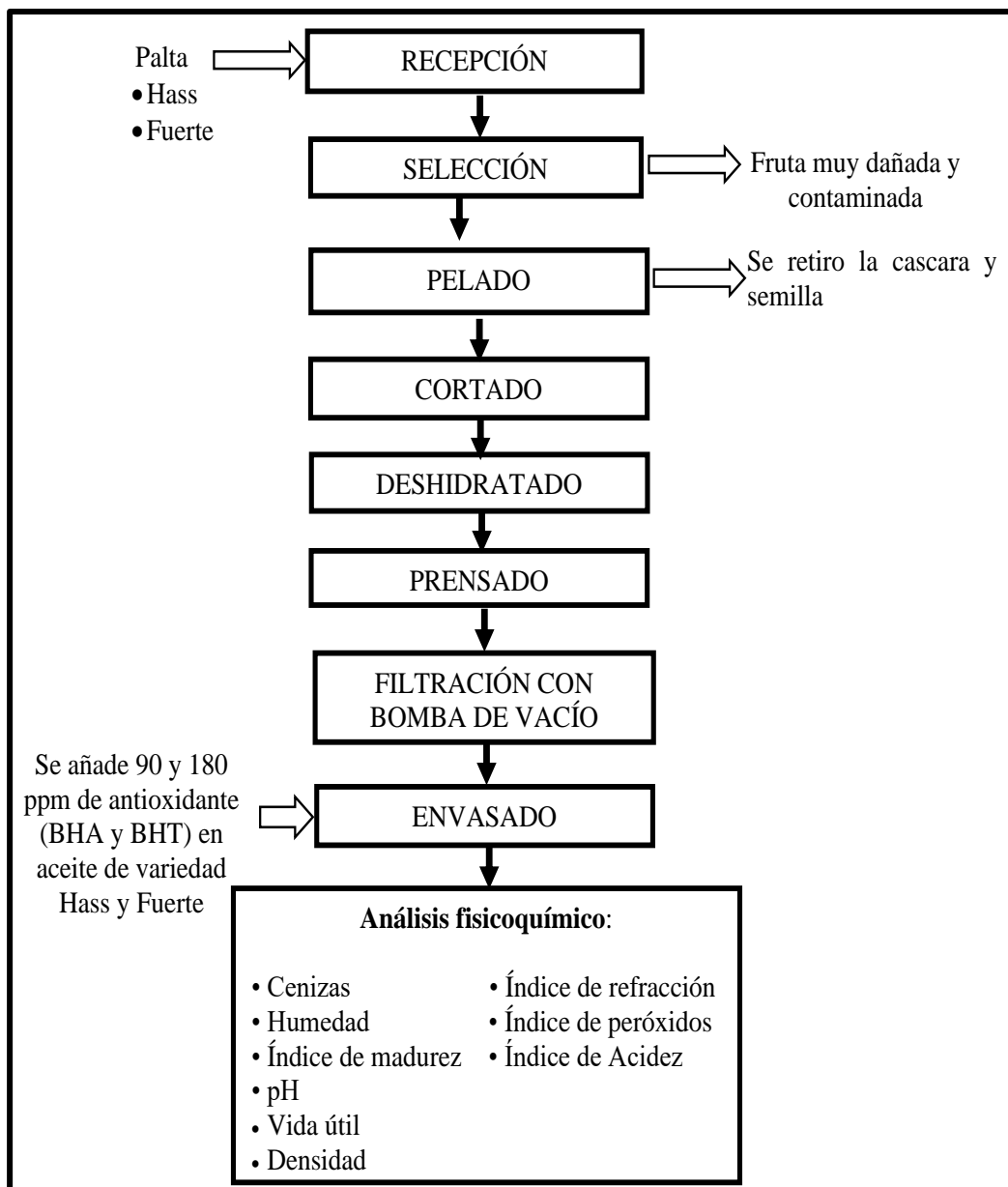
Figura 3 — Mapeo de ubicación de la materia prima

4.5.2 Muestra

Se trabajó con 60 Kg de palta (*Persea americana*) variedad Hass y Fuerte para la obtención de aceite y realizar todos los procedimientos y análisis requeridos de la investigación.

4.6 Procedimiento de la investigación

4.6.1 Proceso de obtención del aceite de palta



FUENTE: LLaure y Zotelo 2023

Figura 4 — Diagrama de flujo para la obtención de aceite de palta

4.6.2 Descripción del diagrama de flujo de obtención de aceite de palta

Para el proceso de obtención del aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte se tomó como referencia cada una de las operaciones unitarias que se muestran en la Figura 4, acorde a la metodología empleada por LLaure y Zotelo (2023), con algunas variaciones.

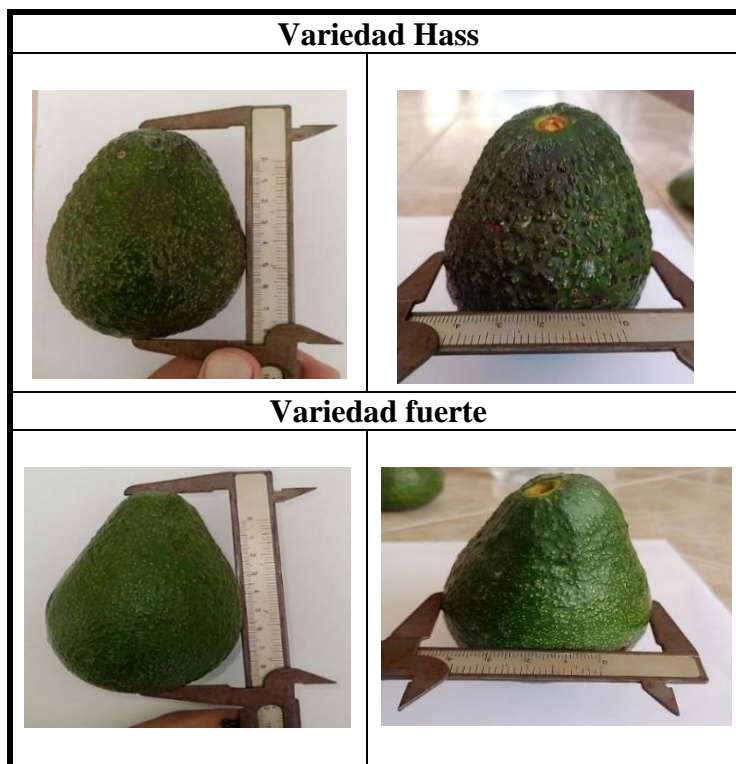
- a) **Recepción:** Las paltas fueron obtenidas de la primera cosecha del año en el mes de abril, se verifico que estas paltas se encuentren en un índice de madurez adecuado para que lleguen con una textura suave y optima a los procesos siguientes. Ambas variedades se almacenaron en un ambiente oscuro.
- b) **Selección:** Se seleccionó los frutos de ambas variedades, retirando impurezas, hojas y entre otros y así mismo de acuerdo a su grado de madures se desecharon, de igual manera se descartaron las paltas con cortes que afectaban la calidad del fruto de igual modo se retiraron las paltas con presencia de microorganismos.
- c) **Pelado:** Luego de haber realizado el pesado de la palta se procedió a retirar la cascara y la semilla.
- d) **Cortado:** En este proceso se cortó la pulpa de la palta en rodajas delgadas para posteriormente ser llevado a deshidratación.
- e) **Deshidratado:** Las rodajas de palta se colocaron en bandejas de metal adecuadas para este proceso, se ordenaron de forma asimétrica con la intención de que no exista un desbalance en el proceso de deshidratado. Se coloco en la estufa a una temperatura de 40 °C por un tiempo de 18 horas.
- f) **Prensado:** Luego de dejar que esta enfrié durante 30 minutos, se extrajo inmediatamente el aceite, por prensado en frio utilizando una prensa hidráulica manual.
- g) **Filtrado:** Luego haber realizado el prensado, se filtró el aceite utilizando una bomba de vacío, donde se separó todas las impurezas y solidos que se encontraron presentes en el aceite.
- h) **Envasado:** Luego de haber realizado el filtrado el aceite obtenido se envasó en frascos de vidrio, donde se adiciono 90 ppm de BHA y BHT y 180 ppm de BHA y BHT en ambas variedades de aceite hass y fuerte y se sellaron con cinta parafilm y se almacenaron secos y limpios en los ambientes destinados.



4.7 Técnica e instrumento

4.7.1 Variedades de palta utilizada

para la obtención del aceite se utilizaron dos variedades de palta hass y fuerte maduras, adecuadas para los procedimientos requeridos donde se efectuó la medida de la línea ecuatorial y longitudinal mediante un vernier.



FUENTE: Elaboración propia

Figura 5 — Variedades de palta utilizada

4.7.2 Preparación de la concentración del antioxidante BHA Y BHT para añadir al aceite de palta

Se inició el pesando de las cantidades de 90 y 180 ppm de antioxidante Butilhidroxianisol (BHA) y de butilhidroxitolueno (BHT).

Para ello, se realizó el siguiente procedimiento:

- Se habilitó y rotulo los envases adecuados para las muestras de aceite de palta variedad hass y fuerte.
- Se añadió en los envases la cantidad establecida de antioxidante (BHA y BHT) como se puede observar en la siguiente tabla.

Tabla 11 — Concentración del antioxidante (BHA Y BHT)

Concentración de antioxidante	Cantidad de aceite de palta utilizado variedad (Hass)	Cantidad de aceite de palta utilizado variedad (Fuerte)
180 ppm (BHA)	--	50 ml
90 ppm (BHT)	--	50 ml
180 ppm (BHA)	50 ml	--
90 ppm (BHT)	50 ml	--

4.7.3 Análisis proximal de las dos variedades de palta

4.7.3.1 Determinación índice de madurez

En referencia al índice de madurez se desarrolló el método de materia seca en estufa. Donde se tomó muestras significativas de la pulpa de palta y se pesó la muestra húmeda, luego del pesado se colocó dentro de una estufa a 100 °C en el cual se evaluó hasta la obtención de un peso constante (Rodríguez et al., 2005).

se resuelve a través de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ MS} = \frac{(\text{peso inicial} / \text{peso húmedo})}{\text{peso inicial}} \times 100$$

4.7.3.2 Determinación de humedad:

Se utilizo el método de pérdida de peso por secado reportado por la AOAC 984.25 (2005), (Ver anexo 5.1)

$$\% \text{ H} = \frac{P_m - (P_f - P_i)}{P_m} \times 100$$

Donde:

- **Pm:** Peso de la muestra
- **Pf:** Peso final de la placa con la muestra
- **Pi:** Peso de la placa vacía

4.7.3.3 Determinación de cenizas

Se evaluó de acuerdo al método AOAC 923:03, 2005 (Ver anexo 5.2)

$$\% \text{ de cenizas} = \frac{(P-p)}{M} \times 100$$

Donde

- **P:** Peso del crisol con la muestra calcinada
- **p:** Peso del crisol vacío
- **M:** Peso de la muestra en g



4.7.4 Análisis fisicoquímicos del aceite de palta

4.7.4.1 Densidad

Se realizó de acuerdo a la Norma CODEX para aceites vegetales CODEX STAN 210-1999 (Ver anexo 5.3)

$$\rho_{aceite} = \frac{W_a - W}{V}$$

Donde:

- ρ_{aceite} : Densidad absoluta del aceite (g/ml)
- **W**: Masa del picnómetro vacío
- **W_a**: Masa de aceite más el picnómetro
- **V**: Volumen del picnómetro

4.7.4.2 Índice de refracción (IR)

Se empleó el método recomendado por la NTP 319.075,1987 (ver anexo 5.4)

4.7.4.3 Índice de acidez: Método Oficial de la AOAC

Se realizó con el método AOCS Cd 3d-63, AOCS 2009 (Ver anexo 5.5)

$$IA = \frac{G \times N \times 56.1}{P}$$

Donde:

- **G**: Volumen de disolución de NaOH gastado en la valoración (ml).
- **N**: Normalidad de la disolución de NaOH.
- **P**: Peso de la muestra de aceite (g).

4.7.4.4 Índice de peróxidos: Método Oficial AOAC

Se realizó con el método AOAC 965.33 (Ver anexo 5.6)

$$\text{Índice de peróxido} = \frac{(V_1 - V_0) \times C}{W} \times 1000$$

Donde:

- **W**: Masa inicial de la muestra
- **V₁**: Volumen gastado de tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃)
- **V₀**: Volumen gastado del blanco
- **C**: Concentración del tiosulfato de sodio (Na₂S₂O₃)



4.7.4.5 Potencial de hidrogeniones (pH)

El pH se midió con un potenciómetro, marca SIANALYTICS, modelo LAB 850, se realizó de forma directa sobre la muestra requerida de aceite de palta, la cual se dispuso 30 ml en un vaso precipitado esto según al procedimiento realizado por (GUILLÉN, 2016), (Ver anexo 5.7)

4.7.5 Procedimiento para el estudio de vida útil de aceite de palta mediante pruebas aceleradas

Para realizar el estudio de vida útil, se trabajó con la temperatura promedio de Abancay 25 °C y se le añadió 10°C para obtener el factor Q_{10} que es un indicador de vida util.

4.7.5.1 Diseño experimental y recolección de datos, condiciones de almacenamiento:

- Se prepararon las muestras de aceite de palta variedades (hass y fuerte) en envases estériles.
- Se almacenaron las muestras en cámaras termostáticas a 25 °C y 35 °C (temperatura de estrés) solo para el índice de peróxidos.
- Se incluyeron muestras con antioxidantes (BHA y BHT) y controles sin aditivos.

Mediciones:

- Se cuantificó el índice de peróxido (IP) en tiempos específicos 0,10,30,45 y 0, 10, 20 y 30 días.
- Se realizó por triplicado para asegurar precisión.

4.7.5.2 Determinación de cinética de degradación

- **Análisis de orden de reacción:**
- Se graficó el IP vs. tiempo para cada temperatura
- Se ajustó modelos a los datos:

Orden cero: $IP = IP_0 + kt$ (lineal)

Primer orden: $\ln(IP) = \ln(IP_0) + kt$ (exponencial)

Segundo orden: $\frac{1}{IP} = \frac{1}{IP_0} + kt$ (hiperbólico)



- Se validó el modelo con el coeficiente de determinación (R_2) y el error cuadrático medio (RMSE).
- Se seleccionó el orden con mejor ajuste (Orden cero para oxidación lipídica).

4.7.5.3 Cálculo de la energía de activación (E_a)

- **Ecuación de Arrhenius:**
- Se calculó la constante de velocidad (K) para cada temperatura ($T_1 = 25\text{ °C}$, $T_2 = 35\text{ °C}$) usando el modelo seleccionado.
- Se convirtió la temperatura a Kelvin: $T_1 = 293\text{ K}$, $T_2 = 308\text{ K}$.
- Se aplicó la ecuación:

$$\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right) = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

donde:

- $R = 8.314\text{ J/mol}\cdot\text{K}$ (constante de gases)
- $k_1, k_2 =$ constantes de velocidad a T_1 y T_2

- **Despejando (E_a)**

$$E_a = -R \cdot \frac{\ln\left(\frac{k_2}{k_1}\right)}{\left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)}$$

4.7.5.4 Predicción de vida útil

- Se realizó la extrapolación a temperatura de referencia ($T_{\text{ref}} = 20\text{ °C}$):
- Se define temperatura de almacenamiento real ($20\text{ °C} = 293\text{ K}$)
- Calcular K_{ref} usando E_a :

$$K_{\text{ref}} = K_1 \cdot \exp\left[-\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T_{\text{ref}}} - \frac{1}{T_1}\right)\right]$$

Cálculo de vida útil (t_{vida}):

- Se fijó límite crítico de IP (30 meq O_2 /kg, según normativa)
- Se usó el modelo cinético seleccionado (orden cero):

$$t_{\text{vida}} = \frac{\ln\left(\frac{IP_{\text{critico}}}{IP_0}\right)}{K_{\text{ref}}}$$



4.7.6 Materiales

- Campana desecadora
- Vasos precipitados de 100, 50, 20, 10 y 5 ml
- Matraz Erlenmeyer de 50, 250, 500, 1000 ml
- Pinzas
- Picnómetro 10 ml
- Crisoles de porcelana
- Probeta de 100 y 50 ml
- Embudo de vidrio
- Embudo de decantación
- Fiola de 100 ml
- Frascos ámbar
- Picetas
- Placas Petri
- Mortero
- Luna reloj
- Papel filtro
- Papel toalla
- Papel tisú
- Papel aluminio
- Pipetas de 5ml
- Propipeta
- Agua destilada
- Soporte universal
- Cuchara
- Cuchillo
- Bureta de 50 ml
- Bandejas de acero inoxidable
- Bolsas de polipropileno
- Escala de vernier



4.7.7 Equipos

- Balanza analítica, marca SARTORIUS
- Estufa, marca VENTICELL
- Estufa termostática, marca MEMMERT, tipo UNE 400, Germany
- Potenciómetro, marca SIANALYTICS, modelo LAB 850
- Prensa hidráulica
- Refractómetro, marca ABBE
- Campana extractora de gases modelo, CEX150, serie 202103
- Bomba de vacío
- Mufla, marca THEMCONCEPT, modelo KLE 05/11
- Colorímetro, marca PCE
- Refractómetro, marca RHB-90 ATC
- Microondas, marca SAMSUNG

4.7.8 Reactivos

- Éter de petróleo
- Butilhidroxitolueno ($C_{15}H_{24}O$)
- Butilhidroxianisol ($C_{11}H_{16}O_2$)
- Cloroformo ($CHCl_3$)
- Ioduro de potasio (KI)
- Tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3$)
- Ácido acético glacial (CH_3COOH)
- Almidón soluble al 1%
- Etanol (Alcohol etílico)
- Fenolftaleína ($C_{20}H_{14}O_4$)
- Hidróxido de sodio (NaOH)

4.8 Análisis estadístico

Para el análisis de varianza (ANOVA) y el ranking de Tukey se utilizó el programa estadístico Statgraphics versión 19, para los gráficos se empleó la hoja de cálculo de Microsoft Excel 2019.

4.8.1 Hipótesis estadística (nula y alterna)

La adición de antioxidantes BHA y BHT y el control de la temperatura de almacenamiento tiene influencia en la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas y la vida útil del aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte.

4.8.1.1 Hipótesis nula

La adición de antioxidante BHA y BHT a 90 y 180 ppm y el control de temperatura (25 °C y 35 °C), no afecta en la estabilidad oxidativa y en el comportamiento fisicoquímico (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) y la vida útil del aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte. $H_0 = \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu = 8$

4.8.1.2 Hipótesis alterna

La adición de antioxidante BHA y BHT a 90 y 180 ppm y el control de temperatura (25 °C y 35 °C), afecta en la estabilidad oxidativa y en el comportamiento fisicoquímico (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) y la vida útil del aceite de palta de las variedades Hass y Fuerte. $H_a = \mu_1 \neq \mu_2 \neq \mu_3 \neq \dots \neq \mu \neq 8$

4.8.1.3 Nivel de significancia

El nivel de significancia fue de $p = 0.05$

Si $\alpha > 0.05$: No existe efecto de los factores en estudios sobre las variables dependientes, entonces se acepta la hipótesis nula.

Si $\alpha < 0.05$: Existe efecto de los factores en estudios sobre las variables dependientes, entonces se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula.



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Caracterización morfológica de las variedades de palta (materia prima)

Tabla 12 — Medida longitudinal, ecuatorial y peso de la palta

Medidas	Valor ($\bar{X} \pm DS$)	
	Hass	Fuerte
Longitudinal(cm)	9.43±1.48	9.04±0.85
Ecuatorial(cm)	6.39±0.58	6.33±0.77
Peso(g)	153.77±41.20	149.35±20.19
NOTA Valores medios \pm DS desviación estándar (n=3).		

En la tabla 12, se puede observar las mediciones físicas o geométricas de palta en sus dos variedades que fueron empleadas para el proceso de extracción del aceite. Se evaluó la medida longitudinal, ecuatorial y el peso, teniendo como resultado que la variedad hass presento mayor tamaño longitudinal, ecuatorial y mayor peso, a diferencia de la variedad fuerte que presento medidas inferiores.

5.1.2 Características fisicoquímicas de la palta (materia prima)

Tabla 13 — determinación de las características fisicoquímica de la palta

Medidas	Valor ($\bar{X} \pm DS$)	
	Hass	Fuerte
Índice de madurez (%)	20.73±0.31	24.16±0.43
Cenizas (%)	0.95±0.13	0.82±0.02
Humedad (%)	76.72±0.61	66.19±0.75
NOTA Valores medios \pm DS desviación estándar (n=3).		

En la tabla 13, se puede observar los resultados de índice de madurez el cual se obtuvo para la variedad Fuerte 24.16 % de materia seca siendo mayor que la variedad Hass que presentó un 20.73 %, valores que se encuentran dentro del rango de los estándares legales para cada variedad que fluctúan de 22 % a 25 % de materia seca. Así mismo el porcentaje de ceniza conseguido es diferente en ambas variedades resaltando una concentración superior de cenizas en la variedad Hass 0.95 % y una concentración inferior la variedad Fuerte 0.82 %. De igual manera se observó que la variedad Hass manifestó mayor porcentaje de humedad obteniendo un valor de 76.72 % y la variedad Fuerte presentó 66.19% siendo menor su contenido de humedad.

5.2 Resultados de propiedades de estabilidad del aceite de palta con antioxidante (BHT)

a) Acidez

Los valores obtenidos de la acidez titulable en el aceite de palta evaluados a 25 °C variaron de 0.585 mgNaOH/g en el día 0 valor más bajo a 1.408 mgNaOH/g en el día 45 valor más alto correspondientes al tratamiento 7 compuesto por el aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT), mostrando así que el tratamiento 7 posee el valor de acidez más bajo y a su vez el más alto en el transcurso del tiempo de evaluación a 25 °C a diferencia de los demás tratamientos.

De igual manera para el aceite de palta evaluado a 35 °C los valores variaron de 0.585 mgNaOH/g en el día 0 valor más bajo a 1.135 mgNaOH/g en el día 30 valor más alto correspondiente al tratamiento 8 compuesto por el aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT).

Así mismo el tratamiento 5 compuesto por aceite de palta variedad Hass con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHT) fue el que mejor mantuvo su acidez mostrando valores de 0.635 mgNaOH/ en el día cero a 0.874 mgNaOH/g en el día 45, En la figura 6 se presenta los comportamientos de las medias de acidez titulable de los tratamientos estudiados, donde notamos que las medias de los tratamientos 1 al 8 son inestables, siendo la temperatura un factor determinante.



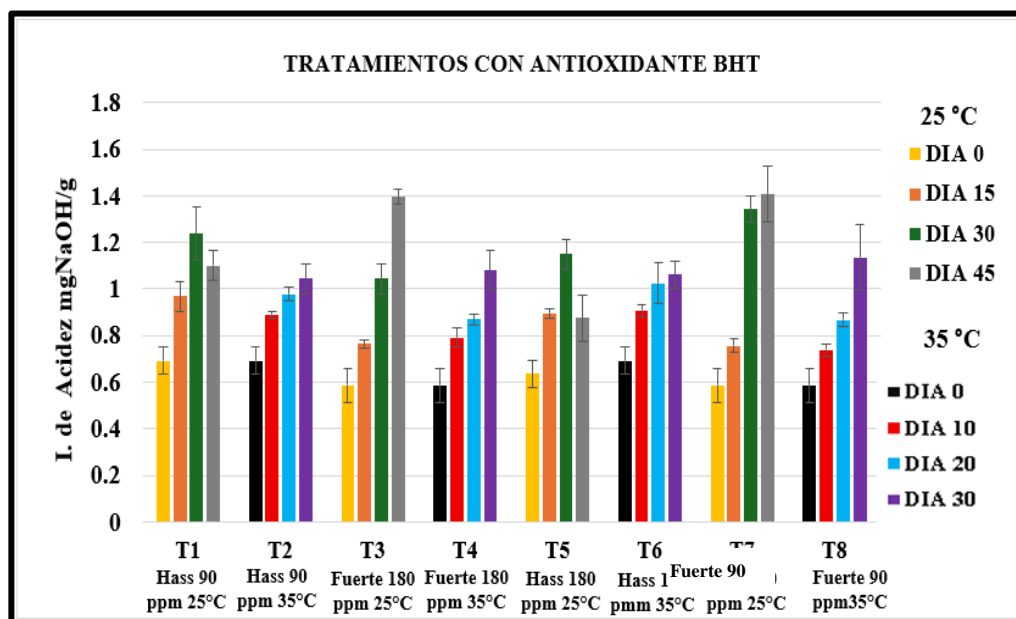


Figura 6 — Comparación de medias de acidez titulable de aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Al efectuar el ANOVA, las pruebas estadísticas evidenciaron que la temperatura y variedad de palta presentaron un p-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), mostrando un efecto significativo influyendo en la acidez, por otra parte, la concentración de antioxidante y las interacciones manifestaron un P-valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$) mostrando un efecto no significativo, por lo cual no se evidencia un efecto sobre la acidez de los tratamientos con un 95 % de nivel de confianza (ver anexo 1.1.1).

En la figura 7 y anexo 3.1 se muestra la contrastación de medias por desigualdad (HSD) de Tukey, las medias de los tratamientos respecto a la variable de temperatura muestra que estadísticamente son diferentes presentando mayor acidez a temperatura de 25°C y menor acidez a 35°C, así mismo en la variable de concentración estadísticamente son iguales, por lo cual los valores no presentaron diferencias significativas en el transcurso de las pruebas, mientras que en la variedad de palta estadísticamente son diferentes, ya que la variedad Hass presentó mayor acidez y la variedad Fuerte menor acidez durante la ejecución de las pruebas.

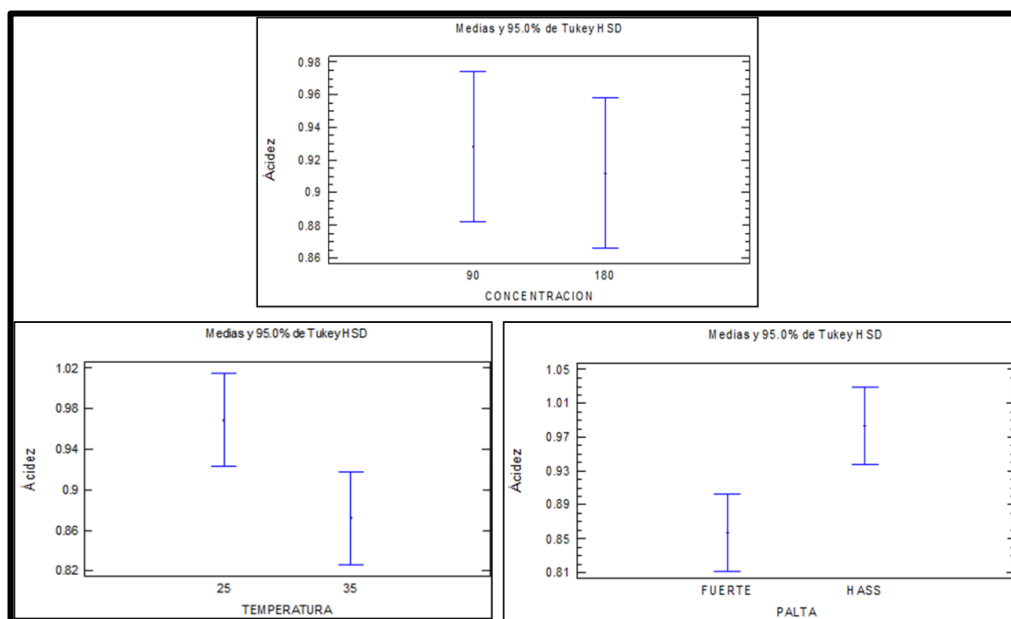


Figura 7 — Comparación de medias de acidez titulable temperatura, concentración y variedad de palta

b) Índice de refracción (IR)

Los valores del índice de refracción del aceite de palta evaluados a temperatura de 25 °C variaron de 1.46 en el día 0 siendo el valor más bajo a 1.47 en el día 45 siendo el valor más alto correspondiente al tratamiento 7 conformado por el aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT).

Así mismo a temperatura de 35 °C los valores variaron de 1.46 en el día cero a 1.47 en el día 30 esto correspondiente al tratamiento 8 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT). en la figura 8 se presentan los comportamientos de las medias del índice de refracción de los tratamientos evaluados, donde se analiza que la tendencia de medias de los tratamientos del 1 al 8 son inestables ya que con el transcurso de los días estos incrementan y disminuyen, además notamos que el tratamiento 3 mantuvo una estabilidad relativa cercana presentando valores de 1.46 en los 45 días de evaluación.

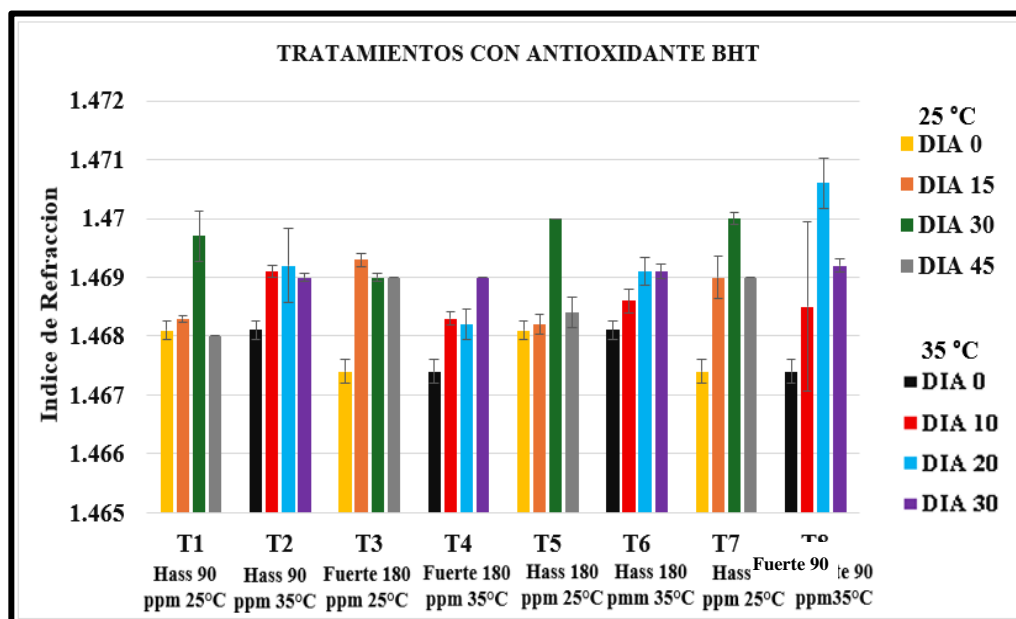


Figura 8 — Comparación de medias de índice de refracción de aceite de palta variedad hass y fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Los resultados obtenidos del índice de refracción se evaluaron por medio del análisis de varianza donde la temperatura, concentración, variedad de palta y todas las interacciones presentaron un ($p > 0.05$), el cual indica que no existe un efecto significativo ya que no influyen sobre las medias evaluadas del índice de refracción del aceite de palta tal cual se puede observar en el (Anexo 1.2.1).

Como se puede observar en la figura 9 y Anexo 3.2 se presenta la contrastación de medias por HSD de Tukey correspondientes al índice de refracción, con relación a la temperatura, concentración y variedad de palta resultando que todos son estadísticamente iguales, mostrando que a 35 °C de temperatura se presenta un mayor índice de refracción a diferencia de 25 °C y en la concentración se puede observar que con 90 ppm de antioxidante se tiene mayor índice de refracción a diferencia de 180 ppm que es menor, por otra parte la variedad de palta muestra que la variedad hass posee mayor índice de refracción a diferencia de la variedad fuerte, percibiendo así que todos los valores obtenidos se relacionan por lo cual estos valores son estadísticamente iguales.



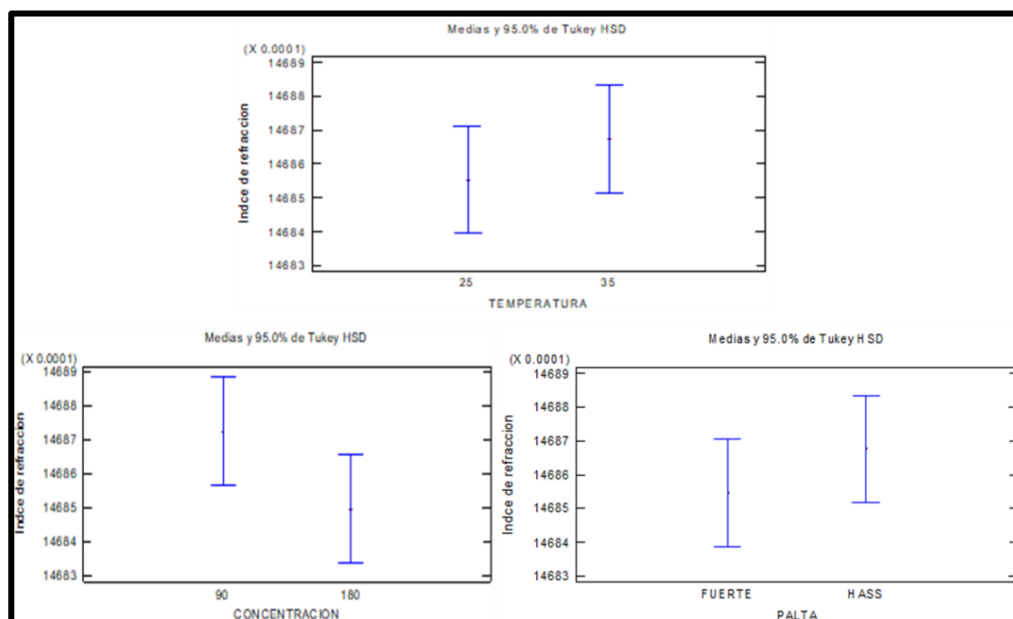


Figura 9 — Comparación de medias del índice de refracción temperatura, concentración y variedad de palta

c) Densidad

Los valores de densidad del aceite de palta evaluados a temperatura de 25 °C variaron de 0.9168 g/cm^3 en el día 0 a 0.9234 g/cm^3 en el día 30 valor más alto correspondiente al tratamiento 7 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT), evidenciándose que este tratamiento fue el que alcanzó el valor más alto en todo el periodo de pruebas. De igual manera se obtuvieron porcentajes menores de densidad, como es el caso del tratamiento 1 compuesto por aceite de palta variedad Hass con 90 ppm de antioxidante (BHT), presento el valor más bajo de densidad 0.8858 g/cm^3 en el día 30.

Por otra parte la densidad del aceite de palta a temperatura de 35 °C manifestó resultados de 0.9168 g/cm^3 en el día 0 valor más bajo y 0.9296 g/cm^3 en el día 30 valor más alto correspondiente al tratamiento 4 compuesto por aceite de variedad Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHT) siendo este el que presento mayor densidad, así mismo notamos que el tratamiento 6 compuesto por aceite de palta variedad Hass con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHT) fue el que menor densidad presento durante todo el periodo de evaluación 0.887 g/cm^3 . En la figura 10 mostramos los comportamientos de densidad durante todo el periodo de evaluación.

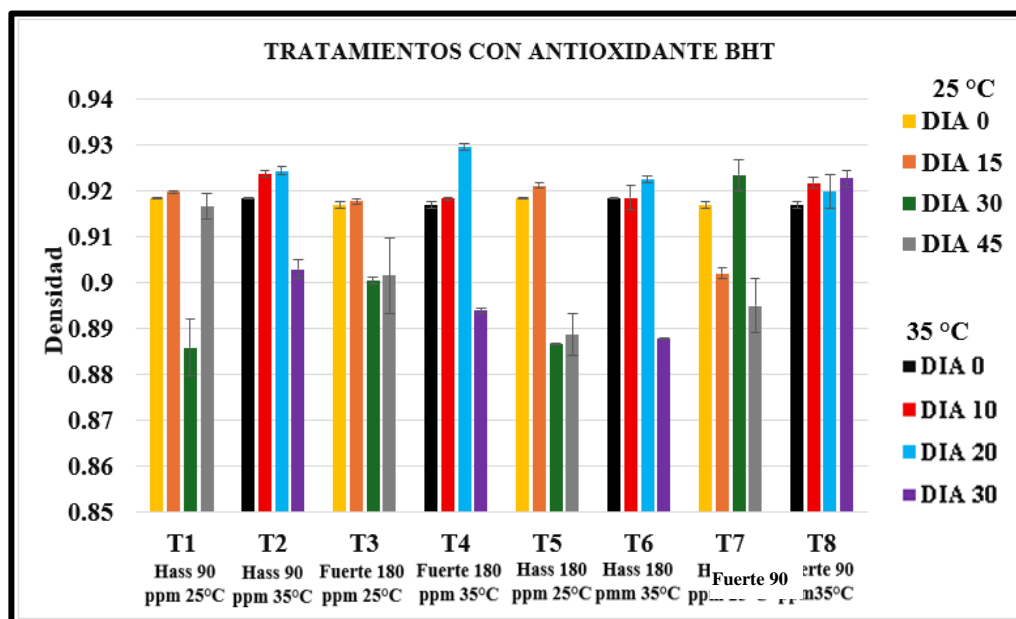


Figura 10 — Comparación de medias de densidad de aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura 25 °C y 35 °C

Los resultados de la densidad se evaluaron mediante el análisis de varianza mostrando que la temperatura presentó un p-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), evidenciando un efecto significativo por lo cual influye en la densidad del aceite. Por otra parte, la concentración y variedad de palta y todas las interacciones presentaron un p-valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$) evidenciando que no presentaron efectos significativos sobre la densidad del aceite de palta, revelando que no tienen influencia sobre la densidad (ver Anexo 1.3).

Como se muestra en la Figura 11 y Anexo 3.3 se presenta la comparación de las medias por HSD de Tukey para la densidad, donde se observó que las medias de densidad con respecto a la variable de temperatura fueron diferentes estadísticamente presentando mayor densidad a una temperatura de 35 °C en comparación a 25 °C que fue menor, mientras que la concentración fue estadísticamente diferente en el cual se evidencio mayor densidad a concentración de 90 ppm de BHT en comparación con 180 ppm y en la variedad de palta es estadísticamente igual, siendo la palta fuerte la cual presentó mayor densidad en comparación con la Hass.

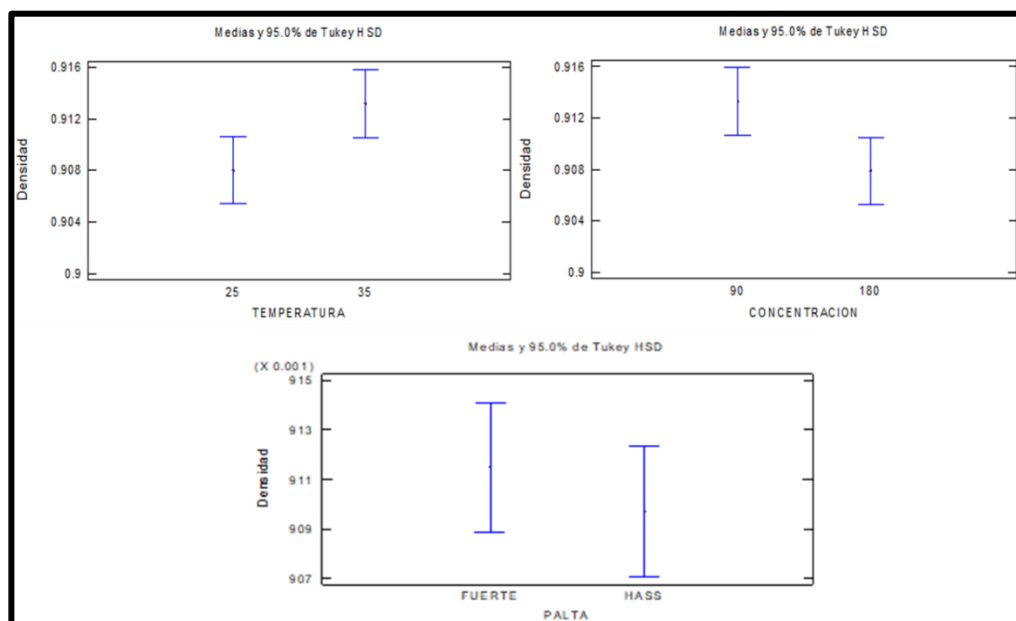


Figura 11 — Comparación de las medias de temperatura, concentración y variedad de palta

d) pH

los resultados obtenidos para el contenido de pH en el aceite de palta variedad Hass y Fuerte a 25 °C variaron de 6.81 en el día 0 valor más alto correspondiente al tratamiento 1 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT) a 6.60 en el día 45 valor más bajo fue correspondiente al tratamiento 7 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT).

Así mismo para los resultados a 35 °C el contenido de pH vario de 6.73 en el día 0 valor más alto a 5.99 en el día 30 valor más bajo correspondiente al tratamiento 8 compuesto por aceite de variedad fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHT). En la figura 12 se presentan los comportamientos de las medias del pH de todos los tratamientos con respecto a los días de almacenamiento, se nota que la tendencia es inestable durante todas las fechas de evaluación.

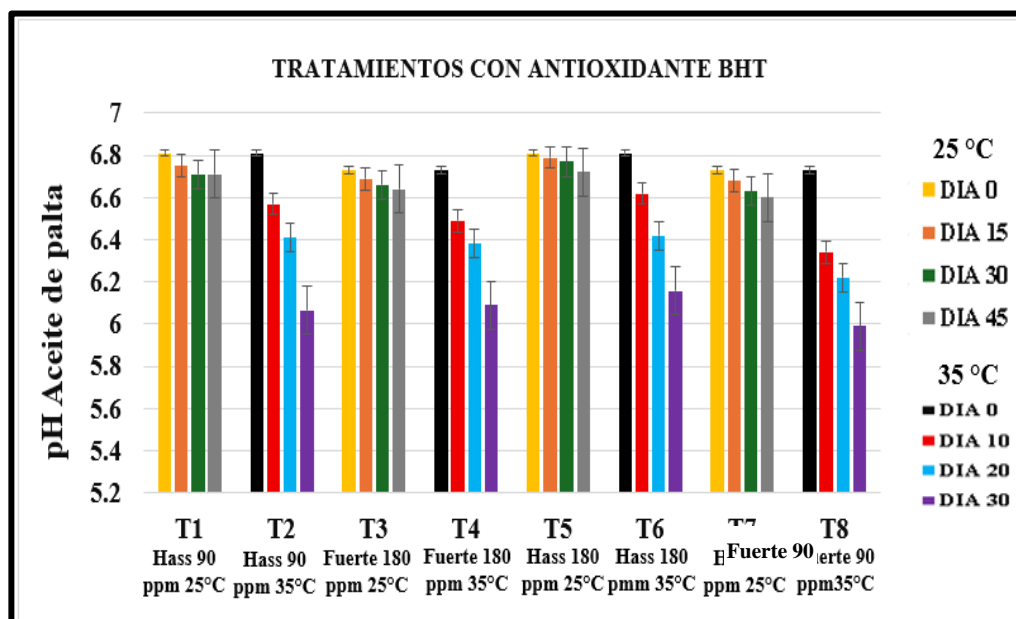


Figura 12 — Comparación de medias de pH del aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Los resultados de pH se analizaron mediante la prueba de análisis de varianza donde la temperatura, concentración, variedad de palta y todas las interacciones presentaron un p-valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$), evidenciando que no existe efecto significativo, lo que quiere decir que no influyen sobre el contenido de pH del aceite de palta de variedades Hass y Fuerte (Ver Anexo 1.4.1).

En la figura 13 y anexo 3.4 se presentan la comparación de medias por HSD de Tukey para las medias de pH donde las medias de los tratamientos con respecto a las variables de temperatura, concentración y variedad de palta son estadísticamente iguales, donde se observa que a 25 °C presentó mayor promedio de pH en comparación a 35 °C el cual fue menor, de igual modo en la concentración de antioxidante se observó que se tuvo mayor contenido de pH a una concentración de 180 ppm, además respecto a la variedad pudimos notar que en la variedad Hass presentó mayor contenido de pH siendo inferior la variedad Fuerte.



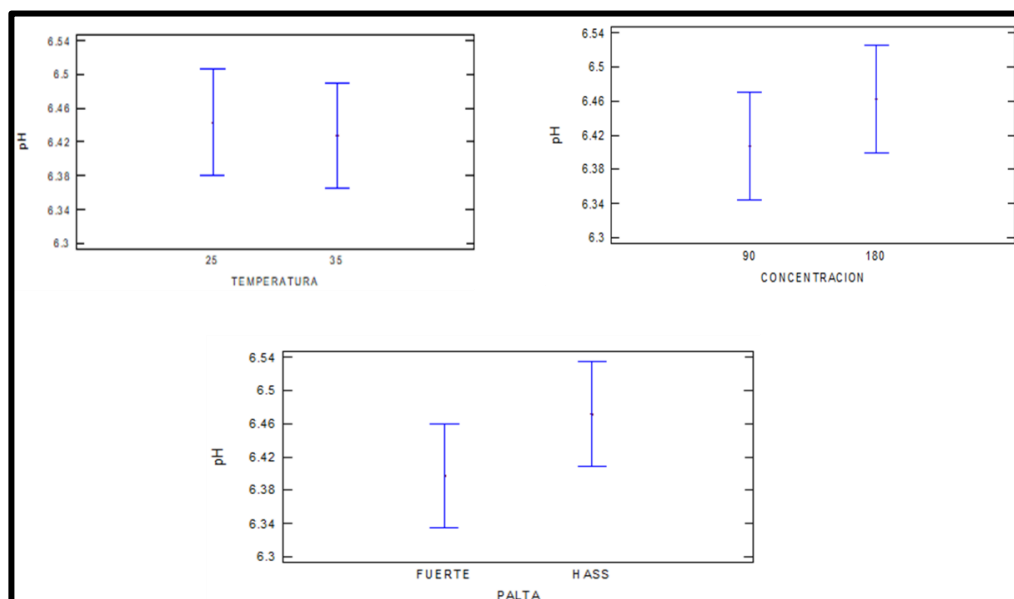


Figura 13 — Comparación de medias de pH; temperatura, concentración y variedad de palta

5.3 Resultados de propiedades de estabilidad del aceite de palta con antioxidante (BHA)

a) Acidez

Los tratamientos de acidez del aceite de palta estudiados a 25 °C variaron de 0.585 en el día 0 valor más bajo correspondiente al tratamiento 3 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) a 1.245 mgKOH/g en el día 45 valor más alto correspondiente al tratamiento 7 compuesto por aceite variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA), mostrando así que existe incremento de acidez con el transcurso de los días, así mismo el tratamiento 5 compuesto por aceite de palta variedad Hass con concentración de 180 ppm con antioxidante BHA mantuvo el valor de acidez menor a 1.

Para los valores estudiados a 35 °C observamos que el valor más bajo es de 0.585 en el día 0 correspondiente al tratamiento 4 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) y el más alto es 1.125 mg NaOH/g en el día 30 correspondiente al tratamiento 6 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) mientras que el tratamiento 2 compuesto por aceite de palta variedad Hass con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA) fue el que mantuvo su acidez menor a 1. En la figura 14 se presentan los comportamientos de las medias de acidez titulable de los

tratamientos estudiados, donde notamos que las medias de los tratamientos 1 al 8 son inestables, siendo así un factor determinante la temperatura y el tiempo. Notamos también que el mejor tratamiento que no presentó un aumento notorio de acidez titulable fue el tratamiento 2.

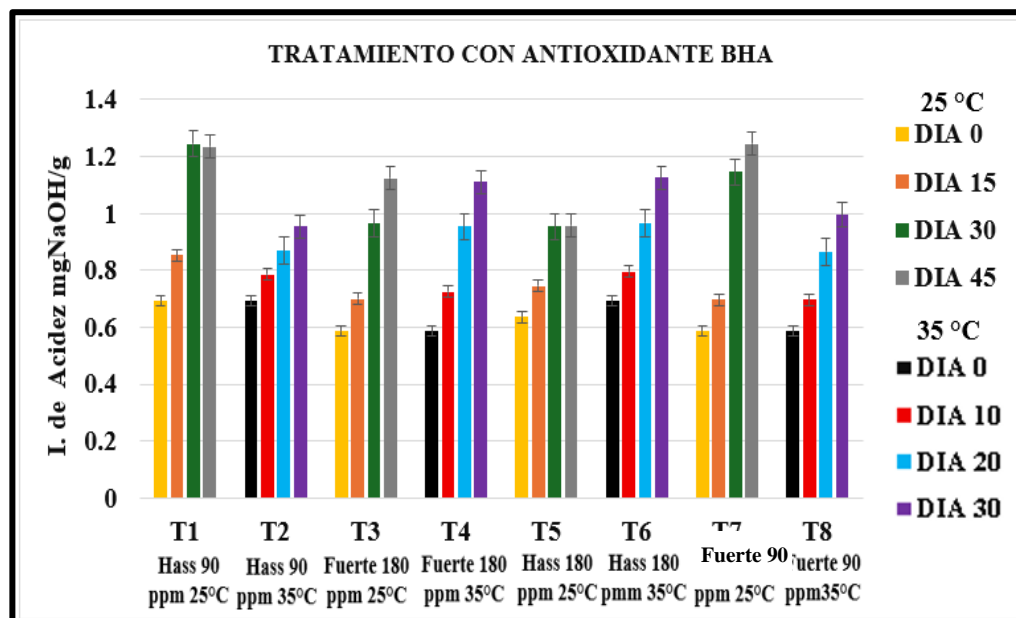


Figura 14 — Comparación de medias de acidez del aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Al realizar la prueba de Kruskal Wallis Multifactorial (Ver anexo 2.1.1), las pruebas estadísticas evidenciaron que la temperatura, la concentración y variedad de palta presentaron un P-valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$), manifestando que no existe un efecto significativo por lo cual no tienen influencia en la acidez del aceite de palta al igual que las interacciones excepto de la interacción AC que presentó un p-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), por lo cual se evidencia un efecto sobre la acidez de los tratamientos con un 95% de nivel de confianza (ver anexo 2.1.1).

En la figura 15 y anexo 4.1 se muestra la contrastación de medias por desigualdad (HSD) de Tukey, las medias de los tratamientos respecto a las variables de temperatura estadísticamente son iguales presentando mayor acidez a temperatura de 25°C, así mismo en la variable de concentración estadísticamente son iguales, presentado una mayor acidez a 90 ppm superior a 180 ppm, mientras que en la variedad de palta estadísticamente son iguales, siendo la variedad Hass la que presenta mayor contenido de acidez, en comparación a la Fuerte.

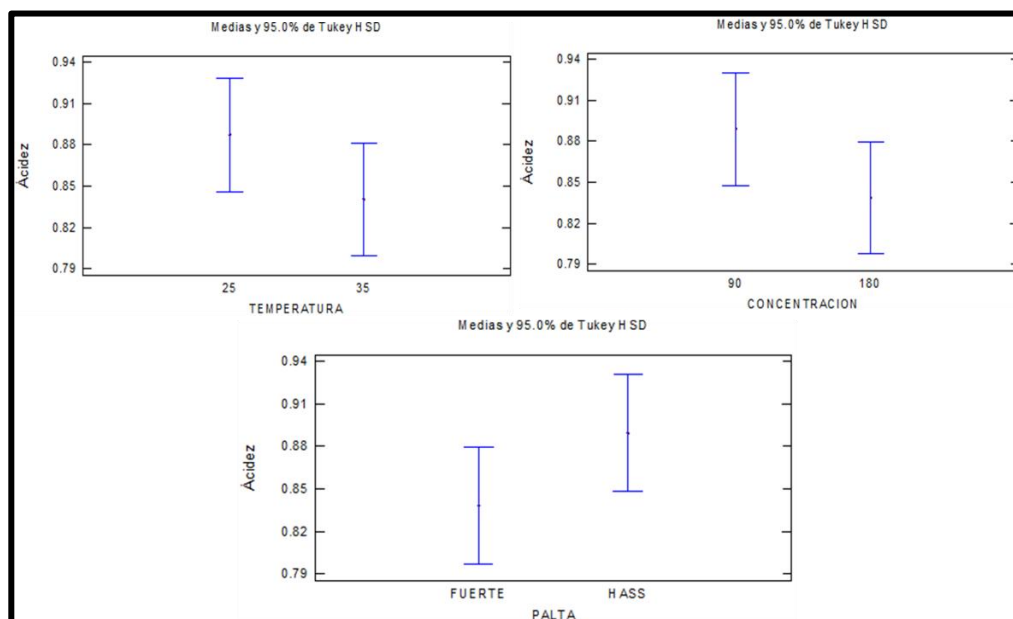


Figura 15 — Comparación de las medias de acidez, temperatura, concentración y variedad de palta

b) Índice de refracción (IR)

Los resultados del índice de refracción del aceite de palta evaluados a 25 °C obtuvieron valores de 1.4674 valor más bajo en el día 0 correspondiente al tratamiento 3 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) a 1.4685 valor más alto en el día 45 de evaluación este correspondiente al tratamiento 7 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA) siendo estos los valores más significativos durante todo el periodo de evaluación,

Así mismo para los resultados evaluados a 35 °C los valores variaron de 1.4674 valor más bajo en el día cero correspondiente al tratamiento 4 compuesto por aceite de palta fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) a 1.4705 valor más alto en el día 20 correspondiente al tratamiento 8 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA). En la figura 16 se presentan los comportamientos de las medias del índice de refracción de los tratamientos evaluados, donde se observa que el comportamiento tiende a ser inestable ya que con el transcurso de los días estos se incrementan y disminuyen, teniendo, así como mejor tratamiento el (T5) compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) el cual mantuvo una estabilidad relativa en el transcurso de las pruebas realizadas.

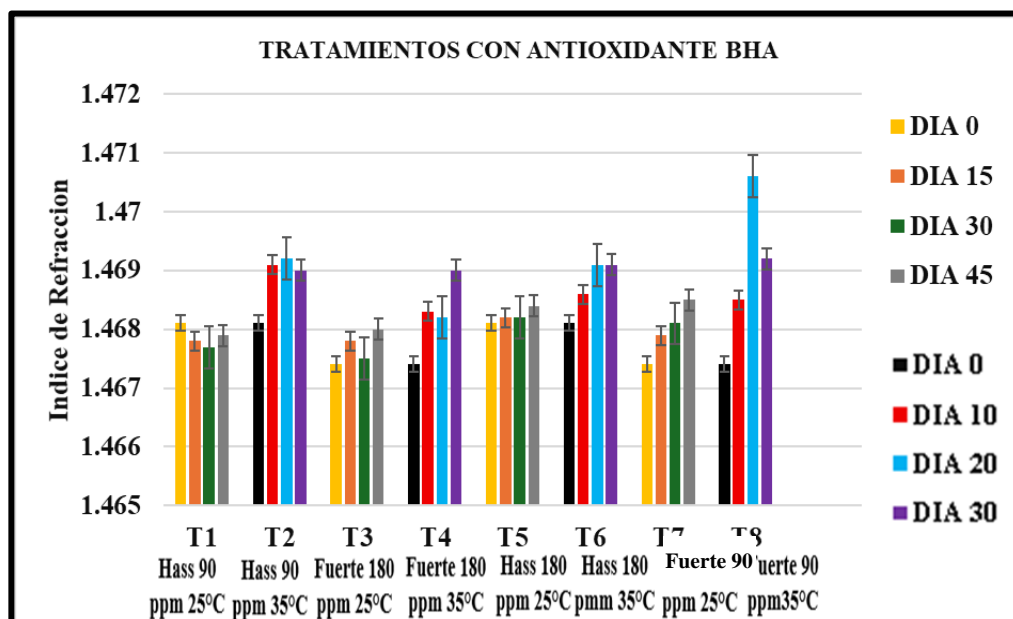


Figura 16 — Comparación de medias del índice de refracción de aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C.

Los resultados obtenidos del índice de refracción se evaluaron por medio del análisis de varianza donde la temperatura y variedad de palta presentaron un p-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), evidenciando un efecto significativo por lo cual tienen influencia sobre el índice de refracción. Por otra parte, la concentración de antioxidante las interacciones presentaron un P-valor Mayor a 0.05 ($p > 0.05$), manifestando que no existe efecto significativo ya que no influyen sobre las medias del índice de refracción del aceite de palta tal cual se puede observar en el (Anexo 2.2.1).

Como se puede observar en la figura 17 y Anexo 4.2 se presenta la contrastación de medias por HSD de Tukey correspondientes al índice de refracción con relación a la temperatura, concentración y variedad se muestra que la temperatura y la variedad poseen valores estadísticamente diferentes, mientras que en la concentración evidencia valores estadísticamente iguales, notando así que a temperatura de 35 °C se tiene un mayor índice de refracción en comparación a 25 °C y en la concentración se puede observar que con 180 ppm de antioxidante (BHA) se tiene mayor índice de refracción a comparación con 90 ppm y en la variedad de palta podemos ver que la variedad Hass posee mayor índice de refracción que la variedad Fuerte.

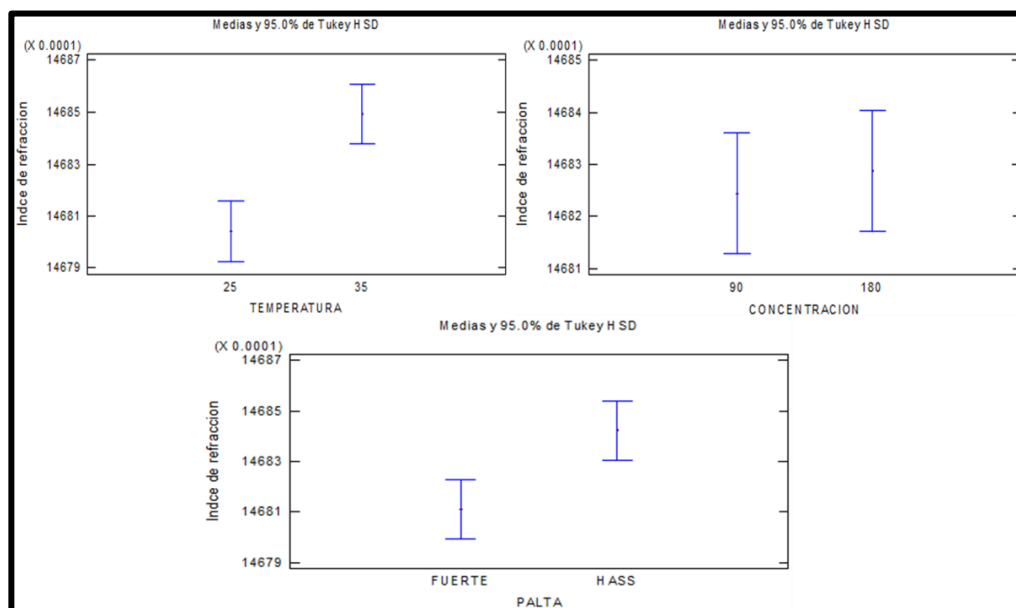


Figura 17 — Comparación de las medias del índice de refracción, temperatura, concentración y variedad de palta

c) Densidad

La densidad del aceite de palta extraído para el almacenamiento a 25 °C fue de 0.9168 g/cm^3 en el día 0 valor más bajo correspondiente al tratamiento 3 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) y 0.9211 g/cm^3 en el día 30 valor más alto correspondiente al tratamiento 5 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 180 de (BHA), el cual fue el que presentó mayor densidad durante todo el periodo de pruebas que se realizó. De igual manera se notó que hubo valores que presentaron porcentajes menores, como es el caso del tratamiento 1 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA), el cual presentó el valor más bajo de densidad 0.9165 g/cm^3 en el día 45.

De igual manera para la densidad del aceite a 35 °C los resultados fueron 0.9168 g/cm^3 en el día 0 valor más bajo correspondiente al tratamiento 4 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) y 0.9227 g/cm^3 valor más alto en el día 30 correspondiente al tratamiento 8 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA) siendo este el que presentó mayor densidad, así mismo notamos que el tratamiento 4 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 180 ppm (BHA) fue el que menor densidad presentó durante el periodo de evaluación. En la figura 18 mostramos los comportamientos de densidad durante todo el periodo de evaluación.

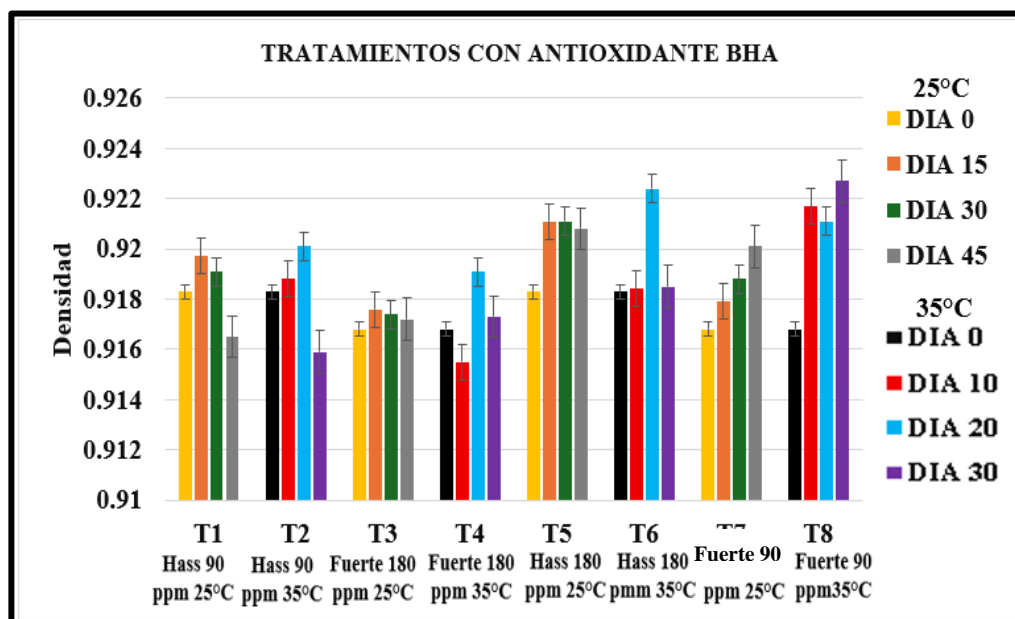


Figura 18 — Comparación de las medias de densidad de aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Los resultados de la densidad se evaluaron mediante la prueba de Kruskal Wallis (Ver anexo 2.3.1), evidenciando que la temperatura, concentración, variedad de palta y las interacciones BC y ABC presentaron un P - valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$) indicando que no existe efecto significativo sobre la densidad del aceite obteniendo evidenciando que no tienen influencia en la densidad, por otra parte la interacción AB Y AC presentaron un P - valor menor a 0.05 ($p < 0.05$), revelando que existe un efecto significativo sobre la densidad de los tratamientos en las interacciones con un 95% de nivel de confianza (ver anexo 2.3.1).

En la Figura 19 y Anexo 4.3 se presenta la comparación de las medias por HSD de Tukey para la densidad, donde se analizó las medias de densidad con respecto a la variable de temperatura, concentración y variedad dando como resultado que estadísticamente son iguales, presentando mayor densidad a una temperatura de 35 °C y una menor densidad a 25 °C, mientras que en la concentración a un porcentaje de 90 ppm se presenta mayor densidad a diferencia de 180 ppm que presenta una menor densidad y respecto a la palta, la variedad Hass presenta mayor densidad en comparación a la variedad Fuerte.

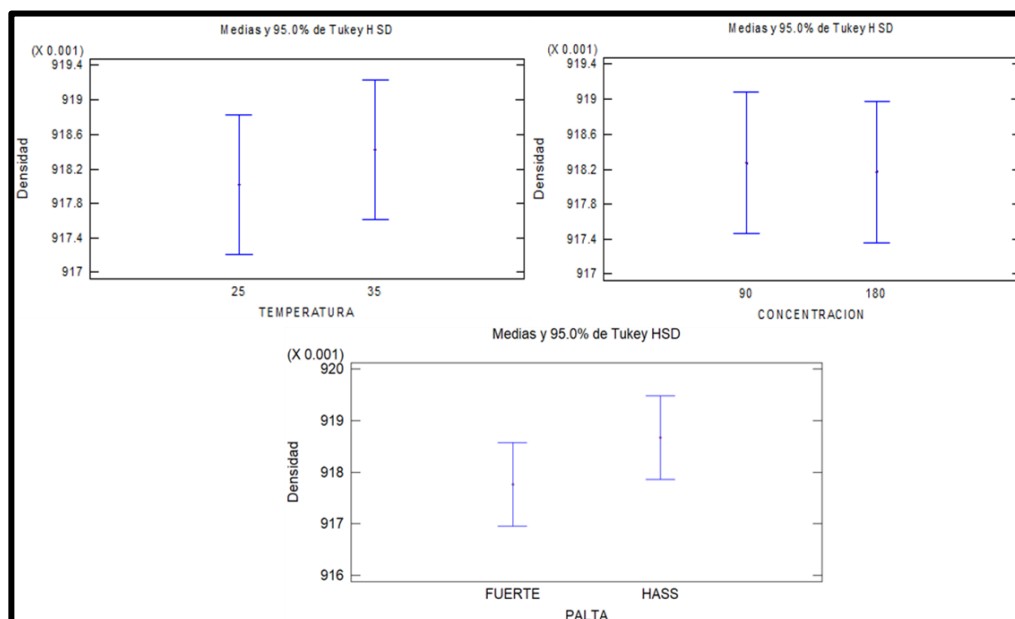


Figura 19 — Comparación de las medias de densidad, temperatura, concentración y palta

d) pH

los resultados obtenidos para el contenido de pH en el aceite de palta de variedad Hass y Fuerte a 25 °C variaron de 6.81 en el día 0 valor más alto correspondiente al tratamiento 1 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA) a 6.68 en el día 45 valor más bajo correspondiente al tratamiento 3 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 180 ppm de antioxidante (BHA) siendo el tratamiento 3 el valor más bajo obtenido durante todo el periodo de evaluación.

Así mismo los resultados obtenidos de pH a 35 °C vario de 6.81 valor más alto en el día 0 correspondiente al tratamiento 2 compuesto por aceite de palta Hass con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA) a 6.11 valor más bajo en el día 30 correspondiente al tratamiento 8 compuesto por aceite de palta Fuerte con concentración de 90 ppm de antioxidante (BHA), siendo este el valor más bajo durante el periodo de evaluación. En la figura 20 se presentan los comportamientos de las medias del pH de todos los tratamientos con respecto a los días de almacenamiento, se nota que la tendencia es decreciente durante todas las fechas de evaluación.

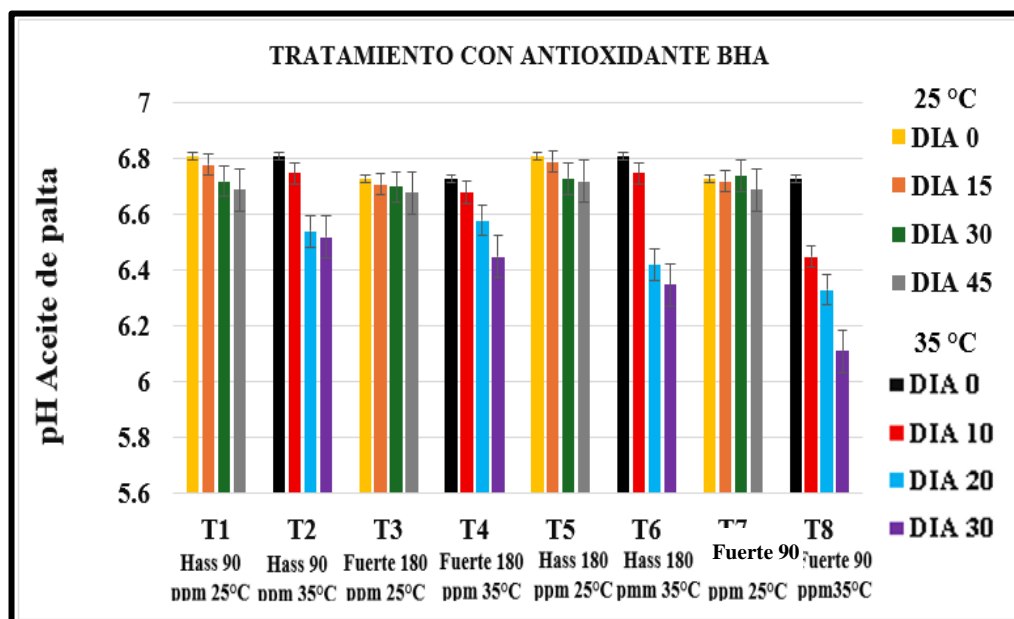


Figura 20 — Comparación de las medias de pH de aceite de palta variedad Hass y Fuerte a temperatura de 25 °C y 35 °C

Los resultados de pH se analizaron mediante la prueba de Kruskal – Wallis multifactorial (Ver anexo 2.4.1), donde la temperatura presentó un P-valor menor a 0.05 ($p < 0.05$) presentando un efecto significativo sobre el pH en comparación a la concentración, variedad de palta y todas las interacciones que presentaron un p-valor mayor a 0.05 ($p > 0.05$), evidenciando que no existe efecto significativo sobre el contenido de pH en el aceite de palta de variedades Hass y Fuerte (Ver Anexo 2.4.1). En la figura 21 y Anexo 4.4 se presentan la comparación de medias por HSD de Tukey para pH, donde las medias de los tratamientos con respecto a las variables de temperatura son diferentes estadísticamente, y para la concentración y variedad de palta son iguales estadísticamente, en tanto se puede observar que a temperatura de 25 °C posee mayor promedio de pH a diferencia de 35 °C que presenta menor contenido de pH, de igual modo en la concentración se observa que se tiene mayor contenido de pH a una concentración de 180 ppm de BHA a diferencia de 90 ppm de BHA que presenta menor contenido y respecto a la variedad de palta pudimos notar que en la variedad Hass presentó mayor contenido de pH a diferencia de la variedad Fuerte.

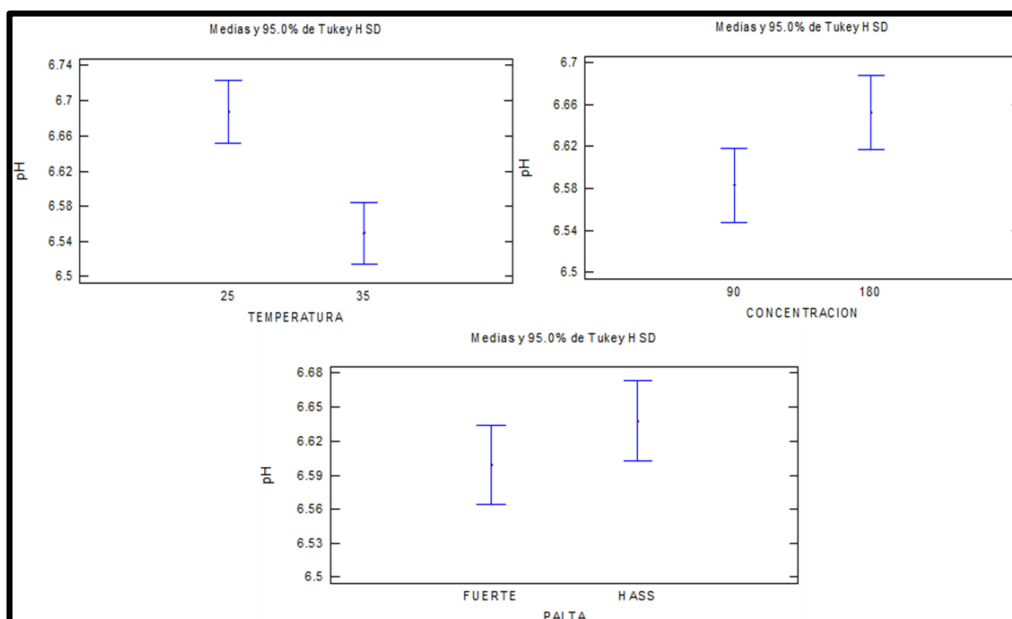


Figura 21 — Comparación de las medias de pH, temperatura, concentración y palta

5.4 Resultado de vida útil de aceite de palta hass y fuerte con antioxidante BHA y BHT

Se realizó aplicando los procedimientos para el estudio de vida útil de aceite de palta mediante pruebas aceleradas tal como se describió en la metodología, siguiendo todos los procedimientos requeridos y se obtuvo los resultados requeridos.



5.4.1 Sistema con antioxidante BTH palta fuerte a 90 ppm de concentración

5.4.1.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 13 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25 °C		35 °C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Peróxido (%)
0	8.6	0	8.60
12	10.54	10	11.67
15	11.379	15	12.40
22	12.04	20	14.31
30	12.64	25	14.42
38	12.65	30	14.61
45	12.77	35	--

- A razón de un accidente no se cuenta con el dato del día 35, la muestra se derramo por factores externos.
- Por otro lado el factor Q_{10} que mide la vida útil, indica en su metodología que se tiene que trabajar con 6 datos como mínimo por la cual incrementamos los medios de los datos obtenidos sin afectar ningún valor, este procedimiento se realizo para todos los procedimientos.

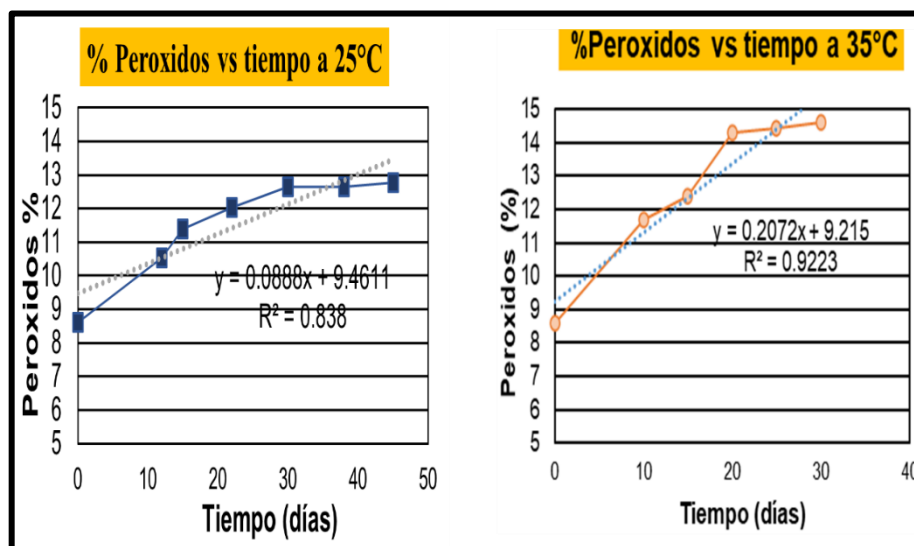


Figura 22 — Grafico para la obtención de R en orden cero

Tabla 14 — Determinación de cinética de degradación para orden uno

20 °C		35°C	
t (días)	Ln Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	2.1517622	0	2.15
12	2.3551775	10	2.46
15	2.4317696	15	2.52
22	2.4882344	20	2.66
30	2.5368664	25	2.67
38	2.54	30	2.68
45	2.5470987		

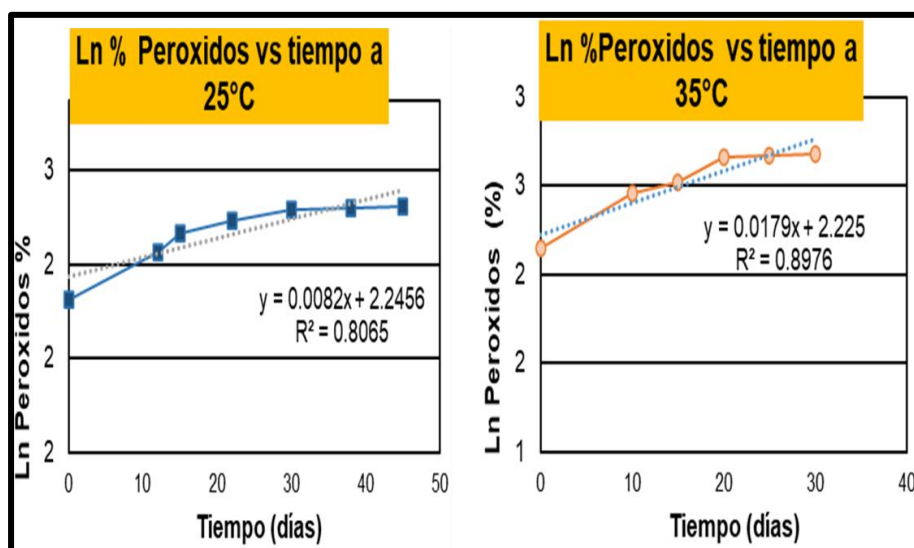


Figura 23 — Grafico para la obtención de R en orden uno

Como se observó la cinética de degradación es de orden cero ya que se obtuvo un valor de R superior al obtenido en orden uno, por lo cual se elige la cinética de degradación de orden cero.

5.4.1.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln (% Peróxido) vs. Tiempo de almacenamiento

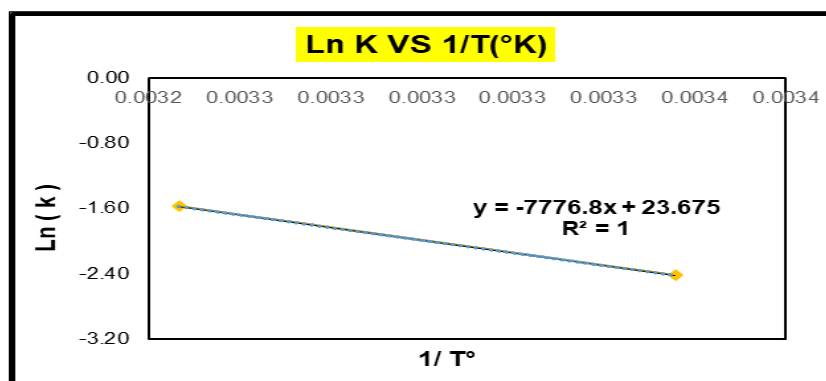


Figura 24 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Para el cálculo de energía de activación se tomó como referencia el promedio de la temperatura de Abancay que es 20 °C.
- Calculando el valor de k a 20 °C utilizando la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT$$

- Pendiente de la recta: $E_a/R = 7776.8 \text{ K}^{-1}$
- R (constante general de los gases): $0.008314 \text{ KJ /mol } ^\circ\text{K}$
- Despejando valores:

$$E_a = 64.656 \text{ KJ /mol}$$

5.4.1.3 Estimación de vida útil de aceite de palta fuerte a 20 °C

- Para la estimación de vida útil se tomó como referencia el promedio de la temperatura de Abancay que es 20 °C.
- Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$
- Donde el tiempo de vida util es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.6 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- $A = 30 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- $K_n =$ Valores a diferentes temperaturas
- $T_s =$ Tiempo de vida útil

T (°C)	K	t (días)	t (meses)
20	0.0834	376.10	12.54

De acuerdo a los cálculos, el tiempo de vida útil para el aceite de palta de variedad fuerte a 90 ppm con antioxidante BHT y a una temperatura de 20°C será de 376 días.

5.4.2 Sistema con antioxidante BHT palta hass a 90 ppm de concentración

5.4.2.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 15 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Peróxido (%)
0	8.64	0	8.64
12	9.87	10	12.63
15	13.31	15	13.02
22	13.89	20	14.31
30	14.65	25	14.55
38	14.97	30	14.98
45	15.58	35	--

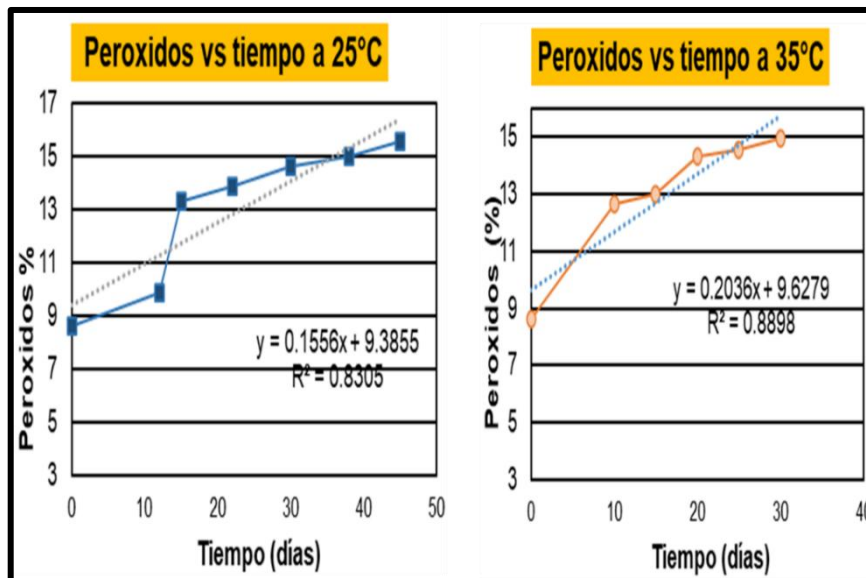


Figura 25 — Grafico para la obtención de R en orden cero



Tabla 16 — Determinación de cinética de degradación para orden uno

25°C		35°C	
t (días)	Ln Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	2.1564026	0	2.16
12	2.2894999	10	2.54
15	2.5885156	15	2.57
22	2.6311692	20	2.66
30	2.6844403	25	2.68
38	2.71	30	2.71
45	2.745988	35	--

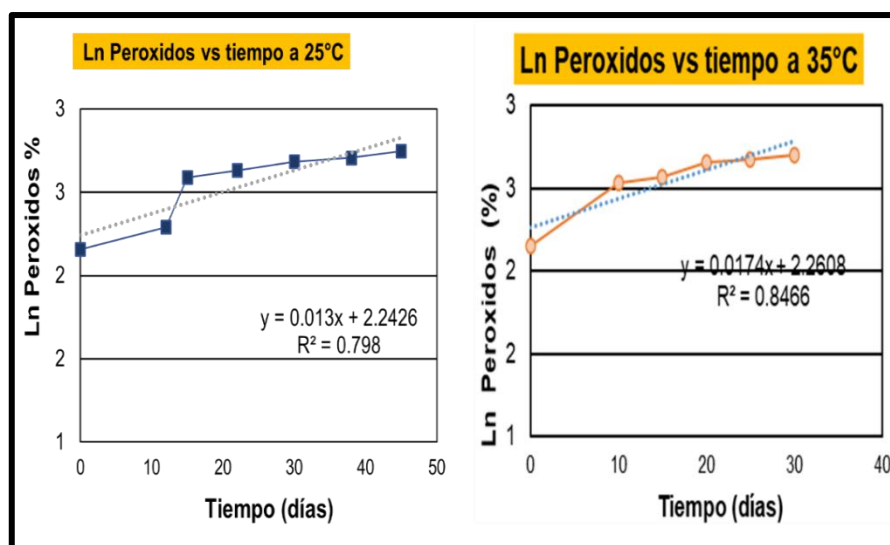


Figura 26 — Grafico para la obtención de R en orden uno

5.4.2.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln (humedad) vs. Tiempo de almacenamiento

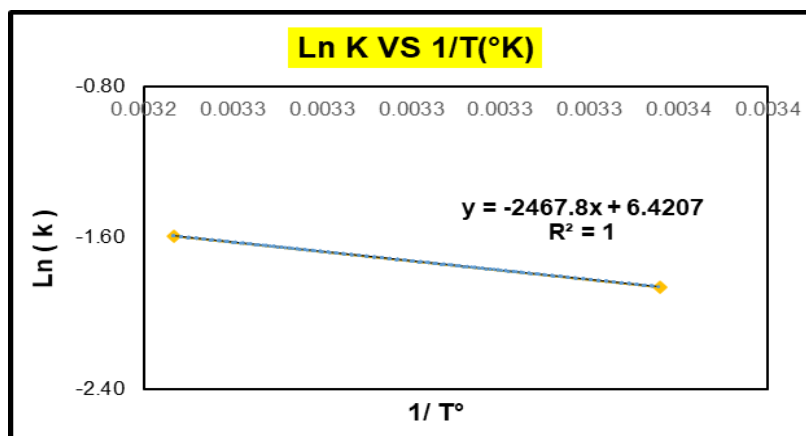


Figura 27 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Calculando el valor de k a 20 °C utilizando la ecuación de Arrhenius
 $\text{Ln } k = \text{Ln } k_0 - E_a / RT$
- Pendiente de la recta: $E_a / R = 2467.8$
- R (constante general de los gases): 0.00831 KJ /mol°K
- Despejando valores: $E_a = 20.5173 \text{ KJ /mol}$

5.4.2.3 Estimación de vida útil de aceite de palta fuerte a 20 °c

Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$

Donde el tiempo de vida util es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.64 \text{ meq } O_2 / \text{kg de grasa}$
- $A = 30 \text{ meq } O_2 / \text{kg de grasa}$
- $K_n = \text{valores a diferentes temperaturas}$
- $t_s = \text{tiempo de vida útil}$

T (°C)	K	t (días)	t (meses)
20	0.1351	188.11	5.27

De acuerdo a los cálculos el tiempo de vida útil para el aceite de palta variedad hass con 90 ppm de antioxidante BHT y a una temperatura de 20 °C será de 188 días.

5.4.3 Sistema con antioxidante BTH hass a 180 ppm de concentración

5.4.3.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 17 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	8.64	0	8.64
12	11.14	10	12.63
15	13.63	15	13.98
22	13.69	20	14.62
30	13.83	25	14.86
38	14.13	30	15.68
45	15.55	35	--

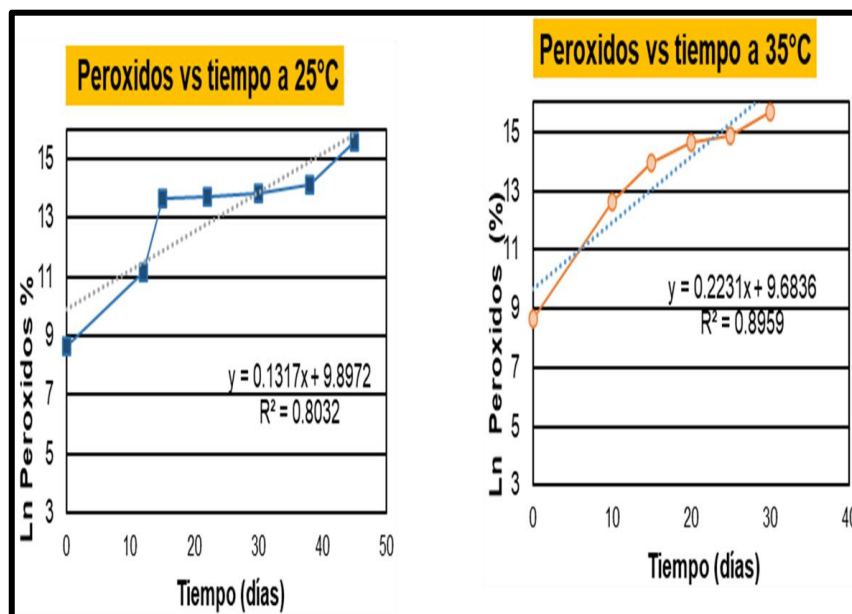


Figura 28 — Grafico para la obtención de R en orden cero



Tabla 18 — Determinación de cinética de degradación para orden uno

25°C		35°C	
t (días)	Ln Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	2.1564026	0	2.16
12	2.4105422	10	2.54
15	2.6122732	15	2.64
22	2.6166656	20	2.68
30	2.6268401	25	2.70
38	2.65	30	2.75
45	2.7440606	35	--

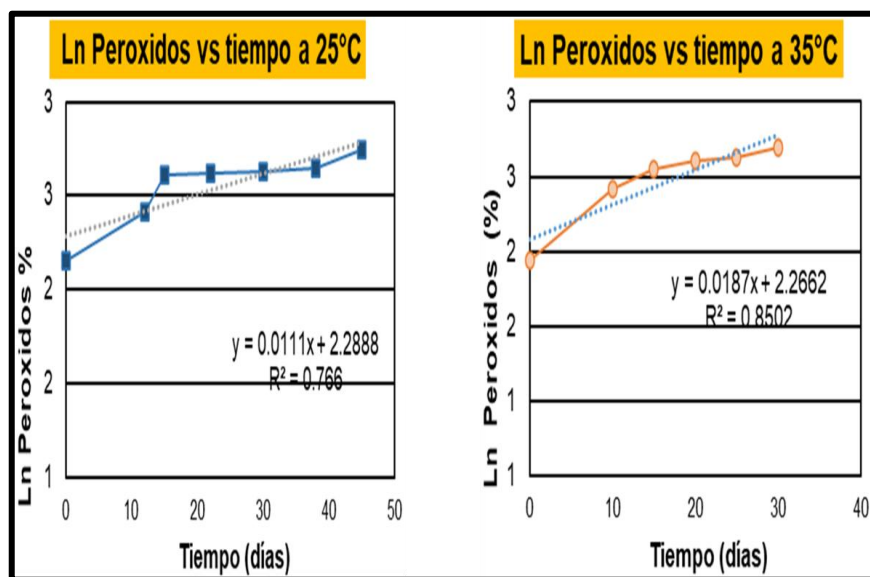


Figura 29 — Grafico para la obtención de R en orden uno

5.4.3.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln (humedad) vs. Tiempo de almacenamiento

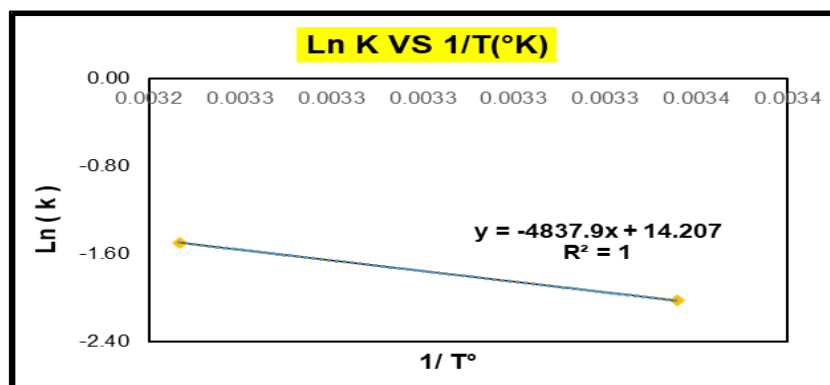


Figura 30 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Calculando el valor de k a 20 °C utilizando la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT$$

- Pendiente de la recta: $E_a / R = 4837.9$
- R (constante general de los gases): $0.008314\text{ KJ /mol}^\circ\text{K}$
- Despejando valores:

$$E_a = 40.2223\text{ KJ /mol}$$

5.4.3.3 Estimación de vida útil de aceite de palta hass a 20 °C

- Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$
- Donde el tiempo de vida útil es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.64\text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- $A = 30\text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- K_n = valores a diferentes temperaturas
- t_s = tiempo de vida útil

T (°C)	K	t (días)	t (meses)
20	0.1000	213.60	7.12

De acuerdo a los cálculos el tiempo de vida útil para el aceite de palta hass con 180 ppm de antioxidante BHT y a una temperatura de 20 °C será de 213 días.

5.4.5 Aceite de palta sin antioxidante (control)

5.4.5.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 19 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Peróxido (%)
0	8.6	0	8.6
12	9.8	10	8.24
15	11.71	15	8.48
22	12.14	20	12.10
30	15.29	25	14.25
38	15.30	30	16.29
45	15.31	35	--

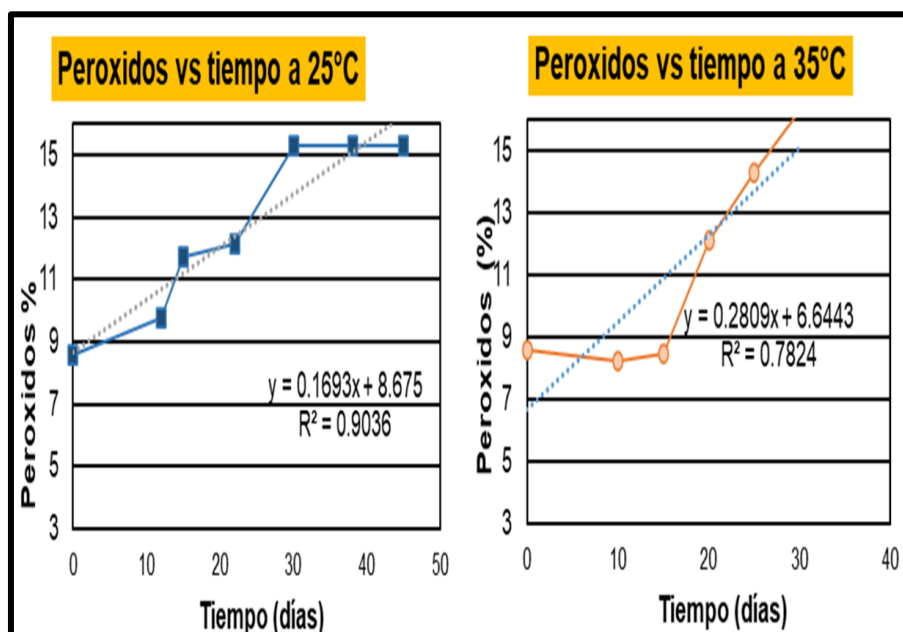


Figura 31 — Grafico para la obtención de R en orden cero



Tabla 20 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Ln Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	2.1517622	0	2.15
12	2.2823824	10	2.11
15	2.4604432	15	2.14
22	2.4965058	20	2.49
30	2.727199	25	2.66
38	2.73	30	2.79
45	2.7285062	35	--

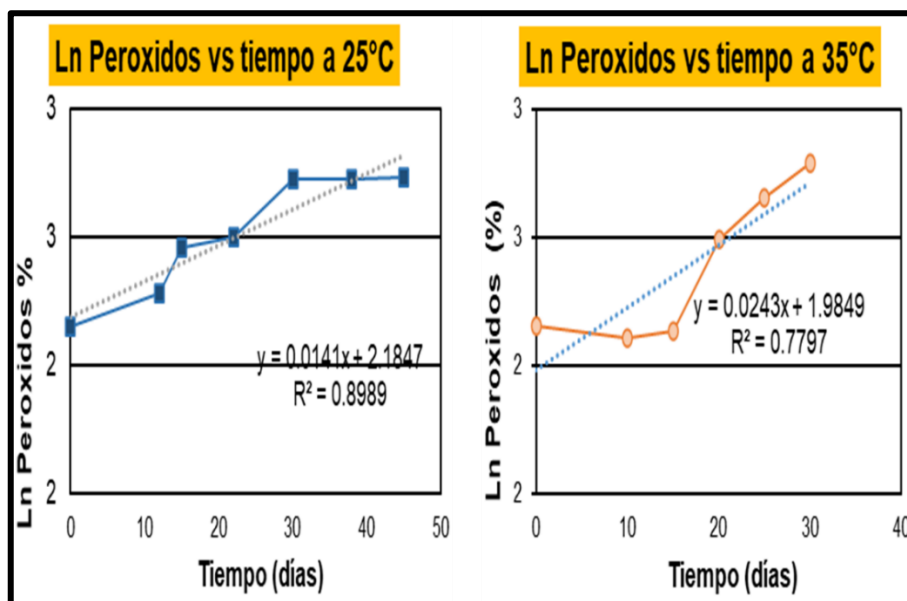


Figura 32 — Grafico para la obtención de R en orden uno

5.4.5.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln (humedad) vs. Tiempo de almacenamiento



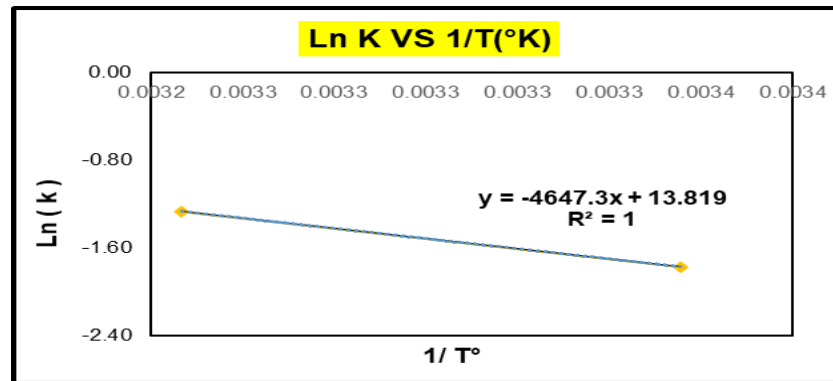


Figura 33 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Calculando el valor de k a 20°C utilizando la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT$$

- Pendiente de la recta: $E_a / R = 4647.3$
- R (constante general de los gases): $0.008314 \text{ KJ / mol}^{\circ}\text{K}$
- Despejando valores:

$$E_a = 38.6377 \text{ KJ / mol}$$

5.4.5.3 Estimación de vida útil de aceite de palta hass a 20°C

Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$

Donde el tiempo de vida útil es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.64 \text{ meq O}_2/\text{kg de grasa}$
- $A = 30 \text{ meq O}_2/\text{kg de grasa}$
- $K_n =$ valores a diferentes temperaturas
- $T_s =$ tiempo de vida útil

$T (^{\circ}\text{C})$	K	t (días)	t (meses)
20	0.1300	164.31	5.48

De acuerdo a los cálculos el tiempo de vida útil para el aceite de palta control sin antioxidante a una temperatura de 20°C será de 164 días.

5.4.6 Sistema con antioxidante BHA palta fuerte a 90 ppm de concentración

5.4.6.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 21 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Peróxido (%)
0	8.6	0	8.60
12	9.18	10	11.67
15	11.379	15	12.87
22	11.77	20	14.31
30	12.64	25	14.48
38	12.66	30	14.62
45	12.779	35	--

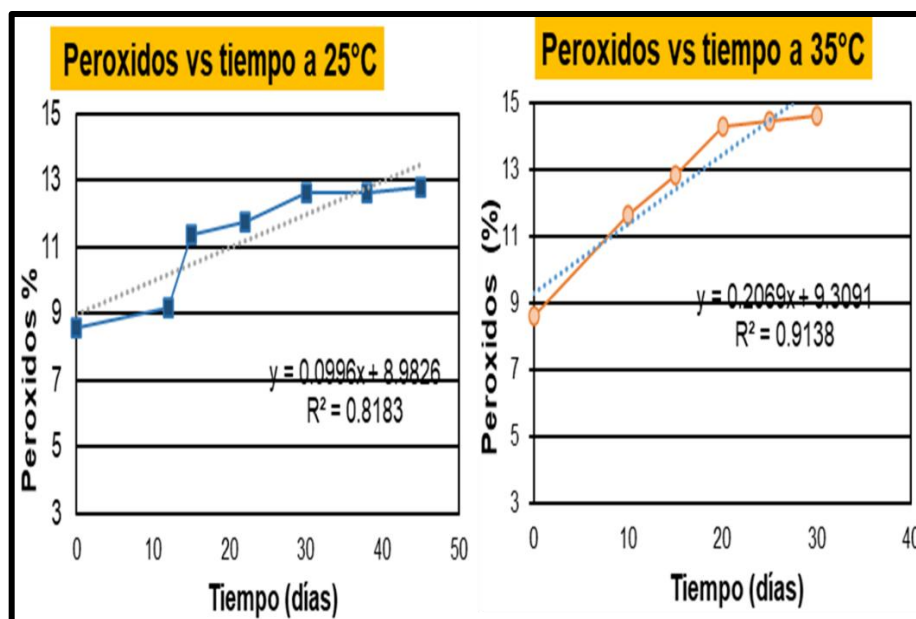


Figura 34 — Grafico para la obtención de R en orden cero



Tabla 22 — Determinación de cinética de degradación para orden uno

25°C		35°C	
t (días)	Ln Peróxido (%)	t (días)	Ln Peróxido (%)
0	2.1517622	0	2.15
12	2.2170272	10	2.46
15	2.4317696	15	2.55
22	2.4655539	20	2.66
30	2.5368664	25	2.67
38	2.54	30	2.68
45	2.5478032	35	--

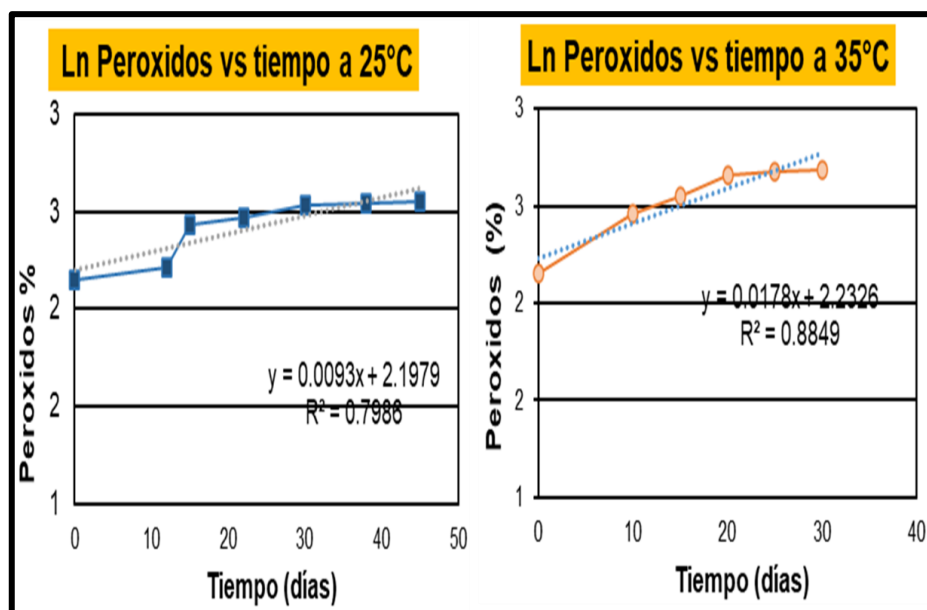


Figura 35 — Grafico para la obtención de R en orden uno

5.4.6.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln(humedad) vs. Tiempo de almacenamiento



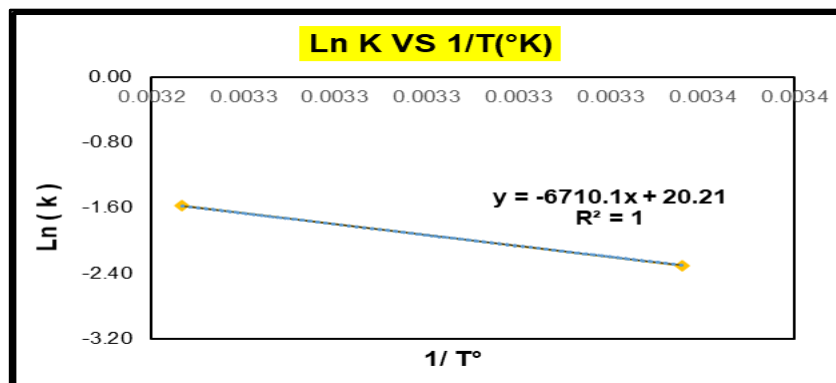


Figura 36 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Calculando el valor de k a 20 °C utilizando la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT$$

- Pendiente de la recta: $E_a / R = 6710.1$
- R (constante general de los gases): $0.008314 \text{ KJ /mol}^\circ\text{K}$
- Despejando valores:

$$E_a = 55.7878 \text{ KJ /mol}$$

5.4.6.3 Estimación de vida útil de aceite de palta fuerte 90 ppm con BHA a 20 °C

Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$

Donde el tiempo de vida útil es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.64 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- $A = 30 \text{ meq O}_2/\text{kg}$ de grasa
- K_n = valores a diferentes temperaturas
- T_s = tiempo de vida útil

T (°C)	K	t (días)	t (meses)
20	0.0700	305.14	10.17

De acuerdo a los cálculos el tiempo de vida útil para el aceite de palta de variedad Fuerte con 90 ppm de antioxidante BHA y a una temperatura de 20°C será de 305 días.

5.4.7 Sistema con antioxidante BHA palta hass a 90 ppm de concentración

5.4.7.1 Determinación de cinética de degradación (orden de reacción)

Tabla 23 — Determinación de cinética de degradación para orden cero

25°C		35°C	
t (días)	Peróxido (%)	t (días)	Peróxido (%)
0	8.6467	0	8.65
12	11.67	10	12.63
15	13.314	15	13.14
22	13.991	20	14.98
30	14.6563	25	14.98
38	14.98	30	14.98
45	15.5831	35	--

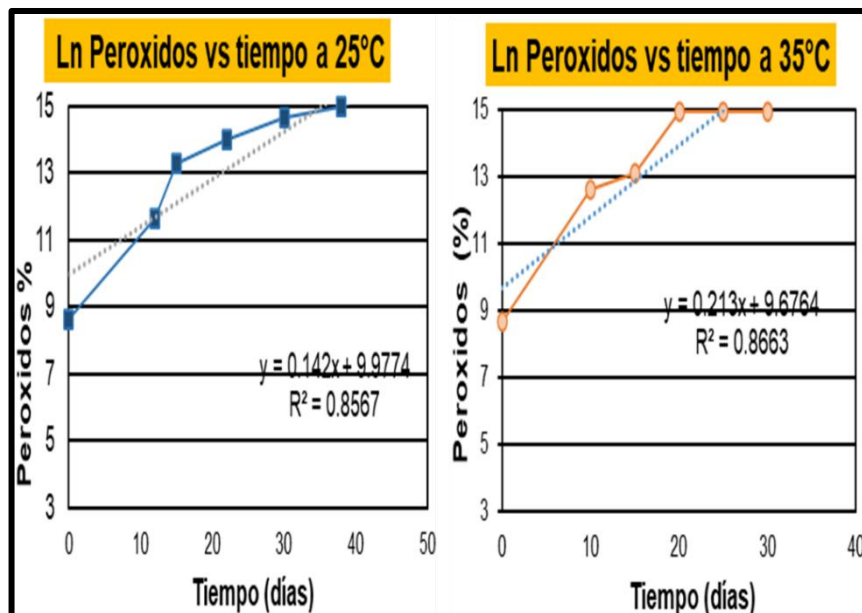


Figura 37 — Grafico para la obtención de R en orden cero



Tabla 24 — Determinación de cinética de degradación para orden uno

25°C		35°C	
t (días)	Ln Peroxido (%)	t (días)	Ln Peroxido (%)
0	2.4570214	0	2.16
12	2.5888161	10	2.54
15	2.6384143	15	2.58
22	2.6848703	20	2.71
30	2.7065825	25	2.71
38	2.75	30	2.71
45	2.5478032	35	--

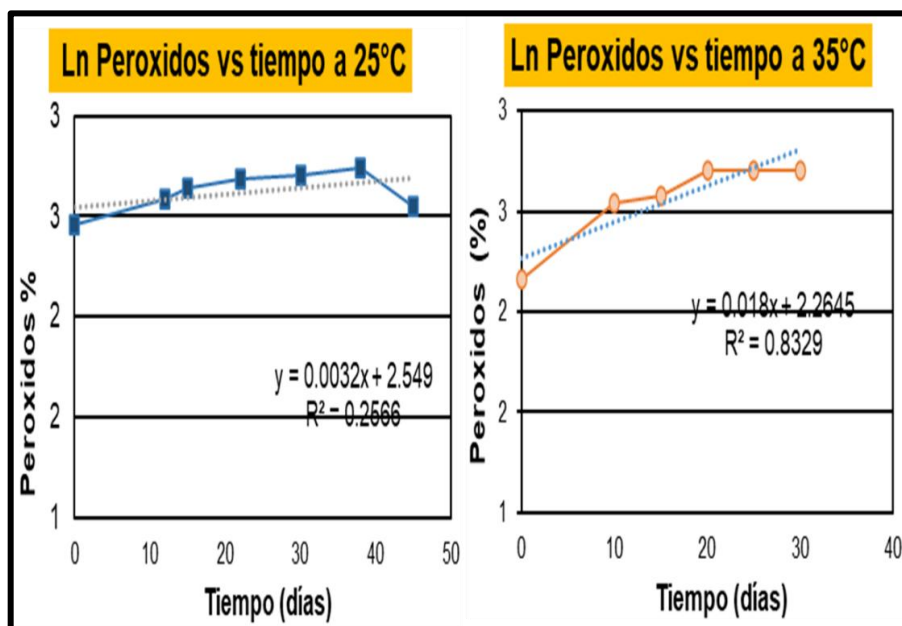


Figura 38 — Grafico para la obtención de R en orden uno

5.4.7.2 Energía de Activación para orden cero

- De la gráfica Ln (humedad) vs. Tiempo de almacenamiento



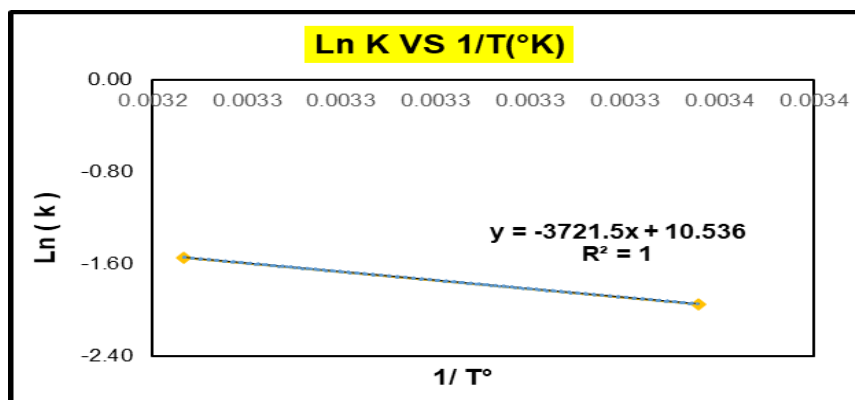


Figura 39 — Grafico de obtención de la pendiente para hallar vida útil

- Calculando el valor de k a 20°C utilizando la ecuación de Arrhenius:

$$\ln k = \ln k_0 - E_a / RT$$

- Pendiente de la recta: $E_a / R = 3721.5$
- R (constante general de los gases): 0.008314 KJ /mol°K
- Despejando valores: **$E_a = 30.9406$ KJ /mol**

5.4.7.3 Estimación de vida útil de aceite de palta hass 90 ppm con BHA a 20 °C

Aplicando la ecuación de orden cero: $A = A_0 + K \cdot t_s$

Donde el tiempo de vida útil es: $t_s = (A - A_0) / K$

Datos:

- $A_0 = 8.64$ meq O₂/kg de grasa
- $A = 30$ meq O₂/kg de grasa
- $K_n =$ Valores a diferentes temperaturas
- $T_s =$ Tiempo de vida útil

T (°C)	K	t (días)	t (meses)
20	0.1100	194.18	6.47

De acuerdo a los cálculos el tiempo de vida útil para el aceite de palta variedad Hass con 90 ppm de antioxidante BHA y a una temperatura de 20°C será de 194 días.

5.4.8 Resumen de vida útil

Tabla 25 — Resumen de vida útil con adición de antioxidantes y el control

Variedad de palta		BHA	BHT
Hass	90 ppm	194 días (6.5 meses)	188 días (6.1 meses)
	180 ppm	175 días (5.5 meses)	213 días (7.1 meses)
Fuerte	90 ppm	305 días (10.1 meses)	376 días (12.5 meses)
	180 ppm	210 días (7 meses)	257 días (8.5 meses)
Control	Sin antioxidante	164.3 días (5.5 meses)	

5.5 Contratación de hipótesis

5.5.1 Hipótesis general: La adición de antioxidantes BHA y BHT y el control de la temperatura de almacenamiento tiene influencia en la estabilidad oxidativa y las propiedades fisicoquímicas (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) y la vida útil del aceite de palta de variedad Hass y Fuerte.

La hipótesis general para la contratación se compone de la siguiente manera:

Características fisicoquímicas

5.5.2 Hipótesis específica 1

La concentración de antioxidantes BHA y BHT y el control de la temperatura tiene efecto en la estabilidad de la oxidación y el comportamiento fisicoquímico del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.

- **Ho:** La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) no afectan significativamente en las propiedades fisicoquímicas (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.
- **Ha:** La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) sí afectan significativamente en las propiedades fisicoquímicas (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.



Según los resultados obtenidos existen diferencias significancias de las temperaturas de almacenamiento, variedad de palta y concentración de antioxidante, sobre las características fisicoquímicas (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH,) porque el grado de significancia fue menor a 0.05 ($P < 0.05$) entonces se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula (Ver Anexo I).

5.5.3 Cinética de degradación

5.5.3.1 Hipótesis específica 1

La concentración de antioxidante BHA y BHT y el control de la temperatura de almacenamiento tiene efecto sobre la cinética de degradación de aceite de plata variedad Hass y Fuerte.

- **H₀**: La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de la temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) no tienen efecto en la cinética de degradación del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.
- **H_a**: La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de la temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) si tienen efecto sobre la cinética de degradación del aceite de plata variedad Hass y Fuerte.

Según los resultados de la cinética de degradación, evaluado mediante el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos indicadores de deterioro (índice de acidez, índice de refracción, densidad y pH) a lo largo del tiempo evaluado, permitió caracterizar el patrón de enranciamiento oxidativo en ambas variedades de aceite de palta. Esta evaluación cinética fue fundamental para cuantificar en las tasas de deterioro bajo las diferentes condiciones experimentales (con o sin antioxidante), entonces podemos decir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula entonces



podemos decir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula ya que la concentración, tipo de antioxidante y tiempo de estudio si influenciaron en la cinética de degradación del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.

5.5.4 Vida útil

5.5.4.1 Hipótesis específica 1

La concentración adecuada del BHA y BHT el control de la temperatura de almacenamiento tiene efecto sobre el tiempo de vida útil del aceite de palta de variedad Hass y Fuerte.

- **H₀**: La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de la temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) no tienen efecto sobre el tiempo de vida útil del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.
- **H_a**: La concentración de antioxidante BHA y BHT a (90 ppm y 180 ppm) y el control de la temperatura de almacenamiento (25 °C y 35 °C) si tienen efecto sobre el tiempo de vida útil del aceite de palta variedad Hass y Fuerte.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de la vida útil, basada en la evaluación cinética de los parámetros de calidad, evidencio un efecto notable y significativo de la adición de los antioxidantes BHA y BHT en la dosis optima de 90 ppm, comparando con el aceite control (sin antioxidante, vida útil igual a 164 días). El tratamiento más efectivo fue el aceite de palta fuerte con 90 ppm de BHT, que alcanzo una vida útil de 376 días. Para BHA, el mejor resultado se obtuvo en aceite de palta fuerte con 90 ppm logrando una vida útil de 305 días, entonces podemos decir que se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula ya que la concentración, tipo de antioxidante y tiempo de estudio si influenciaron en la vida útil del aceite de palta Hass y Fuerte, tomando como mejor opción el uso de antioxidante BHT a concentración de 90 ppm.

5.6 Discusión

5.6.6 Caracterizaciones morfológicas de las variedades de palta (materia prima)

5.6.1.1 Medidas longitudinal, ecuatorial y peso

Los resultados de las mediciones para la variedad Hass fueron de 9.43 cm en longitud, 6.30 cm en diámetro ecuatorial y 153.77 g en peso. En cuanto a la variedad Fuerte, se obtuvieron medidas de 9.04 cm en longitud, 6.33 cm en diámetro ecuatorial y 149.35 g en peso, debe resaltarse que las paltas que se emplearon en el estudio son las llamadas paltas de descarte. Estos resultados son cercanos a los reportados por LLaure y Zotelo (2023), quienes documentaron medidas similares en el fruto de palta para la obtención de aceite: 11.14 cm en longitud, 8.53 cm en diámetro ecuatorial y 211.79 g en peso para la variedad Hass, así como 9.03 cm en longitud, 6.96 cm en diámetro ecuatorial y 311.89 g en peso para la variedad Fuerte.

Asimismo, Condori (2016), presentó valores comparables 8.85 cm en longitud, 6.12 cm en diámetro ecuatorial y 169.16 g en peso para la variedad Hass, y 9.41 cm en longitud, 5.59 cm en diámetro ecuatorial y 142.57 g en peso para la variedad Fuerte. Estos estudios enfatizan que, para la obtención de aceite de palta a partir de frutos de descarte, el estado óptimo del fruto son factores cruciales.

5.6.7 Discusión Características fisicoquímicas de la palta (materia prima)

5.6.2.1 Índice de madurez

En relación con el índice de madurez, evaluado por el método de determinación de materia seca en estufa dio como resultado para la variedad Fuerte 24.16 %, cifra que supero a lo manifestado por la variedad Hass que fue de 20.73. Ambos valores se encuentran dentro del rango de los estándares establecidos para cada variedad, Guerreros (2017), menciona que el índice de materia seca se ha determinado como un indicador del índice de madurez de la palta, y se han establecido estimaciones mínimas como estándares legales para las diferentes variedades, siendo el mínimo exigido de 19 a 25 % de materia seca, esto



dependiendo de la variedad de palta es así que menciona que los valores varían de 19.0 % de materia seca para palta Fuerte y 20.8 % de materia seca para Hass y 24.2 % de materia seca para Gwen.

Así mismo Yahia (2012), hace referencia que el contenido de materia seca ideal para la obtención de aceite de palta debe estar ubicado en los rangos de 22 a 25 % tanto en la variedad Hass y Fuerte, ya que dentro de estos rangos se tiene una concentración de 13 % de contenido de aceite dentro del fruto, por lo que al corroborar con nuestros datos obtenidos podemos visualizar que los valores de la variedad Hass y Fuerte están cerca a los valores brindados por este autor.

LLaure y Zotelo (2023), comentan que los frutos con un color verde brillante y una textura extremadamente dura corresponden a paltas inmaduras, ya sean de la variedad Hass o Fuerte. Por el contrario, las paltas maduras presentan una corteza de tonalidad verde oscura y carecen de brillo, y a medida que maduran, tienden a oscurecerse aún más. Así mismo mencionan que los frutos maduros presentan mayor contenido de aceite el cual lo hace apto para su procesamiento mientras que un fruto en estado de maduración verde pintón poseen más contenido de agua por lo cual mencionan que a mayor contenido de humedad en el fruto habrá un menor contenido de aceite.

5.6.2.2 Cenizas

El porcentaje de cenizas obtenido difiere entre ambas variedades, destacándose una mayor concentración en la variedad Hass, con un 0.95 %, y una menor concentración en la variedad Fuerte, con un 0.82 %. Al comparar estos resultados con los reportados por Villar (2016), se observa que la concentración de cenizas en la palta Hass fue inferior, alcanzando un 0.79 %. En cuanto a la variedad Fuerte, la autora reportó una concentración de cenizas de 1.43 %, cifra que supera la obtenida en el presente trabajo de investigación.

Es evidente que la variedad influye en el porcentaje de cenizas, el cual varía según el grado de madurez. De hecho, un menor grado de madurez tiende a estar asociado con una menor cantidad de cenizas.



Además, es importante considerar que el porcentaje de cenizas puede fluctuar en función de la variedad del fruto, su estado de madurez, la temporada de cosecha y las diversas condiciones de cultivo. El contenido de cenizas en el fruto indica, en general, el bajo valor nutritivo de cada variedad de palta (Salmeron, 2014).

a) Humedad

En el análisis del contenido de humedad, se observó que la variedad Hass manifestó un mayor porcentaje, alcanzando un valor de 76.72 %, lo que indica una mayor humedad en comparación con la variedad Fuerte, que mostró un contenido de humedad de 66.19 %. Estos resultados son similares a los reportados por Guillén (2016), quien determinó un contenido de humedad de 77.19 % para la palta de la variedad Hass. Asimismo, LLaure y Zotelo (2023), obtuvieron resultados afines a los nuestros, registrando un 72.43 % de contenido de humedad para la variedad Hass y un 72.97 % para la variedad Fuerte, valores que se asemejan a los hallados en esta investigación.

Las diferencias en el contenido de humedad entre las variedades de palta pueden explicarse por el estado de madurez en el caso de nuestra materia prima utilizada se presentó en estado maduro. En este contexto, el índice de madurez de este fruto está directamente relacionado con la concentración de aceite y el contenido de materia seca, lo que a su vez influye en el contenido de humedad del fruto (Serpa. et al. 2014).

5.6.8 Discusión de propiedades de estabilidad del aceite de palta con antioxidante (BHT y BHA)

5.6.3.1 Índice de acidez

Los resultados de acidez titulable de los tratamientos evaluados variaron entre 0.585 mgNaOH/g el valor más bajo y 1.408 mgNaOH/g el valor más alto a lo largo de todo el período de investigación, estos valores fueron los que menor y mayor promedio obtuvieron de entre todos los tratamientos presentados, dichos promedios obtenidos se encuentran dentro del rango establecido por la norma técnica establecida para el



aceite de sacha inchi 151.400 – 2009, que estipula un máximo de 1 mgNaOH/g para el aceite extra virgen y de 2 mgNaOH/g para el aceite virgen. Por lo tanto, todos los tratamientos evaluados presentaron porcentajes que se encuentran dentro del rango establecido, lo cual indica que poseen propiedades que indican que se trata de un aceite de buena calidad.

LLaure y Zotelo (2023), obtuvieron resultados similares al evaluar la estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas del aceite de palta a diferentes temperaturas, encontrando valores de acidez de 0.6637 mgNaOH/g y 0.8167 mgNaOH/g, al respecto en cuanto al contenido de acidez podemos observar que los resultados obtenidos se asemejan al presente trabajo de investigación, de igual manera Santos (2018), obtuvo resultados similares al estudiar la estabilidad oxidativa de aceite de sacha inchi con la utilización de antioxidantes, presentando valores de acidez de 1.2 mgNaOH/g y 1.3 mgNaOH/g, notando así que estos datos se encuentran dentro de los valores que se obtuvo en la investigación.

En consecuencia, se puede afirmar que el índice de acidez del aceite obtenido para la investigación presenta un adecuado valor de acidez comparándolo con los autores mencionados y haciendo énfasis en la NTP 151.400 – 2009, donde indica los niveles permitidos para su clasificación de aceite extra virgen y aceite virgen.

Así mismo, Chilig y Chiluisa (2018), evaluaron el efecto antioxidante del aceite esencial (*Minthostachys mollis*) y un antioxidante sintético BHT en el aceite de palta en diferentes concentraciones, obteniendo en el día 1, 0.43 mgNaOH/g y en el día 5, 0.71 mgNaOH/g valores de acidez que al ser comparados con los resultados obtenidos en la investigación tienden a ser semejantes, por lo que podemos decir que nuestros tratamientos presentan mejor índice de acidez.

Al contrastar nuestro estudio con los hallazgos de los autores mencionados, observamos que el tratamiento 7 compuesto por aceite de palta fuerte con antioxidante BHT a 90 ppm obtuvo el índice de acidez más alto 1.408, el cual se encuentra dentro de lo descrito por Woolf et al.



(2009), que establece que un índice de acidez óptimo de $\leq 1\%$ se refiere a aceites de palta extra virgen y $\leq 2\%$ para aceites de palta virgen. Además, enfatizan la importancia de realizar la extracción del aceite en el momento óptimo de madurez de la palta, teniendo en cuenta las prolongadas demoras durante el proceso de obtención del aceite.

5.6.3.2 Índice de refracción

Los resultados obtenidos en el índice de refracción mostraron una variación mínima durante el periodo de investigación, presentando el valor de 1.4674 en el día 0, valor más bajo y 1.4706 en el día 20, valor más alto, siendo estos valores los resultados más bajos y altos de todos los tratamientos evaluados en la investigación. Estos valores se encuentran dentro del rango reportado por Chilig y Chiluisa (2018), donde presentan resultados similares de índice de refracción en el día 1 obtuvieron índice de refracción de 1.4693 y en el día 5 obtuvieron 1.4698. Al respecto los resultados de índice de refracción manifestados por los autores al ser comparados con los obtenidos en la investigación son similares.

Por otra parte, LLaure y Zotelo (2023), obtuvieron valores de índice de refracción de 1.4691 a temperatura de 20 °C y 1.4693 a temperatura de 80 °C, siendo los valores más bajos y altos en los todos los tratamientos que evaluaron, los cuales al ser comparados a los valores obtenidos en nuestra investigación notamos que existe similitud y no presentan mucha diferencia, de igual manera Guillén Sánchez (2016), reportó valores de índice de refracción que oscilaron entre 1.440 y 1.470 a una temperatura de 25 °C, con relación a los resultados presentados podemos notar que no existe diferencias significativas.

Los valores mencionados por los diferentes autores son similares con los resultados obtenidos en nuestra investigación, lo que representa un adecuado índice de refracción. Gamboa Barrial (2021), afirma que el índice de refracción está relacionado con la calidad del aceite, considerándolo un indicador de pureza; así, un mayor valor de índice de refracción indica un aceite de alta pureza, lo que a su vez incrementa su calidad.



5.6.3.3 Densidad

Los resultados obtenidos en cuanto a la densidad de los tratamientos evaluados variaron de 0.885 g/cm^3 valor más bajo en el día 0 y 0.929 g/cm^3 valor más alto en el día 20, siendo estos los valores más bajos y altos de todos los tratamientos evaluados durante la investigación. Estos valores son comparables con los reportados por LLaure y Zotelo (2023), quienes encontraron valores de densidad en el aceite de palta fuerte que oscilaban entre 0.947 g/cm^3 a temperaturas de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y 0.9492 g/cm^3 a temperatura $80 \text{ }^\circ\text{C}$ y para la variedad hass la densidad fue de 0.901 g/cm^3 a $20 \text{ }^\circ\text{C}$ y 0.911 g/cm^3 a $80 \text{ }^\circ\text{C}$. Al respecto observando los valores obtenidos por los autores y comparándolos con los resultados de la investigación podemos notar que los resultados se asemejan, sin mostrar mucha diferencia.

Santos Agualongo (2018), mostro resultados similares al obtener 0.93 g/cm^3 de densidad en el aceite de sachá inchi con antioxidante alfa-tocoferol y 0.929 g/cm^3 para el aceite de sachá inchi con BHT estos evaluados a una temperatura de $25 \text{ }^\circ\text{C}$ al observar estos resultados podemos decir que los resultados obtenidos en la investigación se asemejan ya que no presentan mucha variación.

González (2009), señala que la densidad del aceite disminuye cuando su peso molecular también se reduce. Además, indica que, a mayor nivel de insaturación, mayor es el valor de la densidad. Por otro lado, también menciona que la temperatura y el método de extracción influyen en el nivel de densidad del aceite de palta.

5.6.3.4 pH

los resultados obtenidos de pH en los tratamientos evaluados variaron de 6.81 en el día 0 valor más alto a 5.99 en el día 30 valor más bajo, los cuales fueron los valores que se tomaron como los más altos y bajos de todos los tratamientos evaluados durante todo el periodo de ejecución de la investigación, estos valores presentados son cercanos a los resultados obtenidos por Coello y Garces (2015), quienes obtuvieron resultados de pH de 6.45 y 6.60 valores que al comparar con los que se obtuvo en la



investigación mantienen semejanza ya que no se observa diferencia. Por otro lado Krumreich et al. (2018), obtuvieron resultados en pH de 6.5 en el aceite de palta.

Gómez Agüero (2011), en la evaluación del pH del aceite de palta, obtuvo el valor de 5.5, al respecto podemos afirmar que los valores obtenidos en la investigación son similares ya que no se observan valores lejanos a los obtenidos en la investigación, así mismo podemos decir que el pH en aceites vegetales tiende a mostrar variaciones por influencia del método de obtención y el estado de maduración del fruto.

5.6.4 Discusión de vida útil del aceite de palta con adición de BHT y BHA

Los resultados obtenidos para el estudio de vida útil del aceite de palta de variedad Hass y Fuerte, con antioxidantes BHA y BHT, variaron según la concentración utilizada. Es así que el tratamiento 8 compuesto por aceite de palta variedad Fuerte con concentración de 90 ppm de BHT, fue el que alcanzó 376 días, tiempo más prolongado de vida útil registrado en la investigación. Para el antioxidante BHA, el mejor resultado se consiguió con concentración de 90 ppm en el aceite de palta Fuerte, con una vida útil de 305 días. Estos valores son superiores a los reportados por Santos (2018), quien estudió la estabilidad del aceite de sacha inchi bajo diferentes condiciones de inhibición oxidativa. En su investigación, utilizó dos antioxidantes: alfa-tocoferol a una concentración del 0.03 % a una temperatura de 25 °C, obteniendo un tiempo de vida útil de 149 días, de igual manera para el antioxidante BHT a una concentración del 0.02 % a la misma temperatura, logrando obtener 177 días de vida útil en envases de vidrio ámbar.

De igual manera LLaure y Zotelo (2023), obtuvieron resultados de vida útil de 180 días en aceite de palta de variedad Fuerte a 30 °C de almacenamiento siendo este el periodo más corto y 385 días en aceite de palta de variedad Fuerte almacenado a la misma temperatura el periodo más largo y para aceite de palta Hass a 30 °C de almacenamiento el tiempo de vida útil fue de 245 días el menor promedio y el mayor fue de 605 días de vida útil. por lo que podemos deducir que los resultados obtenidos por los autores mencionados presentan diferentes



tiempos de vida útil según, el almacenamiento y concentración de antioxidante por lo que podemos decir que todos estos factores influyen en la vida útil del aceite de palta.

Jemima et al. (2021) mencionan que la incorporación de antioxidantes constituye un método eficaz para mejorar la estabilidad oxidativa. Estos compuestos retrasan la formación de productos secundarios al restringir la autooxidación de los sustratos.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- Se evaluó la dosis óptima de ambos antioxidantes (BHA y BHT) para preservar las propiedades fisicoquímicas del aceite de palta (variedades Hass y Fuerte) en inhibir eficazmente la oxidación y el enranciamiento siendo la mejor concentración 90 ppm. de BHT, Sin embargo, los efectos específicos sobre los parámetros evaluados fueron diferenciales: El BHT ejerció un efecto estadísticamente significativo ($p < 0.05$) en la estabilidad de la acidez y la densidad, mientras que no mostró efecto significativo ($p > 0.05$) sobre el pH y el índice de refracción. El BHA en contraste demostró un efecto significativo ($p < 0.05$) sobre la estabilidad del pH y el índice de refracción, sin impacto significativo ($p > 0.05$) sobre la acidez y la densidad. Estos hallazgos indican perfiles de acción distintos para cada antioxidante sobre los parámetros fisicoquímicos evaluados.
- El estudio de la cinética de degradación, evaluado mediante el seguimiento de los parámetros fisicoquímicos indicadores de deterioro (acidez, densidad, pH y índice de refracción) a lo largo del tiempo, permitió caracterizar el patrón de enranciamiento oxidativo en ambas variedades de aceite de palta. Esta evaluación cinética fue fundamental para cuantificar en las tasas de deterioro bajo las diferentes condiciones experimentales (con o sin antioxidante).
- La determinación de la vida útil, basada en la evaluación cinética de los parámetros de calidad, evidenció un efecto notable y significativo de la adición de los antioxidantes BHA y BHT obteniendo como dosis óptima 90 ppm de BHT, comparando con el aceite control (sin antioxidante, vida útil fue de 164 días). El tratamiento más efectivo fue el aceite de palta fuerte con 90 ppm de BHT, que alcanzó una vida útil de 376 días. Para BHA, el mejor resultado se obtuvo en aceite de palta fuerte con 90 ppm logrando una vida útil de 305 días. Estos resultados demuestran que la incorporación de antioxidantes sintéticos en sus dosis adecuadas incrementa sustancialmente la estabilidad oxidativa y en consecuencia prolonga la vida útil del aceite de palta Hass y Fuerte.



6.2 Recomendaciones

- Realizar estudios con diferentes tipos de antioxidantes de origen natural, provenientes de hierbas aromáticas o frutos con alto contenido de antioxidantes ya que a partir de estos podremos determinar su nivel de influencia en la estabilidad y comportamiento del aceite de palta y tener conocimiento si son mejores que los antioxidantes sintéticos.
- Se recomienda realizar el análisis de índice de yodo y saponificación con el propósito de obtener una mejor evaluación y mejores resultados sobre la calidad del aceite.
- Se recomienda también que para la obtención del aceite de palta se debe tener en cuenta el índice de madurez del fruto, ya que a mayor humedad habrá menor cantidad de aceite y menor humedad habrá mayor contenido de aceite y así también influirá en las características fisicoquímicas del aceite.
- Se recomienda que los productores tengan la iniciativa de tomar cursos de capacitación en temas de alternativas de aprovechamiento de la palta descarte para así evitar el desperdicio y pérdida de este fruto y generar nuevas formas de aprovechamiento que favorezca su economía.
- Se recomienda el aprovechamiento de la palta de descarte para que a partir de ello se puedan generar diferentes subproductos con un alto valor agregado tales como el aceite, suplementos alimenticios, champú, jabón y productos cosmetológicos y de esta manera aprovechar todas las bondades que nos ofrece este fruto.
- Se recomienda el estudio y uso de la palta criolla de nuestra región para generar sub productos y promover la industria de esta variedad la cual no posee un mercado definido.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGROBANCO. Guía técnica curso. *Taller Manejo integrado de palto*, 2011, [https://www.agrobanco.com.pe/Palto/Guia Técnica de Palto.pdf](https://www.agrobanco.com.pe/Palto/Guia_Técnica_de_Palto.pdf)

AMÓRTEGUI FERRO, Ignacio; CAPERA DUCUARA, Edgar; y GODOY ACOSTA, José. El cultivo de aguacate módulo educativo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural Agrosavia. *Corporación colombiana de investigación agropecuaria*, 2001. [consulta: 11-09-2024]. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13053>

AVELLO, Marcia y SUWALSKY, Mario. Radicales libres, *antioxidantes naturales y mecanismos de protección* [en línea]. 2006, pp. 161-172. [consulta: 1-12-2024]. disponible en: doi.org/10.4067/S0718-04622006000200010

BARBISAN CANDELA, Roció. Definición de Ecuación de Arrhenius. *Procedimiento empleado para hallar vida útil*, 2022, <https://significado.com/ecuacion-arrhenius>

BARRIENTOS PRIEGO, Alejandro. *Cultivares y portainjertos en el aguacate: Botánica, producción y usos*, 2017, vol.14

BHUYAN DEEP, Jyoti; ALSHERBINY Muhammad; PERERA, Saumya; Low, MITMCHELL; Basu, AMRITA; DEVI, Okram; BAROOAH, Mridula; LI CHUN, Guang. y Papoutsis, Konstantinos, 2019. The Odyssey of Bioactive Compounds in Avocado (*Persea americana*) and Their Health Benefits. *Antioxidants*, [en línea]. 2019, vol. 10, [consulta: 29-08-2024]. Disponible en: doi.org/10.3390/antiox8100426

CAROCHO, Marcio y FERREIRA, Isabel. A review on antioxidants, prooxidants and related controversy: *Natural and synthetic compounds, screening and analysis methodologies and future perspectives*, [en línea], 2013. [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2012.09.021>

CHILIG PANELUISA, Soraya P. y CHILUISA LLAMBA, Edith N. Efecto antioxidante del aceite esencial de tipo (*Minthostachys mollis*) en el aceite de Aguacate (*Persea americana*), [en línea], 2018, [consulta: 22-08-2024].

Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8695>



CODEX ALIMENTARIUS. Norma general para los aditivos alimentarios. Dosis máximas permisibles de Butilhidroxitolueno (BHT) y butilhidroxianisol (BHA) en grasas y aceites vegetales, [en línea], 2024. [consulta: 04-27-2025] Disponible en: <https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius>

CODEX ALIMENTARIUS. Proposed draft amendment revision to the standard for named vegetable oils: *Inclusion of Avocado oil*. [en línea], 2021. [consulta: 16-01-2025]. Disponible en: <https://www.google.com/search?q=codexalimentariuspdf>

COELLO FRÍAS, Valeria N. y SALAZAR GARCÉS, Diego M. *Efecto de la adición de Ácido Ascórbico y Butil Hidroxitolueno (BHT) en la oxidación enzimática y rancidez oxidativa de pasta de aguacate (Persea americana) variedades Hass y Bacon*, [en línea], 2015, [consulta: 10-09-2024].

Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/9365>

CORDES CORTÉS, Carla y GUERRA JERALDO, Andrea. Estabilidad oxidativa de aceites de oliva vírgenes a través de la Prueba de Schaal. *Incidencia en los parámetros de calidad* [en línea], 2009, pp. 45. [consulta: 18-10-2024]. Disponible en: http://www.laolivuls.cl/media/documentos/Tesis_Estabilidad_oxidativa_de_aceites

DE GUZMÁN, Rhet; TANG, Haiying; SALLEY, Steven y NG, Simón. Synergistic Effects of Antioxidants on the Oxidative Stability of Soybean Oil- and Poultry Fat-Based Biodiesel. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [en línea], 2009, vol. 5, pp. 459. [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: [/doi.org/10.1007/s11746-009-1373-8](https://doi.org/10.1007/s11746-009-1373-8)

DONAT, Victoria. Aceites vegetales en cosmética. Principales beneficios en la piel y el cabello 2017

DOS SANTOS, Marco; ALICIEO, Tatiana; PEREIRA, Claudio; RAMIS, Guillermo y MENDONCA, Carla R. Profile of Bioactive Compounds in Avocado Pulp Oil: Influence of the Drying Processes and Extraction Methods. *Journal of the American Oil Chemists' Society* [en línea], 2014, pp. 19-27 [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1007/s11746-013-2289-x



FLORES IZQUIERDO, Manuel A y ESPINOZA VILLANUEVA, Luis E. Situación actual y perspectivas de la producción de palta (*Persea americana*) peruana en el contexto del comercio internacional [en línea], 2023, pp. 45 [consulta: 29-08-2024]. Disponible en: doi.org/10.1007/s11746-013-2289-x.doi.org/10.26439

FLORES, Marcos; SARAVIA, Carolina; VERGARA, Claudia E; ÁVILA, Felipe; VALDÉS, Hugo y ORTIZ, Jaime. Avocado Oil: *Characteristics, Properties, and Applications*. *Molecules*, [en línea], 2019, vol. 24 no. 1, pp. 21 [consulta: 23-08-2024]. Disponible en: doi.org/10.3390/molecules24112172.

FLORIANS. La vida útil de los aceites vegetales, estudio y comportamiento de la estabilidad oxidativa del aceite vegetal, *Florian's aromaterapia*, 2021, [consulta: 10-07-2025] Disponible en: <https://www.floriansaromaterapia.com>

GÓMEZ AGÜERO, Martin S. Formulación de champú a base de aceite de (*Persea americana*) Variedad Hass con propiedades humecto nutritivas. [en línea] 2011, [consulta: 05-02-2025]. Disponible en: <http://repositorio.unsch.edu.pe/handle/UNSCH/5090>.

GORE APURÍMAC (Gobierno regional de Apurímac). *Proyecto Palta Mejoramiento de los servicios de apoyo al desarrollo de la cadena productiva de la palta en 85 localidades de 30 distritos en las provincias de Abancay, Andahuaylas, Aymaraes y Chincheros*. [en línea] Apurímac, 2022 [consulta: 10-09-2024]. Disponible en: https://cdn.www.gob.pe/uploads/documento/3285268/resoluci3n_ejecutiva_2520209-2022-GR-APURIMAC.GR.pdf

GREEN, Hilary S. y WANG, Selina C. Purity and quality of private labelled avocado oil. *Food Control* [en línea], 2023, vol.143, pp. 152, [consulta: 03-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109837

GUILLÉN SÁNCHEZ, Stayce. *Obtención y Caracterización Físicoquímica Del Aceite de Palta Hass (Persea americana) extraído por método en frío (Prensado) y caliente (Soxhlet)* [en línea], Chimbote 2016, [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14278/2762/42901>.



KEBEDE, Muluken y EMIRE, Shimelis. Application of Antioxidants in Food Processing Industry: *Options to Improve the Extraction Yields and Market Value of Natural Products* [en línea], 2019, vol. 5, pp. 38-49 [consulta: 04-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.17140/AFTNSOJ-5-155

KHALEDI, Hamid; ALHADI, Abeer; YEHYE, Wagee; ALI, Hapipah; ABDULLA, Mahmood A; y HASSANDARVISH, Pouya. Antioxidant, cytotoxic activities, and structure-activity relationship of gallic acid-based indole derivatives [en línea], 2011, vol. 3, pp. 344 [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1002/ardp.201000223

KHLEBNIKOV, Andrei I; SCHEPETKIN, Igor A; DOMINA, Nina G; KIRPOTINA, Liliya N; y QUINN, Mark T. Improved Quantitative Structure-Activity Relationship Models to Predict Antioxidant Activity of Flavonoids in Chemical, Enzymatic, and Cellular Systems PMC. *Química bioorgánica y medicinal* [en línea], 2007, vol. 15, pp. 1749-1770 [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.bmc.2006.11.037

KING LOEZA, Yanmei; CIPRIÁN MACÍAS, Denisse A; CARDADOR MARTÍNEZ, Anaberta; MARTÍN DELCAMPO, Sandra T; CASTAÑEDA SAUCEDO, Claudia C. y RAMÍREZ ANAYA, Jessica. La composición funcional de la pulpa, el aceite virgen extra y los residuos de aguacate (*Persea americana Mill. Var Hass*). *Journal of Agriculture and Food Research* [en línea], 2023, vol. 12, pp. 10-24 [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.jafr.2023.10057

KRUMREICH, Fernanda D; BORGES, Caroline D; MENDONCA, Carla R; JANSEN ALVES, Cristina y ZAMBIAZI, Rui C. Bioactive compounds and quality parameters of avocado oil obtained by different processes. *Food Chemistry* [en línea], 2018, vol. 257, pp. 376-381 [consulta: 16-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.03.048

KWIATKOWSKA, Redakcja. *Avocado oil, properties and benefits how to use avocado oil. ecology oil avocado*, 2019. [consulta: 04-09-2024]. Disponible en: <https://www.ekologia.pl/zdrowie/olej-z-awokado-wlasciwosci>



LLAURE HUINGO, Liliana S y ZOTELO VILLANUEVA, Mardeli J. Estabilidad oxidativa y características fisicoquímicas del aceite de cinco variedades de palta extraídos a diferentes temperaturas [en línea], 2023, [Consulta: 28-08-2024]. Disponible en: <https://repositorio.uns.edu.pe/handle/20.500.14278/4584>

LÓPEZ VEGA, L; GIL CORTEZ, J; SIERRA SARMIENTO, M; y HOYOS LEYVA, J. Hass avocado oil extraction: *In the way of malaxation process optimization* [en línea], 2021, vol.152, pp. 152, [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112312

MAJID, Darakshan; PARVEEN, Shahnaz; JABEEN, Abida; ALLAI, Farhana; MEHRAJ, Sofí; Sajad A. y GANAIE, Tariq A. Avocado. En G. A. Nayik & A. Gull (Eds.), *Antioxidants in Fruits: Properties and Health Benefits* [en línea], 2020, vol. 12, pp. 103-123. [consulta: 24-08-2024]. Disponible en: doi.org/10.1007/978-981-15-7285-2_6

MENTTA. *Aceite de aguacate: Propiedades y beneficios: Blog mentta* [en línea], 2020, [consulta: 16-01-2025]. Disponible en: <https://www.mentta.com/blog/aceite-de-aguacate-propiedades>.

METTLER, Toledo. *All Rights*. Aplicación en aceites vegetales y sus procesos, Cinética de la reacción. [en línea], 2019, [consulta: 05-02-2025]. Disponible en: <https://www.mt.com/es/es/home/applications/L1AutoChem/ProcessDevelopment/winetics>

MIDAGRI (Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego). Exportación de palta superó las 36 mil toneladas en primer bimestre de [en línea], Perú 2024 [consulta: 16-01-2025]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/agromercado/noticias/midagri>

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Rego). *La palta, producto estrella de exportación. servicio nacional de trabajo industrial y ciencia; informe de la palta peruana* [en línea], Perú 2015 [consulta: 28-08-2024]. Disponible en: [https://www.studocu.com/pe/trabajo/industrial/ciencia/informe palta peruana-300115/68150635](https://www.studocu.com/pe/trabajo/industrial/ciencia/informe_palta_peruana-300115/68150635)

MINAGRI (Ministerio de Agricultura y Rego). La Situación del Mercado Internacional de la Palta. Ministerio de Agricultura y Riego [en línea], 2019, vol. 2 no. 2 pp. 1-41 [consulta: 10-09-2024]. Disponible en: <http://repositorio.midagri.gob.pe>



MORA SANDÍ, Anthony; RAMÍREZ GONZÁLEZ, Abigail; CASTILLO HENRÍQUEZ, Luis; LOPRETTI CORREA, Mary y VEGA BAUDRIT, José R. *Persea Americana* Agro Industrial Waste Biorefinery for Sustainable High-Value-Added Products. *Polymers* [en línea], 2021, vol. 13, no. 11, pp.177 [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.3390/polym13111727.

NURSERY, Louie. *Fuerte Avocado. Fuctional compounds of avocado that benefit health, Louie's Nursery* [en línea], 2016, [consulta: 28-08-2024]. Disponible en: <https://www.louiesnursery.com/plants/avocado-trees/fuerte-avocado/>

OLAETA, J. UNDURRAGA, P. y SCHWARTZ, M. *Determinación de la evolución y caracterización de los aceites en palta, Persea americana cv. Fuerte y Hass cultivados en Chile. Serie Horticultura* [en línea]. Chile, 1999 [consulta: 21-09-2024]. Disponible en: https://www.avocadosource.com/WAC4/WAC4_p117.pdf

QIN, Xiaoli y ZHONG, Jinfeng. A Review of Extraction Techniques for Avocado Oil. *Journal of Oleo Science* [en línea], 2016 vol. 65 no.11, pp. 881-888. [consulta: 10-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.5650/jos.ess16063

QWERTY, wiki. *Aceite de aguacate. Principales beneficios para la salud y usos en la Cosmética e industria* [en línea], 2021, [consulta: 30-08-2024]. Disponible en: https://ru.frwiki.wiki/wiki/Huile_d%27avocat

REISCHE, David; LILLARD, Dorris y EITENMILLER, Ronald. *Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology*, 12. ed. New york, 2008. CRC Press

RENGIFO, Pedro; CARHUAPOMA, Mario; ARTICA, Luis; CASTRO, Américo y LÓPEZ GUERRA, Sofia. Caracterización y actividad antioxidante del aceite de la semilla de palta *Persea americana mill. Ciencia e Investigación* [en línea], 2015, vol. 18, no. 12 pp. 33-36. [consulta: 24-08-2024]. Disponible en: doi.org/10.15381/ci.v18i1.13603.



RODRÍGUEZ, Diana A; PATIÑO GUTIÉRREZ, María P; MIRANDA LASPRILLA, Diego; FISCHER, Gerhard N; y GALVIS VANEGAS, Jesús A. Efecto de dos índices de madurez y dos temperaturas de almacenamiento sobre el comportamiento en postcosecha de la pitahaya amarilla (*selenicereus megalanthus haw*) [en línea], 2005, vol. 5 no. 13, pp. 123-129 [consulta: 06-09-2024]. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/36545>.

SALINAS, R. M; GONZÁLEZ, G. A; PIROVANI, MELY; y ULÍN, M. F. *Modelación del deterioro de productos vegetales frescos cortados* [en línea]. México, 2007. [consulta: 18-10-2024]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=15423209>

SALMERON RUIZ, Mayra L. Fracción indigestible, bioaccesibilidad in vitro y actividad antioxidante, de compuestos fenólicos de la cáscara de aguacate cv. Hass. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo México, 2014.

SANTOS AGUALONGO, Sandra E. Estudio de la estabilidad del aceite de Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis L.*) a diferentes condiciones de inhibición oxidativa. Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, 2018.

SERPA, Angélica M; ECHEVERRI, Andrés; LEZCANO María P; VÉLEZ, Lina M; RÍOS, Andrés F; y HINCAPIÉ, Gustavo A. Extracción de aceite de aguacate variedad “Hass” (*Persea americana Mill*) liofilizado por prensado en frío [en línea], 2014, [consulta: 07-01-2025]. Disponible en: <https://repository.upb.edu.co/handle/20.500.11912/6805>

SIERRA EXPORTADORA. *La riqueza exportadora de nuestra sierra: producción de palta hass*. 1. ed. San Isidro Lima: Perú: Zoila Hernández, 2015.

TAN, Chin X. Virgin avocado oil: An emerging source of functional fruit oil. *Journal of Functional Foods* [en línea], 2019, vol. 54, no.14, pp. 381-392. [consulta: 07-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.jff.2018.12.031.

TINEO CANCHARI, Juan I; VELÁSQUEZ OCHOA, Ricardo y VILLANTOY PALOMINO, Abraham. *Curso virtual de manejo integrado de palto, Plataforma del Estado Peruano* [en línea], Perú 2018. [consulta: 07-01-2025]. Disponible en: <https://www.google.com/searcursovirtualdemanejointegradodepaltoinia>



TONIONI, Mira. *Avocado Hass, proprietà e caratteristiche*. *CureNaturali.it* [en línea], 2024, [consulta: 28-08-2024]. Disponible en:

<https://www.cure-naturali.it/articoli/alimentazione/nutrizione/avocado-hass-proprieta>

URRUTIA LEMUS, Irene del Rocío. Diseño de investigación para la aplicación de un oleogel de aceite de aguacate (*persea americana hass*), Universidad de san Carlos de Guatemala, Guatemala, 2021.

UZOMBAH, Thomas A. *The Implications of Replacing Synthetic Antioxidants with Natural Ones in the Food Systems En Natural Food Additives Intechopen*. 4. ed. Nigeria, 2022, IntechOpen.

VARGAS, Maira; GUTARRA, Hugo; DELGADO Víctor; CORTÉS AVENDAÑO, Paola y Elías, Carlos. Ácidos grasos y criterios de calidad del aceite de palta obtenido mediante tres sistemas de extracción libres de solvente [en línea], 2020, vol.10, no.1, pp. 71-77 [consulta: 07-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.17268/agroind.sci.2020.01.10.

VIVERO, Ariel; VALENZUELA Rodrigo; VALENZUELA Alfonso y MORALES, Gladys. Palta: Compuestos bioactivos y sus potenciales beneficios en salud. *Revista chilena de nutrición* [en línea], 2019, vol. 46, no. 4, pp. 491-498. [consulta: 27-08-2025]. Disponible en: doi.org/10.4067/S0717-75182019000400491.

WONG, Marie; EYRES, Laurence; RAVETTI, Leandro; Farr Walter E; y Proctor, Andrew. Modern Aqueous Oil Extraction Centrifugation Systems for Olive and Avocado Oils. *Green Vegetable Oil Processing* [en línea], 2014, vol. 14, pp. 19-51. [consulta: 27-08-2025]. Disponible en: doi.org/10.1016/B978-0-9888565-3-0.50005-4.

WOOLF, Allan., WONG, Marie., EYRES, Laurence., MCGHIE, Tony., LUND, Cynthia., OLSSON, Shane., WANG, Yan., BULLEY, Cherie., WANG, Mindy., FRIEL, Ellen y Requejo, Cecilia. Avocado Oil. *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils* [en línea], 2009, pp. 73-125. [consulta: 15-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.1016/B978-1-893997-97-4.50008-5.



Xagoraris, Marinos; Galani, Eleni; Valasi, Lydia; Kaparakou, Eleftheria; Panagiota Kyriaki; Revelou, Panagiota; Tarantilis, Petros A; y Pappas, Christos S. Estimation of Avocado Oil (*Persea americana Mill.*, Greek “Zutano” Variety) Volatile Fraction over Ripening by Classical and Ultrasound Extraction Using HS-SPME–GC–MS [en línea], 2022, vol. 2, no.1, pp. 25-36 [consulta: 15-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.3390/2010003.

XIU QIN, Li; CHAO, Ji; YAN YAN, Sun; MIN LI, Yang y XIAOGANG, Chu. Analysis of synthetic antioxidants and preservatives in edible vegetable oil by HPLC/TOF-MS. *Food Chemistry* [en línea], 2009, vol.113 no. 2, pp. 692-700. [consulta: 15-01-2025]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.072.

YAHIA, Elhadi. *Avocado. En Crop Post-Harvest: Science and Technology*, 4. ed. Querétaro México, John Wiley & Sons, Ltd 2012

YEHYE, Wageeh A; RAHMAN, Noorsaadah A; ARIFFIN, Azhar; ABD HAMID, Sharifah Bee; ALHADI, Abeer A; KADIR, Farkaad A; y YAEGHOABI, Marzieh Understanding the chemistry behind the antioxidant activities of butylated hydroxytoluene (BHT): *A review European Journal of Medicinal Chemistry* [en línea], 2015, vol. 101, pp. 295-312. [consulta: 11-09-2024]. Disponible en: doi.org/10.1016/j.ejmech.2015.06.026.

ZUTA DÁVILA, Luis. *Beneficios de comer palta con frecuencia*. [en línea]. Lima, Perú, ACCESOPERU, 2024 [consulta: 24-09-2024]. Disponible en: <https://www.accesoperu.com/cuales-son-los-notables-beneficios-de-comer-palta>



ANEXOS



Anexo A

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO
RESULTADO DE NORMALIDAD Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL
ACEITE DE PALTA DE VARIEDAD HASS Y FUERTE CON ADICIÓN DE (BHT)

Tabla 27 — ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA ACIDEZ

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TEMPERATURA	0.226661	1	0.226661	4.43	0.0381
B: CONCENTRACION	0.00642719	1	0.00642719	0.13	0.7237
C: PALTA	0.383763	1	0.383763	7.51	0.0074
INTERACCIONES					
AB	0.0179607	1	0.0179607	0.35	0.5548
AC	0.054669	1	0.054669	1.07	0.3039
BC	0.000754321	1	0.000754321	0.01	0.9036
ABC	0.00032893	1	0.00032893	0.01	0.9362
RESIDUOS	4.49778	88	0.0511112		
TOTAL (CORREGIDO)	5.18835	95			

Tabla 28 — ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón n-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACION	0.00000126042	1	0.00000126042	2.07	0.1540
B: PALTA	4.00417E-7	1	4.00417E-7	0.66	0.4199
C: TEMPERATURA	3.50417E-7	1	3.50417E-7	0.57	0.4504
INTERACCIONES					
AB	0.000001215	1	0.000001215	1.99	0.1616
AC	8.06667E-7	1	8.06667E-7	1.32	0.2532
BC	1.35E-7	1	1.35E-7	0.22	0.6391
ABC	1.20417E-7	1	1.20417E-7	0.20	0.6578
RESIDUOS	0.0000536567	88	6.09735E-7		
TOTAL (CORREGIDO)	0.000057945	95			



Tabla 29 — ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA DENSIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACION	0.000705793	1	0.000705793	4.22	0.0430
B: PALTA	0.0000740259	1	0.0000740259	0.44	0.5078
C: TEMPERATURA	0.000644288	1	0.000644288	3.85	0.0530
INTERACCIONES					
AB	0.0000302626	1	0.0000302626	0.18	0.6718
AC	0.000109013	1	0.000109013	0.65	0.4219
BC	0.00000776344	1	0.00000776344	0.05	0.8300
ABC	0.000429683	1	0.000429683	2.57	0.1127
RESIDUOS	0.0147328	88	0.000167418		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0167336	95			

Tabla 30 — ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL pH

Fuente	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACION	0.0726	1	0.0726	0.76	0.3871
B: PALTA	0.133504	1	0.133504	1.39	0.2417
C: TEMPERATURA	0.00601667	1	0.00601667	0.06	0.8030
INTERACCIONES					
AB	0.0003375	1	0.0003375	0.00	0.9529
AC	0.0054	1	0.0054	0.06	0.8131
BC	0.0301042	1	0.0301042	0.31	0.5771
ABC	0.0198375	1	0.0198375	0.21	0.6507
RESIDUOS	8.4548	88	0.0960773		
TOTAL (CORREGIDO)	8.7226	95			

Anexo B

RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESTADÍSTICO

RESULTADO DE NORMALIDAD Y CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS DEL ACEITE DE PALTA DE VARIEDAD HASS Y FUERTE CON ADICIÓN DE (BHA)

Tabla 31 — PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA ACIDEZ

Fuente	Suma de Cuadrados	GL	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACION	0.0603706	1	0.0603706	1.48	0.2272
B: PALTA	0.0631298	1	0.0631298	1.55	0.2169
C: TEMPERATURA	0.0518475	1	0.0518475	1.27	0.2628
INTERACCIONES					
AB	0.00378257	1	0.00378257	0.09	0.7615
AC	0.229341	1	0.229341	5.62	0.0200
BC	0.0000456504	1	0.0000456504	0.00	0.9734
ABC	0.00022265	1	0.00022265	0.01	0.9413
RESIDUOS	3.59204	88	0.0408186		
TOTAL (CORREGIDO)	4.00078	95			

Tabla 32 — ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL ÍNDICE DE REFRACCIÓN

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TEMPERATURA	0.0000049051	1	0.0000049051	14.98	0.0002
B: CONCENTRACION	4.59375E-8	1	4.59375E-8	0.14	0.7089
C: PALTA	0.0000023126	1	0.0000023126	7.06	0.0093
INTERACCIONES					
AB	2.10938E-7	1	2.10938E-7	0.64	0.4243
AC	4.13438E-7	1	4.13438E-7	1.26	0.2641
BC	8.62604E-7	1	8.62604E-7	2.64	0.1081
ABC	1.58437E-7	1	1.58437E-7	0.48	0.4885
RESIDUOS	0.0000288075	88	3.27358E-7		
TOTAL (CORREGIDO)	0.0000377166	95			

Tabla 33 — PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA DENSIDAD

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: CONCENTRACION	2.50104E-7	1	2.50104E-7	0.02	0.9004
B: PALTA	0.0000195301	1	0.0000195301	1.23	0.2705
C: TEMPERATURA	0.00000396094	1	0.00000396094	0.25	0.6188
INTERACCIONES					
AB	0.000177943	1	0.000177943	11.20	0.0012
AC	0.000100655	1	0.000100655	6.34	0.0136
BC	0.0000053676	1	0.0000053676	0.34	0.5625
ABC	4.95938E-7	1	4.95938E-7	0.03	0.8602
RESIDUOS	0.00139784	88	0.0000158845		
TOTAL (CORREGIDO)	0.00170604	95			

Tabla 34 — PRUEBA DE KRUSKAL WALLIS PARA pH

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
EFFECTOS PRINCIPALES					
A: TEMPERATURA	0.455126	1	0.455126	15.03	0.0002
B: PALTA	0.035651	1	0.035651	1.18	0.2807
C: CONCENTRACION	0.115509	1	0.115509	3.81	0.0538
RESIDUOS	2.78564	92	0.0302787		
TOTAL (CORREGIDO)	3.39192	95			

Anexo C



Figura 39 — Procedimiento para la determinación de humedad de dos variedades de palta (Hass y Fuerte), según AOAC 984.25 (2005)



Figura 40 — Procedimiento para la determinación de cenizas de las variedades de palta (Hass, Fuerte), según A.O.A.C. 923:03, (2005)

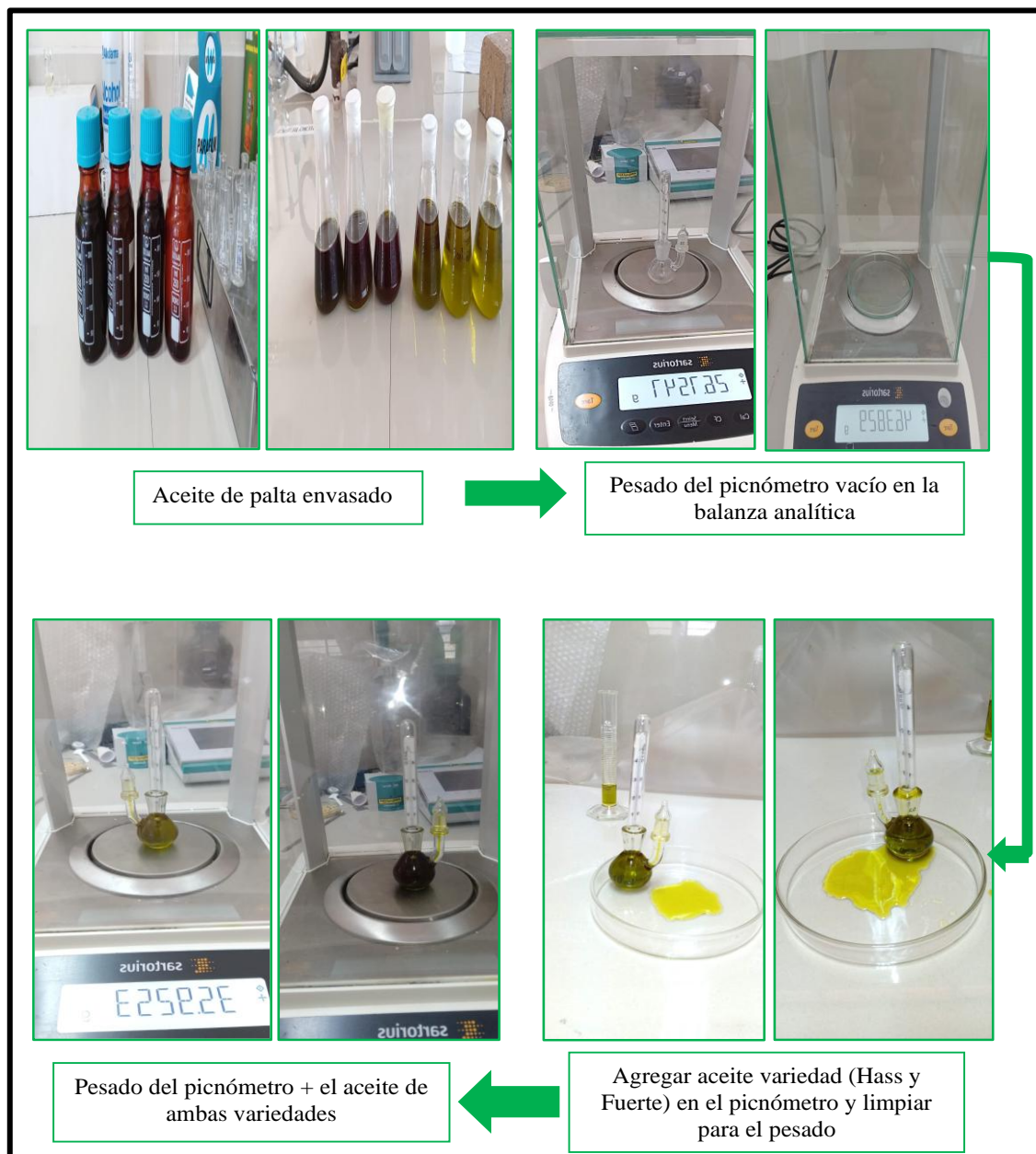


Figura 41 — Procedimiento para la determinación de densidad del aceite de palta variedades (Hass, Fuerte), Según la Norma CODEX para aceites vegetales CODEX STAN 210-1999

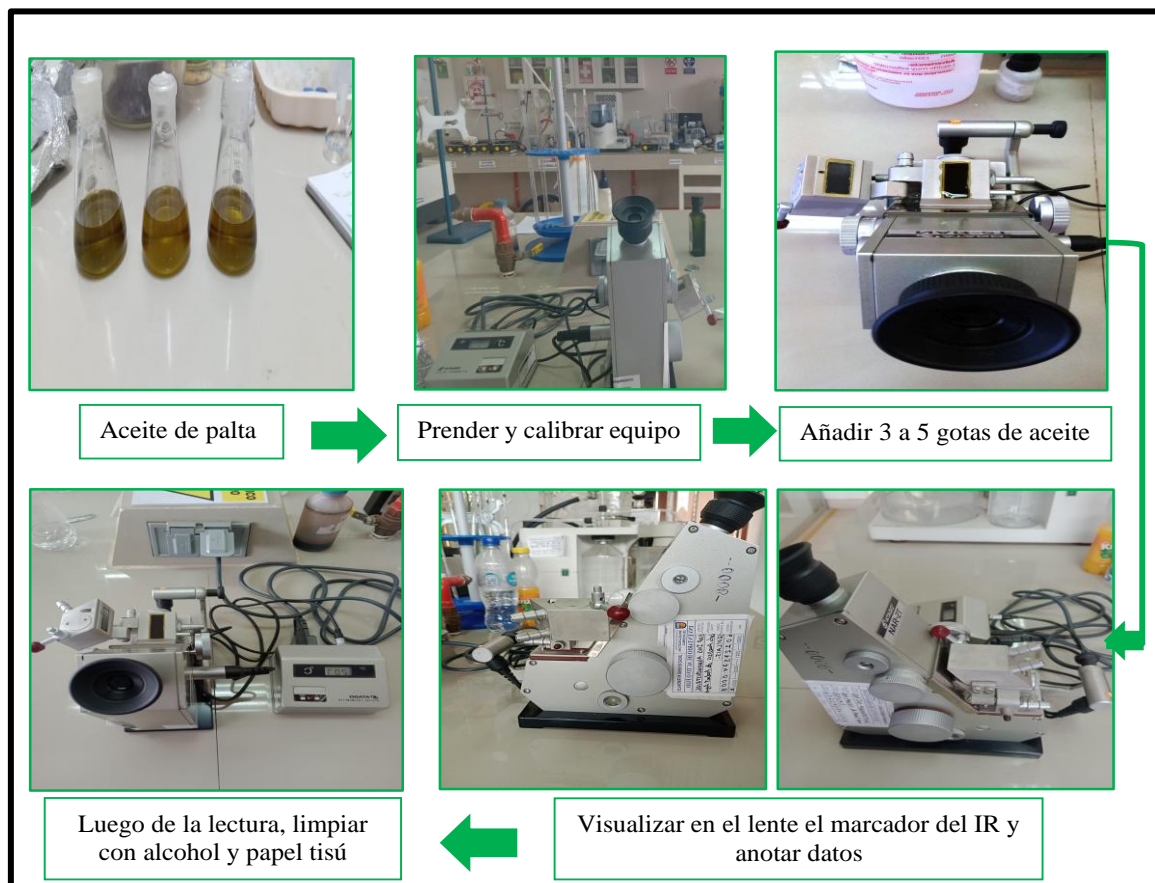


Figura 42 — Procedimiento para la determinación del índice de refracción aceite de palta variedades (Hass, Fuerte) según el método recomendado por la NTP 319.075,1987

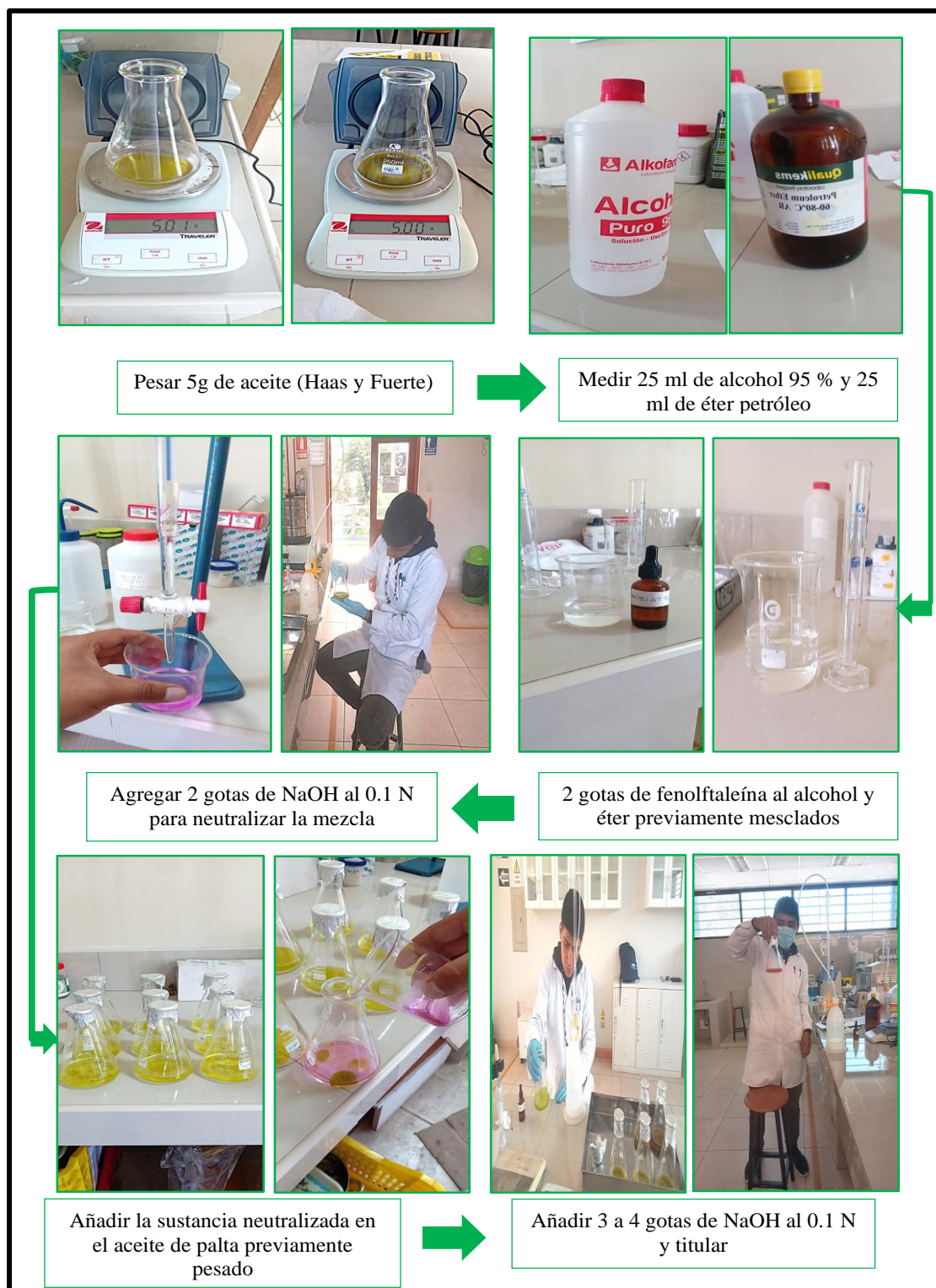


Figura 43 — Procedimiento para la determinación del índice de acidez del aceite de palta variedades (Hass, Fuerte), según el método AOCS cd 3d-63, 1998



Figura 44 — Procedimiento para la determinación del índice de peróxidos del aceite de palta variedades (Hass, Fuerte), Según el método AOCS Cd 3d-63, AOCS 1998

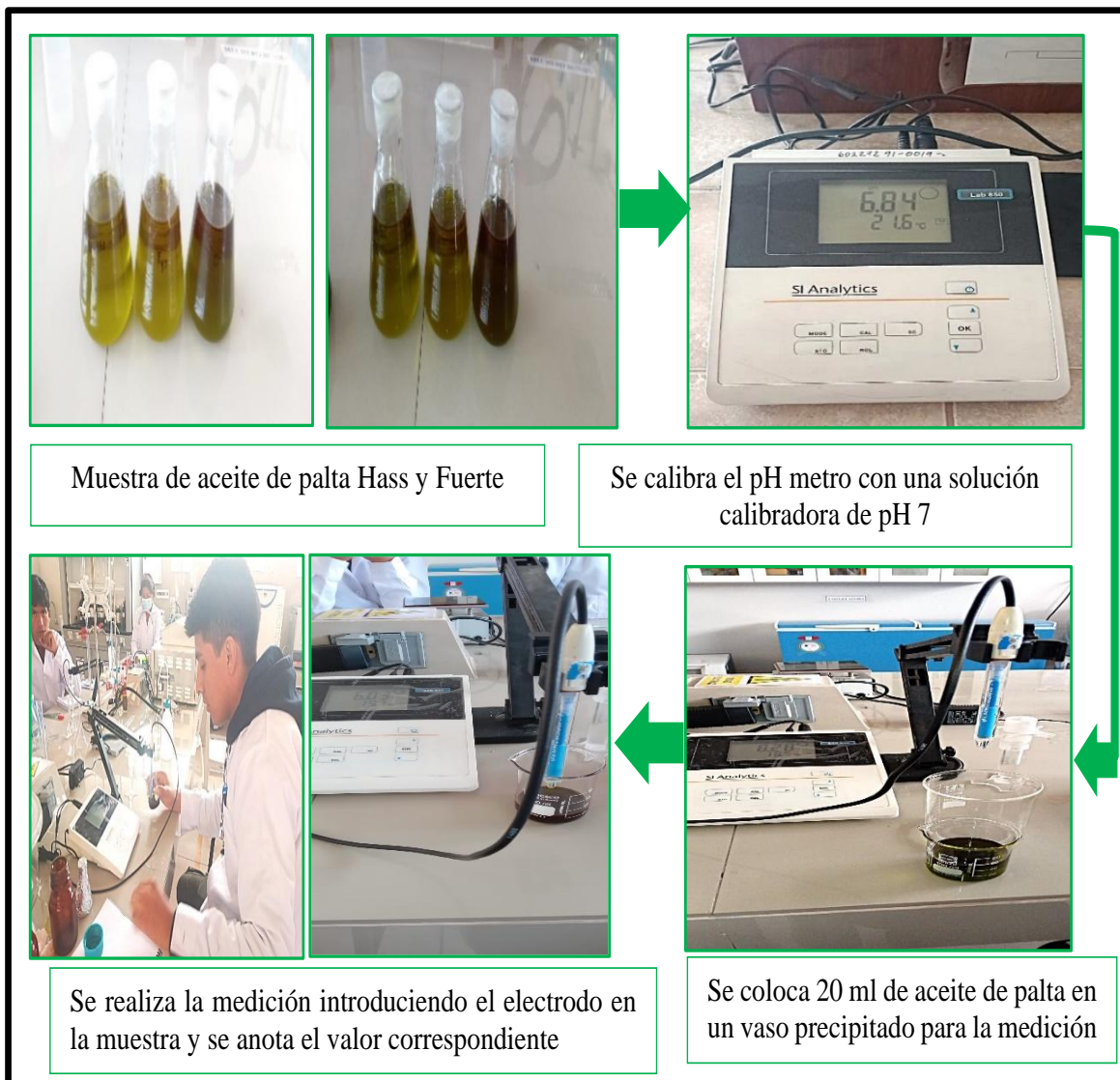


Figura 45 — Procedimiento para la determinación del ph del aceite de palta de variedades (Hass, Fuerte) Según Guillén, 2016.