

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN – TACNA

Facultad de Ciencias Agropecuarias

**Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias
Alimentarias**

**“EFECTO DEL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA
PALTA (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) PARA LA
EXTRACCIÓN DE ACEITE”**

TESIS

Presentada por:

Bach. JAVIER FRANCISCO AMES HERRERA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

TACNA – PERÚ

2015

UNIVERSIDAD NACIONAL JORGE BASADRE GROHMAN
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS

TESIS

**"Efecto del tratamiento térmico de la palta (*Persea americana Mill.* var.
Fuerte) para la extracción de aceite"**

Tesis sustentada y aprobada el 19 de Mayo del 2015, siendo el jurado calificador
integrado por:

PRESIDENTE:



Msc. Arístides Choquehuanca Tintaya

SECRETARIO:



Mgr. Enrique Alfonso de Florio Ramírez

VOCAL:



Ing. Amelia Elena Castro Gamero

ASESOR:



Dra. Lilia del Carmen Lanchipa Bergamini

DEDICATORIA

A mí adorada madre, Albina por su gran amor y sacrificio en el transcurso de la vida.

A mis hermanos, amigos y demás personas que pusieron los cimientos para el éxito presente.

AGRADECIMIENTO

A la Dra. Liliana Lanchipa Bergamini, Directora de la ESIA por su orientación durante la realización del presente trabajo.

Al Dr. Roberto Castellanos Cabrera, por su gran apoyo y valiosos consejos en la culminación del presente trabajo.

Al Ing. Guillermo Salazar, técnico de laboratorio de Análisis de alimentos de ESIA, por su valiosa colaboración.

Al profesor Alfredo Quispe técnico de laboratorio de Química de la Facultad de Ciencias por los análisis físicos químicos.

A la Escuela Académico Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann y a los excelentes profesores con los que ella cuenta.

A los amigos y personas que de alguna u otra forma me apoyaron y motivaron para poder culminar el presente trabajo.

MUCHAS GRACIAS

ÍNDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA	I
AGRADECIMIENTO	III
CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE CUADROS	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XV
RESUMEN	01
ABSTRACT	02
INTRODUCCIÓN	03
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	04
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	04
1.2. FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA	05
1.2.1 Problema central.....	05
1.2.2 Problema secundario.....	05
1.3. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	05
1.4. JUSTIFICACIÓN	06
1.5. LIMITACIONES	06
CAPÍTULO II OBJETIVOS E HIPÓTESIS	08
2.1 OBJETIVOS	08
2.1.1 Objetivo general.....	08
2.1.2 Objetivos específicos.....	08
2.2 HIPÓTESIS	09
2.2.1 Hipótesis general.....	09
2.2.2 Hipótesis específicos.....	09
2.3 VARIABLES	09
2.3.1. Dimensiones de variables.....	10

2.3.2 .Diagrama general de variables y dimensiones	11
2.3.3 Operacionalización de variables	12
2.4. MATRIZ GENÉRICA DE CONSISTENCIA.....	12
CAPÍTULO III MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....	13
3.1 FRUTOS OLEAGINOSOS.....	13
3.1.1 Definiciones de palta.....	14
3.1.2 Etimología.....	15
3.1.3 Orígenes.....	15
3.1.4 Taxonomía.....	16
3.1.5 Composición química de la palta.....	17
3.1.6 Composición bioquímica de la palta.....	18
3.1.7 Estructura de la palta.....	19
3.1.8 Descripción botánica.....	21
3.1.9 Razas.....	23
3.1.10 Variedades.....	24
3.1.11 Variedad Fuerte.....	24
3.1.12 Interés nutricional de la palta.....	25
3.1.13 Índice de madurez.....	27
3.1.14 Pardeamiento enzimático.....	31
3.1.15 Polifenoloxidasa.....	34
3.1.16 Rancidez.....	39
3.1.17 Ácidos grasos.....	43
3.1.18 La oxidación de los lípidos.....	44
3.1.19 Productos de interacción entre los productos de alteración de lípidos y las proteínas.....	52
3.1.20 Factores promotores e inhibidores de la oxidación de los lípidos.....	54
3.2 TRATAMIENTOS PARA LA PREVENCIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO.....	59

3.2.1 Escaldado.....	60
3.3 DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE PALTA.....	63
3.3.1 Aceite de palta.....	63
3.3.2 Características organolépticas del aceite de palta.....	64
3.3.3 Composición del aceite de palta.....	65
3.4 CALIDAD DEL ACEITE DE PALTA.....	68
3.4.1 Parámetros de calidad del aceite de palta.....	69
3.4.2 Características organolépticas.....	70
3.5 TERMINOS DE VARIABLES Y DEFINICIONES EMPLEADAS EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	70
CAPÍTULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	73
4.1 LUGAR DE EJECUCIÓN.....	73
4.2 MATERIA PRIMA.....	73
4.3 MATERIALES EQUIPOS Y REACTIVOS.....	73
4.3.1 Materiales.....	74
4.3.2 Equipos.....	75
4.3.3 Reactivos.....	76
4.4 OPTIMIZACIÓN.....	78
4.4.1 Método de la función de deseabilidad.....	79
4.5 MÉTODOS PARA EVALUAR PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS SENSORIALES.....	80
4.5.1 Determinación del índice de acidez libre.....	80
4.5.2 Determinación del índice de peróxidos.....	81
4.5.3 Determinación del índice de saponificación.....	82
4.5.4 Determinación del índice de yodo.....	82
4.5.5 Determinación de la absorbancia (espectrofotometría al UV a 232 y 270 nm).....	83
4.6 MÉTODOS EXPERIMENTALES.....	86
4.6.1 Delineamiento experimental.....	86

4.6.2	Procesamiento y análisis de datos.....	87
4.6.3	Métodos analíticos a realizar a la materia prima.....	89
4.6.4	Parámetros a obtener.....	90
4.6.5	Análisis a realizar al producto final (aceite).....	91
4.6.6	Evaluación sensorial.....	93
	A. Determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	95
	B. Producto terminado.....	100
CAPÍTULO V RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		108
5.1 RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MADUREZ CON MAYOR CONTENIDO GRASO EN BASE SECA.....		108
5.2 DETERMINACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALTA		111
5.2.1	Efecto de las variable tratamiento térmico en el rendimiento del aceite de palta.....	112
5.2.2	Efecto de las variable tratamiento térmico en los parámetros físico químicos sensoriales en la obtención del aceite de palta.....	115
5.2.3	Efecto de las variable tratamiento térmico en la evaluación sensorial del aceite de palta.....	121
5.2.4	Características físico químicas sensoriales del aceite de palta variedad Fuerte del producto final.....	127
5.3 RESULTADOS.....		130
5.3.1	De la materia prima.....	130
5.4 DISCUSIÓN.....		138
5.4.1	De la materia prima.....	138

CONCLUSIONES	150
RECOMENDACIONES	152
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	153
ANEXOS	164

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Operacionalización de variables.....	12
Cuadro 2. Composición química media del Palto	18
Cuadro 3. Composición bioquímica de 100 g de palta.....	19
Cuadro 4. Cantidad porcentual en la estructura de la palta variedad Fuerte.....	21
Cuadro 5. Sustratos específicos de la polifenoloxidasas.....	39
Cuadro 6. Cantidad de ácidos grasos en el aceite de palta.....	44
Cuadro 7. Factores promotores e inhibidores de la oxidación de los lípidos.....	54
Cuadro 8. Características del aceite crudo de palta.....	65
Cuadro 9. Algunas características físicas y químicas del aceite de palta crudo y refinado.....	67
Cuadro 10. Niveles de las variable tratamiento térmico.....	86
Cuadro 11. Delineamiento experimental central compuesto con dos variables: independiente y dependiente y cinco niveles utilizados para los efectos combinados para el estudio del presente trabajo de investigación.....	87
Cuadro 12. Efecto del índice de madurez sobre el contenido graso en base seca.....	108
Cuadro 13. Regresión lineal en la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.....	110
Cuadro 14. Efecto de las variables de tratamiento térmico en el rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte.....	112
Cuadro 15. Coeficientes de regresión del modelo completo para la variable Respuesta rendimiento.....	113
Cuadro 16. Análisis de Varianza para la variable respuesta Rendimiento	

según el diseño factorial completo para el aceite de palta variedad Fuerte.....	114
Cuadro 17. Efecto de las variable tratamiento térmico en la acidez, peróxidos y la absorbancia al U.V. (K_{270} y K_{232}) del aceite de palta variedad Fuerte.....	116
Cuadro 18. Modelos de Regresión de segundo grado de la variable Independiente y niveles de significación para los parámetros físico químicos del aceite de palta variedad Fuerte.....	117
Cuadro 19. Efecto del variable tratamiento térmico en la evaluación sensorial del aceite de palta variedad Fuerte.....	122
Cuadro 20. Modelos de Regresión de segundo grado de la variable dependiente y niveles de significación para la evaluación sensorial del aceite de palta variedad Fuerte.....	123
Cuadro 21. Características físico químicas sensoriales del aceite de palta variedad Fuerte del producto final.....	127
Cuadro 22. Cantidad porcentual en la estructura de la palta variedad Fuerte.....	130
Cuadro 23. Composición químico proximal de la palta en base seca.....	131
Cuadro 24. Rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte por efecto del Tratamiento térmico.....	132
Cuadro 25. Análisis organoléptico del aceite de palta.....	133
Cuadro 26. Balance de materia en las operaciones de extracción de Aceite de palta variedad Fuerte.....	135
Cuadro 27. Comparación de la composición estructural de la palta (Elaboración propia) vs. Comparación estructural de la palta (Carriles 1997).....	139

Cuadro 28. Comparación de la composición química proximal (%) en base seca (Elaboración propia) vs. Composición química media (Collazos, 1996).....	142
Cuadro 29. Comparación de diversos métodos de extracción de aceite y rendimientos obtenidos en la obtención del aceite de palta....	144
Cuadro 30. Comparación del análisis organoléptico y de calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Parámetros de calidad del aceite de palta (COI,1992).....	147
Cuadro 31. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.....	149

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diagrama general de variables y dimensiones.....	11
Figura 2. Taxonomía de <i>Persea Americana Mill.</i>	17
Figura 3. Estructura de la palta	21
Figura 4. Árbol de palto.....	23
Figura 5. Frutos del cultivar Fuerte	25
Figura 6. Desarrollo de oxidación en aceites	49
Figura 7. Efecto de la actividad del agua sobre la velocidad de la oxidación de los lípidos	58
Figura 8. Diagrama causa - efecto, para las variables independientes y dependientes en el estudio del efecto de tratamiento térmico en el rendimiento para la extracción de aceite.....	80
Figura 9. Principales etapas y controles realizados durante el desarrollo del diseño experimental para la determinación del índice de madurez con mayor porcentaje de materia seca en la pulpa.....	95
Figura 10. Pelado y corte de fruto de palta.....	96
Figura 11. Pasta de palta antes de entrar a la estufa.....	97
Figura 12. Extracción de aceite de palta variedad Fuerte en equipo Soxhlet.....	98
Figura 13. Muestras de palta seleccionadas para realizar la parte experimental	98
Figura 14. Diagrama del proceso del efecto del tratamiento térmico de la palta (<i>Persea americana Mill.</i> variedad Fuerte), determinación del rendimiento, parámetros físico químico sensorial del aceite de palta.....	99
Figura 15. Pesado en balanza digital.....	100
Figura 16. Selección de palta de la variedad Fuerte.....	101

Figura 17. Palta trozada manualmente.....	101
Figura 18. Prensado de pasta de palta en mazo y mortero y prensa mecánica	102
Figura 19. Tratamiento térmico de pasta de palta en esterilizador de aire caliente.....	103
Figura 20. Extracción de aceite palta con equipo Soxhlet.....	104
Figura 21. Decantación de aceite de palta variedad Fuerte.....	105
Figura 22. Aceite de palta obtenido (producto final).....	107
Figura 23. Línea de regresión lineal que muestra el efecto de índice de madurez en el contenido de lípidos de muestra en base seca.....	111
Figura 24. Balance de materia de proceso de extracción de aceite de Palta variedad Fuerte con temperatura y tiempo de Tratamiento térmico y los parámetros físico químicos sensorial.....	136
Figura 25. Proceso de extracción de aceite de palta variedad Fuerte con temperatura y tiempo de tratamiento térmico con relación a parámetros físico químicos sensoriales.....	137
Figura 26. Comparación de la Composición estructural de la palta (Elaboración propia) vs. Composición estructural de la palta (Carriles, 1997).....	139
Figura 27. Comparación de la composición química proximal (%) en base seca (Elaboración propia) vs. Composición química media (Collazos, 1996).....	142
Figura 28. Comparación de diversos métodos de extracción de aceite y rendimientos obtenidos en la obtención del aceite de palta.....	144
Figura 29. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Parámetros de calidad del aceite de palta (COI, 1992).....	147

Figura 30. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.....

149

ÍNDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1. Matriz genérica de consistencia.....	165
Anexo 2. Determinación del índice de madurez del olivo.....	166
Anexo 3. Cantidad porcentual en la estructura de la palta variedad Fuerte.....	167
Anexo 4. Composición química media de la Palta.....	168
Anexo 5. Parámetros de calidad de los aceites de oliva.....	169
Anexo 6. Diseño experimental.....	170
Anexo 7. Determinación de humedad y materias volátiles.....	171
Anexo 8. Determinación de la acidez libre.....	172
Anexo 9. Determinación del índice de peróxidos.....	173
Anexo 10. Determinación del índice de extinción específica o absorvancia en UV.....	174
Anexo 11. Rendimiento del aceite de palta por diversos procesos (métodos) de extracción.....	175
Anexo 12. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.....	176
Anexo 13. Comité técnico de normalización de productos agroindustriales de exportación	177
Anexo 14. Formato para prueba hedónica de evaluación sensorial.....	178
Anexo 15. Prueba hedónica de olor.....	179
Anexo 16. Prueba hedónica de sabor.....	180
Anexo 17. Prueba hedónica de color.....	181
Anexo 18. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte.....	182

Anexo 19. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre la acidez libre del aceite de palta variedad Fuerte.....	183
Anexo 20. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el índice de peróxidos del aceite de palta variedad Fuerte.....	184
Anexo 21. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre la absorbancia en UV a 270 nm del aceite de palta variedad Fuerte.....	185
Anexo 22. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el olor del aceite de palta variedad Fuerte.....	186
Anexo 23. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el sabor del aceite de palta variedad Fuerte.....	187
Anexo 24. Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el color del aceite de palta variedad Fuerte.....	188

RESUMEN

La palta (*Persea americana* Mill. var. Fuerte) procedente del departamento de Moquegua, fue sometido a un proceso de extracción de aceite de palta a nivel de laboratorio para determinar las mejores condiciones de extracción y rendimiento; complementariamente parámetros físico químicos sensoriales. Se realizó un análisis preliminar para determinar el índice de madurez con mayor contenido graso mediante el ajuste de una curva de regresión lineal; mientras que la optimización del proceso empleó como variable independiente: tratamiento térmico siendo sus dimensiones: temperatura de tratamiento térmico (42 , 70 y 98°C) y tiempo de tratamiento térmico (32, 60 y 88 minutos), se utilizó la metodología de superficie de respuesta con el diseño central compuesto en las caras siendo las dimensiones de la variable dependiente: rendimiento, acidez, índice de peróxidos, absorción espectrofotométrica ultravioleta a 270 nm (K_{270}) y para la evaluación sensorial olor, sabor y color. Para el proceso de tratamiento térmico las condiciones óptimas fueron: 70°C de temperatura y 88 minutos; estas condiciones permitieron obtener aceite de palta variedad Fuerte, obteniéndose un rendimiento de 6,66%, con los siguientes resultados para las propiedades fisicoquímicas: 0,48% de acidez, índice de peróxidos 5.47 meq O_2 /Kg aceite, índice de absorbancia $K_{270} = 0,05$ y para la evaluación sensorial resultó los valores siguientes: para el olor 5,33 sabor 5,50 y color 6,25. Dichos resultados indican que para el olor y el sabor el producto no gusta ni disgusta y para el color tuvo una ligera aceptación.

SUMMARY

The avocado (*Persea americana Mill.* var. Strong) from the department of Moquegua, was subjected to a process of avocado oil extraction in the laboratory to determine the best performance conditions, complementary physicochemical parameters sensory. A preliminary analysis was performed to determine the maturity index with a higher fat content by fitting a linear regression curve; while optimizing the use process as an independent variable: heat treatment being its dimensions: heat treatment temperature (42, 70 and 98 ° C) and heat treatment time (32, 60 and 88 minutes), surface methodology was used in response to the central composite design on the sides with the dimensions of the dependent variable: performance, acidity, peroxide, ultraviolet spectrophotometric absorption at 270 nm (K_{270}) and for sensory evaluation smell, taste and color. For the heat treatment process optimum conditions were: temperature 70 ° C and 88 minutes; these conditions allowed to obtain variety Fuerte avocado oil, giving a yield of 6.66%, with the following results for physicochemical properties: 0.48% acidity, peroxide 5.47 meq O_2 / kg oil, K_{270} absorbance ratio = 0.05 and for sensory evaluation proved the following values: for odor and color 5.33 5.50 6.25 flavor. These results indicate that the smell and taste the product not like or dislike and had a light color acceptance.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varios años la elección de los lípidos comestibles se ha convertido en un aspecto importante para el consumidor, quien está tratando de dirigir sus hábitos alimenticios hacia un estilo de vida más saludable y natural.

Es por eso que aceites vegetales, particularmente aquellos ricos en ácido linoléico, oleico, ácido graso monoinsaturado de conocidos beneficios para la salud cardiovascular, han experimentado un aumento progresivo en la demanda, reemplazando las grasas de origen animal.

En los últimos años en Perú y otros lugares del mundo se ha observado un aumento en el cultivo de la palta (*Persea americana Mill* var. Fuerte), materia prima rica en ácido oleico, por lo cual la extracción y producción de su aceite puede considerarse como una opción interesante.

La palta (*Persea americana Mill*. var. Fuerte) es una alternativa atractiva para el industrial por su alto contenido de aceite en la pulpa, la cual no sólo permite obtener un alimento saludable para el consumidor, como aceite, sino que también debido a las propiedades de éste, es de gran uso en la elaboración de determinados productos farmacéuticos, tanto cosméticos como medicinales.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO Y DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El palto (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) es una especie arbórea polifórmica. De este árbol se obtiene aceite con sabores suaves, constituyéndose en una buena base de la sana dieta y especial para saltear verduras y sellar carnes, ya que posee una elevada resistencia a las altas temperaturas (hasta 225°C). Sin embargo debemos recordar que por la composición de este fruto es susceptible de sufrir deterioro u oxidación de sus componentes al momento de ser procesado o almacenado por efecto de la temperatura y tiempo de proceso.

Empresas agroindustriales nacionales ofertan la palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) como materia prima hacia mercados nacionales e internacionales, sin darle valor agregado; esta transformación no se realiza en nuestro territorio, con las sabidas consecuencias que trae el no procesar en nuestra patria, ya que son muy pocas las empresas dedicadas a la obtención del aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*).

1.2 FORMULACIÓN Y SISTEMATIZACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema central

¿Cómo influye el tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte)?

1.2.2. Problema secundario

¿Cómo influye la temperatura de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte)?

¿Cómo influye el tiempo de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte)?

1.3 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El estudio delimita su investigación a la especie (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) por ser la especie comercialmente más utilizada.

1.4 JUSTIFICACIÓN

El presente trabajo de investigación se justifica porque se podrá identificar cual es la temperatura y tiempo necesarios para obtener un mayor rendimiento en la obtención de aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) si existe influencia en los parámetros físico químicos sensoriales (acidez, peróxidos, U.V K₂₇₀) del aceite por efecto del procesamiento, que combinación de estos factores de tratamiento (9 tratamientos del modelo factorial 3²). Esto permitirá al consumidor conocer cuáles son los parámetros físico químicos sensoriales del aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) del producto final en ausencia de la actividad oxidativa de los ácidos grasos esenciales en el proceso.

1.5 LIMITACIONES

El presente estudio intenta responder al planteamiento del problema, consistente en lograr establecer si existe mayor o menor rendimiento en la producción de aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) utilizando la técnica de sometimiento al tratamiento térmico producido por esterilizador de aire caliente.

El estudio limita los análisis físicos químicos a aquellos que son posibles de ser realizados en el laboratorio de análisis sensorial

de la ESIA y en el laboratorio de Bioquímica y Nutrición de la FACI. Asimismo el presente estudio limita la investigación realizada por la escasa información de estudios similares; también por ser un tema poco abordado en nuestro medio local, se contó con limitaciones de orden teórico y medios prácticos enfocados a la realidad del problema.

Cabe añadir que debe mencionarse la estacionalidad de este fruto ya que la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) es una fruta que se cosecha solamente una vez al año.

CAPITULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1.OBJETIVOS

2.1.1. Objetivo general

- Determinar el efecto del tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales del aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*).

2.1.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de la temperatura de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*).
- Determinar el efecto del tiempo de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*).

2.2. HIPÓTESIS

2.2.1. Hipótesis general

- El tratamiento térmico influye sobre el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte).

2.2.2. Hipótesis específicos

- La temperatura de tratamiento térmico influye en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte).
- El tiempo de tratamiento térmico influye en el rendimiento y en los parámetros físico químico sensoriales en la extracción del aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte).

VARIABLES

- **Variable independiente**
 - Tratamiento térmico.
- **Variable dependiente**
 - Extracción del aceite.

2.3.1. Dimensiones de variables

No existe una norma específica que sirva como referencia para las variables consideradas en este trabajo de investigación para este producto, sin embargo se pueden considerar algunas dimensiones utilizadas para derivados de la palta y otros productos similares.

- **Dimensiones de variable independiente**

- Temperatura de tratamiento térmico: (42; 70; 98) °C.
- Tiempo de tratamiento térmico: (32; 60; 88) min.

- **Dimensiones de variable dependiente**

- Rendimiento expresado en porcentaje (%).
- Índice de acidez libre (% ácido oleico) < 1%
- Índice de peróxidos (meq O₂/Kg aceite).
- Índice de Absorbancia al U.V para K₂₇₀ ≤ 0,25
- Evaluación sensorial: olor, sabor, color.

2.3.2. Diagrama general de variables y dimensiones

Para el presente estudio se realizó el siguiente diagrama general de la variable tratamiento térmico y extracción de aceite y sus respectivas dimensiones:

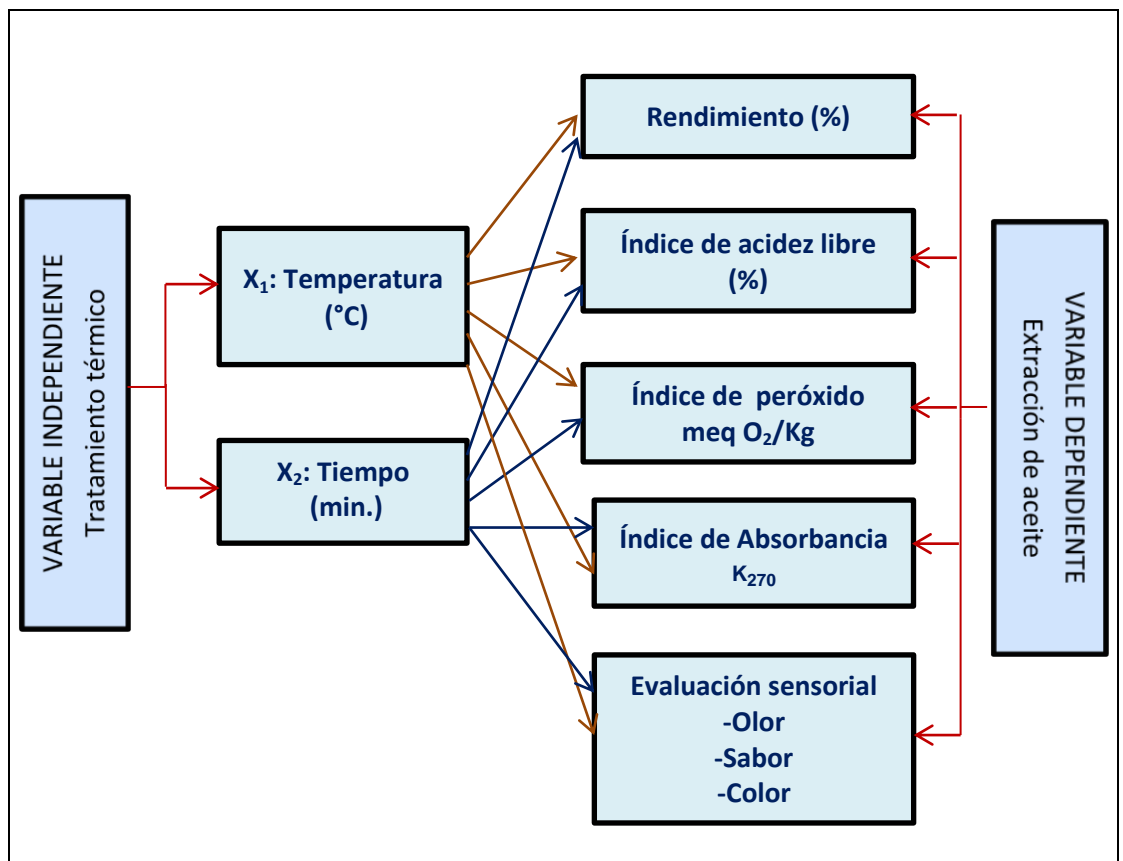


Figura 1. Diagrama general de variables y dimensiones.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

2.3.3. Operacionalización de variables

A continuación se presenta en el Cuadro 1 la relación que existe entre las variables independiente y dependiente y sus respectivas dimensiones, indicadores, unidades y escala.

Cuadro 1. Operacionalización de variables.

VARIABLE	DIMENSION	INDICADOR	UNIDAD	
VARIABLE INDEPENDIENTE	Térmico	-Temperatura (X_1)	Medición de temperatura	Grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$)
	Tratamiento	-Tiempo (X_2)	Medición de tiempo	Minuto (min.)
VARIABLE DEPENDIENTE	Extracción del aceite	- Rendimiento	Peso expresado en porcentaje	Porcentaje (%)
		-Índice de acidez libre	Medición de Porcentaje de ácidos grasos libres con respecto a ácido oleico	Porcentaje (%)
		-Índice de peróxido	Determinación de oxidación inicial del aceite y deterioro de antioxidantes naturales	mEq O_2/Kg Max. 20,0
		-Índice de Absorbancia K_{270}	Medición de la absorbancia de ultravioleta aceite a longitud de onda de 270 nm	K 270 nm Max. 0,25
		-Evaluación sensorial	Olor Sabor Aroma	1 - 09

Fuente: Elaboración propia, (2014).

2.3. MATRIZ GENÉRICA DE CONSISTENCIA

Para ver la Matriz genérica de consistencia remitirse al Anexo 1.

CAPITULO III

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

3.1. FRUTOS OLEAGINOSOS

Originaria del Caribe, Guatemala y México, así como en otras regiones tropicales de América y subtropicales del mundo el (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) crece en altitudes de 100 a 2600 m.s.n.m. El descubrimiento de la importancia de los lípidos en una nutrición sana es un proceso que se inició a partir de los años veinte. Anteriormente se creía que la grasa no desempeñaba un papel esencial en la alimentación si se consumían cantidades suficientes de vitaminas y minerales con la dieta. Posteriormente se prestó atención a la relación existente entre cantidad y tipo de grasa consumida y el riesgo de sufrir enfermedades cardiovasculares, cáncer y otras enfermedades degenerativas.

El mensaje principal que resultó de estos estudios llevó a aconsejar moderación en el consumo de grasa total, grasa saturada y colesterol. Hoy en día la palta (*Persea americana Mill var. Fuerte*) es consumida alrededor del mundo y el aceite es un componente de numerosas formulaciones cosméticas así como en el consumo del mismo en la dieta diaria.

El estudio de la palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte) ha estado dirigido fundamentalmente hacia el fruto, en vista de su valor alimentario. La pulpa es rica en ácidos grasos tales como: oleico, linoléico, palmítico, esteárico, linolénico, cáprico y mirístico que forman el 80% del contenido graso del fruto. (Hall, 2002).

3.1.1. Definiciones de palta

El fruto es una drupa periforme de gran tamaño 300 – 400 gr. de piel que según variedades es entre verde y violeta e incluso negra, pudiendo ser del mismo modo lisa o rugosa. La pulpa es firme y mantecosa, encerrando en su interior una gran semilla. (Guía de las frutas cultivadas pag. 9).

Es una drupa redondeada, oval o periforme según la variedad, de tamaño muy variado (7-33 cm. de largo y hasta 15 cm. de ancho), cáscara de color verde hasta púrpura oscuro, y desde delgada hasta gruesa y rugosa, a veces como cuero. Pulpa firme, aceitosa, de color amarillo a verdoso. Contiene una semilla grande (5-6.4 cm.), dura y pesada, redonda o con punta, de color marfil pero con dos envolturas paperosas muy delgadas de color café, que a menudo quedan adheridas a la pulpa. (INTA, 1999).

3.1.2. Etimología

La palabra aguacate viene del náhuatl *ahuácatl*, lo que también significa testículos. Los españoles hicieron de *ahuácatl* las palabras *aguacata* y *avocado*, esta última es una palabra ya conocida, que designaba antiguamente a los abogados. En portugués se conoce como *abacate*, en alemán se conoció como "fruta de mantequilla". La palabra *guacamole* proviene del náhuatl *ahuacamolli*, que traducido significa sopa o salsa de aguacate. Los escritos españoles mencionaron esta fruta por primera vez en 1519 (Alza y Vásquez, 2002).

3.1.3. Orígenes

El origen de los paltos (*Persea americana Mill*), se encuentra dispersa en las zonas tropicales y subtropicales desde México (Sur de México, América Central y Norte de Sudamérica) y parte de Chile. Existen gráficos en los ornamentos de los cementerios en Chimbote y Trujillo con 8 mil años de antigüedad que demuestran que en el Perú Precolombino ya se conocía este fruto.

El palto (*Persea americana Mill*) es una planta que requiere climas cálidos sin peligro de heladas. Se cree que ya era cultivado antes de la llegada de los españoles, quienes junto con

los portugueses, acabaron por extenderlo como frutal casero por el Nuevo Mundo.

Actualmente se encuentran grandes plantaciones en los cinco continentes, siendo los mayores productores: México, Estados Unidos, (California y Florida), Santo Domingo, Brasil, Indonesia, Sudáfrica Israel y España (Costa Mediterránea y Canarias), (Alza y Vásquez, 2002).

3.1.4. Taxonomía

La clasificación botánica del palto es la siguiente:

- Reino: Vegetal
- Nombre Científico: *Persea americana* Mill.
- División: Spermalophyta
- Subdivisión: Angiospermae
- Clase: Dicotyledoneae
- Sub Clase: Dipétola
- Orden: Ranales
- Familia: Lauraceae
- Género: *Persea*
- Especie: *Persea americana* Mill, *Persea gratísima* Gaerth, *Perseadrymifolia* Blake.
- Subespecie: *Persea americana* var. Fuerte.

Fuente: (Bernal E.J.A, 2008)



Figura 2. Taxonomía de Persea Americana Mill.
Fuente: (Bernal E.J.A, 2008)

3.1.5. Composición química de la palta

La composición de este fruto en el momento de la recolección es muy variable, dependiendo de la variedad de paltos, del suelo, del clima, y del cultivo. Por término medio, los paltos de la variedad fuerte llevan en su composición: aceite: 15-22% agua: 76 – 82 % hueso y tejidos vegetales: 18 – 24 % (Morton, 1987).

La composición química del palto varia puede variar según la variedad cultivada, las circunstancias y el grado de madurez. (Collazos, 1996). Todas las variedades producen buenos aceites, cada uno con sus características particulares. En el

Cuadro 2. se muestra la composición química media del palto, expresada en porcentajes.

Cuadro 2. Composición química media del Palto

COMPONENTE	COMPONENTE EN 100 gr. DE PORCION COMESTIBLE
Energía	131,0 Kcal
Agua	79,2 g
Proteína	1,7 g
Grasa	2,5 g
Carbohidratos	5,6 g
Fibra	5,8 g
Ceniza	1,0 g

Fuente: Collazos, (1996)

3.1.6. Composición bioquímica de la palta

A continuación se muestra la composición bioquímica de la palta desde el punto de vista bioquímico.

Cuadro 3. Composición bioquímica de 100 g de palta

Componentes	Cantidades
Agua	75,0 g
Fibra	1,6 g
Proteínas	1,7 g
Hidratos de carbono	5,9 g
Grasas	15,4 g
Aceites saturados	2,2 g
Aceites monoinsaturados	8,9 g (96% ácido oleico)
Aceites poliinsaturados	1,7 g (98% ácido linoleico)
Vitamina A	85,0 ug
Vitamina D	10,0 ug
Vitamina E	3,0 mg
Vitamina C	14,0 mg
Vitamina K	8,0 ug
Vitamina B1	0,11 mg
Vitamina B2	0,20 mg
Vitamina B6	0,45 mg
Niacina	1,6 mg
Ácido pantoténico	1,0 mg
Biotina	10,0 ug
Ácido fólico	32,0 ug
Calcio	10,0 mg
Hierro	1,06 mg
Fósforo	40,0 mg
Sodio	4,0 mg
Potasio	463,0 mg
Magnesio	41,0 mg
Manganeso	2,3 mg
Cobre	0,35 mg
Azufre	25,0 mg
Cloro	10,0 mg
Energía	160,0 Kcal

Fuente: Braverman, 1978.

3.1.7. Estructura de la palta

La palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte) es una drupa; se trata de un fruto con una sola semilla compuesta por los

siguientes tejidos principales: Pericarpio (que comprende la piel y pulpa) y el Endocarpio (que comprende el hueso y la semilla) que se detallan a continuación:

A. Pericarpio

El pericarpio tiene dos partes que representan el 78,97 % del peso total del palto.

- a) **Epicarpio o piel:** El pericarpio tiene dos partes que representan el 12,64 % del peso total del palto.
- b) **Mesocarpio o pulpa:** El pericarpio tiene dos partes que representan el 66,33 % del peso total del palto.

B. Endocarpio

El endocarpio tiene dos partes que representan el 21,03 % del peso total del palto.

El hueso, es la capa interna o leñosa que envuelve a la semilla; y representa el 21,00 % del peso total de la palta. La forma del hueso reproduce con bastante fidelidad la forma del fruto.

La semilla o almendra; se encuentra localizada en el interior del hueso, es fusiforme y representa el 0,03 % del peso total del fruto.

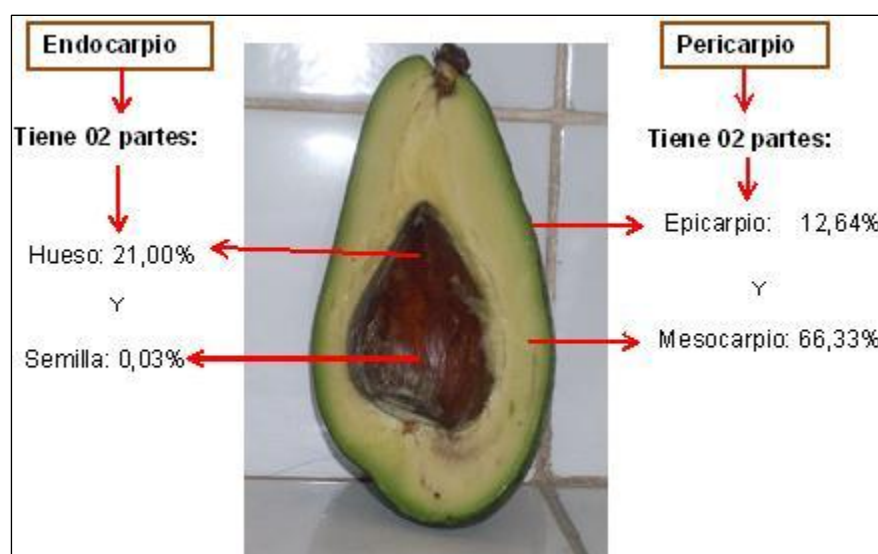


Figura 3. Estructura de la palta
Fuente: Elaboración propia, 2014

Cuadro 4. Cantidad porcentual en la estructura de la palta variedad Fuerte

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Piel	12,64
Pulpa	66,33
Hueso	21,00
Almendra	0,03

Fuente: Elaboración propia, (2014)

3.1.8. Descripción botánica

A. Planta: Árbol extremadamente vigoroso (tronco potente con ramificaciones vigorosas que tienden a la horizontalidad),

pudiendo alcanzar hasta 20 m de altura. El tronco se hace marrón y rugoso con el tiempo.

B. Sistema radicular: Bastante superficial.

C. Hojas: Árbol perennifolio. Hojas alternas, pedunculadas, muy brillantes por el haz y opacas por el envés. De forma general son enteras, ovaladas o elípticas, de hasta 16 cm de longitud.

D. Flores: Flores perfectas en racimos sub terminales; sin embargo, cada flor abre en dos momentos distintos y separados, es decir los órganos femeninos y masculinos son funcionales en diferentes tiempos, lo que evita la autofecundación. Por esta razón, las variedades se clasifican con base en el comportamiento de la inflorescencia en dos tipos A y B. En ambos tipos, las flores abren primero como femeninas, cierran por un período fijo y luego abren como masculinas en su segunda apertura. Esta característica de las flores de palta (*Persea americana Mili* var. Fuerte) es muy importante en una plantación, ya que para que la producción sea la esperada es muy conveniente mezclar variedades adaptadas a la misma altitud, con tipo de floración A y B y con

la misma época de floración en una proporción 4:1, donde la mayor población será de la variedad deseada.

E. Fruto: Baya unisemillada (drupa piriforme de 300- 400 gr), oval, de superficie lisa o rugosa. El envero sólo se produce en algunas variedades y la maduración del fruto no tiene lugar hasta que éste se separa del árbol.

F. Órganos fructíferos: Ramos mixtos, chifonas y ramilletes de mayo. El de mayor importancia es el ramo mixto. (<http://www.infoagro.com/>).



Figura 4. Árbol de palto (*Persea americana* Mill) var. Fuerte
Fuente: Elaboración propia, (2014)

3.1.9. Razas

En palto encontramos tres razas distintas que son: Mexicana, Guatemalteca y Antillana, dentro de las cuales la Mexicana es la que posee un mayor contenido de aceite, que varía entre un 18 a 26 % (Gardiazabal y Rosenberg, 1991). Las razas señaladas

agrupan a una gran diversidad de variedades, donde las principales características de éstas se detallan a continuación.

3.1.10. Variedades

Las variedades de paltas de mayor importancia para los mercados que se cultivan en el Perú son la “Hass”, “**Fuerte**” y “Nabal”. La variedad “Ettinger” de reciente introducción en nuestro país, es otra de las variedades de mayor demanda en los países europeos (Agrodata, 2007).

3.1.11. Variedad Fuerte

Esta variedad es una palta de color verde, tiene características intermedias entre la raza mexicana y guatemalteca, por lo que se le considera un híbrido natural de estas dos razas. Los frutos presentan aspecto periforme, de tamaño mediano, con 300 a 400 g. de peso en promedio. Su largo medio es de 10 a 12 cm. y su ancho de 6 a 7 cm. La piel ligeramente áspera, se separa con facilidad de la pulpa que es de textura mantecosa, de excelente sabor, tiene poca fibra; variando su contenido de aceite entre 18 y 26 % cuando está madura dependiendo del tipo del suelo, clima, altitud, riego, etc. (Agrodata,2007).

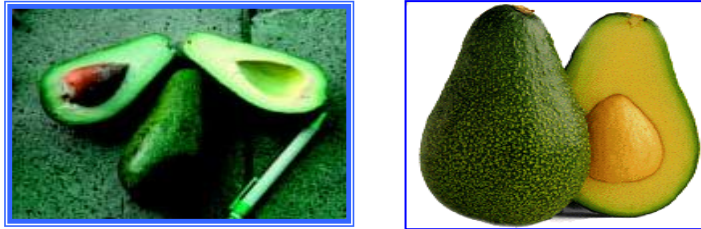


Figura 5. Frutos del cultivar Fuerte
Fuente: (Agrodata, 2007).

3.1.12. Interés nutricional de la palta

La palta (*Persea americana Mill* var. Fuerte) es una fruta de sabor neutro y particular que puede consumirse sola o combinarse con una gran variedad de platos y otros alimentos (Agrodata, 2007).

Sin embargo, hay algunos tipos de paltas (*Persea americana Mill* var. Fuerte) que son ricas en grasas por lo que se suelen dejar al margen en cualquier dieta de adelgazamiento.

El fruto de la palta (*Persea americana Mill* var. Fuerte) tiene un alto contenido de proteína, fibra y vitaminas (A, B, C y E); el nivel de azúcar es relativamente bajo; es una excelente fuente de potasio y fósforo y contiene ácidos grasos monoinsaturados que reducen de manera efectiva el nivel de colesterol en la sangre, ayudando en la prevención de enfermedades coronarias. El aceite de palta presenta un nivel de digestibilidad de 93,8% y es rico en vitamina A, B, C y E.

Está compuesto por ácido palmítico (7%), esteárico (1%), oleico (79%) y linolénico (13%) (Morton, 1987).

Algunas de sus propiedades nutricionales son:

*Cada 100 gr. de palta se está incorporando entre 14 y 15 gramos de grasa, las cuales, si bien significan una importante cantidad de calorías, son más saludables que las grasas animales: el 70 % es de tipo insaturadas. Sin embargo, hay que aclarar que las paltas no contienen colesterol.

*Son buena fuente de potasio (aporta hasta un 60 % más que una banana o plátano mediano). También contienen otros minerales esenciales entre los que se destaca el magnesio.

*Tienen cantidades insignificantes de sodio, por lo que también pueden ser consumidos sin problemas por personas con problemas de hipertensión.

*Son una excelente fuente de vitamina E, uno de los antioxidantes naturales más buscados por sus beneficios: entre otros, reduce el riesgo de trastornos cardiovasculares y padecer enfermedades degenerativas como el cáncer. También contiene vitaminas C (también actúa como antioxidante), A y algunas del complejo B, como es el caso del ácido fólico. Finalmente, se puede decir que es una de las frutas con mayor contenido de fibras solubles, las que ayudan a regularizar los intestinos y reduce también la absorción del colesterol y azúcar en sangre.

3.1.13. Índice de madurez

El grado óptimo de madurez del fruto para realizar la recolección, es difícil de determinar por la diversidad de variedades y ambientes, por las variaciones en la duración de período de floración a cosecha y por las diferencias en el contenido de aceites que se van acumulando durante la maduración del fruto. (www.infoagro.com)

El proceso de maduración de la palta está marcado por una variedad de cambios bioquímicos que incluyen incrementos en la producción de etileno y en la respiración, ablandamiento y desarrollo de componentes de sabor (Seymor y Tucker, 1993).

A diferencia de la mayoría de frutales, la palta no alcanza la madurez de consumo en el árbol, sino después de que se cosecha. Este fenómeno parece estar explicado por la presencia de una sustancia que actúa como regulador de la maduración y que se trasloca desde el pedúnculo una vez que se independiza el fruto del árbol (Tingwa y Young, 1975).

El progresivo reblandecimiento del fruto y el desarrollo de un sabor aceptable, son indicadores de la madurez como lo ha definido Hobson (1979). Antes de que esto ocurra, se observan

ligeros cambios en la consistencia del fruto debidos a la pérdida de agua (Barmore, 1977). Una vez que se alcanza la madurez fisiológica, la tasa de reblandecimiento postcosecha se torna progresivamente menor conforme se acerca a la madurez de consumo (Zauberman y Shiffmann-Nadel, 1972). La madurez del fruto está basada en el metabolismo de los lípidos, con una rápida acumulación de aceite y de materia seca (Kikuta y Erickson, 1968); el mayor incremento es del ácido insaturado oleico, que es el principal constituyente. Este incremento de aceite va acompañado de una baja en la concentración de azúcares que revela la importancia de los azúcares solubles en los procesos de respiración asociados con la fisiología post cosecha y madurez de fruto (Liu *et al.*, 1999).

El contenido de materia seca es un parámetro que se ha determinado como indicador del nivel de madurez fisiológica del fruto de la palta (Lee *et al.*, 1983) y se han establecido valores mínimos como estándar legal para cada variedad. Frutos de palta cosechados con niveles de materia seca por debajo del mínimo recomendado, maduran de manera irregular y no desarrollan completamente sus atributos de calidad; por otra parte, frutos

cosechados con niveles de materia seca altos, experimentan una rápida maduración y reducen su vida en anaquel.

La determinación del contenido de materia seca se realiza comúnmente en muestras de 10-15 g de pulpa sometidas a desecación en estufas o en horno microondas. Cada vez se pone mayor atención a este parámetro con el propósito de establecer planes de empaque y manejo post cosecha más eficientes en función del mercado objetivo. Dada la gran importancia que la materia seca representa como indicador de madurez, se desarrollan métodos no destructivos para su determinación en la línea de empaque. La espectroscopia se presenta como una herramienta confiable para la selección de frutos con base en el contenido de materia seca (Clark *et al.*, 2003).

Es difícil determinar cuándo un fruto de palto está maduro y listo para la cosecha, debido a que no manifiesta cambios en su apariencia externa (Fersini, 1975; Lewis, 1978). Lee (1981), indica como ventaja una excelente correlación entre la fecha asignada para cosecha con el sabor del fruto y que no se requiere de análisis de laboratorio para su determinación. Como desventajas, Lewis (1978) señala que se debe determinar fechas para cada cultivar y ajustarlas año tras año, debido a la variación en la época

de floración, considerando en forma independiente, aquellas localidades que presentan microclimas.

Morris y O'Brien (1980), citados por Lee (1981), establecieron la estrecha relación que existe entre el contenido de aceite y el peso seco del fruto.

El aumento en el porcentaje de peso seco durante la maduración es debido principalmente al incremento en el porcentaje de aceite. El porcentaje de materia seca tiene un alto grado de correlación con el contenido de aceite y se usa como índice de madurez en California y en la mayoría de las áreas productoras de palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte); el mínimo requerido de materia seca varía de 19 a 25 %, dependiendo del cultivo (19,0% para "Fuerte"; 20,8% "Hass" y 24,2% "Gwen"). Para otros autores el porcentaje de grasa es de 12,5 g (Collazos, 1996) y 15,4 g (Braverman, 1978).

Existe una correlación inversa en la variación de aceite y humedad de la palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte), durante el desarrollo del fruto; es así, que a medida que aumenta el nivel de aceite el nivel de humedad disminuye (Schwartz y Von Elbe 1983; Lee, 1981).

3.1.14. Pardeamiento enzimático

La alteración del color de los productos hortofrutícolas está fundamentalmente relacionada con el pardeamiento enzimático (Nicolas *et al.*, 1994), siendo éste uno de los principales factores que limitan la vida útil de los alimentos procesados. Las reacciones enzimáticas en vegetales procesados producen alteraciones sensoriales tales como mal olor, pérdida de firmeza y decoloración. El pardeamiento enzimático de la fruta se debe bien a procesos fisiológicos que tiene lugar durante la maduración, bien a procesos asociados a la recolección, o bien a tratamientos tecnológicos de post recolección. El proceso de pardeamiento se desencadena cuando, tras la operación de corte se produce una pérdida de la integridad celular en las superficies de las frutas. Esto provoca una destrucción de la compartimentación de enzimas y sustratos, con lo que se catalizan las reacciones y se produce la formación de metabolitos secundarios no deseados (Bruns, 1995). Para que el fenómeno de pardeamiento enzimático tenga lugar se requiere de la presencia de cuatro diferentes compuestos: el oxígeno molecular, sustratos apropiados, la polifenoloxidasas y la presencia de cobre en el centro activo de la enzima. Estos factores determinan la velocidad

de pardeamiento, que puede tener lugar muy rápidamente, incluso en 30 min (Laurila *et al.*, 1998). Esta velocidad dependerá de factores tales como la concentración y actividad de la enzima, la cantidad y naturaleza de los compuestos fenólicos, pH, temperatura, actividad del agua y de la cantidad de oxígeno disponible en el entorno del tejido vegetal (Mayer y Harel 1991).

Otros factores intrínsecos que influyen en la intensidad del pardeamiento son: la especie, la variedad y el estado fisiológico de los frutos (Amiot *et al.*, 1992). Los alimentos elaborados comercialmente importantes, como pastas o purés, así como sus productos tales como zumos o néctares son muy sensibles al pardeamiento enzimático debido a su alta concentración en polifenoles y polifenoloxidasas. Algunas frutas particularmente sensibles a la oxidación enzimática son los albaricoques, melocotones, paltas (*Persea americana* Mill var. Fuerte), plátanos, lichis, mangos, y también hortalizas así como champiñones y patatas. Se ha interpretado de varias formas la función que la polifenoloxidasa y el oscurecimiento pueden jugar en la fisiología vegetal. Cheftel y Cheftel (1976) aseguran que las reacciones de pardeamiento enzimático poseen un papel de protección contra microorganismos. En efecto, se considera que los polímeros

coloreados que se forman cuando un tejido se lesiona, pueden constituir una defensa contra la penetración de microorganismos, o incluso retrasar su proliferación (Cheftel y Cheftel, 1976). Valero-Ruiz (1993), considera que la participación de la polifenoloxidasa en procesos fisiológicos tan diversos como la biosíntesis de ligninas, la esclerotización de la cutícula de artrópodos y la biosíntesis de melaninas se debe a la gran variedad de posibles substratos y la elevada reactividad de las o-quinonas, productos primarios de reacción generados por la actividad de esta enzima. Uno de los principales problemas que presenta el proceso industrialización de la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) es el pardeamiento causado por enzimas polifenoloxidasas y polioxidasas, lo que altera la apariencia del producto e induce cambios en el aroma y sabor de las frutas y hortalizas. Se le denomina pardeamiento enzimático a la transformación de compuestos fenólicos en polímeros coloreados, denominándoseles melaninas a los pigmentos que se forman frecuentemente de colores pardos o negros (Cheftel y Cheftel, 1976).

Para que ocurra el pardeamiento enzimático oxidativo es necesaria la presencia de tres componentes: oxígeno, enzimas y

sustratos oxidables como: tirosina, catecol, ácido clorogénico, ácido cafeico, ácido gálico, hidroquinonas antocianos o flavonoides, entre otros. Si cualquiera de estos componentes falta o se impide que actúe, se evitará el oscurecimiento enzimático (Schmidt-Hebbel, 1981). Las enzimas y los sustratos están localizados en compartimentos tisulares o celulares distintos, separados por varias membranas (Cheftel y Cheftel, 1976).

3.1.15. Polifenoloxidasas

El pardeamiento enzimático está mayoritariamente asociado con la acción de la polifenoloxidasas (PFO), sin embargo existen otras enzimas responsables en menor grado. La principal catalizadora de la alteración del color en los alimentos, la polifenoloxidasas (PFO), es una enzima ampliamente distribuida en la escala filogenética, encontrándose tanto en organismos procariotas como eucariotas. Recibe distintos nombres según el material biológico del que proceda. Así, se denomina tirosinasa en animales y procariotas, y polifenoloxidasas en vegetales (Valero-Ruiz, 1993). La polifenoloxidasas se localiza siempre en orgánulos celulares, concretamente en cloroplastos y mitocondrias. Se puede hallar de dos formas distintas, bien unida a membranas, como a la membrana tilacoidal de los cloroplastos, o bien en forma soluble.

Es de destacar el hecho de que la proporción de fracción soluble de (PFO) aumenta durante la maduración del fruto. El nivel de actividad de la (PFO) depende del tipo de tejido. Aunque se asume que esta afirmación es verdadera, existe cierta controversia al respecto ya que en manzana algunos autores han encontrado que la actividad enzimática era mayor en la piel que en el mesocarpio y otros estudios constatan lo contrario (Nicolas *et al.*, 1994). Según la Comisión para la Nomenclatura Enzimática, todas las enzimas pueden agruparse en seis clases. Las enzimas involucradas en el pardeamiento enzimático pertenecen al grupo uno o grupo de las oxidoreductasas, constituido por deshidrogenasas, reductasas, oxidasas, transhidrogenasas, peroxidasas y oxigenasas. Es conveniente distinguir entre dos subclases de enzimas, las oxigenasas y las oxidasas. Las oxigenasas catalizan la incorporación tanto de átomos de oxígeno como de oxígeno molecular en el substrato, dando lugar en la mayoría de los casos a la formación de grupos hidroxilo. Pueden incorporar un átomo de oxígeno por mol de substrato (se denominan entonces monooxigenasas) o dos átomos de oxígeno (dioxigenasas). Las oxidasas, sin embargo, catalizan la transferencia de electrones desde su substrato al oxígeno,

reduciendo este último a peróxido, superóxido o agua, pero sin incorporar ningún átomo de oxígeno al sustrato. Las oxidasas son frecuentemente metaloproteínas. La polifenoloxidasas es metaloenzima que contiene un 0.2% de cobre, elemento que se puede separar por diálisis mediante EDTA. Para que la enzima actúe sobre el sustrato fenólico, el Cu^{2+} ha de encontrarse reducido a Cu^+ , estado en el que la enzima puede ligar oxígeno (Mayer y Harel, 1991). El cobre, situado en el centro activo de la enzima, es esencial para la actividad de la polifenoloxidasas y su acomplejamiento da lugar a la inhibición de la misma. Bajo la genérica denominación de polifenoloxidasas, quedan comprendidas dos tipos de enzimas.

El primer tipo lo constituyen las catecoloxidasas y el segundo tipo las lacasas. Las primeras catalizan dos reacciones distintas:

Reacción 1 o Actividad cresolasa: hidroxilación de monofenoles en la posición orto para obtener o-difenoles.

Reacción 2 o Actividad catecolasa: oxidación de o-difenoles a sus correspondientes o-quinonas.

Estas dos reacciones enzimáticas consumen oxígeno y son conocidas en la literatura por el apelativo de actividad monofenolasa (o cresolasa) y actividad o-difenolasa (o

catecolasa). La actividad cresolasa de la enzima es reflejo de un comportamiento de oxigenasa, mientras que la actividad catecolasa es un claro exponente de la actividad enzimática de una oxidasa. Esta doble vertiente de la polifenoloxidasa desemboca en pluralidad de calificaciones. Veamos las distintas nomenclaturas asociadas a esta enzima que ratifican la afirmación anterior; a saber, la hidroxilación de monofenoles (reacción 1) es propia de una monofenol monooxigenasa o tirosinasa, monofenolasa o cresolasa y la oxidación a quinonas (reacción 2) propia de una difenoloxidasa, difenolasa o catecolasa (Nicolaset al., 1994). Un segundo tipo de enzimas catalogadas también bajo el término genérico de polifenoloxidasas son las lacasas, las cuales tienen la peculiaridad de oxidar tanto o-difenoles como p-difenoles a sus correspondientes o-quinonas (Amiot *et al.*, 1992), con un pH óptimo entre 4 y 7,5. Se ha cuestionado que las lacasas estén involucradas en los procesos de pardeamiento enzimático ya que están ausentes en la mayoría de los vegetales, se ha descrito su presencia en melocotones, albaricoques, tomates y champiñones (Valero-Ruiz, 1993).

La enzima polifenoloxidasa (PFO), es una proteína cúprica que cataliza la oxidación de compuestos fenólicos a quinonas, éstas

prosiguen su oxidación con el oxígeno del aire sobre el tejido hasta formar compuestos oscuros de tipo melanoide por polimerización (Schmidt-Hebbel, 1981). De acuerdo a los resultados obtenidos por Opazo *et al.* (2003), los tejidos de paltas (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) sin daño fisiológico y con estado de madurez más avanzado, presentó una mayor actividad de la enzima polifenoloxidasas. El mismo autor obtuvo que, tejidos con daño fisiológico presentaron siempre mayor actividad de la enzima polifenoloxidasas que el tejido sano. Señala, además, que la concentración de fenoles (sustratos de la PFO) se incrementó en la medida que los frutos de presentan mayor madurez.

Por esto, la refrigeración y congelación de frutos sensibles al pardeamiento enzimático, necesitan un tratamiento preliminar para evitar el pardeamiento en palta (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) (Braverman, 1978). El cual puede ser la inactivación de la enzima mediante un tratamiento térmico (escaldado); sin embargo este método produce en la palta la liberación de algunos compuestos aromáticos y sabores desagradables en el producto. Otra forma de inactivar la enzima es por medio de agentes antioxidantes como el ácido ascórbico, ácido Cítrico, etc.; lo cual es posible debido a que el pH de actividad óptima de la PFO se

sitúa entre 5,0 y 7,0 y más concretamente entre 6,0 y 6,5, por lo que con pH cercanos o menores a 3,0 su actividad se ve afectada irreversiblemente. En la palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) es considerada como la enzima más importante en las reacciones de pardeamiento enzimático y dentro de los sustratos de los cuales actúa, se encuentra principalmente: el catecol, seguido en orden decreciente por catequinas, ácido cafeico, ácido clorogénico, de hidroxifenilalanina, y quercetina; no tiene ninguna actividad sobre fenoles monohidroxilados (Ver Cuadro 5) (Baile y Young, 1971).

Cuadro 5. Sustratos específicos de la polifenoloxidasasa

Sustrato	Acción relativa
Catecol	100
Ácido clorogénico	33
Ácido cafeico	33
Catequina	81
Dehidroxifenilalanina	12
Quercetina	6
Hidroquinona	0
Resorcinol	0

Fuente: Knapp (1965), citado por Nicolaset *al.* (1994).

3.1.16. Rancidez

La oxidación de las grasas, generalmente conocida como rancidez, es causada por una reacción bioquímica entre las grasas y el oxígeno. Durante este proceso, los ácidos grasos de cadena larga son degradados, formándose compuestos de

cadenas cortas. Uno de los productos de esta reacción es el ácido butírico, el cual produce el característico sabor a rancio (Nickerson y Karel, 1964). Uno de los factores que influencia el proceso de rancidez es la temperatura. Es así que a bajas temperaturas, como en la refrigeradora ($2 \leq 5 \text{ }^\circ\text{C}$), (<http://publicaciones.ops.org.ar/>), la reacción ocurre pero a muy baja velocidad. Consecuentemente, en los alimentos frescos listos para consumir mantenidos a temperatura de refrigeración, la proliferación de bacterias y por ende, el deterioro del producto ocurrirá generalmente antes que la rancidez pueda ser detectada (Opazo *et al.*, 2003). Por su alto contenido en ácidos grasos insaturados, la palta es muy susceptible a la rancidez oxidativa e hidrolítica debido a la acción del oxígeno y de hongos hidrolíticos, respectivamente, reacciones que inducen aromas y sabores extraños que alteran los caracteres organolépticos del producto final (Nickerson y Karel, 1964). Las grasas y los aceites de los alimentos pueden estar particularmente expuestos a la oxidación, que se denomina rancidez y puede ocurrir sin la presencia de enzimas. Como resultado de rancidez son comunes los malos sabores y olores a sebo, pintura, quemado, pescado, hierba y

otros. (Schmidt-Hebbel, 1981). Existen tres tipos de rancidez, dependiendo de los agentes causales de esta alteración:

Rancidez biológica, causada por microorganismos vivos.

Rancidez estónica, oxidación de ácidos grasos saturados.

Rancidez oxidativa, que es una oxidación de ácidos grasos no saturados, como el oleico, linoleico y linolénico. (Schmidt-Hebbel, 1981). En nuestro caso nos ocuparemos con más énfasis en la rancidez oxidativa. La rancidez oxidativa se produce cuando las grasas y aceites se dejan en contacto con el aire y la humedad durante cierto tiempo, sin tomar precauciones para evitar su descomposición, estas sufren cambios en sus caracteres organolépticos que reciben comúnmente el nombre de rancidez o enranciamiento. Reviste gran importancia el estudio de la rancidez para lograr la debida conservación de los lípidos en el sentido de retardar el enranciamiento, que no sólo determina profundas modificaciones organolépticas como olor y sabor desagradables o repugnantes (acre, añejo, amargo, picante, jabonoso, aceitoso, a quemado, a moho, a sebo, a pescado) y alteraciones en la estructura de la masa, sino también trastornos gastrointestinales. A la vez, los peróxidos resultantes destruyen las vitaminas liposolubles A, D, E, caroteno y parte de los ácidos grasos

esenciales y paralizan la biosíntesis de vitamina K. El enranciamiento puede ser por oxidación o por hidrólisis (Jiménez *et al.*, 2001). La rancidez hidrolítica consiste en el desarrollo de sabores indeseables debido a la hidrólisis de los triglicéridos que integran una grasa o un aceite, por acción de enzimas lipolíticas (lipasas) presentes en el producto o producidas por ciertos microorganismos, formándose ácidos grasos y glicerina. La rancidez oxidativa se debe a la oxidación de los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados con formación de peróxidos o hidroperóxidos, que posteriormente se polimerizan y descomponen dando origen a la formación de aldehídos, cetonas y ácidos de menor peso molecular, entre ellos el aldehído epihidrial. Este proceso es acelerado en presencia de la luz, calor, humedad, otros ácidos grasos libres y ciertos catalizadores inorgánicos como las sales de hierro y cobre. Las grasas que han experimentado oxidación son de sabor y olor desagradable y parecen ser ligeramente tóxicas para algunos individuos. El enranciamiento oxidativo, además destruye las vitaminas liposolubles, particularmente las vitaminas A y E (tocoferoles). Así como es inconveniente la regeneración de un alimento que ya ha estado en condiciones no apropiadas para el consumo; es en

cambio, de sumo interés el estudio de técnicas que puedan impedir en forma preventiva la alteración de un alimento, para evitar a la vez la toxicidad y la pérdida económica que implica la rancidez (Olhagaray, 1989). La rancidez es un problema común en casi todas las investigaciones acerca de la conservación de pulpa de palta, que puede ser del tipo biológica u oxidativa. Aunque se considera a la rancidez de tipo oxidativa como la de mayor importancia, muchas veces es difícil la eliminación del oxígeno dentro del envase; por el contrario, la rancidez de tipo biológica, generalmente, depende sólo de la buena higiene con que se trabaje (Olaeta, 1991).

3.1.17. **Ácidos grasos**

Son sustancias constituidas por una larga cadena hidrocarbonada que posee en el extremo un grupo hidroxilo (-COOH). Los ácidos grasos se diferencian por su número de átomo de carbono (oscila entre 16 y 20). En el aceite de palta (*Persea americana Mill Var. Fuerte*) y por la cantidad de dobles enlaces que posee (se encuentra entre 0 y 3). Los ácidos grasos más frecuentes en el aceite de palta son el ácido oleico con porcentajes del orden del 75%, seguido por los ácidos linoleico y palmítico.

Cuadro 6. Cantidad de ácidos grasos en el aceite de palta

ACIDOS GRASOS		%
Ácido oleico	C 18:1 w9	75,12
Ácido. linoleico	C 18:2 w6	8,76
Ácido. palmítico	C 16:0	8,61
Ácido. oleico	C 18:1 w7	3,50
Ácido. palmitoleico	C 16:1	1,48
Ácido. esteárico	C 18:0	0,70
Ácido. linolénico	C 18:3 w3	0,74
Ácido. octadecanoico isóm.	C 18:1	0,56
Ácido. eicosaenoico	C 20:1	0,21
Ácido. decahenoico isóm.	C 16:1	0,13
Ácido. araquico	C 20:0	0,06
Ácido. mirístico	C 14:0	0,03
Ácido. octodecadienoico isóm.	C 18:2	0,04
No identificado		0,13
No identificado		0,10
No identificado		trazas
No identificado		trazas

Fuente: Costas, 2001.

3.1.18. La oxidación de los lípidos

La oxidación de los lípidos puede resultar de muchas vías reaccionales en función del medio y de los agentes iniciadores: la lipólisis u oxidación enzimática iniciada por la lipooxigenasa tiene lugar sobre todo en los frutos crudos, antes de la transformación industrial (cosecha, transporte, secado, blanqueamiento, almacenaje (St Angelo, 1996).

A. La Lipólisis

La hidrólisis de los lípidos es principalmente el resultado de enzimas lipolíticas. La enzima principalmente implicada es la lipooxigenasa (St Angelo, 1996). La lipooxigenasa cataliza la inserción de una molécula de oxígeno sobre un ácido graso insaturado según una reacción estereo específica, y termina en la formación de hidroxipéroxidos. Ella actúa específicamente sobre los ácidos grasos no esterificados. Su actividad es entonces a menudo unida a aquella de las lipasas y fosfolipasas. En las frutas con alto contenido de aceite, se trata de lipasas, de fosfolipasas y de esterasas. Las lipasas y las esterasas hidrolizan las uniones ésteres de los glicéridos y los liberan a partir de triglicéridos de ácidos grasos, de diglicéridos y de los monoglicéridos. Los ácidos grasos libres formados pueden luego servir de sustratos por las reacciones de oxidación (López y Otros, 1997). Sin embargo, esas enzimas lipolíticas situadas justo bajo película de estos frutos no pueden atacar los lípidos en las células no dañadas a causa de la estructura particular de los oleosomas (empaquetadura y protección de los lípidos de reserva (Riedl y Mohr, 1979). Esas activas enzimas son independientes del

oxígeno, y aquellas como las lipasas, dependen en primer lugar del tenor de agua. El grado de madurez del fruto determina el nivel de actividad de las lipasas. Sin embargo, las esterasas son estables al calor y pueden quedar activas incluso en condiciones de Aw muy baja. La oxidación enzimática puede tener lugar a baja temperatura. Las lipooxigenasas y las peroxidases pueden ser activadas por rupturas a nivel de membranas celulares, causadas por los daños físicos en los frutos oleaginosos, poniendo la enzima y el sustrato en contacto (Keme y Otros, 1983). Las lipooxigenasas son inactivadas a temperaturas superiores a 60 °C, temperatura a partir de la cual la oxidación no enzimática es favorable, (Ory y Otros, 1985).

B. La auto-oxidación

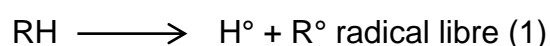
En el caso del calentamiento de los alimentos ricos en lípidos, los fenómenos oxidativos ponen en juego las reacciones complejas, que asocian una degradación oxidativa (autooxidación) y una degradación térmica de ácidos grasos libres no esterificados. La auto-oxidación de los ácidos oleicos (C18:1 n9) y linoleicos (C18:2 n-6) producen la mayoría de las sustancias rancias en las frutos (Grosh y Otros, 1983; Keme y

Otros, 1983). La oxidación de los lípidos es una reacción autocatalítica. Se trata de un encadenamiento de reacciones radicales que se desarrollan en tres etapas: iniciación, propagación y terminación descritas a continuación.

Mecanismo reaccional de la oxidación (según Bolland y Gree, 1946)

Iniciación

En presencia de un iniciador (1), los lípidos insaturados (RH) pierden un átomo de hidrogeno para formar sobre el ácido graso afectado, un radical graso libre centrado sobre el carbono (R°).



Propagación

El radical libre, muy reactivo, fija una molécula de oxígeno, para formar un radical hidroperóxido inestable, centrado sobre el oxígeno (2). Este arranca un hidrogeno lábil de un segundo ácido graso, formando un hidroperóxido no radical más estable (3), pero generando una nueva especie radical sobre el segundo ácido graso.



Topallar y Otros (1997) han demostrado que la sensibilidad de los ácidos grasos insaturados a la oxidación depende de la capacidad del hidrogeno alílico para actuar con un radical hidroxiperóxilo. El ácido linoleico (C18:2 n-6), después de la acción del oxígeno, da esencialmente 2 hidroperóxidos isómeros. Los hidroperóxidos conjugados, que resultan desde el inicio de un hidrogeno alílico (13-OOH y 9-OOH) son mucho mayoritarios en función de otros (12-OOH y 10-OOH). El ácido linolénico (C18:3 n-3) forma también hidroperóxidos 9-OOH, 12-OOH, 13-OOH, 16-OOH, las formas 16-OOH y 9-OOH son mayoritarias.

Terminación

Durante esta fase, las especies radicales accionan entre ellas para dar especies no radicales, poniendo así fin a los ciclos reaccionales.



La Figura 6 muestra el desarrollo de oxidación en aceites según Dergal (1993), en el que a través de las etapas de oxidación, debido al incremento de oxígeno en el transcurrir

del tiempo, la reversión, la viscosidad, el oxígeno absorbido y el oxígeno en el aceite se incrementan. Por otro lado, el índice de peróxidos presenta una curva sinusoidal; y como consecuencia de la ruptura de peróxidos, los aldehídos, cetonas, ácidos, etc se van a desarrollar cada vez más en la etapa de degradación.

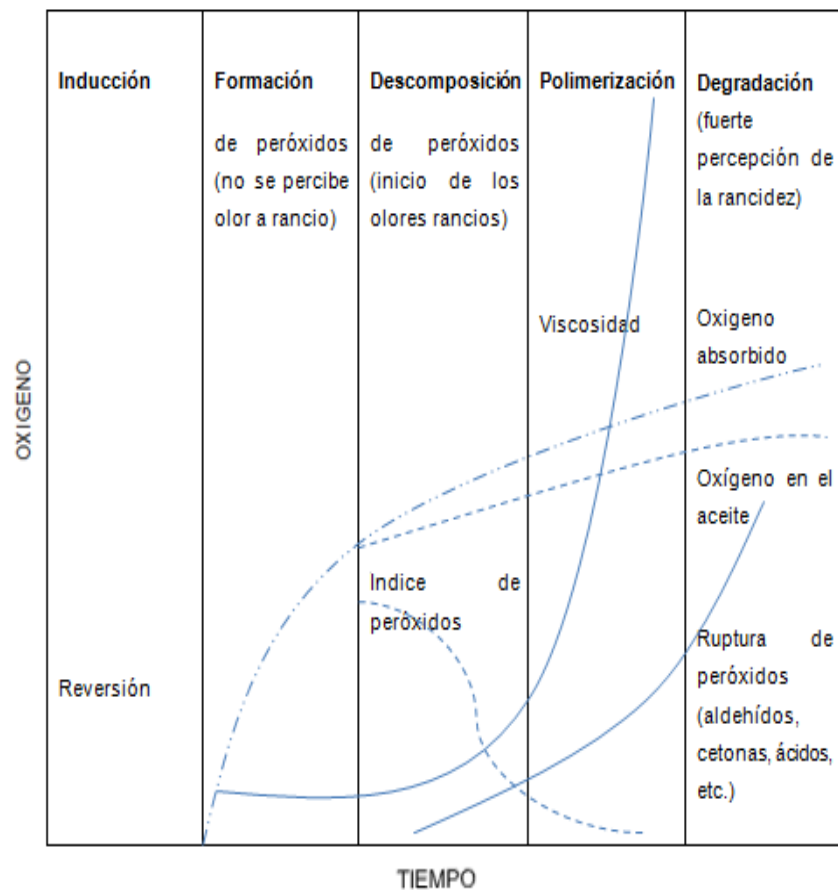


Figura 6. Desarrollo de oxidación en aceites
Fuente: Dergal (1993).

Productos formados en el proceso de oxidación de los lípidos

La oxidación de los lípidos conduce a la formación de productos primarios: hidroperóxidos, radicales libres, dienos conjugados, muy inestables y rápidamente descompuestos en productos secundarios: aldehídos, alcoholes, cetonas. Así también al momento del desarrollo de las reacciones de oxidación van a aparecer sucesivamente los productos primarios y secundarios de la oxidación.

Productos primarios

Los radicales libres son formados en el curso de las fases de iniciación y de propagación de la reacción de oxidación de lípidos. Esas especies muy inestables y muy reactivas son compuestos citotóxicos susceptibles de inducir alteraciones de moléculas del ADN (Kanazawa y Otros, 2000) y las proteínas. Los dienos conjugados, se forman por arreglo de los dobles enlaces del radical graso libre de los ácidos grasos poliinsaturados. Los hidroperóxidos son productos intermediarios de la oxidación de los lípidos sin olor

especifico, ellos se descomponen rápidamente por el calor, (O'keefe y Otros, 1993).

Productos secundarios

Una vez los radicales formados, se producen numerosos reacomodamientos: formación de radicales endoperóxidos, vía los endoperóxidosbi-cíclicos y la formación de malondialdehidos (MDA) (Janeiro, 1990), así como de otras vías siendo así propuestas por Pryor y Otros (1976) para la formación de MDA.

Fraccionamiento de los hidroperóxidos

La mayor vía de escisión de los hidroperóxidos da lugar a los radicales hidroxilos (OH°) y los oxiradicales (RO°). Estos últimos producen diversos productos de oxidación así como de nuevos radicales muy reactivos pudiendo mantener la reacción o reaccionar con otras especies químicas (como las aminas, por ejemplo). La modificación de los hidroperóxidos puede evolucionar hacia funciones epóxidas, cetonas, hidroxilos, furanos más estables, con las posibilidades de acumularse sobre una misma cadena. Los hidroperóxidos no son una especie química muy estable a temperatura ambiente, y eso se asevera cada vez que la temperatura

aumenta. Chan y Otros (1976) han mostrado que los hidroperóxidos se descomponen espontáneamente por encima de 150°C.

3.1.19. Productos de interacción entre los productos de alteración de lípidos y las proteínas

Los hidroperóxidos y los productos secundarios salidos de la oxidación de lípidos interactúan con las proteínas y los aminoácidos. Esas interacciones tienen un impacto importante sobre la degradación de las propiedades funcionales, sensoriales y nutricionales de los alimentos (Pokorny, 1977). La naturaleza de esas interacciones depende del estado de la oxidación de los lípidos es decir del tenor respectivo en hidroperóxidos y en productos secundarios (Ladikos y Lougovois, 1990).

Los hidroperóxidos son muy reactivos con los agrupamientos aminados y sulfidrilos de las proteínas. La reacción de un hidroperóxido con un grupo alfa-amino conduce a la formación de un aldehído mientras que la reacción de un hidroperóxido con un grupo ε-amino libre de una lisina conduce a la formación de una imina. Las modificaciones químicas inducidas por las interacciones entre los hidroperóxidos de lípidos y las proteínas se traducen por la formación de polímeros proteína-proteína o los

productos de adición lípido-proteína, que conllevan una alteración de los aminoácidos tales como los aminoácidos esenciales reactivos, lisina, cisteína, metionina y triptófano (Gardner, 1979). En consecuencia, se nota una baja del valor nutricional de las proteínas. Los compuestos carbonilos, notablemente los aldehídos, que derivan de la oxidación de los lípidos reaccionan con los agrupamientos aminados de proteínas y forman así bases de Schiff. Los aldehídos actuarían preferentemente con los agrupamientos thiol de las cisteínas y los agrupamientos ϵ -aminas de las lisinas (Gardner, 1979). Las reacciones del MDA con las proteínas conducen a la formación de agrupamientos carbonilos a nivel de las cadenas de aminoácidos (Burcham y Kuan, 1996). La solubilidad y las propiedades reológicas de las proteínas son afectadas por las reacciones entre los productos de oxidación de los lípidos y las proteínas. Los enlaces entre los productos de oxidación de los lípidos y las proteínas son de tres tipos: enlace covalente, enlace iónico, enlace hidrogeno entre los agrupamientos polares de los lípidos oxidados y las proteínas (Pokorny, 1977).

3.1.20. Factores promotores e inhibidores de la oxidación de los lípidos

Los factores promotores e inhibidores de la oxidación de los lípidos se resumen en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Factores promotores e inhibidores de la oxidación de lípidos

Promotores	Inhibidores
Temperaturas altas	Refrigeración
Metales Cu, Fe	Secuestradores
Peróxidos de grasa oxid.	Antioxidantes
Lipooxidasa	Escaldado ó tratam. térmico
Presión de oxígeno	Gas inerte o vacío
Luz U.V.	Empaque opaco
Poliinsaturación	Hidrog. de ácid. insaturados

Fuente: Matissek y Otros (1989).

Los iniciadores de la oxidación de los lípidos

La fase de iniciación de la oxidación de los lípidos puede ser iniciada por muchos factores: las formas activas del oxígeno, los metales o el calor (Frankel, 1996).

Iniciación por las formas activadas del oxígeno

El oxígeno molecular esta, en su estado fundamental, en estado triplete. Él no puede reaccionar directamente con los lípidos porque la barrera de su espín es muy elevada.

La reacción del oxígeno con los ácidos grasos insaturados es hecha posible por el inicio de un hidrogeno de una cadena de ácidos grasos bajo influencia de diferentes iniciadores como los

iones de metales de transición, y las formas activas del oxígeno como el radical hidroxilo. El radical hidroxilo es muy reactivo, él puede arrancar un hidrogeno y formar así un radical alquilo que va a iniciar la peroxidación lipídica.

Iniciación por los metales

Los metales de transición juegan un rol importante en la generación de los radicales libres del oxígeno, ellos son los primeros activadores de las moléculas de oxígeno. La iniciación de la oxidación lipídica por los metales puede hacerse por transferencia del electrón o por formación de complejos con el peróxido de hidrogeno, que catalizan la autooxidación y la descomposición por la reacción redox (Frankel, 1996).

En el caso de la palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) es muy rica en hierro, potasio y Magnesio. Según su forma, ellos catalizan a velocidades variables la oxidación de los ácidos grasos insaturados en los frutos y particularmente en la palta, incluso a temperaturas de almacenaje muy débiles como 4°C (Cuq, 1992; St Angelo y Ory, 1975).

Factores medioambientales

Los principales factores implicados en la oxidación de los lípidos a lo largo de los procesos de transformación de los alimentos son: la temperatura, el pH, la actividad del agua y la presión parcial en oxígeno. Una elevación de temperatura favorece la oxidación de los lípidos. La oxidación de los lípidos es tanto más rápida cuando la temperatura es importante: el inicio de los hidrógenos alílicos y la descomposición de los hidroperóxidos en productos secundarios son favorecidos. Sin embargo, la solubilidad del oxígeno disminuye cuando la temperatura aumenta. Existe entonces un antagonismo entre esos dos parámetros. A baja temperatura, la solubilidad del oxígeno es elevada: la temperatura se convierte entonces en el factor limitante de la peroxidación lipídica. El pH influye en el desarrollo de la oxidación por vía de muchos mecanismos (Genot y Otros), 2003). Primeramente, por las reacciones de óxido-reducción haciendo intervenir a los protones (H⁺) el potencial redox decrece inicialmente con el pH. Un pH ácido favorece entonces la reacción de oxidación, en particular cuando las especies pro-oxidantes o antioxidante solubles en fase acuosa están presentes. El pH interviene igualmente en la solubilidad de los compuestos implicados en la

iniciación de la reacción. De esta forma, cuanto más bajo es el pH, más baja la solubilidad y el potencial redox de sus iones metálicos, y entonces su reactividad frente a las moléculas oxidables es elevada. La actividad del agua (A_w) de un sistema influencia las reacciones de oxidación de los lípidos. Por definición, la A_w es la relación de la presión parcial del vapor de agua de un producto sobre la presión parcial de vapor de agua saturante ejercida por el agua pura a la misma temperatura. El efecto del agua está ligado a las propiedades de solvatación de los iones y de los radicales libres y a su actividad química. Por solvatación, el agua, permite la movilización de sustancias prooxidantes o antioxidantes. Ella interactúa con los cationes metálicos y los vuelve más o menos disponibles en la catálisis de las reacciones de oxidación. En general, en presencia de metales de transición solubles, una A_w vecina de 0,3 (entre 0,3 y 0,4) corresponde a las velocidades de auto oxidación más débiles. Esos valores corresponden a la formación de una capa monomolecular de agua alrededor de los constituyentes. Una A_w comprendida entre 0,6 y 0,8 corresponde a las velocidades de oxidación las más grandes (Figura 7). Una actividad de agua muy

débil es igualmente favorable a la oxidación (Frankel, 1998).

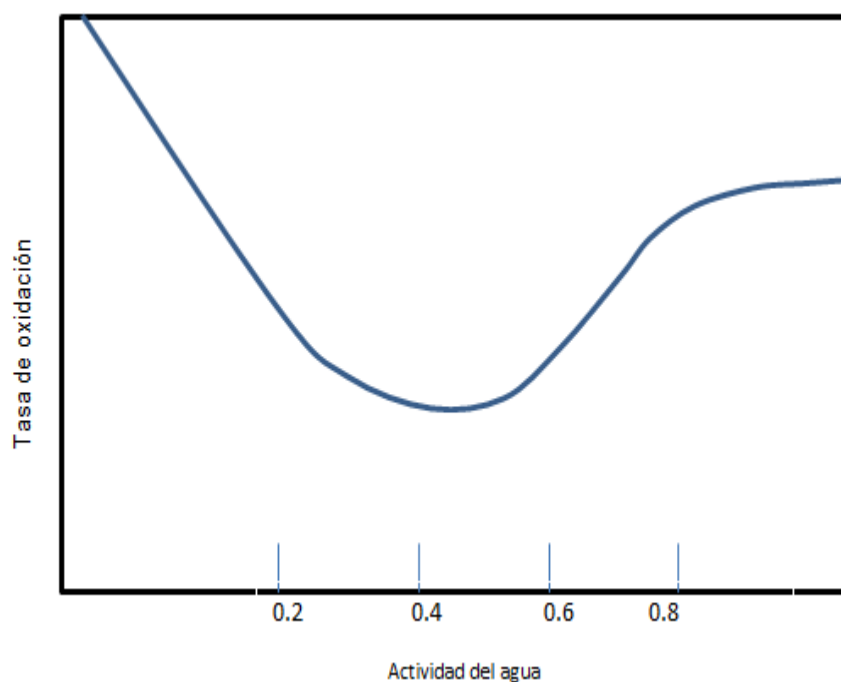


Figura 7. Efecto de la actividad del agua sobre la velocidad de la oxidación de los lípidos. Fuente: Nawar, (1996).

La actividad del agua juega un rol importante en la oxidación de las frutas oleaginosas. Las paltas y otras frutas oleaginosas se oxidan menos y se conservan por más tiempo a A_w intermedias (Mate y Otros, 1996). La velocidad de la reacción procede disminuyendo hasta un valor de A_w igual a 0,4 (tenor en agua de 3%), y luego aumenta a valores más elevados. La concentración de oxígeno (presión parcial de oxígeno) en el medio ambiente del producto y en el producto en sí mismo influencia la velocidad de oxidación. Ella interviene igualmente a nivel de la naturaleza de

los productos secundarios formados por descomposición de los hidroperóxidos. Su incidencia se ve entonces a la vez sobre la duración de la conservación del producto y la naturaleza de los olores percibidos cuando el producto es oxidado. La relación entre velocidad de oxidación y presión parcial de oxígeno depende entonces de factores como la actividad de agua, la temperatura, la naturaleza de los catalizadores. En ausencia de oxígeno, la velocidad de oxidación de la palta (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) se enlentece (Keme y Otros, 1983; Mate y Otros, 1996).

3.2. TRATAMIENTOS PARA LA PREVENCIÓN DEL PARDEAMIENTO ENZIMÁTICO

Existen varias formas de evitar el pardeamiento enzimático en la palta; alguna de ellas puede ser la inactivación de la enzima mediante tratamientos térmicos (escaldado) y por medio de agentes antioxidantes como: ácido ascórbico, ácido cítrico y sal (Desrosier, 1993). Sin embargo la destrucción de la (PFO) en la palta para inhibir el pardeamiento enzimático no contempla el tratamiento térmico debido a que este produce en la palta la liberación de algunos compuestos, aromas y sabores desagradables en el producto (García *et al.*, 1975). Según Cortés *et al.* (1971), el mejor inhibidor de la PFO en la paltas es la cisteína pero es inadecuada porque altera las características del olor y

sabor, además que su uso queda limitado por detección sensorial a concentraciones tan bajas que pierde su efecto inhibitor.

Existen varias formas de evitar el pardeamiento enzimático en la palta, pero todas ellas apuntan a inhibir la enzima o a eliminar el oxígeno, ya que sobre el sustrato oxidable no es posible actuar (Desrosier, 1993; Schmidt-Hebbel, 1981).

3.2.1. Escaldado

El escaldado hasta ahora no ha tenido mucha aplicación ya que la palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) experimenta como consecuencia de la acción del calor, cambios irreversibles en las características sensoriales. El alto contenido de grasa en la pulpa, lo hace susceptible a una pérdida de color y olor ante este tratamiento, aunado a la generación de sabores amargos y a la degradación de la clorofila hacia colores parduscos (García *et al.*, 1975).

Covarrubias (1984) concluye que el escaldado inhibe el oscurecimiento de la pulpa de palta, pero que este no debe ser muy severo ya que induce el sabor amargo y la decoloración, recomienda pasteurizar a 75 °C por corto tiempo (no se especifica cuanto tiempo); también señala que los aditivos tales como ácidos orgánicos, que bajan el pH de la pulpa a menos de 6,0; reducen la

calidad de las grasas y favorecen la decoloración sobre todo si se aplica un calentamiento al producto. El control enzimático es obtenido fácilmente, destruyendo las enzimas mediante un corto escaldado anterior a la refrigeración o congelación y el almacenamiento. Casi todas las enzimas son destruidas irreversiblemente en unos pocos minutos calentándolas a 79°C (Desrosier, 1993).

Según Richardson y Hyslop (1993), el principal objetivo del tratamiento térmico es desnaturalizar e inactivar las enzimas, con el fin de evitar que, los alimentos se encuentren sujetos a su continua actividad. De acuerdo a las conclusiones obtenidas por Ortiz *et al.* (2003), las condiciones mínimas de operación para desactivar la PFO son 73°C durante 10 minutos, y las condiciones máximas de operación son 85°C durante 4,6 minutos. Este mismo autor concluye que a mayor tiempo de tratamiento térmico, la velocidad de degradación del color verde se incrementa, presentando un oscurecimiento enzimático significativo cuando se somete a 80°C o más. El escaldado es un calentamiento de corta duración, que tiene como objetivo inactivar las enzimas, de modo que éstas detengan su actividad metabólica y cese la degradación del alimento (Jiménez *et al.*, 2004; Fernández, 2007). El escaldado debe

realizarse en el intervalo de 60°C a 100°C. Siendo típicos los procesos a temperaturas de 80°C durante unos minutos. La correcta determinación requiere de la realización de pruebas empíricas y de la evaluación del producto escaldado por paneles sensoriales (Fernández, 2007).

Según Desrosier (1993), enzimas como la peroxidasa puede ser reactivada después del calentamiento, puesto que ésta es capaz de soportar temperaturas de 85°C. De acuerdo a esto (Tirilly y Marcel, 2002), indican que se acepta que existe una destrucción de todas las enzimas de interés una vez inactivada la peroxidasa. A pesar de que resulta eficaz la inactivación de enzimas por el calor en frutas que se almacenan o mantienen en estado crudo por refrigeración o congelación, puede modificar los caracteres organolépticos del producto (Cheftel y Cheftel, 1976). Por esto, Olaeta (1991), indica que al utilizar métodos que implican altas temperaturas como forma de conservación, se debe cuidar de mantener el sabor y aroma que posee la fruta. Para lograr este objetivo se deben utilizar de preferencia tratamientos con altas temperaturas por períodos de tiempo corto.

3.3. DEFINICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE DE PALTA

3.3.1. Aceite de palta

El aceite de Palta (*Persea americana Mill var. Fuerte*) es un aceite espeso, penetrante, que se absorbe muy rápidamente, y que conviene a todo tipo de pieles. Su acidez libre expresada en ácido oleico es como máximo de 0,3 g por 100 g, y sus demás características corresponden a las previstas para esta categoría.

Se usa generalmente como mascarilla en el cabello, aplicándolo sobre este y dejándolo actuar de 15-20 minutos, lavar después con el champú habitual quedando el cabello suave y nutrido. Como aceite corporal es maravilloso para el masaje y el relajamiento muscular.

La palta (*Persea americana Mill var. Fuerte*) es rica en aceite natural, proteínas y vitaminas A, D, E, C, K, B₁, B₂, B₆; posee además cualidades de “penetración” y “mantenimiento”, lo que le hace especialmente eficaz para las cremas nutritivas que actúan contra el envejecimiento.

Se parece en su composición al sebo de la piel, y por ello es muy utilizado para el cuidado de la piel seca, escamosa y envía de envejecimiento.

Constituido de 2 a 10% de insaponificables, el aceite de palta tiene un poder regenerante y reestructurante de la epidermis y estimula el cuero cabelludo.

En el arte culinario es ideal para hacer aderezos o para usarlo puro en ensaladas. También es muy favorable en frituras por su alto punto de quemado o de humeo (225°C), a diferencia del aceite de olivo que es de 180°C. Esto permite usarlo en forma repetida sin causar daño en comparación a los otros tipos de aceites disponibles en el mercado y lo hace un excelente producto para fines culinarios, ya que no se quema al cocinarlo y tampoco libera ácidos grasos dañinos para la salud (www.alimentacion,2014).

3.3.2. Características organolépticas del aceite de palta

Este fruto con su alto contenido de aceite, corresponde en su mayoría a los llamados insaturados. La pulpa de la fruta es esencialmente rica en ácido oleico, palmítico, linoléico y palmitoléico, con algunas trazas de esteárico. Existen pocas diferencias de contenido de ácidos grasos del mesocarpio y el endocarpio, y difieren sustancialmente de los presentes en la semilla donde abundan el linoléico y linolénico. En todo caso la semilla contiene poco ácido graso y es por eso que el procesamiento del aceite se hace fundamentalmente de la pulpa o

parte comestible de la fruta. La composición de aceite crudo de palta, dado su alto contenido de ácidos grasos, contiene alrededor de un 80 – 85% de ácidos grasos insaturados, así como un importante nivel de materias insaponificables. Específicamente el cuadro a continuación describe con detalle los componentes y cantidades porcentuales en el fruto.

Cuadro 8. Características del aceite crudo de palta

COMPONENTE	PORCENTAJE
Ácido palmítico	11,85 %
Ácido palmitoleico	3,98 %
Ácido esteárico	0,87 %
Ácido Oleico	70,54 %
Ácido linoleico	9,45 %
Ácido linolénico	0,87 %
Ácido Araquidónico	0,50 %
Ácido Elisenoico	0,39 %
Ácido Behénico	0,61 %
Ácido Lignocénico	0,34 %

Fuente: Schwartz y Olaeta, (1998)

3.3.3. Composición del aceite de palta

El aceite de palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte) tiene un contenido lipídico muy bajo en ácidos grasos saturados y muy rico en monoinsaturados, de los cuales el 75,12% aproximadamente es ácido oleico, los poliinsaturados están representados casi en su totalidad por el ácido linoleico, que reducen notablemente los riesgos coronarios y del betasitosterol que impide al organismo absorber el colesterol dañino (LDL). Este aceite es un poderoso

antioxidante debido a la presencia de la vitamina E; protectora de la piel, la vista y defensa contra las infecciones gracias al alto contenido de la vitamina A; el contenido de vitamina B₁, B₂, se asocia con el buen funcionamiento del sistema nervioso; vitamina B₆ en los estados depresivos y la vitamina C es ya conocida. El aceite de palta (*Persea americana* Mill var. Fuerte) es el más sano del mercado. Su sabor es suave y sabroso realzando sabores naturales. Debido a su punto de humo muy alto, es un aceite muy popular para freír pescado, pollo, etc. Es delicioso como condimento simple sobre papas y toda clase de vegetales. Es un excelente sustituto de las grasas saturadas de origen animal, una tendencia muy aceptada por los consumidores y recomendada por profesionales en nutrición. (Costa, 2001).

Cuadro 9. Algunas características físicas y químicas del aceite de palta crudo y refinado

ANÁLISIS	ACEITE CRUDO	ACEITE REFINADO
Humedad (%)	n.d.	n.d.
Ácidos grasos libres	1,56	0,16
Índice de yodo (g l/100g aceite)	69,61	66,96
Índice de saponificación (mg KOH/g aceite)	195,01	198,72
Índice de peróxidos (meq peróxidos/Kg aceite)	19,58	19,74
Peso específico	0,915	0,916
Viscosidad a 20°C (cP)	43,0	35,9
Densidad óptica (λ =500 nm)	-	1,400
Índice de refracción a 25°C	1,4686	1,4686
Jabón residual (ppm de oleato de Sodio)	-	30,3
n.d.:no detectable		

Fuente: Costas, 2001.

El perfil lipídico (cuadro anterior) del aceite extraído corresponde a uno del tipo monoinsaturado, siendo el principal componente el ácido oleico con porcentajes del orden del 75%, seguido por los ácidos linoleico y palmítico. Esta composición es característica para este fruto y le confiere una baja reactividad al oxígeno y la temperatura, por lo que culinariamente tendría un buen comportamiento frente a temperaturas medias a elevadas como en la fritura. Este perfil lipídico es similar al obtenido por centrifugación por Werman y Newman (1987), quienes obtuvieron un 74,1% de ácido oleico con este método, mientras que con solvente este valor se redujo a un rango entre 64,4 y 70,5%. Por su parte, Turatti y do Canto (1985) determinaron que no existe gran influencia del proceso de extracción en los ácidos grasos del aceite obtenido, logrando valores de 61,2 y 60,4% de ácido oleico

en los aceites extraídos por centrifugación y disolvente a partir de pulpa seca respectivamente.

3.4. CALIDAD DEL ACEITE DE PALTA

La calidad está referida al conjunto de propiedades o atributos que posee y que determina el grado de aceptación del consumidor respecto a un determinado uso (Buron y Garcia, 1989).

La calidad del aceite de palta es representado por un zumo oleoso, obtenido de paltas de buenas condiciones de madurez, procedentes de paltas sanas y frescas, evitando toda manipulación o tratamiento que altere la naturaleza química de sus componentes.

Existe algunos componentes que influyen en la variabilidad y especialmente en la estabilidad del aceite de palta, estos son los polifenoles que tienen poder antioxidante. La presencia de polifenoles y su concentración en el aceite de palta varía en función de factores endógenos como la genética y el grado de madurez de los frutos, o bien exógenos como el ambiente, el sistema de extracción y el modo y tiempo de conservación.

Cabe señalar que para realizar el control de calidad del aceite de palta tomaremos criterios tomados para el aceite oliva ya que según el reglamento de la Comunidad –Económica Europea N°2568/91 de la Comisión, del 11 de julio de 1991 y modificaciones posteriores (Diario

Oficial de las Comunidades Europeas, 2002), estos son los tomados para evaluar el control de calidad del aceite de palta.

3.4.1. Parámetros de calidad del aceite de palta

Los criterios de calidad que generalmente se aplican se refieren:

Grado de acidez

Cantidad de ácidos grasos libres, expresados en ácido oleico. El valor máximo es admitido por la reglamentación técnico-sanitaria apto para el consumo humano es de 3,3 g por cada 100 g de ácidos grasos. La acidez es una anomalía que tiene su origen principalmente en el mal estado de los frutos, mal tratamiento o mala conservación.

Índice de peróxidos

Su valor determina el estado de oxidación e indica el deterioro que pueden haber sufrido ciertos componentes de interés nutricional, como es la vitamina E. Se mide en meq de O₂ activo por Kg y el valor limitante para el consumo es de 20. Según (Civantos, 1992) al avanzar el estado de oxidación de un aceite muy alterado de un bajo índice de peróxidos.

La completa información sobre el estado de oxidación se adquirirá con la determinación además del K₂₇₀.

Absorbancia U.V (K₂₇₀)

Parámetro que se utiliza para detectar los componentes anormales en un aceite y mide la absorbancia de un aceite a la longitud de onda de 270 nm. Generalmente, siempre que la extracción se realice a partir de palta (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) sana, que no haya sido sometida a ningún tratamiento diferente a las operaciones físicas propias de su extracción, su valor será inferior al límite establecido (0,25).

3.4.2. Características organolépticas

Conjunto de sensaciones detectables por los sentidos: olor, sabor y color. Del reglamento de la Comunidad –Económica Europea N°2568/91 de la Comisión, del 11 de julio d 1991 y modificaciones posteriores (Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 2002), relativo a las características de los aceites de oliva, se presentan en el Anexo 5 y los parámetros de calidad de los aceites de oliva.

3.5. TÉRMINOS DE VARIABLES Y DEFINICIONES EMPLEADAS EN EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Para el desarrollo del presente proyecto de investigación se ha tomado en cuenta las siguientes definiciones de variables.

A. Tratamiento térmico

Conjunto de procesos de calentamiento y enfriamiento, bajo condiciones controladas de temperatura y tiempo cuyo principal objetivo es el de asegurar la destrucción de todos los microorganismos vivos que puedan deteriorar la calidad del aceite o perjudicar la salud del consumidor. (www.bv.ujcm.edu.pe).

Para el presente trabajo de investigación se denominó como variable independiente el término Tratamiento térmico y se trabajó con temperaturas controladas en esterilizador de aire caliente de (42, 70, 98) °C. y tiempo de tratamiento térmico (32, 60, 88) min.

B. Extracción de aceite

Método de extracción por el cual al material se le extrae el aceite contenido en la pulpa. La extracción del aceite se realiza a través de procedimientos mecánicos o físicos. (<http://www.oleohispana.com/>)

El material previamente debe de ser molido, macerado, triturado ó picado, para permitir mayor área de contacto entre el sólido y el solvente. El proceso ha de buscar que el sólido, o el líquido, o ambos, estén en movimiento continuo (agitación), para lograr mejor eficiencia en la operación. (Diego O. Paredes, 2010). Para el presente trabajo de investigación se empleó la extracción por disolvente (Hexano).

C. Aceite virgen extra.

Es el aceite de oliva de sabor y aroma característico y acidez libre, expresada como ácido oleico, no debe ser mayor de 1%. (ITINTEC 2009.001) y se tomó como referencia para el desarrollo del presente trabajo de investigación; en nuestro caso el aceite de palta obtenido tuvo una acidez libre expresada en ácido oleico de 0,48%.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo fue realizado en el laboratorio de Análisis de los Alimentos de la ESIA y en el laboratorio de Bioquímica y Nutrición de la FACI de la Universidad Nacional Jorge Basadre Grohmann.

4.2. MATERIA PRIMA

Para el desarrollo de la presente tesis se utilizó el fruto del palto (*Persea americana Mill. var. Fuerte*), de buena calidad procedente del departamento de la provincia de Torata, en Moquegua – Perú. Los frutos fueron transportados vía terrestre en cajones de madera a temperatura ambiente (aproximadamente 23°C) en el mes de Marzo del 2014 y fueron procesadas en la misma semana de adquisición,

4.3. MATERIALES EQUIPOS Y REACTIVOS

A continuación se listan los materiales, equipos y reactivos utilizados en la realización de este estudio.

4.3.1. Materiales

Placa Petri

Mortero y mazo de porcelana.

Papel filtro.

Desecador de Zilina gel.

Papel aluminio.

Pinzas.

Balón Kjeldhal

Pipetas volumétricas de 0,5 – 10 M^a.

Matraz Erlenmeyer de 25 – 500 ml.

Bureta de 25 ml.

Pipetas aforadas de 10 – 25 ml.

Probetas de 100 – 1000 ml.

Embudo bushner.

Crisoles de porcelana

Termómetro de mercurio de -15 OC a 150 OC.

Pera de decantación de 250 – 1000 M^a.

Embudo de vidrio.

Vasos precipitados de 30 – 250 M^a.

Pera de succión

Picnómetro de 100 M^a.

Bagueta

Capsula de porcelana.

Capilares de 1,00 M^a de diámetro.

Fiola de 25 – 500 M^a papel filtro Whatman y papel aluminio.

Termómetro de 100 °C.

Tubos de Espectrofotometría.

Fiola de 10 – 500 ml.

Material Plástico

Material de acero inoxidable

Depósitos de pirex

Balón Soxhlet

Cuerpo Soxhlet

Mangueras

Guantes

Mechero bunsen

Soporte Universal

Cocina eléctrica

Material para evaluación sensorial: vasos de vidrio, platos descartables, cuchillos, cucharitas, papel bond, papel toalla

4.3.2. Equipos

Estufa Memmert, rango de temperatura 30 – 220 °C

Balanza analítica Metler AJ 150 \pm 0,1 mg de sensibilidad

Equipo extractor de grasa soxhlet, de seis hornillas, Labline.

Cocina eléctrica Thermolyne type 1500, rango de temperatura 0–200 °C.

Balanza digital

Molino manual Corona

Baño maría marca J.P Selecta S.A rango de temperatura 0 – 1200 °C

Refractómetro Abbe, RL 3 Poland

Refrigeradora de ¼ HP.

Esterilizador de aire caliente YCO-010 (25 L) Gemmy Industrial.

4.3.3. Reactivos

Índice de acidez

Hidróxido de Sodio P.A en solución (1%) 0,1 N

Alcohol 96°

Indicador de Fenolftaleina (1%)

Índice de peróxidos

Cloroformo P.A

Solución ácido acético P.A

Agua destilada

Solución de tiosulfato de Sodio 0,01 N

Solución saturada de KI 10%

Solución de almidón 1%

Índice de absorbancia por espectrofotometría al

UV (K_{270} y K_{232})

Ciclohexano P.A.

Índice de yodo

Reactivo Hanus (M/S)

Ácido acético P.A

Cloroformo P.A

Solución de Ioduro de potasio (15%)

Solución de tiosulfato de Sodio 0,1 N

Solución de almidón 1%

Índice de saponificación

Hidróxido de potasio (85%) 0,5 M

Solución de HCl 0,5 M

Indicador de Fenolftaleina (1%)

Extracción de aceite de palta

Hexano P.A (disolvente orgánico)

4.4. OPTIMIZACIÓN

De forma genérica, puede definirse la optimización como aquella ciencia encargada de determinar las mejores soluciones a problemas matemáticos que a menudo modelan una realidad física. Los problemas complejos de optimizaciones multidimensionales, no lineales y altamente multidimensionales pueden encontrarse en ingeniería, economía, geofísica y prácticamente en todos los campos de la ciencia.

En la práctica industrial han sido muchos los métodos utilizados para el diseño y control de procesos industriales con el objetivo de establecer parámetros o condiciones de operación que proporcionen las características de calidad deseadas. En muchos casos se han utilizado el diseño experimental, las superficies de respuesta y la simulación como metodologías para identificar los valores de las variables de entrada que proporcionen un resultado deseable.

Según (Gutiérrez, 2007) el método gráfico y el método de la función de deseabilidad (Derringer y Suich, 1980) son de los mejores métodos que existen ya que siempre proveen soluciones consistentes con los datos observados en el experimento. Además, ambos son bastante intuitivos y flexibles en el sentido de que permiten balancear la importancia relativa de las respuestas. Los dos métodos son fáciles

de aplicar si se tiene el software apropiado. Es recomendable aplicar ambos métodos en cada problema llegar a la mejor solución simultánea.

4.4.1. Método de la función de deseabilidad

Este método fue propuesto originalmente por (Harrington, 1985) y posteriormente mejorado por (Derringer y Suich, 1980) y (Derringer, 1994). Consiste en definir una función en el espacio de factores que mide la deseabilidad global (DG) del producto predicha en cada punto, convirtiendo el problema de optimización multivariado en un problema de optimización univariado. Basta maximizar dicha deseabilidad global para obtener el punto que buscamos (Gutierrez, 2007).

Obtenida la función de convivencia total se procede a su optimización para obtener las condiciones de operación controlables que la hacen máxima (Ver Figura 8).

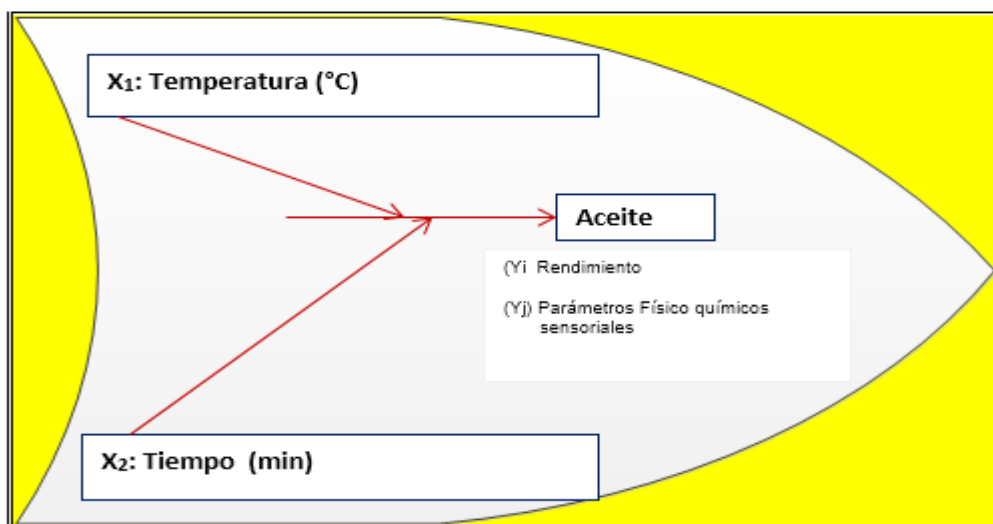


Figura 8. Diagrama causa - efecto para las dimensiones independientes y dependientes en el estudio del efecto de tratamiento térmico en el rendimiento para la extracción de aceite.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

4.5. MÉTODOS PARA EVALUAR PARAMETROS FÍSICO QUÍMICOS SENSORIALES

La evaluación de los parámetros físico químico sensoriales se puede realizar mediante los siguientes métodos. Estos son los análisis más utilizados por su fiabilidad en los análisis de lípidos.

4.5.1. Determinación del Índice de acidez libre

La cantidad de ácidos grasos libres, expresados en ácido oleico. El valor máximo admitido por la reglamentación técnico-sanitaria apto para el consumo humano es de 3,3 por cada 100 g de ácidos grasos. La acidez es una anomalía que tiene su origen

principalmente en el mal estado de los frutos, mal tratamiento o mala conservación.

4.5.2. Determinación del Índice de peróxidos (IP)

Su fundamento es la oxidación del ión yoduro, en medio ácido, por parte de los peróxidos lipídicos presentes en la grasa disuelta en cloroformo. El triyoduro formado se valora con una solución normalizada de tiosulfato sódico, con engrudo de almidón como indicador. Los resultados se expresan, habitualmente en meq de oxígeno por Kg de aceite, ya que los peróxidos tienen estructuras variadas y no conocidas exactamente.

Formula:

$$\text{I.P.} = \text{Vol.} \times \text{N} \times 1000 / \text{W. (Mta)} = \text{N}^\circ \text{ meq peróxidos} / 1000 \text{ g Mta.}$$

A pesar de su gran aplicación, es un método que presenta una serie de dificultades que pueden conducir a resultados poco exactos y escasamente reproducibles. La primera es la escasa solubilidad del yoduro en cloroformo, lo que hace necesaria una enérgica agitación antes de la valoración, para favorecer el contacto entre la fase acuosa.

4.5.3. Determinación del Índice de saponificación

Este análisis representa los mg de KOH necesarios para saponificar totalmente 1 g de lípido. Esta saponificación se efectúa con una solución alcohólica de KOH 0,5 molar (32 g/l). Los resultados se expresan en mg KOH/g de aceite.

4.5.4. Determinación del Índice de yodo

El índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. Será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa, utilizándose para comprobar la pureza y la identidad de las grasas.

Representa la cantidad en gr de halógeno, referidas al yodo elemental, que resulta ligada por cada 100 gr de grasa o ácidos grasos.

Fundamento:

La grasa o aceite disuelta se mezcla con un exceso de bromo. La cantidad de bromo que no se adiciona a los dobles enlaces oxida una disolución de yoduro a yodo, que se determina por valoración con una disolución de sulfato sódico. La reacción de adición se realiza en oscuridad para evitar que se reduzcan reacciones laterales de radicales inducidos por la luz.

4.5.5. Determinación de la absorbancia (espectrofotometría al UV a 232 y 270 nm)

Se trata de una técnica simple y rápida para evaluar el grado de oxidación lipídica. El método oficial AOCS Ch 5-91, brinda información sobre la calidad de un aceite, su estado de preservación y los cambios que atraviesa el proceso. Este método ha sido extensamente utilizado para monitorización de la oxidación lipídica de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) en aceites vegetales, de pescado y en muestras biológicas (Frankel y Otros, 1996; Jialal y Devaraj, 1996; Puhl y Otros, 1994; White, 1995). Se trata de una medida totalmente condicionada por la naturaleza del aceite a analizar, ya que depende claramente de su composición en ácidos grasos y de los productos de oxidación que se puedan generar a partir de ellos.

Absorción de la fracción lipídica a 232 nm

La formación del hidroperóxido en la cadena de un ácido graso poliinsaturado comporta el desplazamiento de un doble enlace hacia el carbono del grupo metilénico anexo, con la consecuencia de la formación de un dieno conjugado. Los dienos conjugados se pueden detectar por espectrofotometría pues tienen una absorción característica a 230 – 235 (Paz –

Antolin y Molero-Meneses, 2000; Frankel, 1998, White, 1995), es, por lo tanto un buen parámetro para evaluar el proceso oxidativo inicial de una grasa.

No obstante, deberá tenerse en cuenta siempre que el grado de insaturación de la grasa hará variar la proporción de dienos conjugados con relación al peso de grasa, y, por tanto, los valores no serán estrictamente comparables entre diferentes tipos de grasa (Frankel y Otros, 1996 White, 1995).

Respetando estas limitaciones y con una adecuada utilización en cada caso, la medida del contenido de dienos conjugados por espectrofotometría UV se muestra como una técnica de gran interés, simple y reproducible, y con escasos requerimientos metodológicos y de habilidad del operador. La utilidad de este método ha sido demostrada por muchos autores, tanto en muestras de aceites y grasas comestibles (Paz – Antolin y Molero-Meneses, 2000) como en muestras biológicas (Jialal y Devaraj, 1996, Puhl y Otros, 1994).

El método oficial AOCS Ch 5-91 "Análisis espectrofotométrico en el ultravioleta", recogen la espectrofotometría directa. No obstante distintos peróxidos que absorben a 232 nm son inestables considerándose que puede usarse como una medida

de la evolución de la oxidación a elevadas temperaturas. Por todo ello, la curva de evolución de la absorbancia a 232 nm, en función del tiempo, es compleja de interpretar, especialmente en aceites y grasas sometidas a tratamientos térmicos, en las que la destrucción de peróxidos está fuertemente catalizada.

Absorción de la fracción lipídica a 270 nm

Mientras los compuestos de oxidación primaria formados durante la oxidación del aceite, absorben básicamente a 232 nm, los compuestos de oxidación secundaria (aldehídos, cetonas y ácidos) absorben a 268 – 270 y 280 nm. La mayoría de estos compuestos secundarios provienen de la descomposición de los HPL y son preferentemente dicetonasetilénicas, alcadienales o cetodienos conjugados, (White, 1995).

Método final

La determinación se realiza directamente según el método oficial (AOCS Ch 5-91) relativo a las características de los aceites de oliva y otros similares sobre sus métodos de análisis (Ver anexo 10).

4.6. MÉTODOS EXPERIMENTALES

4.6.1. Delineamiento experimental

Para estudiar el efecto del tratamiento térmico de la palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) en el rendimiento para la extracción de aceite, se categorizó la variable independiente tratamiento térmico con sus dimensiones en 5 niveles codificados (ver Cuadro 10) y establecidos en base a trabajos e investigaciones citados en la referencia bibliográfica. (Ver Anexo 6.).

Cuadro 10. Niveles de la variable tratamiento térmico

Variable Independiente	Niveles				
Temperatura (°C)	42	60	70	90	98
Tiempo (min)	32	40	60	80	88

Fuente: Elaboración propia. (2014).

Donde: Temperatura (°C): Variable X_1

Tiempo (min): Variable X_2

Así mismo para evaluar el efecto del tratamiento térmico de la palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) en el rendimiento y parámetros físico químicos sensoriales para la extracción de aceite, (acidez, índice de peróxidos, índice de saponificación, índice de iodo, absorbancia U.V. (K_{232} y K_{270}) del aceite de palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte), Se utilizó el diseño

central compuesto que requiere de un mínimo de 11 tratamientos, 9 factores y 2 réplicas en el punto central. (Ver Cuadro 11).

Cuadro 11. Delineamiento experimental factorial central compuesto con dos variables: independiente y dependiente y cinco niveles utilizados para los efectos combinados para el estudio del presente trabajo de investigación.

Trat.	VARIABLES		INDEPENDIENTES	
	Temperatura (°C)		Tiempo (min)	
	Nivel real	Nivel codificado	Nivel real	Nivel codificado
1	50	-1	40	-1
2	90	1	40	-1
3	50	-1	80	1
4	90	1	80	1
5	42	- α	60	0
6	98	α	60	0
7	70	0	32	- α
8	70	0	88	α
9	70	0	60	0
10	70	0	60	0
11	70	0	60	0

Fuente: elaboración propia, (2014).

Dimensiones: X_1 = Temperatura (°C). X_2 = Tiempo (min).

$$+\alpha=\sqrt{2} \quad -\alpha=-\sqrt{2}$$

4.6.2. Procesamiento y análisis de datos

Para el análisis de los efectos combinados de las variables independientes (X_1 , X_2) en las respuestas evaluadas (Y_i) se empleó la metodología de superficie de respuesta. El promedio de los datos de cada uno de los 11 tratamientos fueron tratados

por el análisis de regresión múltiple para desarrollar un modelo matemático que contenga los términos lineales, cuadráticos y de interacción, para ello fue utilizado el programa Microsoft Excel 2010 y MATLAB Handle Graphics. (Ver Anexo 1).

El efecto significativo del modelo fue tratado por análisis de varianza. En ello se observó el grado de significación de la regresión y de la falta de ajuste al 95% de confianza, con la ayuda de la prueba F y el análisis del coeficiente de determinación (R^2).

El modelo para ser considerado predictivo en el estudio de las variables debe presentar regresión significativa al 95% de confianza, falta de ajuste no significativo en el mismo nivel de confianza y alto nivel de R^2 . Para ello se usó el programa estadístico Microsoft Excel 2010. Como se muestra en el diseño experimental detallado en el Anexo 6 se procesaron 9 tratamientos con 2 réplicas centrales, cada uno con sus respectivas 3 repeticiones, haciendo un total de 33 repeticiones.

4.6.3. Métodos analíticos a realizar a la materia prima

Análisis proximal

El análisis proximal fue realizado con la finalidad de conocer la composición proximal de la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) de índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

a) Humedad (método pérdida de peso, A.O.A.C.1984)

Se determinó la pérdida de peso de la muestra al someterse a calentamiento en estufa a 105°C hasta peso constante. (Ver Anexo 7).

b) Lípidos (método Soxhlet, A.O.A.C, 1984)

El contenido en grasa bruta de un producto se define convencionalmente como la parte del mismo extraíble por un solvente orgánico en condiciones determinadas.

c) Prótidos (método Kjeldhal, A.O.A.C, 1984)

El contenido en proteína bruta de un producto es el resultado de multiplicar el contenido en nitrógeno, determinado por el procedimiento Kjeldhal, por un factor (6,25) de transformación del nitrógeno en proteína.

d) Fibra cruda (método tratamiento ácido–alcalino, A.O.A.C 1982)

Tratar la muestra sin grasa si es necesario, con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido potásico de concentraciones conocidas. Separar el residuo por filtración, lavar, desecar y pesar el residuo insoluble.

e) Cenizas (método por calcinación, A.O.A.C.1984)

Residuo obtenido por incineración a una temperatura de 550°C hasta combustión completa de la materia orgánica y obtención de un peso constante.

f) Carbohidratos totales (por diferencia porcentual)

La composición proximal de un alimento está compuesta por: humedad, lípidos, proteína, fibra cruda, cenizas y carbohidratos totales. Por lo tanto se podrá determinar este último por diferencia al conocer 5 de los 6 compuestos antes mencionados.

4.6.4. Parámetros a obtener

- Índice de madurez con respecto al contenido graso en base seca en la palta.
- Temperatura de tratamiento térmico óptimo con respecto al

rendimiento en el aceite de palta.

- Tiempo de tratamiento térmico óptimo con respecto al rendimiento en el aceite de la palta.

Análisis a realizar al producto final (aceite)

A. Rendimiento

Porcentaje o proporción entre el producto o el resultado obtenido con respecto a la cantidad de aceite extraído (Ver Cuadro 26 y Figura 31 balance de materia).

B. Análisis físico químico

Estos análisis fueron realizados con la finalidad de determinar el grado de oxidación de los lípidos, humedad e índices descritos y realizados en el producto final.

-Índice de acidez libre

El índice de acidez, método por titulación (NTP 209.005 ITINTEC, 1968) es medido por la dilución de una muestra en una mezcla de disolventes, y titulación de los ácidos grasos libres presentes utilizando una solución alcalina – acuosa. (Ver Anexo 8).

-Índice de peróxidos

El índice de peróxido, Método oficial (NTP 209.006 ITINTEC, 1968), disolución de una muestra en una mezcla de ácido

acético y cloroformo que se trata con una solución de yoduro de potasio. El yodo liberado es titulado con una solución de tiosulfato sódico estandarizado. (Ver Anexo 9).

-Índice de humedad e impurezas

Calentamiento de una porción de aceite a 105°C en una estufa hasta la eliminación completa de la humedad y de las materias volátiles (Norma Española 55020, 1991). (Ver Anexo 7).

-Índice de saponificación

Ebullición de la muestra con una solución de hidróxido de potasio etanólico, y titulación del exceso de hidróxido de potasio con ácido clorhídrico, en presencia de un indicador (Método Norma Española 55012,1991).

-Índice de yodo

Se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado, valorando el reactivo que no reacciona (Método 26.020 – 26021, AOC, 1984).

-Índice de absorbancia. (K_{232} y K_{270})

El coeficiente de extinción al ultravioleta K_{270} y K_{232} , del Método oficial AOCS Ch 5-91, provee información sobre la calidad de una aceite, sus estado de preservación y los

cambios que atraviesa en el proceso. El grado de oxidación del aceite de palta (*Persea Americana Mill.* var. Fuerte) es medido a 232 nm y 270 nm. La absorción a longitudes de onda específicas en el método debido a la presencia de los sistemas de dienos y trienos conjugados. Un aceite de palta de buena calidad y con un correcto almacenaje contiene pocos productos de oxidación que absorben a una máxima longitud de onda a 270 nm. El aceite o grasa a examinar se disuelve en el solvente requerido y luego se determina la extinción de la solución a una longitud de onda específica con referencia al solvente puro. Estas absorciones son expresadas como una extinción específica E^{1cm} (la extinción del 1% de la solución del aceite en el solvente específico, en una cubeta de 1 cm de diámetro) convencionalmente indicado por K. (Ver Anexo 10).

4.6.5. Evaluación sensorial

Evaluación referida a las propiedades organolépticas (olor, sabor, color). Las muestras fueron sometidas a evaluación por un grupo de 5 panelistas semi-entrenados mediante un test hedónico. Este grupo de panelistas evaluó la aceptación general

del producto, su olor, sabor y color del producto, atributos característicos del producto final, (Ver Anexos 14, 15, 16, 17).

A. Determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

El procedimiento para determinar la medición del contenido de aceite en la palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) es complicado y de alto costo por lo que se utilizó un método indirecto como lo es el porcentaje de materia seca en la pulpa. Este método se utiliza basado en la correlación existente entre la disminución de la humedad, aumentos de materia seca e incrementos en el contenido de aceite de los frutos (contenido mínimo de materia seca para palta (*Persea americana Mill. var. Fuerte*), (min.19%), como se muestra en la Figura 9.

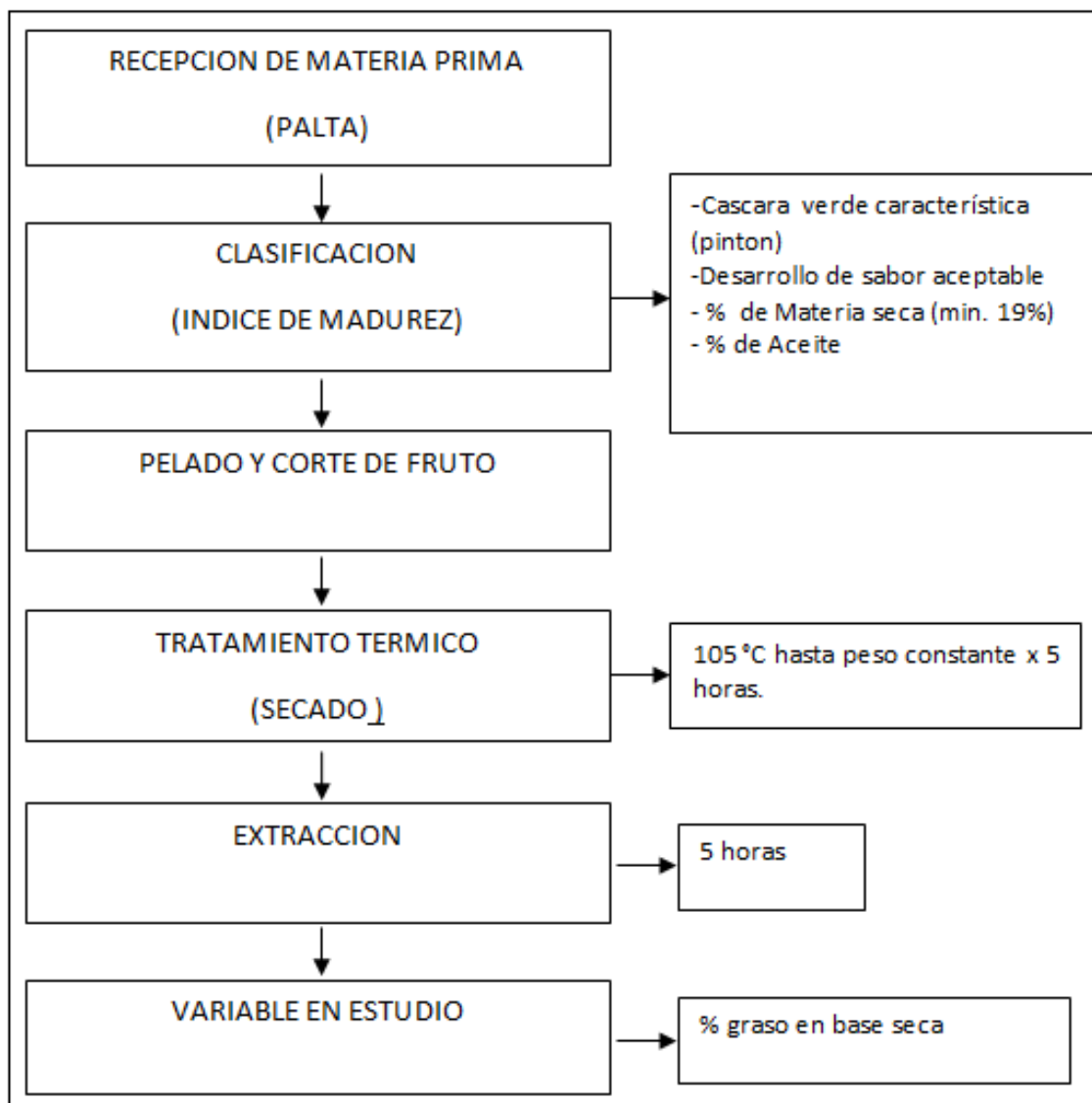


Figura 9. Principales etapas y controles realizados durante el desarrollo del diseño experimental para la determinación del índice de madurez con mayor porcentaje de materia seca en la pulpa.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Descripción del diagrama de flujo para determinar el índice de madurez con mayor porcentaje de materia seca en pulpa

Recepción de materia prima

Se utilizaron las mejores paltas (*Persea americana Mill. var. Fuerte*) procedentes de Moquegua.

Clasificación

De acuerdo a la evaluación realizada se trabajó con muestras del fruto del palto con índice de madurez de 19% de materia seca en la pulpa.

Pelado y corte del fruto

Las muestras de palta (*Persea Americana Mill. var. Fuerte*) fueron peladas y trozadas en forma de láminas de 2 m.m. de espesor, eliminando la semilla y la cáscara.



Figura 10. Pelado y corte de fruto de palta.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Tratamiento térmico (Secado)

Pesar una placa de vidrio petri y anotar el peso de la pasta. Para esto se requiere emplear una balanza de precisión. Pesar una determinada cantidad de muestra, secar la misma en una estufa y secar hasta un peso constante (105 °C x 5 horas).



Figura 11. Pasta de palta antes de entrar a la estufa.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Extracción

Transferir la muestra seca a papel filtro, engrampar el papel, colocar en el equipo Soxhlet y calentar en cocinilla durante 4 a 6 horas como se ve muestra en la figura, secar el cartucho 30 min. A 120°C, enfriar y pesar. Se empleó Hexano como disolvente.



Figura 12. Extracción de aceite de palta variedad Fuerte en equipo Soxhlet
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Variable en estudio

Determinar el índice de madurez más óptimo (análisis de varianza de regresión lineal de primer grado) con respecto al contenido graso, que se utilizara para la parte experimental (ver Figura 14).



Figura 13. Muestras de palta seleccionadas para realizar la parte experimental.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

B. Producto terminado

Diagrama de flujo del producto terminado

Al no existir un flujograma para la evaluar el efecto del tratamiento térmico en la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) para la extracción de aceite se propone el siguiente diagrama de flujo en el cual se determina el rendimiento, parámetros físico químicos sensorial (Figura 14), a partir de la información bibliográfica encontrada.

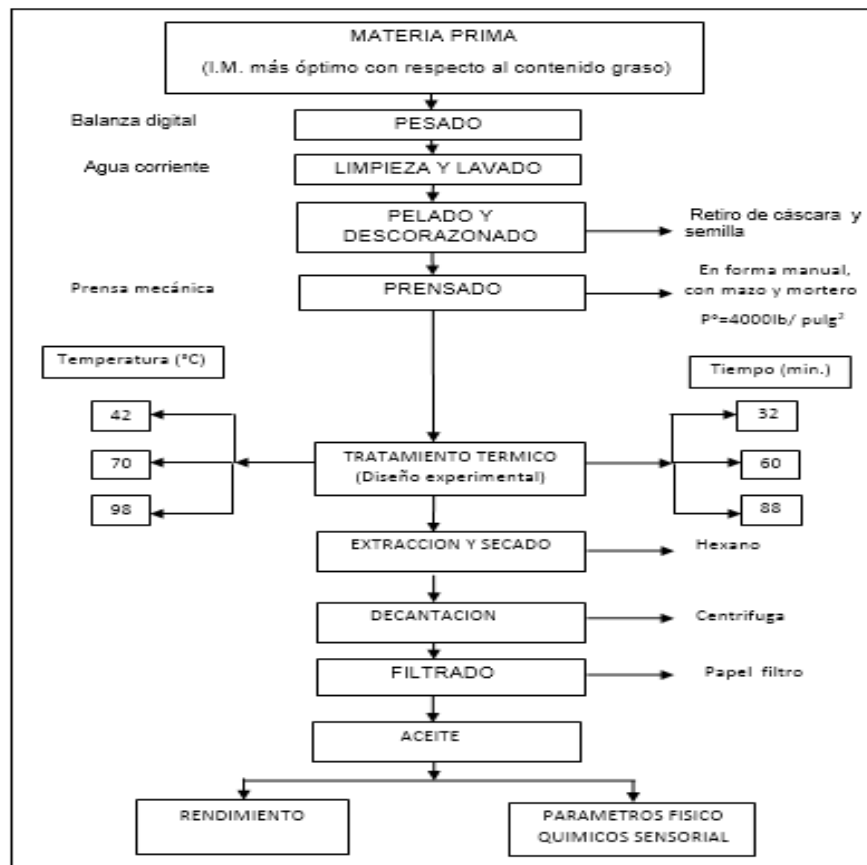


Figura 14. Diagrama del proceso del efecto del tratamiento térmico de la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte), determinación del rendimiento, parámetros físico químico sensorial del aceite de palta.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Descripción del diagrama de flujo del producto terminado

Se utilizaron las mejores paltas procedentes de Moquegua, provincia Torata. Se recepciona completa entera, es decir con cáscara y en buenas condiciones con el índice de madurez más óptimo con respecto al contenido graso.

Pesado

Se pesa en una balanza digital 1000 g de materia prima.



Figura 15. Pesado en balanza digital.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Limpieza y lavado

Para la limpieza se seleccionan paltas que no tengan signos de deterioro por enmohecimiento, daños físicos (paltas golpeadas) o paltas descascaradas, todo lo cual favorece el deterioro oxidativo. Asimismo se aprovecha para eliminar todos aquellos residuos que hayan quedado después de la

cosecha y adquiridos durante el transporte de los puntos de producción.



Figura 16. Selección de palta de la variedad Fuerte.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

El lavado se realiza en forma manual y con agua corriente a temperatura ambiente, para la eliminación de hojas, impurezas o vectores que puedan estar presentes.

Pelado y descorazonado

Es la operación que consistió en eliminar la cáscara de la palta. Se hizo manualmente en cubos de 1 cm de arista, con cuchillos en un depósito, cuidando de no presionar ni lastimar al producto, aquí también se aprovechó para eliminar la pepa.

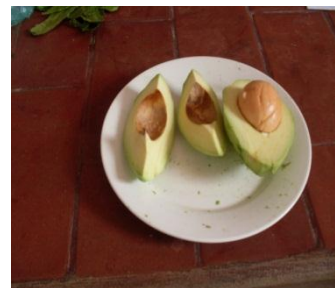
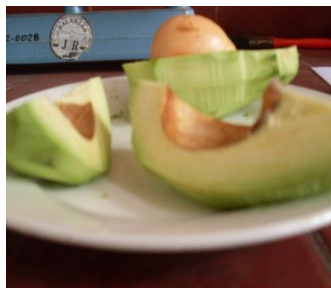


Figura 17. Palta trozada manualmente.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Prensado

Este proceso inicia con el trozado de la palta manualmente con cuchillo; luego se procede a usar el mazo y el mortero y finalmente se realiza un prensado en prensa mecánica en frío, a 4000 lb / pulg.2. Se utilizó una manga de yute acondicionada. El material utilizado en contacto con la pasta de palta es de acero inoxidable. El material es prensado para obtener una mayor área de contacto entre el producto y el disolvente.



Figura 18. Prensado de pasta de palta en mazo y mortero y prensa mecánica.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Tratamiento térmico

En el proceso de tratamiento térmico se someten las paltas con un esterilizador de aire caliente, a temperaturas y tiempos determinados. Esta operación permitió eliminar el aire de los tejidos de la palta y ablandarlos. Asimismo se inactivaron las

enzimas (polifenoloxidasas) presentes que causan el pardeamiento enzimático y modifican las características físico-químicas sensoriales de la palta, siendo en este caso puntual no necesario el escaldado.



Figura 19. Tratamiento térmico de pasta de palta en esterilizador de aire caliente
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Extracción y Secado

La muestra seca se coloca en papel filtro, se procede a engrampar el papel, colocar en el equipo Soxhlet y calentar en cocinilla durante 4 a 6 horas. Se utilizó Hexano P.A (disolvente orgánico). La muestra se secaba en estufa durante

4 horas para evaporar el disolvente y el aceite obtenido se seca en estufa.

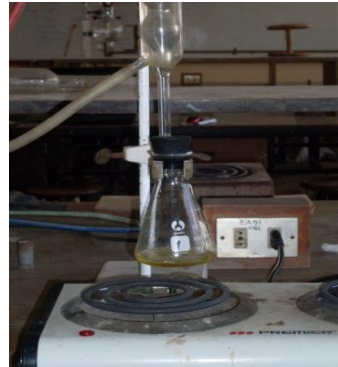


Figura 20. Extracción de aceite palta con equipo Soxhlet.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Decantación (separación fase líquida – líquida)

Se realiza en forma natural, para que el aceite sedimente las partículas presentes en el aceite. Se utilizó una centrifuga para acelerar el tiempo de decantación y separación de fases.

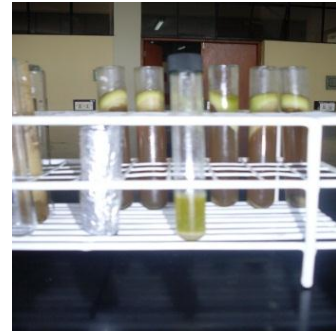
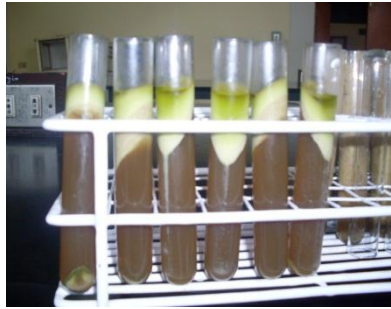


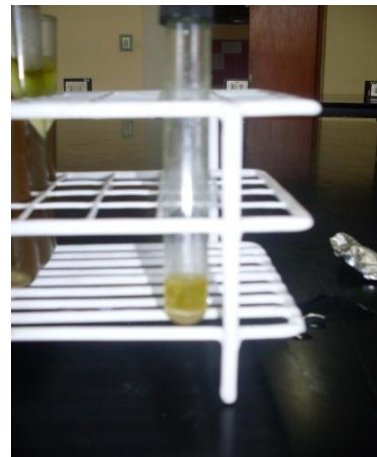
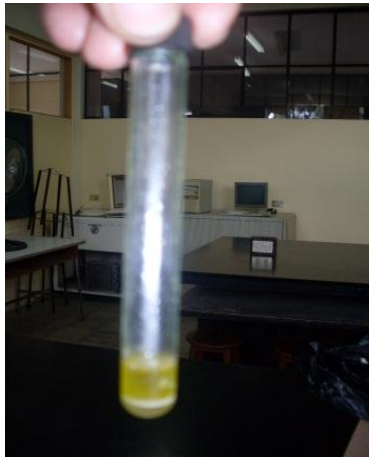
Figura 21. Decantación de aceite de palta Var. Fuerte.
Fuente: Elaboración propia, (2014).

Filtrado

El aceite obtenido es pasado a través de tejidos, fibras, papeles filtrantes, para retener impurezas y la humedad y darle mejor presentación al producto final (aceite).

Aceite

El aceite obtenido es envasado en botellas oscuras, y se le evaluó sensorialmente mediante test hedónico.



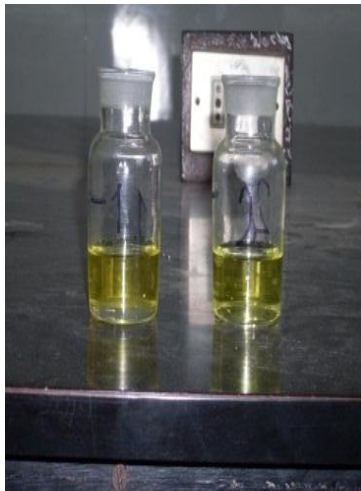


Figura 22. Aceite de palta obtenido (producto final).
Fuente: Elaboración propia, (2014).

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. RESULTADOS DEL ÍNDICE DE MADUREZ CON MAYOR

CONTENIDO GRASO EN BASE SECA

Para obtener el índice de madurez del aceite de palta, se ha basado en la tabla de índice de madurez para la aceituna, (Ferreira 1979), (Ver Anexo 2).

Los resultados obtenidos para los diferentes índices de madurez, evaluados a través del contenido graso en base seca, se muestran en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Efecto del índice de madurez sobre el contenido graso en base seca.

Índice de madurez	Materia Seca (g/100 g.m.s)	Lípidos (g/100 g. m. s.)
2	23,53	17,32
3	23,83	17,69
4	24,09	17,87
5	24,25	18,13
6	24,41	18,41

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Con los datos del Cuadro 12 se realizó el análisis de regresión lineal (Cuadro 13). La prueba F resulto altamente significativa, con un coeficiente de determinación de 0,9871 (próximo a 1).

Al realizar la prueba de hipótesis del coeficiente de regresión resultó altamente significativo por lo que la función de respuesta es la siguiente:

$$\hat{Y} = 16,836 + 0,262 X$$

que es útil para predecir el contenido de lípidos en base seca.

Cuadro 13. Regresión lineal en la determinación del índice de madurez con mayor contenido graso en base seca.

Estadísticas de la regresión					
• Coeficiente de correlación múltiple		0,9951			
• Coeficiente de determinación R ²		0,9871			
• Error típico		0,04718			
• Observaciones		5			
Coeficientes		Error típico	Estadístico t	Probabilidad	
Intercepción	16,836	0,0633	265,9345	0,0000	
X	0,262	0,0149	17,5579	0,0004	
Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadros	Cuadrados medios	F	P. valor
Regresión	1	0,68644	0,68644	308,28	0,0004
Residuos	3	0,00668	0,002227		
Total	4	0,29312			

Fuente: Elaboración propia, (2014).

X= Índice de madurez; Y= Contenido graso en base seca (%)

La Figura 23 muestra la tendencia lineal que representa el modelo de regresión lineal, esta figura muestra el incremento del contenido graso en base seca hasta un índice de 18,41 debido a que los puntos de exploración no son los límites, sobre todo el superior.

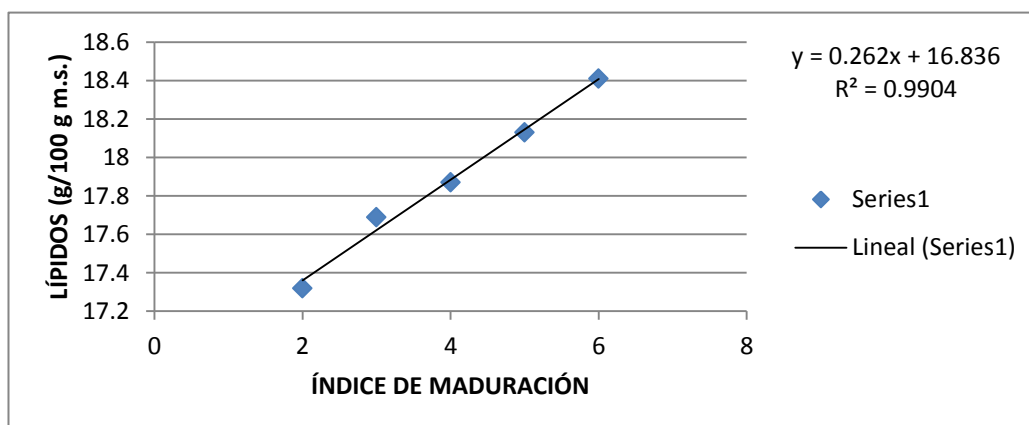


Figura 23. Línea de regresión lineal que muestra el efecto de índice de madurez en el contenido de lípidos de muestra en base seca. Fuente: Elaboración propia, (2014).

5.2. DETERMINACIÓN DE LAS MEJORES CONDICIONES EN EL PROCESO DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALTA

El análisis estadístico de los resultados se realizó con los niveles de los tratamientos planteados en el diseño de investigación, para hallar los modelos de regresión por la metodología de superficie de respuesta; para el estudio de la variabilidad de las variables dependientes se desarrolló de la siguiente manera:

La evaluación de los diferentes modelos de regresión fue mediante el análisis de varianza utilizando la prueba estadística F-snedecor con un nivel de significancia del 5 %.

El análisis de coeficientes de los diferentes modelos de regresión que explican el efecto en la aceptabilidad sensorial y los índices de

deterioro del aceite se realizó mediante las pruebas de hipótesis con el estadístico t-student.

5.2.1. Efecto de la variable tratamiento térmico en el rendimiento del aceite de palta.

Los resultados experimentales obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palta, evaluados a través del rendimiento, son mostrados en el Cuadro 14.

Cuadro 14. Efecto de la variable tratamiento térmico en el rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte.

Trata- miento	VARIABLES INDEPENDIENTES				VARIABLE DEPENDIENTE RENDIMIENTO
	NIVELES REALES		NIVELES CODIFICADOS		
	Temperatura (°C)	Tiempo (min.)	Temperatura (°C)	Tiempo (min.)	RENDIMIENTO (%)
1	42	32	-1	-1	1,28
2	98	32	1	-1	1,74
3	42	88	-1	1	2,53
4	98	88	1	1	6,54
5	70	32	0	$-\sqrt{2}$	2,5
6	70	88	0	$\sqrt{2}$	6,66
7	42	60	$-\sqrt{2}$	0	1,62
8	98	60	$\sqrt{2}$	0	3,42
9	70	60	0	0	3,96
10	70	60	0	0	3,74
11	70	60	0	0	4,79

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Donde: $+\alpha=\sqrt{2}=1,4142$ $-\alpha=-\sqrt{2}=-1,4142$

El modelo completo y el grado de significación de las variables independientes son mostradas en el Cuadro 15. El análisis de varianza (ANVA) para el modelo completo, es presentado en el Cuadro 16. De acuerdo con el análisis del grado de significación

del modelo completo (Cuadro 15), se observa que el rendimiento del aceite fue influenciado significativamente, por los efectos lineales, cuadráticos y de interacción. En cuanto al efecto de la temperatura la variable de mayor influencia fue el efecto lineal (X_1) y con respecto al efecto del tiempo también resulto más significativo el efecto lineal (X_2). Asimismo también resulto significativo el efecto de la interacción.

Cuadro 15. Coeficientes de regresión del modelo completo para la variable respuesta rendimiento.

	Coeficiente de Regresión	Desviación Error Puro	t(2)	p	IMPORTANCIA
Constante	-5,320125361	4,929522	-1,07923	0,329769	No significativo
X_1	0,251640474	0,0944551	2,664126	0,044662	Significativo
X_1^2	-0,002433119	0,0005994	-4,05859	0,009742	Significativo
X_2	-0,103682198	0,0877204	-1,18196	0,290365	No significativo
X_2^2	0,000194432	0,0005994	0,324324	0,758821	No significativo
$X_1 X_2$	0,00221875	0,0007027	3,157316	0,025170	Significativo

Fuente: Elaboración propia, (2014).

El análisis de varianza de regresión de rendimiento de aceite, (ver Cuadro 16) (ANVA), indica que por lo menos uno de las variables independientes influye significativamente en el rendimiento de aceite de palto. El coeficiente de determinación fue de 0,95 y un coeficiente de variabilidad de 15,946 %.

Para determinar cuál de las variables influye al rendimiento de aceite de palta, se realizó las pruebas de hipótesis de los

coeficientes de regresión, (ver Cuadro 16) en la que se observa que temperatura y tiempo es significativo en respuesta lineal más no a una respuesta cuadrática, la misma que se puede apreciar en el Anexo 18.

Cuadro16. Análisis de Varianza para la variable respuesta Rendimiento según el diseño factorial completo para el aceite de palta variedad Fuerte.

ANALISIS DE VARIANZA DEL MODELO COMPLETO						
Promedio :	3,525454	Coeficiente de determinación R ² :				0,9544080
Desviación:	0,562186	Coeficiente de variación C.V.:				15,94648900
Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F calculado	F tabla	Importancia
Regresión	33,08080	5	6,6161611	20,9336	5,0503	significativo
Residuo	1,580266	5	0,3160533			
Falta de ajuste	0,9670	3	0,32233	1,05		No significativo
Error puro	0,6133	2	0,30663			
Total	34,66107	10				

Fuente: Elaboración propia, (2014).

El Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte puede verse en Anexo 18.

5.2.2. Efecto de la variable tratamiento térmico en los parámetros físico químicos sensoriales en la obtención del aceite de palta

Para caracterizar la composición química y el estado del aceite de palta se establecen una serie de índices mediante los cuales se pueden determinar ciertos grupos funcionales o componentes de las mismas. La cantidad del aceite de palta se ve influida por los procedimientos de obtención, elaboración y almacenamiento.

Para analizar las posibles modificaciones o índices de deterioro que puede sufrir el aceite de palta existen métodos analíticos encaminados a detectar procesos de autoxidación, y su estabilidad térmica. Los datos de los parámetros físico químicos en estudio se indican en el Cuadro 17.

Cuadro 17. Efecto de la variable tratamiento térmico en la acidez, peróxidos y la absorbancia al U.V. (K_{232} y K_{270}) del aceite de palta variedad Fuerte.

TRATA- MIENTO	VARIABLES INDEPENDIENTES				VARIABLES DEPENDIENTES			
	NIVELES REALES		NIVELES CODIFICADOS		PARAMETROS DE CALIDAD			
	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	ACIDEZ	PEROXIDOS	K_{232}	K_{270}
1	42	32	-1	-1	0,519	5,602	1,61	0,05
2	98	32	1	-1	0,499	5,654	1,68	0,08
3	42	88	-1	1	0,509	5,589	1,66	0,07
4	98	88	1	1	0,516	5,736	1,70	0,08
5	70	32	0	$-\sqrt{2}$	0,492	5,576	1,50	0,08
6	70	88	0	$\sqrt{2}$	0,484	5,470	1,52	0,05
7	42	60	$-\sqrt{2}$	0	0,565	5,608	1,67	0,10
8	98	60	$\sqrt{2}$	0	0,502	5,747	1,73	0,14
9	70	60	0	0	0,476	5,500	1,57	0,10
10	70	60	0	0	0,512	5,733	1,74	0,13
11	70	60	0	0	0,503	5,714	1,76	0,19

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Donde: $+\alpha = \sqrt{2} = 1,4142$ $-\alpha = -\sqrt{2} = -1,4142$

Cuadro 18. Modelos de regresión de segundo grado de la variable independiente y niveles de significación para los parámetros físico químicos del aceite de palta variedad Fuerte.

VARIABLES DEPENDIENTES	PROMEDIO	DESVIACION NORMAL	R ²	C.V.	F cálculo	F tabla		
Acidez libre	0,507	0,016633	0,6947	3,28	3,4136	4,5336		
Peróxidos	5,629	0,084327	0,4561	1,49	1,9571	4,3468		
K ₂₃₂	1,649	0,067101	0,5953	4,07	3,4329	4,3468		
K ₂₇₀	0,097	0,031875	0,5962	32,77	3,4464	4,3468		
MODELOS DE REGRESION								
Y acidez libre	= 0,728-0,007X ₁ +0,000046X ₁ ² +0,0014X ₂ -0,000012X ₂ ²							
Y Peróxidos	= 4,9908+0,002485X ₁ +0,017442X ₂ -0,0001495X ₂ ²							
Y ₂₃₂	= 0,84565+0,0012247X ₁ +0,025277X ₂ -0,0002055X ₂ ²							
Y ₂₇₀	= -0,26298+0,000606X ₁ +0,011679X ₂ -0,0000985X ₂ ²							
Nivel de Significancia (p<0,05)								
Acidez libre			Peróxido				K₂₇₀	
Constante	0,0007866	s.	0,000001	s.	0,012419	s.	0,065005	n.s.
X ₁	0,0291236	s.	0,1411764	n.s.	0,338454	n.s.	0,320056	n.s.
X ₁ ²	0,0398865	s.						
X ₂	0,5464536	n.s.	0,1391082	n.s.	0,018869	s.	0,021227	s.
X ₂ ²	0,5352278	n.s.	0,1264053	n.s.	0,020064	s.	0,019324	s.
X ₁ X ₂								

Fuente: Elaboración propia, (2014).

X₁ = Temperatura (°C); X₂ = Tiempo (min.).

S = Significativo al nivel de 5 % de probabilidad.

N.S. = No Significativo al nivel de 5 % de probabilidad.

De acuerdo con el análisis del grado de significación del modelo completo, la absorbancia en UV a 270 nm fue influenciado significativamente por los efectos de interacción por la temperatura de tratamiento térmico (X₁) y tiempo de tratamiento térmico (X₂)

El análisis de varianza de regresión de acidez libre, peróxidos, K₂₃₂ y K₂₇₀, indicados en el Cuadro 18 señalan que tanto temperatura y tiempo no influye significativamente, por resultar que Fc es superior a Fa a un nivel de significación del 0,05.

- **Acidez libre**

La lipólisis viene determinada por el contenido de ácidos grasos libres y se cuantifica mediante el índice de acidez que se determina por valoración con NaOH. Durante la etapa de experimentación de los diferentes tratamientos el porcentaje de acidez libre ha variado significativamente a lo largo de los rangos de tiempo y potencia de tratamiento térmico, en las condiciones del diseño establecido. Los valores son inferiores al límite establecido para la categoría de aceite palta (1% ácido oleico)

El modelo matemático que relaciona las variables de proceso en el tratamiento térmico y la acidez del producto final, entrego una ecuación de dos variables, con un coeficiente de correlación de 0,83%

$$\hat{Y} \text{ acidez libre} = 0,7285 - 0,0071X_1 + 0,000046 X_1^2 + 0,0017X_2 - 0,000014X_2^2$$

La respuesta indica que las variables estudiadas son significativas en su respuesta lineal, en tanto que no fue significativo las respuestas cuadráticas.

En el Anexo 19 se muestra el Diagrama de Superficie de respuesta del modelo completo; muestra la variación de la acidez en el aceite de palta variedad Fuerte en función de la variable independiente tratamiento térmico.

▪ **Índice de peróxidos (I.P.)**

Los resultados experimentales obtenidos en el proceso de extracción de aceite de palta, relacionados con el índice de peróxidos están representados a través del siguiente modelo matemático:

$$\hat{Y} \text{ I.P.} = 4,998 + 0,0025X_1 + 0,0174 X_2 - 0,0001X_2^2$$

El análisis estadístico indica que el índice de peróxidos evoluciona no significativamente en el rango de temperatura y tiempo; las condiciones de temperatura controlada y tiempo de tratamiento térmico es la que presenta información acerca del grado de oxidación del aceite de palta y hasta que punto se ha alterado la grasa; indicando así una medida del oxígeno unidas a las grasas en forma de peróxidos bajo condiciones de tratamiento térmico a escala de laboratorio.

En el Anexo 20 se muestra el Diagrama de Superficie de respuesta del efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento

térmico sobre el índice de peróxidos del aceite de palta variedad Fuerte.

▪ **Absorción espectrofotométrica ultravioleta a 270 nm (K_{270})**

Los resultados obtenidos para el K_{270} , reflejan que incluso en las peores condiciones de conservación las muestras no presentan una importante oxidación secundaria al final del proceso de extracción de aceite, con valores inferiores a 0,25 límite fijado para el aceite de palta.

$$\hat{Y} K_{270} = 0,8456 + 0,0012X_1 + 0,0253 X_2 - 0,0002X_2^2$$

El análisis estadístico indica que el K_{270} evoluciona significativamente en el rango de tiempo, más no en el rango de temperatura, las condiciones de temperatura controlada y tiempo de tratamiento térmico es la que presenta los menores valores indicando una menor oxidación en estos aceites como consecuencia de la exposición de las condiciones de tratamiento térmico a nivel experimental.

En el Anexo 21 se muestra el Diagrama de Superficie de Respuesta del modelo completo; mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre la absorbancia de UV a 270 nm del aceite de palta variedad Fuerte.

5.2.3. Efecto de la variable tratamiento térmico en la evaluación sensorial del aceite de palta

Las muestras de aceite obtenidas producto de la combinación de las variables de proceso en tratamiento térmico (temperatura y tiempo) fueron evaluadas gustativamente por un grupo de jueces (5) semi-entrenados, mediante una ficha de evaluación sensorial. En los diferentes ensayos se utilizó la prueba Hedónica con calificación de escalas de intervalo de 9 puntos (Ver Anexo 14). En esta, cada panelista dentro de la ficha de cata anoto en una escala ordinaria desde 1 (Me disgusta muchísimo) hasta 9 (Me gusta muchísimo). Los ensayos realizados para determinar el efecto de la variable Tratamiento térmico en el esterilizador de aire caliente en la capacidad sensorial del aceite de palta según el diseño central compuesto, con sus respectivos niveles para cada variable independiente así como sus promedios de respuestas (variables dependientes) se presenta en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Efecto del variable tratamiento térmico en la evaluación sensorial del aceite de palta variedad Fuerte.

TRATAMIENTO	VARIABLE INDEPENDIENTE TRATAMIENTO TERMICO				VARIABLE DEPENDIENTE EXTRACCION DE ACEITE		
	NIVELES REALES		NIVELES CODIFICADOS		ACEPTABILIDAD SENSORIAL		
	T° (°C)	t (min)	T° (X ₁)	t (X ₂)	Olor	Sabor	Color
1	42	32	-1	-1	5,67	6,25	5,75
2	98	32	1	-1	4,33	6,00	6,50
3	42	88	-1	1	5,33	5,50	6,25
4	98	88	1	1	5,67	5,50	6,00
5	70	32	0	-√2	5,33	6,23	5,65
6	70	88	0	√2	5,33	5,50	6,25
7	42	60	-√2	0	6,00	6,50	5,75
8	98	60	√2	0	6,00	5,80	6,25
9	70	60	0	0	5,67	6,00	6,00
10	70	60	0	0	6,00	6,25	6,00
11	70	60	0	0	5,67	6,10	6,15

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Donde: $+\alpha = \sqrt{2} = 1,4142$ $-\alpha = -\sqrt{2} = -1,4142$

De acuerdo al promedio de datos obtenidos por 5 jueces semi entrenados, en el Cuadro 19 se establecieron los modelos de regresión de segundo grado para el olor, sabor, y color, (Ver Cuadro 20).

Cuadro 20. Modelos de Regresión de segundo grado de la variable dependiente y niveles de significación para la evaluación sensorial del aceite de palta variedad Fuerte.

VARIABLE DEPENDIENTE	PRO-MEDIO	DESVIACION NORMAL	R ²	C.V.	F Cálculo	F tabla	
OLOR	5,545	0,44067	0,1551	7,95	1,612	4,347	s.
SABOR	5,966	0,18027	0,8395	3,0215	7,849	4,534	s.
COLOR	6,050	0,26031	0,4020	4,3030	1,008	4,534	s.
RESPUESTAS	MODELOS DE REGRESION COMPLETOS						
\hat{Y} Olor =	$2,803176 - 0,006313 X_1 + 0,107958 X_2 - 0,000847 X_2^2$						
\hat{Y} Sabor =	$5,50376 + 0,003944 X_1 + 0,03932 X_2 - 0,000083 X_1^2 - 0,000447 X_2^2$						
\hat{Y} Color =	$5,27075 + 0,00262 X_1 + 0,008788 X_2 + 0,0000359 X_1^2 - 0,0000283 X_2^2$						
EFECTO DE LA VARIABLE INDEPENDIENTE	Nivel de Significancia (p<0,05)						
	Olor		Sabor		Color		
INTERCEPTO	0,1356	n.s.	0,00484	s.	0,0279	s.	
X₁	0,4465	n.s.	0,8890	n.s.	0,9487	n.s.	
X₁²	-----	-----	0,6787	n.s.	0,9027	n.s.	
X₂	0,0886	n.s.	0,1423	n.s.	0,9043	n.s.	
X₂²	0,1021	n.s.	0,0589	n.s.	0,9218	n.s.	

Fuente: Elaboración propia, (2014).

(s) = Significativo al 95 % de confianza.

(n.s.) = No Significativo al 95 % de confianza.

X₁ = Temperatura de tratamiento térmico.

X₂ = Tiempo de tratamiento térmico.

En él se puede observar que los coeficientes de determinación (R²), para el caso del olor no muestra un buen ajuste (41%) en tanto que el sabor si muestra un buen ajuste (83%) y el color (40%) dando a entender que estos modelos explican la relación entre el proceso tratamiento térmico en el esterilizador de aire caliente de la pasta o puré de palta y la aceptación del olor, color y sabor por parte del consumidor es subjetiva. (Ver Anexos 15, 16, 17).

El análisis de varianza de los resultados experimentales de las variables respuesta: olor, sabor y color, con respecto a las dimensiones de proceso de tratamiento térmico en el esterilizador de aire caliente (temperatura y tiempo de tratamiento térmico) dio diferencia significativa para sabor más no para olor y color al $p < 0.05$ para el modelo matemático para las respuestas sensoriales.

- **Olor**

De acuerdo con el análisis estadístico (Cuadro 20), se observa que el olor no fue influenciada por los efectos lineales ni cuadráticos de temperatura y el modelo matemático para la respuesta olor, resulto ser:

$$\hat{Y}_{\text{olor}} = 2.803 - 0,0063X_1 + 0,1079 X_2 - 0,00084X_2^2$$

En este caso, el efecto de las variable independiente y sus dimensiones temperatura y tiempo no fue significativa al $p < 0.05$ (ver Cuadro 20).

En el Anexo 22 se muestra la tendencia de encontrar bajo que condiciones de temperatura y tiempo de tratamiento térmico se puede extraer aceite con una aceptabilidad máxima del atributo olor, dicha superficie de respuesta que fue construida con el modelo matemático.

▪ **Sabor**

El estudio de las dos variables de operación para el tratamiento térmico de la pasta de palta variedad Fuerte, genero el modelo matemático para la respuesta aceptabilidad del sabor, que resultó ser:

$$\hat{Y} \text{ sabor} = 5,503 + 0,0039X_1 - 0,00008 X_1^2 + 0,0393 X_2 - 0,00044X_2^2$$

En el Anexo 23 se muestra el comportamiento de los panelistas con respecto al sabor del aceite de palta en el cual se muestra una región de máxima respuesta comprendida entre 40 °C a 42 °C y 60 a 68 min. es decir, el proceso favorece una buena aceptación en el sabor son las condiciones de proceso de tratamiento térmico.

- **Color**

El modelo matemático para la respuesta aceptabilidad del color resulto:

$$\hat{Y} \text{ color} = 5,271 + 0,0026X_1 + 0,000035 X_1^2 + 0,0087X_2 - 0,000028X_2^2$$

Dicho modelo hallado, según el análisis de varianza muestra que el proceso de tratamiento térmico a través de sus factores temperatura y tiempo no presenta variabilidad significativa, es decir que en general dichos factores no son los más importantes para explicar el cambio de color como se muestra en el Anexo 24.

5.2.4. Características físico químicas sensoriales del aceite de palta variedad Fuerte del producto final

A continuación se presentan las características obtenidas del aceite de palta del producto final.

Cuadro 21. Características físico químicas sensoriales del aceite de palta variedad Fuerte del producto final

PARAMETRO	RESULTADOS
ACIDEZ	0,48
I.P.	5,47
SAP	100,77
I.Y.	72,97
K ₂₃₂	1,52
K ₂₇₀	0,05
HBH Y VOL	0,1

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Para explicar los parámetros del aceite de palta del producto final, utilizaremos la norma técnica peruana para el aceite de oliva, ya que es la empleada actualmente para determinar dichos parámetros de calidad.

La acidez libre determina el contenido en ácido grasos libres presentes en un aceite expresa como % de ácido oleico. La acidez del aceite de palta, es de 0,8 de ácido oleico como máximo. La acidez libre, obtenida para el aceite de palta de mejores condiciones es (0,48%), este resultado indica que la muestra de aceite de palta se encuentra por debajo del límite máximo

establecido por la norma técnica peruana y resultado bastante aceptable.

El índice de peróxidos permite estimar el grado de oxidación inicial de un aceite y, por tanto su alteración. Se expresa en mili equivalentes de oxígeno activo por Kg de aceite. El índice de peróxido, requerido por norma técnica peruana para el aceite de palta es de 20 meq/Kg de aceite como máximo. El índice de peróxido obtenido para el aceite de mejores condiciones es de 5,58, el resultado es bastante aceptable y se encuentra por debajo del límite máximo establecido por norma técnica peruana.

La humedad y materias volátiles miden el contenido conjunto de estas sustancias, expresado en porcentaje. La humedad y materias volátiles a 105°C requerido por la norma técnica peruana para el aceite de palta es de 0,1% como máximo. Los resultados obtenidos para el aceite de palta de mejores condiciones es de (0,10) lo cual es aceptable.

El índice de saponificación varía entre 99,6503 – 106,3739 KOH/g de aceite de palta. Ambas muestras de aceite de palta (mejores condiciones 100,0335 KOH/g) se encuentra dentro del rango normal establecido.

El índice de yodo, determinado por método Hanus, es el número de grados de yodo fijados por cada cien gramos de grasa. Indica el contenido de la grasa en ácidos insaturados de los aceites. De acuerdo a la reglamentación técnica sanitaria de España, el índice de yodo/Hanus varía entre 75 – 90 para el aceite de palta de condiciones óptimas (72,97) se encuentra dentro del rango establecido.

La absorción espectrofotométrica ultravioleta K_{232} y K_{270} , es uno de los medios más seguros para conocer el estado de oxidación y conservación del aceite de palta variedad Fuerte. De acuerdo al método ("Análisis espectrofotométrico en el ultravioleta", AOCS Ch 5-91) la absorbancia al ultravioleta del K_{232} debe ser $\leq 2,50$ y del $K_{270} \leq 0,22$ en condiciones óptimas es para el K_{232} de 1,50 y para el K_{270} de 0,08.

5.3.RESULTADOS

5.3.1. De la materia prima

- **Análisis porcentual estructural de la materia prima**

En el Cuadro 22 se presenta la información obtenida relacionada con la composición porcentual en la estructura de la palta y que se empleó para obtener el mayor contenido graso al momento de realizar en los posteriores análisis realizados en el presente trabajo.

Cuadro 22. Cantidad porcentual en la estructura de la palta variedad Fuerte

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Piel	12,64
Pulpa	66,33
Hueso	21,00
Almendra	0,03

Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Análisis químico proximal de la materia prima**

En el Cuadro 23 se refiere a la composición químico proximal de la palta variedad Fuerte, de índice de madurez con mayor contenido graso en base seca, los análisis fueron realizados por duplicado.

Cuadro 23. Composición químico proximal de la palta en base seca.

PARAMETRO	RESULTADOS (g/ 100g m.s.)
Humedad	78,28
Lípidos	12,71
Fibra cruda	2,02
Proteínas	3,93
Cenizas	1,95
Carbohidratos totales	1,11

Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Análisis de rendimiento del aceite de palta**

De la información obtenida en el Cuadro 14, se extrae el resultado obtenido entre la relación que existe entre la variable independiente Tratamiento térmico y el rendimiento obtenido en la obtención del aceite de palta, (ver Cuadro 24).

Cuadro 24. Rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte por efecto del Tratamiento térmico.

Temperatura	Tiempo	Rendimiento (%)
70	88	6,66

Fuente: Elaboración propia, (2014).

- **Análisis organoléptico y de calidad del aceite de palta**

Según la evaluación organoléptica que se observa en el Cuadro 25 las muestras de palta obtenidas presentaban un olor, sabor y color agradable a los sentidos propios de la especie, y un aspecto y textura aceptable.

Cuadro 25. Análisis organoléptico del aceite de palta

Características	Palta Var. Fuerte
Olor	5,33
Sabor	5,50
Color	6,25
Aspecto a 20°C durante 24 horas	Amarillo, textura suave al tacto.
Acidez (% ácido oleico)	0,48
Índice de peróxidos (meq O ₂ /Kg aceite)	5,47
Absorbancia k ₂₇₀	0,05

Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Balance de materia y rendimiento de las mejores condiciones en el proceso de extracción de aceite de palta variedad Fuerte**

El Cuadro 26 y la Figura 31 muestra el balance de materia para las mejores condiciones (Temperatura de tratamiento térmico 70°C, Tiempo de tratamiento térmico 88 min) en el proceso de extracción de aceite de palta variedad Fuerte teniendo en cuenta los parámetros de K_{270} , olor, sabor, color y en la Figura 32 se muestra el proceso de extracción de aceite de palta con temperatura y tiempo de tratamiento térmico y los parámetros físico químicos sensoriales.

Para determinar el rendimiento en el proceso de extracción, se considera la materia que ingresa y la materia que sale, para el caso de las mejores condiciones en el rendimiento es el siguiente:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{Materia que sale}}{\text{Materia que ingresa}} \times 100$$

Cuadro 26. Balance de materia en las operaciones de extracción de aceite de palta variedad Fuerte.

OPERACIONES	INGRESA	%	SALE	%	CONTINUA	%
	g		g		g	
RECEPCION	1000,00		0,00		1000,00	
PESADO	1000,00	100,00	2,00	0,20	998,00	99,80
LAVADO	998,00	99,80	335,67	33,56	662,33	66,23
PELADO	662,33	66,23	30,33	3,03	632,00	63,20
DESCORAZONADO						
PRENSADO	632,00	63,20	50,00	5,00	582,00	58,20
TRATAMIENTO	582,00	58,20	335,00	33,50	247,00	24,70
TERMICO						
EXTRACCION Y	247,00	24,70	85,34	8,53	161,66	16,17
SECADO						
DECANTACION	161,66	16,17	88,00	8,80	73,66	7,37
FILTRADO	73,66	7,37	7,00	0,70	66,66	6,66
ALMACENADO	66,66	6,66				
RENDIMIENTO					6,66 %	

Fuente: Elaboración propia, (2014).

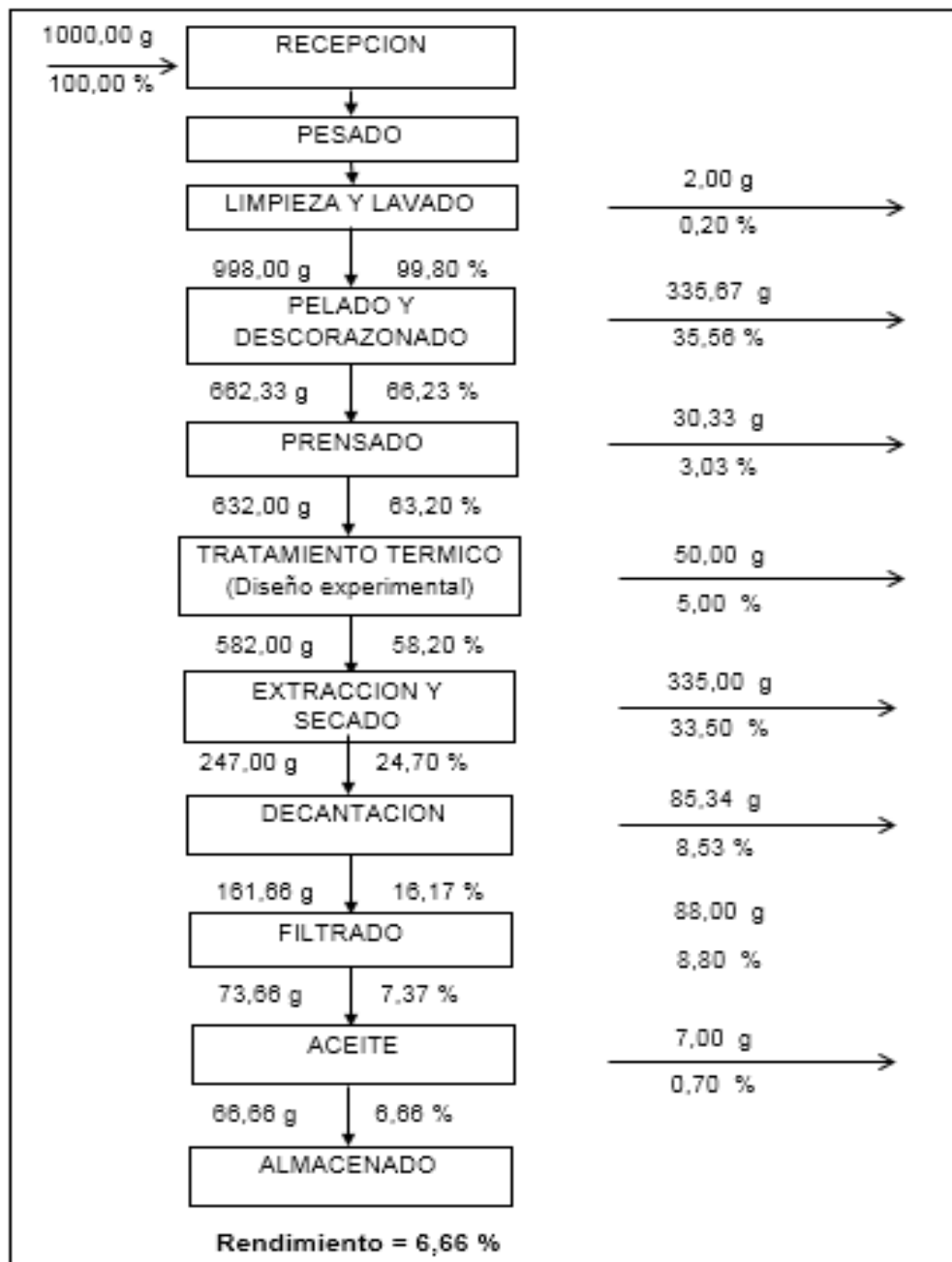


Figura 24. Balance de materia de proceso de extracción de aceite de palta variedad Fuerte con temperatura y tiempo de tratamiento térmico y los parámetros físico químicos sensorial.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

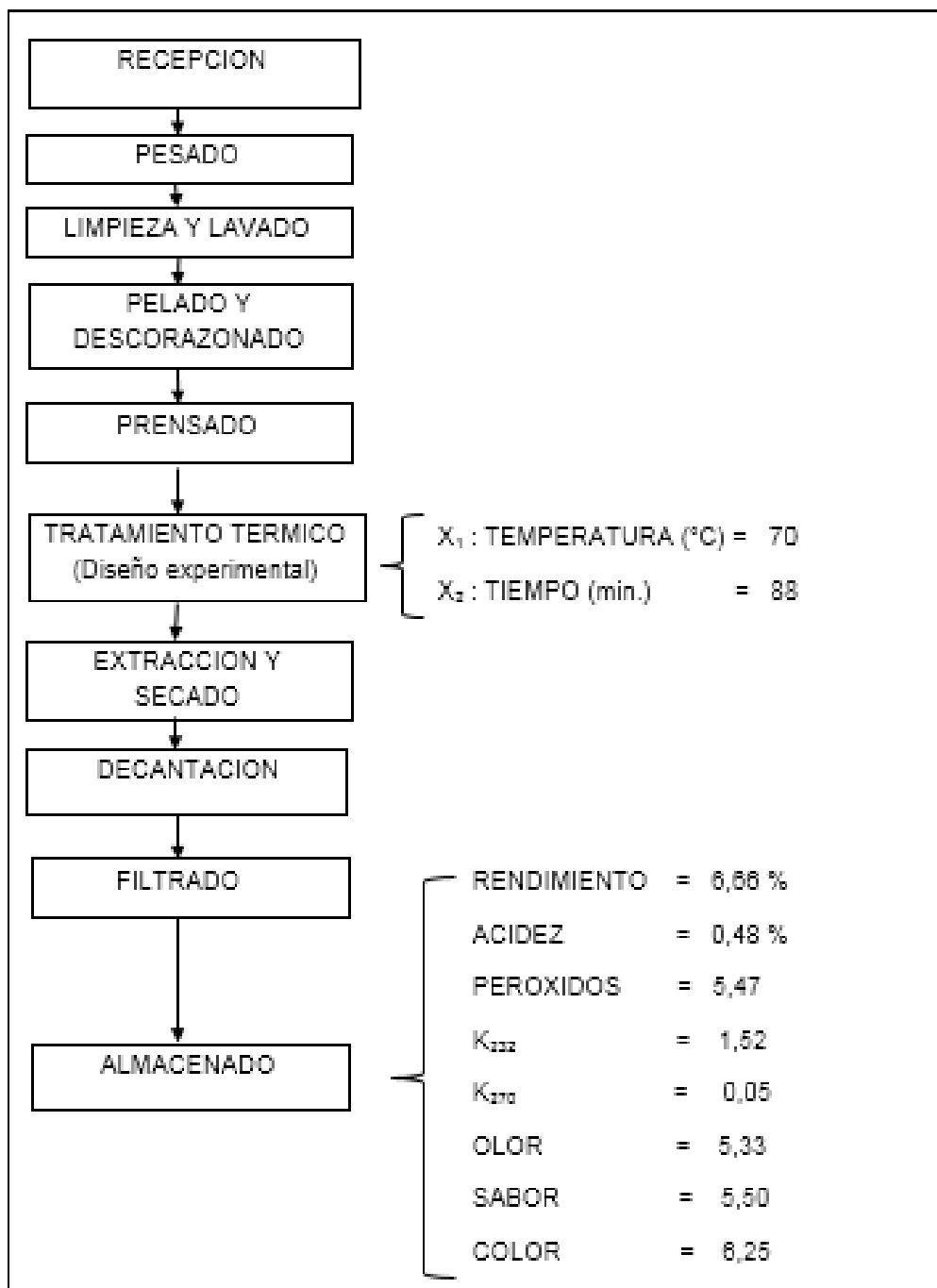


Figura 25. Proceso de extracción de aceite de palta variedad Fuerte con temperatura y tiempo de tratamiento térmico con relación a parámetros físico químicos sensorial.
 Fuente: Elaboración propia, (2014).

5.4. DISCUSIÓN

5.4.1. De la materia prima

- **Análisis porcentual estructural de la materia prima**

En el Cuadro 27 se presenta la información obtenida relacionada con la composición porcentual en la estructura de la palta y que se empleó para obtener el mayor contenido graso al momento de realizar en los posteriores análisis realizados en el presente trabajo.

Como se puede observar los resultados obtenidos experimentalmente fueron muy semejantes con los reportados por Carriles (1997), (ver Anexo 3) la mayor diferencia se tuvo en la cantidad de pulpa y en el hueso, lo cual pudo deberse a la época del año en que fue el cultivo de la palta.

Cuadro 27. Comparación de la composición estructural de la palta (Elaboración propia) vs. Comparación estructural de la palta (Carriles, 1997).

	Composición estructural de la palta (Elaboración propia) (%)	Composición estructural de la palta (Carriles (1997) (%)
Piel	12,64	10,91
Pulpa	66,33	68,26
Hueso	21,00	20,78
Almendra	0,03	0,05

Fuente: Elaboración propia, (2014).

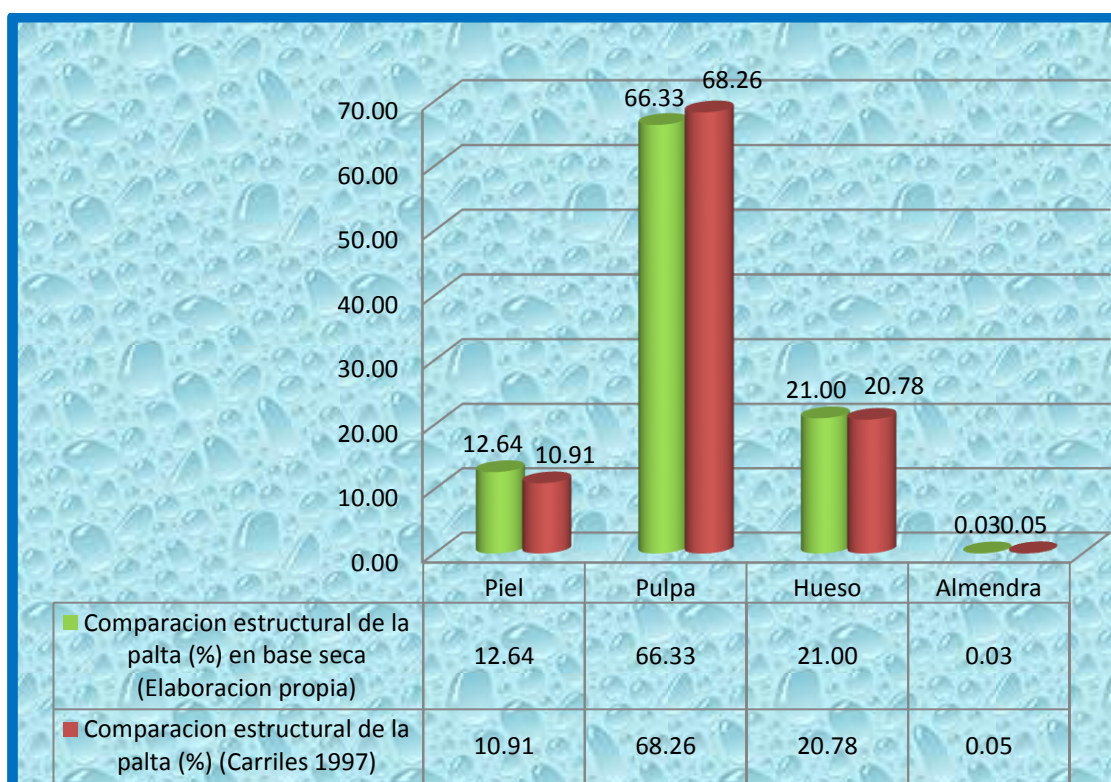


Figura 26. Comparación de la Composición estructural de la palta (Elaboración propia) vs. Composición estructural de la palta (Carriles, 1997).

Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Análisis químico proximal de la materia prima**

De los valores obtenidos en el presente estudio comparado con la composición química media de la palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) reportado por Collazos (1996) presentados en el Anexo 4 se tiene:

- El valor obtenido en humedad fue de 78,28 % que es inferior a lo reportado por Collazos (1996) de 79,2%. El incremento se debe posiblemente a la excesiva exposición del palto al riego.
- El valor obtenido en lípidos 12,71% supera a lo reportado por Collazos (1996), quien afirma que los lípidos encontrados en la palta es de 12,5%.
- El valor en fibra cruda 2,02% desciende a lo reportado por Collazos (1996) de 2,9%.
- El valor obtenido en proteínas 3,93% supera el valor reportado por Collazos (1992) que es de 1,7%.
- El valor obtenido en cenizas 1,95% supera lo reportado por Collazos (1996) 1,0%
- El valor obtenido en carbohidratos totales 1,11% desciende el valor reportado por Collazos (1996) 2,7%.

- La composición proximal por lo general no es constante y las diferencias encontradas pueden deberse a la diferencia de especies o ecotipos, tipos de suelo, clima, altitud, programas de fertirrigación, etc.

Cuadro 28. Comparación de la composición química proximal (%) en base seca (Elaboración propia) vs. Composición química media (Collazos, 1996).

	Composición química media de la palta (Elaboración propia) (g/ 100g m.s.)	Composición química media de la palta (Collazos (1996)) (g/ 100g m.s.)
Humedad	78,28	79,2
Lípidos	12,71	12,5
Fibra cruda	2,02	5,8
Proteínas	3,93	1,7
Cenizas	1,95	1,0
Carbohidratos totales	1,11	5,6

Fuente: Elaboración propia, (2014).

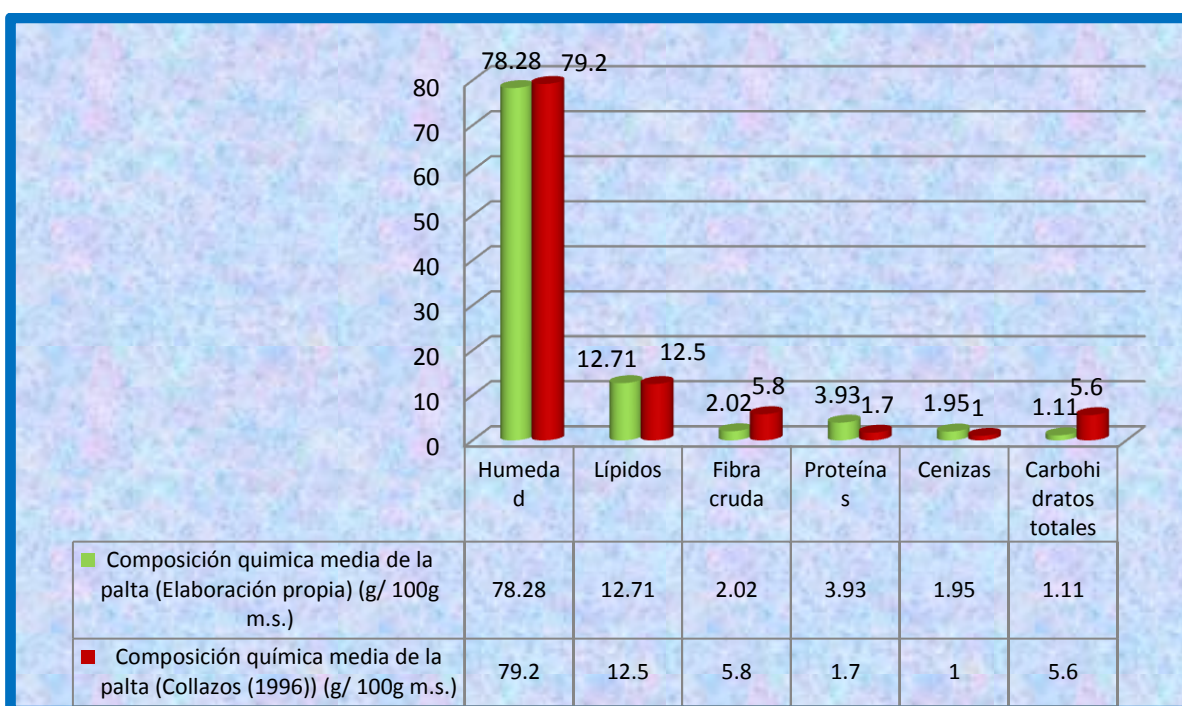


Figura 27. Comparación de la composición química proximal (%) en base seca (Elaboración propia) vs. Composición química media (Collazos, 1996)

Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Análisis de rendimiento del aceite palta**

En el Cuadro 29 y Figura 35 se aprecia la comparación entre el rendimiento encontrado en el presente estudio y otros rendimientos obtenidos mediante otros métodos de extracción de aceite de palta mostrados por L. Martínez Nieto, (1988) que se muestran en el Anexo 11, de los cuales se tiene que:

- El valor obtenido en el presente estudio en el rendimiento (Tratamiento térmico) fue de 6,66 % que es superior a lo obtenido por L. Martínez Nieto, (1988) que obtuvo para el método de Presión un rendimiento de 6,30 %; por Hidrólisis alcalina un rendimiento de 2,81 % y por Centrifugación un rendimiento de 3,98 %.

Cuadro 29. Comparación de diversos métodos de extracción de aceite y rendimientos obtenidos en la obtención del aceite de palta.

Variedad	Método de extracción	Rendimiento (%)
Fuerte	Tratamiento térmico (Elaboración propia).	6,66
Bacon	Presión	6,30
Bacon	Hidrólisis alcalina	2,81
Bacon	Centrifugación	3,98

Fuente: Elaboración propia, (2014).

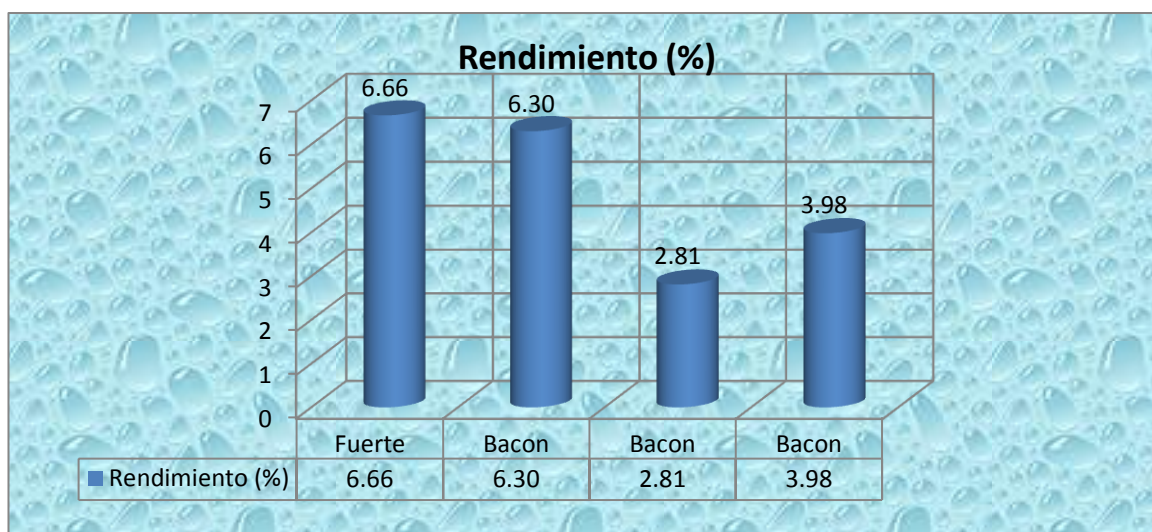


Figura 28. Comparación de diversos métodos de extracción de aceite y rendimientos obtenidos en la obtención del aceite de palta. Fuente: Elaboración propia, (2014).

▪ **Análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta**

Se debe señalar que las características de aceptabilidad del aceite de palta, están basados en los descrito en el COI (1992) (Anexo 5), y los valores obtenidos por Arizaga Ortega J. (2011) (Anexo 12).

De la comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio con el Anexo 5 se tiene que:

- Las características sensoriales: olor, sabor y color, se encuentran según la escala hedónica sensorial (0 a 9); lo que nos muestra la aceptabilidad general en el tratamiento número 06 del producto mostrando los siguientes resultados: olor 5,33 , sabor 5,50 y color 6,25; dichos resultados indican que el producto si tiene aceptación para el consumo, según referencia de COI (1992)
- El valor obtenido en acidez libre fue de 0,48 (% ácido oleico) que es inferior a lo reportado por COI (1992) de menor o igual a 1. Lo que indica que el aceite obtenido tiene un índice de acidez bajo y por lo tanto es aceptable para el consumo.
- El Índice de peróxidos obtenido fue de 5,47 (meq O₂/Kg aceite) está dentro de los intervalos indicados por COI (1992).

- El nivel de Absorbancia al U.V para el K_{270} de 0,05 indican que el aceite obtenido cumple con los parámetros de calidad de los aceites de COI, 1992.

Cuadro 30. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Parámetros de calidad del aceite de palta (COI, 1992).

Características Organolépticas y de Calidad del aceite de palta	Análisis Organoléptico y de Calidad (Elaboración propia)	Parámetros de calidad del aceite de palta (COI, 1992).	
		Extra	Fino
Olor	5,33		≥ 5,5
Sabor	5,50		≥ 5,5
Color	6,25		≥ 5,5
Acidez (% ácido oleico)	0,48	≤ 1,0	
Índice de peróxidos (meq O ₂ / Kg de aceite)	5,47	≤ 20	
Absorvancia K ₂₇₀	0,05	≤ 0,25	
Aspecto a 20° C durante 24 horas	Amarillo	Amarillo a Verde	Amarillo a Verde

Fuente: Elaboración propia, (2014).

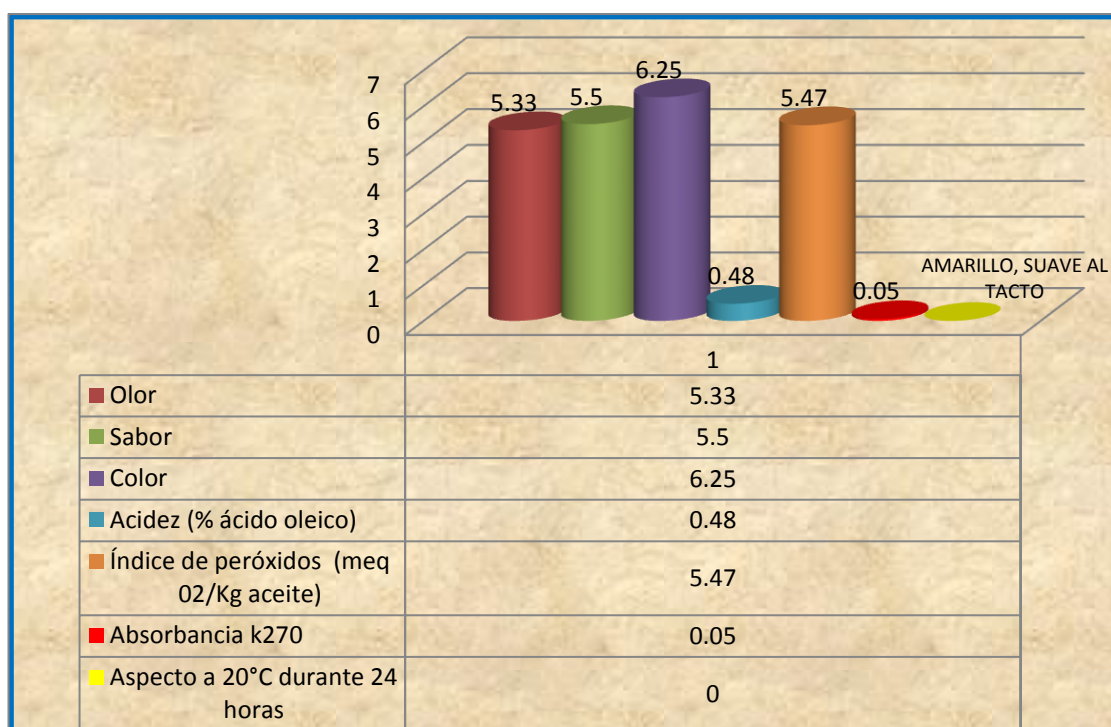


Figura 29. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Parámetros de calidad del aceite de palta (COI, 1992).

Fuente: Elaboración propia, (2014).

- **Análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.**

A partir de la información mostrada en el Cuadro 25 se presenta la comparación de los resultados obtenidos en el presente estudio con el Anexo 12 teniéndose que:

- El valor obtenido en el presente estudio por efecto del Tratamiento térmico para el índice de acidez fue de 0,48% supera a lo reportado por L. Martínez Nieto, (1988) mostrado en el Anexo12 para la Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.
- El valor obtenido por efecto del Tratamiento térmico para el índice de peróxidos fue de 5,47(meq O₂/Kg de aceite superior a lo reportado por L. Martínez Nieto, (1988) mostrado en el Anexo12 para la Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos, no obstante está dentro los límites permitidos.

Cuadro 31. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.

Índices	Resultados (Elaboración propia)	Hexano sin calor	Hexano con calor (70 °C)	Centrifugación *
Acidez (% de ácido oleico)	0,48	0,86 ±0,02 a	1,29±0,02 b	0,75±0,05 a
Peróxido (meq O ₂ /Kg aceite)	5,47	2,31±0,11 a	3,79±0,04 b	2,46±0,03 a
Índice de yodo	72,97	82,12±0,06 a	84,65±0,06 b	86,67±2,14 c

Fuente: Arizaga Ortega J. (2011).

*Fuerza centrífuga 15557 g, tiempo 10 minutos, 40 °C.

Los valores son promedios de 3 repeticiones ± su desviación estándar.

Letras iguales en superíndices en una misma fila, indican que no hubo diferencia significativa.

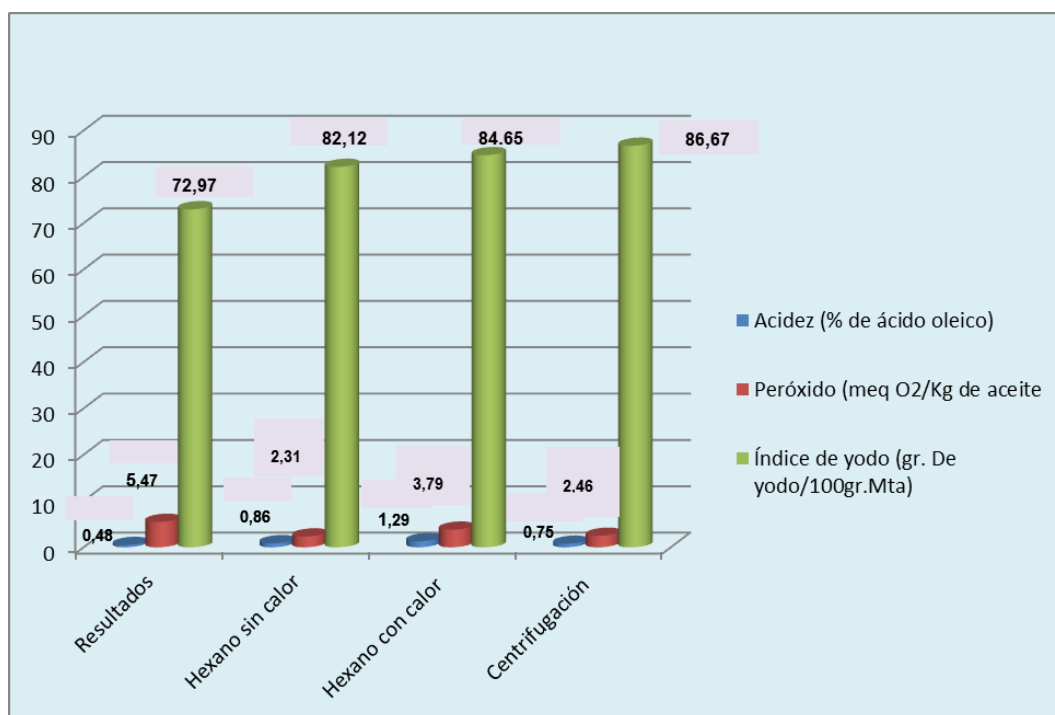


Figura 30. Comparación del análisis Organoléptico y de Calidad del aceite de palta (Elaboración propia) vs. Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.

Fuente: Elaboración propia, (2014).

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la temperatura y el tiempo de tratamiento térmico influyen en el efecto del tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales del aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte).

El índice de madurez con mayor contenido graso en base seca de la palta variedad Fuerte obtuvo un rendimiento de 18,41 % de contenido en lípidos extraído por el método Soxhlet.

2. El mayor valor obtenido en el rendimiento del aceite palta variedad Fuerte fue hallado a una temperatura de 70 ° C y tiempo de 88 min. obteniéndose un rendimiento de 6,66 %, por el método de extracción Soxhlet.

3. La evaluación sensorial realizada del olor, sabor y color del aceite de palta variedad Fuerte nos indican los siguientes resultados: olor 5,33 y sabor 5,50 que señalan que el producto no gusta ni disgusta; mientras que para el color 6,25 señala que el producto gusta ligeramente.

4. Las características o parámetros fisicoquímicos del producto final son: acidez: 0,48 %, índice de peróxidos: 5,47 meq O₂/Kg aceite, índice de Saponificación: 100,77 mg KOH/g grasa, índice de yodo: 72,97; índice de Absorbancia K₂₇₀= 0,05 y K₂₃₂= 1,52 y HBH y VOL 0,1 indican que el aceite obtenido cumple los parámetros de calidad de los aceites de COI, 1992.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de rendimiento y calidad de aceite de palta (*Persea americana Mill.* var. Fuerte) y de otras variedades consumidas o existentes en la región.
2. Continuar un análisis sensorial del aceite basado en las normas del COI, tomando en cuenta características propias de la palta variedad Fuerte.
3. Se recomienda a los investigadores realizar un estudio que contemple tiempo de evaluación, para determinar el tiempo de vida y el mantenimiento de la calidad fisicoquímica del producto.
4. Se recomienda realizar un estudio de mercado para la producción y consumo de aceite de palta ya que por las características que presenta, es probable que pueda establecerse como un competidor sustituto del aceite de oliva.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ADEX, (2012)
2. Adrian, J. y col. (1999). "Science Alimentaire de A á Z". En: Lavoisier Tec & Doc ed. París.
3. Agrodata, (2007).
4. Andreoni, N. (1996). "Hazeinut phenolic substances as natural antioxidants". En: Acta Horticulturae N°445. Páginas 217 al 221.
5. Alza y Vásquez. (2002). Agroexportación: Análisis y perspectivas; producción no tradicional, rentabilidad, mercado y zonas de producción. 2da.Ed. Lima Perú.
6. Amiot et al., 1992 Amiot, M.J.; Tacchini, M.; Aubert, S.Y. y Oleszek, W. (1995). "Influence of cultivar, maturity stage, and storage conditions on phenolic composition and enzymatic browning of pear fruits". Journal of Agricultural and Food Chemistry, 43: 1132-1137 p.
7. Ariza Ortega J. y col. (2001). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea americana* Mill. var. Hass).
8. Baile Young, (1971). Pate I The avocado pear. IN: Hulme, A. Eds. The biochemistry of fruit and their producís. London Acad Press. 2 – 60 p.

9. Bernal E.J.A, (2008).Tecnología para el cultivo del aguacate. pag.4.
10. Braverman J. (1978). Introducción a la bioquímica de los alimentos. Ed. Omega S.A. Barcelona. 355 p.
11. Buron, y Garcia Teresa, (1 “La calidad del aceite de oliva”. Comunicaciones INIA. Madrid – España.
12. Bruns, J. K. (1995). Lightly processed fruits and vegetables: Introduction to the colloquium. HortScience, 30(1): 14-17 p.
13. Carriles Rangel F. (1997). “Obtención y caracterización de aceite de semilla de aguacate Persea americana”. Universidad La Salle Escuela de Ciencias Químicas. México D.F.
14. Cheftel, J. C. y Cheftel, H. (1976). Pardeamiento enzimático y tratamientos físicos en Introducción a la Bioquímica y Tecnología de los Alimentos. Editorial Acribia, España. (1) 309-318 p. (2) 175-202 p.
15. Chen y col. (2002). “Mixed tocopherol preparation is superior to alphatocopherol alone against hypoxia-reoxygenation injury”. En: Biochemical and Biophysical Communications”. N° 291. Páginas 349 al 353.

16. Cillard, J. y col. (1980). "Pro-oxidant effect of alpha-tocopherol on essential fatty acids in aqueous media." En: *Anales de la Nutrition et de l'Alimentation*. N° 34 (3). Páginas 579 al 592.
17. Civantos, L. (1998). *El olivo, el aceite, la aceituna*. Consejo Oleícola internacional 2da. Edición página 130. Madrid – España.
18. Clark et al., (2003). Clark, C.J.; McGlone, V.A.; Requejo, C.; White, A. and Woolf, A.B. "Dry matter determination in 'Hass' avocado by NIR spectroscopy". *Postharvest Biology and Technology* 29, 301-308 p.
19. Collazos. (1996). *Tablas Peruanas De Composición De Alimentos Séptima Edición*. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud. Centro Nacional de Alimentación y Nutrición – Lima.
20. Cortés et al. (1971). Cortés, R.; González, Z; Pennacchiotti, M. y Parraguirre, A. Estudio de las condiciones químicas y tecnológicas para una posible industrialización de la palta. *Rev. ATA XXII (2):* 295 – 330 p.
21. Costa Rojas, Verónica Alejandra, (2001). *Extracción enzimática y caracterización del aceite de palta (persea americana mill.)*. Santiago – Chile.
22. Covarrubias G.I (1984). *Comportamiento de la pulpa de aguacate (Persea americana Mill) Var. Hass ante diferentes aditivos y*

variación de temperatura. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Chapingo, México

23. Cuq. J.L. (1992). "Qualité de nos aliments et technologies. In Alimentation et nutrition humaines". Dupin H. Paris. ESF.
24. Derringer, G. y Suich, R. (1980), "La optimización simultánea de varias variables de respuesta," Diario de Tecnología de Calidad, 12, 4, 214-219.
25. Desrosier, N. (1993). Conservación de alimentos. Editorial Continental. D.F. México. 468 p.
26. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, (2002).
27. Diego O. Paredes Punina. (2010) "Desarrollo de un sistema de extracción de aceites esenciales". Riobamba – Ecuador.
28. Fersini, A. (1975). Lewis, (1978). Lee (1981) Fersini. El cultivo del aguacate. México. Editorial Diana. 132 p.
29. Frankel, E.N. y col. (1996). "Evaluation of antioxidant activity of Rosemary extracts and carnosic acid in bulk vegetable oils and fish oil and their emulsions". En: J. Sci. Food Agric. N° 72. Páginas 201 al 208.
30. García et al., (1975). García, R.; Andrade, J. and Rolz, C. Effect of temperature and heating time on the detection of flavor in avocado paste. Journal of food science. 40:200 p.

31. Genot, C. y col. (2003). "Alteraciones de las proteínas debido a la oxidación de los lípidos en sistemas multifasicos". En: Lipid oxidation pathways, Kamal-Eldin A. (Ed.), Champaign; AOACS Press. Páginas 265 al 292.
32. Guia de las frutas cultivadas, (2001). pag. 9
33. Gupta M. (1995). 270 Plantas medicinales iberoamericanas Programa Iberoamericano de Ciencia y tecnología para el desarrollo CYTED. Editorial.
34. Gutiérrez Pulido, Humberto. (2007). "Análisis de Diseño de Experimentos. Ed. Mc Graw Hill.
35. Harrington, E. D. Jr. (1965). The Desirability Function. Industrial Quality Control, 21: p. 494-498.
36. INTA. (1999). Guía integral de Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, Managua, Nicaragua. Tipos de floración del aguacate, p.88.
37. ITINTEC 2009.001 Aceites y grasas comestibles. Definiciones y requisitos generales
38. Jialal, I. y S. Devaraj. (1996). "Low-density lipoprotein oxidation, antioxidants and atherosclerosis: a clinical biochemistry perspective". En: Clin. Chem. N° 42. Páginas 498 al 506.

39. Keme, T. y col. (1983). "The storage of hazelnuts at room temperature under nitrogen (II)". En: Review of chocolate confectionary & Bakery, N° 8 (2). Páginas 15 al 20.
40. Kikuta, Y. y Erickson, L.C. (1968). Seasonal changes of avocado lipids during fruit development and storage. Calif. Avocado Soc. Yearb. 52, 102-108.
41. Kornsteiner, M. y col. (2006). "Tocopherols and total phenolics in 10 different nut types". En: Food Chemistry N° 98. Páginas 381 al 387.
42. Lee, S. K.; Young, R. E.; Schiffman, P. M. and Coggins Jr, C. W. (1983). Maturity studies of avocado fruit based on picking dates and dry weight. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(3), 390-394 p.
43. Leger, C. L. (1992). "Vitamine E, tocopherols et composés apparentés: Propriétés antioxygène et rôle biologique – source alimentaires". En: CNERNA-CNRS. Commission "Nutrition – Membranes". París: Polytechnica. Página 157.
44. Lewis, C. (1978). The maturity of avocados: a general review. J. Food Sci. 39: 857-866 p.
45. Liu X et al., Robinson, P.W.; Madore, M.A.; Witney, G.W. and Arpaia, M.L. (1999). 'Hass' avocado carbohydrate fluctuations. II. Fruit growth and ripening. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 124, 676-681 p.

46. Martínez Nieto L. y col. (1988). Extracción y caracterización del aceite de aguacate.
47. Mate, J. I. y col. (1996). "Rancidez de maní y nueces; efecto de la concentración de oxígeno y la humedad relativa". En: Journal Food Science. N° 61 (2) Páginas 465 al 472.
48. Mayer y Harel, (1991). Mayer, A. M. y Harel, E. 1991. Polyphenoloxidases and their significance in fruits and vegetables. En P. F. Fox (Ed) Food Enzymology, Elsevier, London. 373-398 p.
49. Morton, J. (1987). Avocado. In: Fruits of warm climates. Miami, FL. 91-102 p.
50. Nickerson, J. and Karel, M. (1964). Preservation of foods by freezing. In: Joslyn, Mand lteid, J. Food Processing operations. V3. Wesport Connecticut, the Avi. Publ.
51. Nicolas, J. J.; Richard-Forget, F. C.; Goupy, P. M.; Amiot, M. J. and Aubert, S. Y. (1994). Enzymatic browning reactions in apple and apple products. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 34(2): 109-157 p.
52. Olaeta, J.A. (2003). Industrialización del aguacate: estado actual y perspectivas futuras. Granada – Málaga, España. 749-754 p.
53. Olhagaray, J. (1989). Cadena de frío y calidad de frutas y hortalizas congeladas Fundación Chile. Santiago, Fundación Chile. 1 - 7p.

54. Opazo, G.; J.A. Olaeta y P. Undurraga. (2003). Caracterización histológica y bioquímica de desórdenes fisiológicos en paltas (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en almacenaje refrigerado, en dos estados de madurez. Granada – Málaga, España. 653-658 p.
55. Ortiz, A.; R. Mora; T. Santiago y L. Dorantes. (2003). Obtención de una pasta de aguacate mediante tratamiento térmico. Granada – Málaga, España. 761-768 p.
56. Paredes y Quinatoa, (2010). Desarrollo de un sistema de Extracción de aceites esenciales.
57. Paz, Antolin, I. y M. Molero-Meneses. (2000). Aplicación de la Espectrofotometría UV-visible al estudio de la estabilidad térmica de aceites vegetales comestibles”. En: Grasas y Aceites. N° 51 (6). Páginas 424 al 428.
58. Peryamm & Pilgrim, (1957). Escala Hedónica verbal
59. PNR for Herbal Medicines (2002). Edición Editorial Medicor Economic Comp USA.
60. Richardson y Hyslop (1993).Enzimas. In. O. Fennema (Eds.). Química de los alimentos. Editorial Acribia, Zaragoza, España. p. 415-536.

61. Shaidi, F. y col. (1997). "Effect of Processing on Flavor Precursor Amino Acids and Volatiles of Sesame Paste (Tehina)." En Journal of American Oil Chemists Society. N° 74. Páginas 667 al 678.
62. Shaidi, F. y col. (1992). "Phenolic antioxydants". En CRC Critical Review - in Food in Science and Nutrition. N° 32 (1). Páginas 67 al 103.
63. Schmidt-Hebbel, (1981). Ciencia y tecnología de los alimentos. Alfabeta editores, Santiago. 265 p.
64. Schwartz, S.J. y J.H. Von Elbe. (1983). Kinetics of chlorophyll degradation to pyropheophytin in vegetables, J. Food Science. 48(1): 1303-1306 p.
65. Schwartz y Olaeta, (1998). Proyecto transformación Industrial de la Palta.
66. Seymor, G.B. y Tucker, (1993). Avocado. Biochemistry of fruit ripening. Chapman and Hall, London. 53-81 p.
67. Tingwa, P.O. y Young, R.E. (1975). Studies on the inhibition of ripening in attached avocado (*Persea americana* Mill.) fruits. J. Am. Soc. Hort. Sci. 100, 447-449 p.
68. Tirilly, y. y Marcel, C. (2002). Tecnología de las hortalizas. Editorial Acribia, Zaragoza, España.

69. Valero-Ruiz, (1993). Caracterización cinética de la polifenoloxidasa de uva Airen. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha.
70. White, P. J. (1995). "Conjugated diene, anisidine value and carbonyl value analysis en Methods to assess quality and stability of oils and fat-containing foods (Warner, K., Eskin, N.A.M Eds.)" En: AOCS Press. Champaign, I.L.
71. Wolf, R. L. y J. L. Sébédio. (1991). "Geometrical isomers of linolenic acid in low-calories spreads marketed in France". En: Journal of the American Oil Chemists' Society. N. 68. Páginas 719 al 725.
72. Wolf, R. L. (1995). "Ubiquité et caractéristiques des isomers trans de l'acide linoléique: une revue". En: Oléagineux Corps gras Lipides. N° 2. Páginas 391 al 400.
73. Zauberman y Shiffmann-Nadel, (1972). Respiration of whole fruit and seed of avocado at various stages of development. J. Am. Soc. Hort. Sci. 97, 313-315
74. <http://www.Larevistaagraria.com> (2014).
75. <https://zonasegura.seace.gob.pe/documentos/documentos/FichaSubinv/PALTA%20FUERTE.pdf>
76. <http://www.cepes.org.pe/revistararia/> (2014)
77. [http://www.infoagro.com/El cultivo del aguacate](http://www.infoagro.com/El_cultivo_del_aguacate) (2014).

78. <http://www.alimentacion-sana.org>,(2014).
79. <http://es.wikipedia.org> (2014).
80. <http://www.ycomo.net> (2014).
81. <http://apuntescientificos.org/afectivas.html> (2014).
82. http://bv.ujcm.edu.pe/links/cur_comercial/ProceAgroindustriales-4.
(2014).
83. <http://www.oleohispana.com/aceite.htm#EXTRACCIONDEL>
ACEITE (2015).
84. <http://publicaciones.ops.org.ar/> Gacetilla - Inspector Bromatológico
INAL

ANEXOS

Anexo 1.

Matriz genérica de consistencia

Problema central y secundario	Objetivo general y secundario	Hipótesis general y específicos	Variable independiente y dimensiones	Variable dependiente y dimensiones	Tipo y diseño de la investigación	Muestra	Métodos de análisis y Software
<p>Problema central ¿Cómo Influye el tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte)?</p> <p>Problema secundario ¿Cómo influye la temperatura de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte)?</p> <p>¿Cómo influye el tiempo de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte)?</p>	<p>Objetivo general Determinar el efecto del tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales del aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte).</p> <p>Objetivos secundarios -Determinar el efecto de la temperatura de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte). -Determinar el efecto del tiempo de tratamiento térmico en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte).</p>	<p>Hipótesis general El tratamiento térmico influye sobre el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte).</p> <p>Hipótesis específicos -La temperatura de tratamiento térmico influye en el rendimiento y en los parámetros físico químicos sensoriales en la extracción de aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte). -El tiempo de tratamiento térmico influye en el rendimiento y en los parámetros físico químico sensoriales en la extracción del aceite de palta (<i>Persea americana Mill.</i> var. Fuerte).</p>	<p>Variable independiente Tratamiento térmico. Dimensiones: -Temperatura de tratamiento térmico: (42; 70; 98) (°C) -Tiempo de tratamiento térmico: (32; 60; 88) (min)</p>	<p>Variable dependiente Extracción del aceite. Dimensiones: -Rendimiento expresado en porcentaje (%). -Índice de acidez libre (% ácido oleico) -Índice de peróxidos: (meq O₂/Kg aceite). -Índice de Absorbancia U.V K₂₇₀ .</p>	Experimental.	01 Kg de masa de puré de palta.	<p>Método de Análisis: Diseño central Compuesto .</p> <p>Software: -Microsoft Excel 2010. -MATLAB Handle Graphics.</p>

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Anexo 2. Determinación del índice de madurez del olivo

<p>El valor del índice de madurez es en realidad una medida de color del fruto, tanto en la piel como en la pulpa.</p> <p>Para ponderar dicho color se ha establecido la siguiente escala.</p>
Clase 0: Piel verde intenso.
Clase 1: Piel verde amarillo.
Clase 2: Piel verde con manchas rojizas en menos de la mitad del fruto, inicio del envero.
Clase 3: Piel rojiza o morada en más de la mitad del fruto. Final del envero.
Clase 4: Piel negra y pulpa blanca.
Clase 5: Piel negra y pulpa blanca sin llegar a la mitad de la pulpa.
Clase 6: Piel negra y pulpa morada sin llegar al hueso.
Clase 7: Piel negra y pulpa morada totalmente hasta el hueso.
Siendo: A,B,C,D,E,F,G,H, el número de frutos de las clases 0;1;2;3;4;5;6;7 respectivamente el índice de madurez se obtiene por la fórmula:
$I.M.= \frac{AX0+BX1+CX2+DX3+EX4+FX5+GX6+HX7}{100}$

Ferreira, (1979).

**Anexo 3. Cantidad porcentual en la estructura de la palta
variedad Fuerte.**

COMPONENTE	PORCENTAJE (%)
Piel	10,91
Pulpa	68,26
Hueso	20,78
Almendra	0,05

Fuente: Carriles (1997).

Anexo 4. Composición química media de la Palta

COMPONENTE	COMPONENTE EN 100 gr. DE PORCION COMESTIBLE
Energía	131,0 Kcal
Agua	79,2 g
Proteína	1,7 g
Grasa	12,5 g
Carbohidratos	5,6 g
Fibra	5,8 g
Ceniza	1,0 g

Fuente: Collazos (1996).

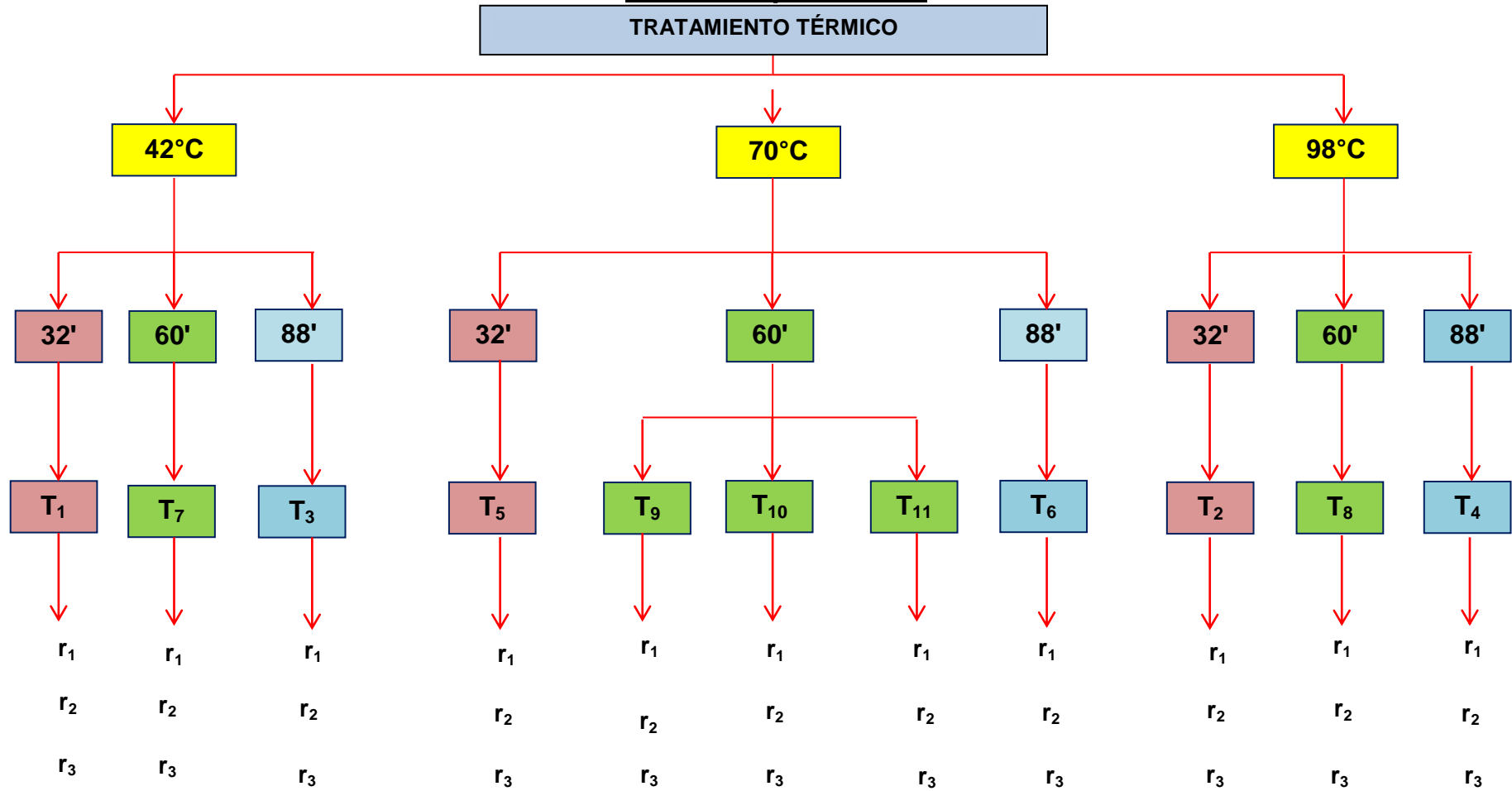
Anexo 5. Parámetros de calidad de los aceites de oliva

PARAMETROS	ACEITE DE OLIVA					
	ACEITES DE OLIVA VÍRGENES				REFINADO	ACEITES DE OLIVA
	Extra	Fino	Semifino	Lampante		
Características organolépticas	≥ 6,5	≥ 5,5	≥ 3,5	3,5		
*Olor					Aceptable	Bueno
*Sabor					Aceptable	Bueno
*Color					Amarillo claro	Claro
*Aspecto a 20°C durante 24 horas						amarillo a verde
-Acidez libre (% ácido oleico)	≤ 1,0	≤ 1,5	≤ 3,3	> 3,3	≤ 0,3	≤ 1,5
-Índice de peróxidos (meq O ₂ /Kg aceite)	≤ 20	≤ 20	≤ 20	> 20	≤ 10	≤ 20
-Absorvancia al U.V. (K270)	≤ 0,25	≤ 0,25	≤ 0,30	No limitado	≤ 1,10	≤ 0,90

Fuente: COI, 1992.

Anexo 6.

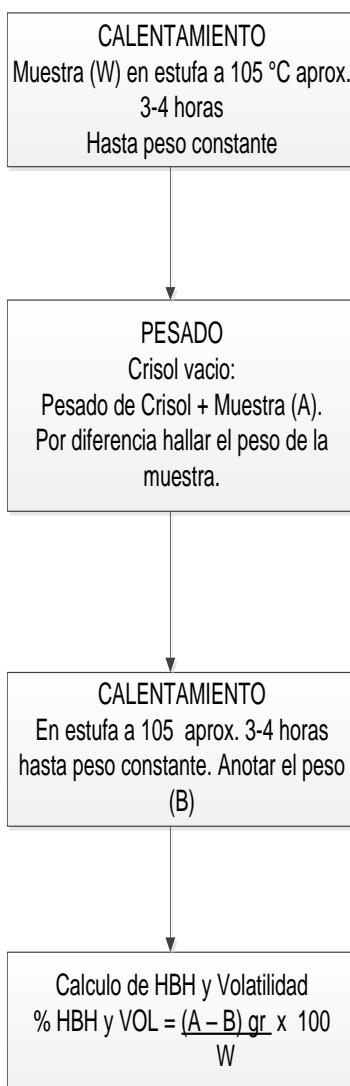
Diseño experimental



Fuente: Elaboración propia, (2014).

Determinación de humedad en base y materias volátiles

(NTP 209.004, ITINTEC, 1968)



Donde:

N = Normalidad de la solución de NaOH.

W= Peso de la Muestra.

Anexo 8

Determinación de la acidez libre

NTP 209.005 ITINTEC, (1968)

MUESTRA
Pesar exactamente 5 – 10 gr de
muestra (W)
en Erlenmeyer de 250 ml

Disolver muestra en 50 ml de alcohol

Añadir 5 gotas de Fenolftaleina al 1%

Titular con solución de NaOH 0,1 N,
gota a
gota, con agitación, hasta viraje de
color

Calcular la Acidez libre (A.L) en
términos de
% Acido Oleico
$$A.L\% = \frac{\text{Gasto NaOH} \times N \times 28,2}{W}$$

Donde:

N = Normalidad de la solución de NaOH.

W= Peso de la Muestra.

Determinación del índice de peróxidos
 NTP 209.006 ITINTEC, (1968)

MUESTRA

Pesar $5 \pm 0,05$ gr de muestra (W) o, según tabla, en función de índice esperado y colocar en Erlenmeyer de 250 ml

Agregar 30 ml de mezcla ácido acético: Cloroformo (2:1) y disolver la muestra.

Agregar 0,5 ml de solución saturada de yoduro de Potasio (IK) y mantener en agitación por 1 minuto. Llevar por 5 minutos a oscuridad

Agregar 30 ml de agua destilada y valorar con solución de Tiosulfato de Sodio 0,1 N* hasta amarillo pálido

Agregar 0,5 ml de solución de almidón al 1% continuar la titulación vigorosamente hasta desaparición de color

Anotar el gasto:

B= Blanco

M= Muestra

Calcular el Índice de Peróxido (IP):

IP (meq de peróxido /100 g de muestra) =

$$IP = \frac{(M - B) \times N \times 1000}{W}$$

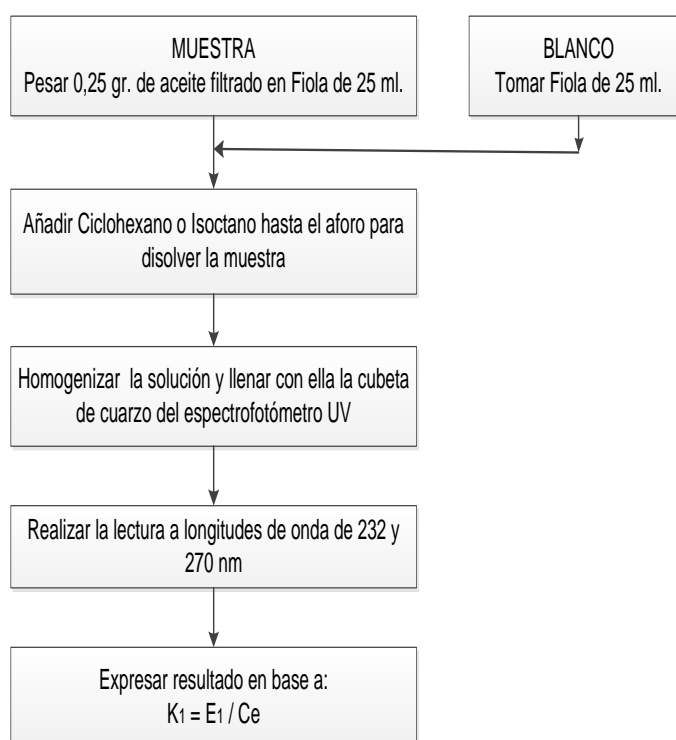
* Si el gasto de la titulación es menor a 0,55 ml, emplear solución 0,01 N

Anexo 10

Prueba de Absorbancia Espectrofotométrica UV

Método COI/T.20/Doc. n° 19, "Análisis espectrofotométrico en el ultravioleta", AOCs Ch 5-91

No existe referencia del método en NTP



Donde:

K₁ = Extinción específica a la longitud de onda «1»
E₁ = Extinción medida a la longitud de onda «1»
C = Concentración de la solución en gramos por 100 ml
E = Espesor de la cubeta en cm
A 270 nm: ≤ 0,22
A 232 nm: ≤ 2,50
Delta K: ≤ 0,01

Anexo 11 Rendimiento del aceite de palta por diversos procesos (métodos) de extracción.

Variedad	Proceso (Método)	Rendimiento (%)
Bacon	Presión	6,30
Bacon	Hidrólisis alcalina	2,81
Bacon	Centrifugación	3,98

Fuente: L. Martínez Nieto, (1988). 6,50 (*)

(*) % de Aceite referido a pulpa inicial extraído en el residuo
residuo sólido de la centrifugación, previo secado.

Anexo 12 Caracterización de los aceites de palta extraídos en pulpa por 3 métodos.

Índices	Hexano sin calor	Hexano con calor	Centrifugación *
Acidez (% de ácido oleico)	0,86 ±0,02 a	1,29±0,02 b	0,75±0,05 a
Peróxido (meq O ₂ /Kg de aceite)	2,31±0,11 a	3,79±0,04 b	2,46±0,03 a
Índice de yodo	82,12±0,06 a	84,65±0,06 b	86,67±2,14 c

Fuente: Arizaga Ortega J. (2011).

*Fuerza centrífuga 15557 g, tiempo 10 minutos, 40 °C.

Los valores son promedios de 3 repeticiones ± su desviación estándar.

Letras iguales en superíndices en una misma fila, indican que no hubo diferencia significativa.

Anexo 13 COMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PRODUCTOS

AGROINDUSTRIALES DE EXPORTACIÓN

SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PALTA

I. Objetivos

- Elaborar los Proyectos de Normas Técnicas Peruanas para palta.
- Proponer la elaboración, revisión y derogatoria de las Normas técnicas Peruanas de Palta.
- Fomentar la aplicación y difusión de las Normas Técnicas Peruanas de Palta y promover el desarrollo de la normalización.
- Propiciar la integración de los miembros del Subcomité.

II. Estrategias

- Promover la participación activa y efectiva de los miembros de SCTN de Palta a fin de elaborar los proyectos de normas técnicas peruana por consenso.
- Revisar integralmente los antecedentes nacionales e internacionales.

III. Estructura Orgánica del Comité

- Presidente : César Peschiera Clark
Secretaría : PROMPERU
Secretaria : Claudia Solano Oré

IV. Normas Elaboradas

	Año	Código	Nombre	Resumen
1	2005	NTP 011.018	FRUTAS. Palta. Requisitos.	Establece los requisitos mínimos de calidad que deben cumplir las paltas de los diversos cultivares de Persea americana Mill. (Syn. Persea gratissima Gaertn), de la familia de las Lauraceae, que habrán de suministrarse frescas al consumidor, después de su acondicionamiento y envasado. Se excluyen los frutos partenocárpicos y las paltas destinadas a la elaboración industrial.

Fuente: Norma Técnica Peruana (N.T.P.), 011.018

Anexo 14. Formato para prueba hedónica de evaluación sensorial

Pruebe el producto que se muestra a continuación.

El presente formato se empleara para que Ud. pueda marcar el número que más le sugiere su paladar luego de la degustación del producto en la cual se evaluara el olor, sabor y color.

1	Me disgusta muchísimo
2	Me disgusta mucho
3	Me disgusta moderadamente
4	Me disgusta ligeramente
5	Ni me gusta ni me disgusta
6	Me gusta ligeramente
7	Me gusta moderadamente
8	Me gusta mucho
9	Me gusta muchísimo

Fuente: Peryamm & Pilgrim, 1957.

Anexo 15. Prueba hedónica de olor

INSTRUCCIONES

Observe las muestras de izquierda a derecha y califíquelas según la escala hedónica y de acuerdo al olor que Ud. elija

Muestra:	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈	T₉	T₁₀	T₁₁
Orden de Olor:											

Fuente: Elaboración propia, (2014).

Anexo 16.**Prueba hedónica de sabor****INSTRUCCIONES**

Pruebe las muestras de izquierda a derecha y ordénelas según su incremento en intensidad de sabor según la escala Hedónica.

Muestra:	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈	T₉	T₁₀	T₁₁
Orden de Sabor:											

Fuente: Elaboración propia, (2014).

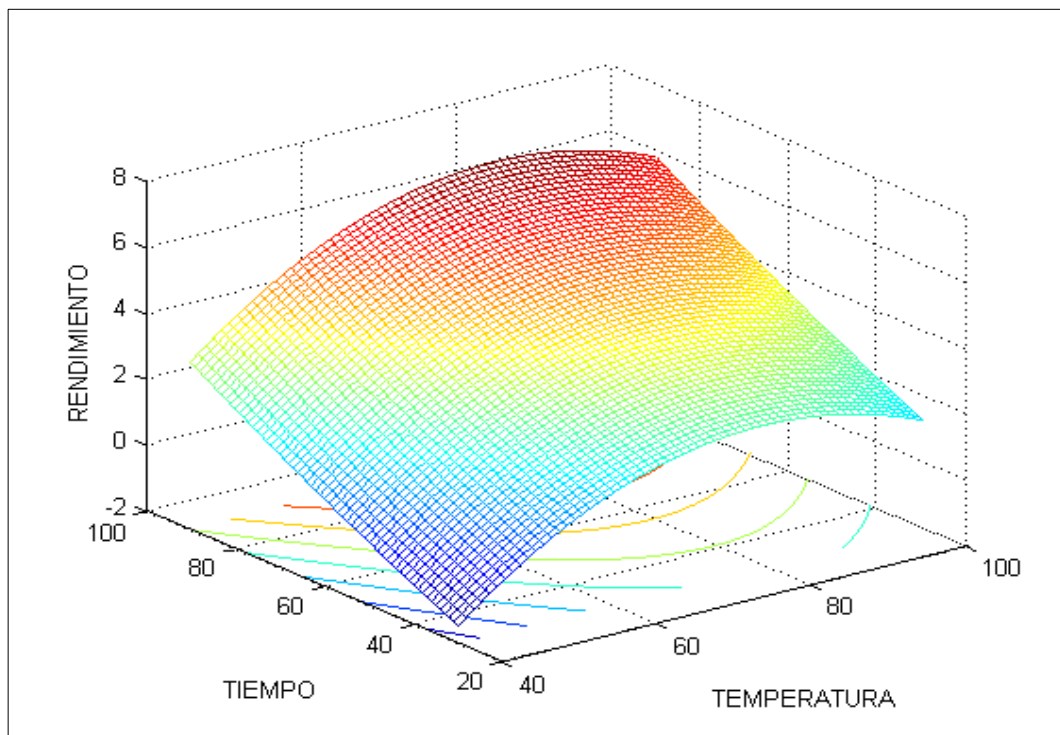
Anexo 17.**Prueba hedónica de color****INSTRUCCIONES**

Observe las muestras de izquierda a derecha y califíquelas según la escala hedónica de acuerdo al color que de su preferencia

Muestra:	T₁	T₂	T₃	T₄	T₅	T₆	T₇	T₈	T₉	T₁₀	T₁₁
Orden de Color:											

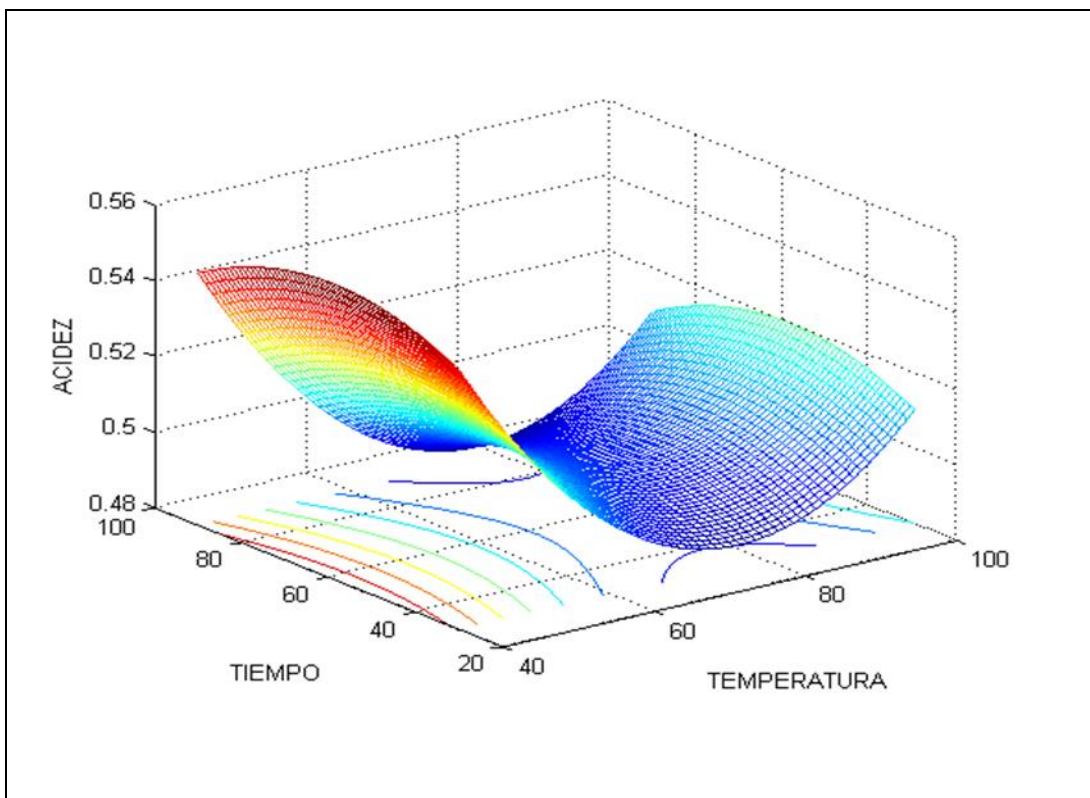
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 18 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el rendimiento del aceite de palta variedad Fuerte.



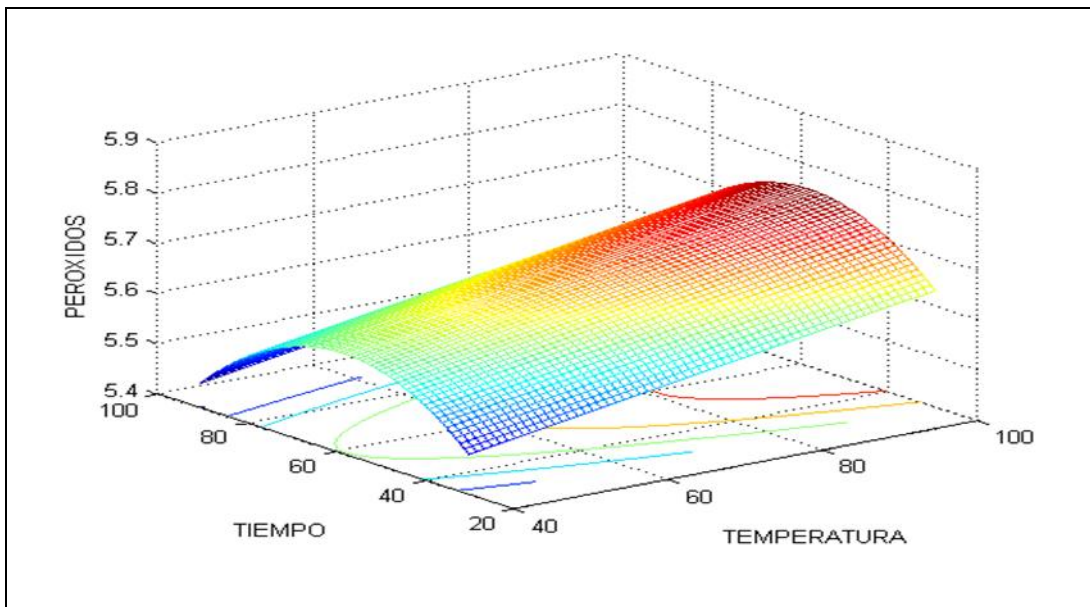
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 19 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre la acidez libre del aceite de palta variedad Fuerte.



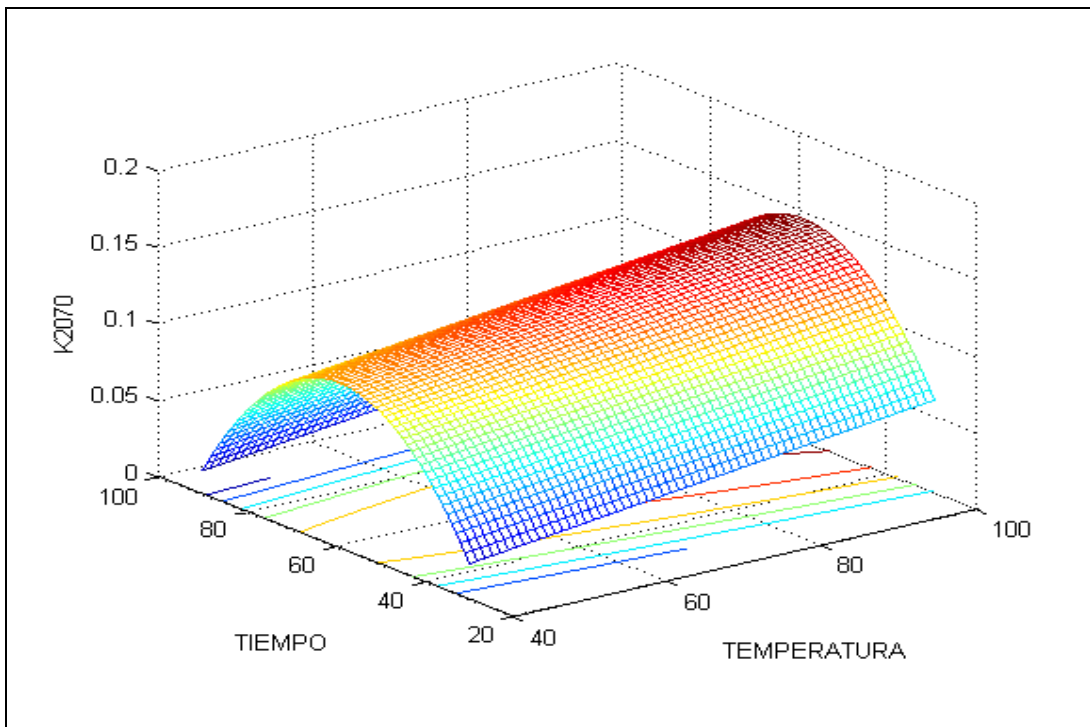
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 20 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el índice de peróxidos del aceite de palta variedad Fuerte.



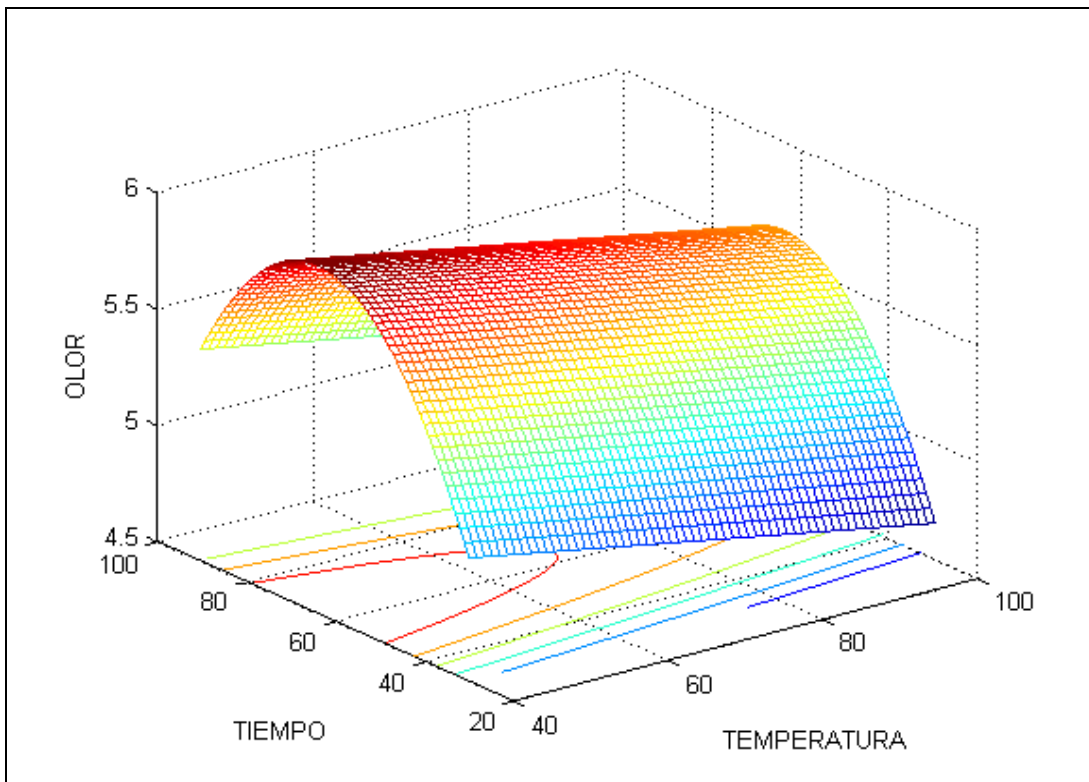
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 21 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre la absorbancia en UV a 270 nm del aceite de palta variedad Fuerte.



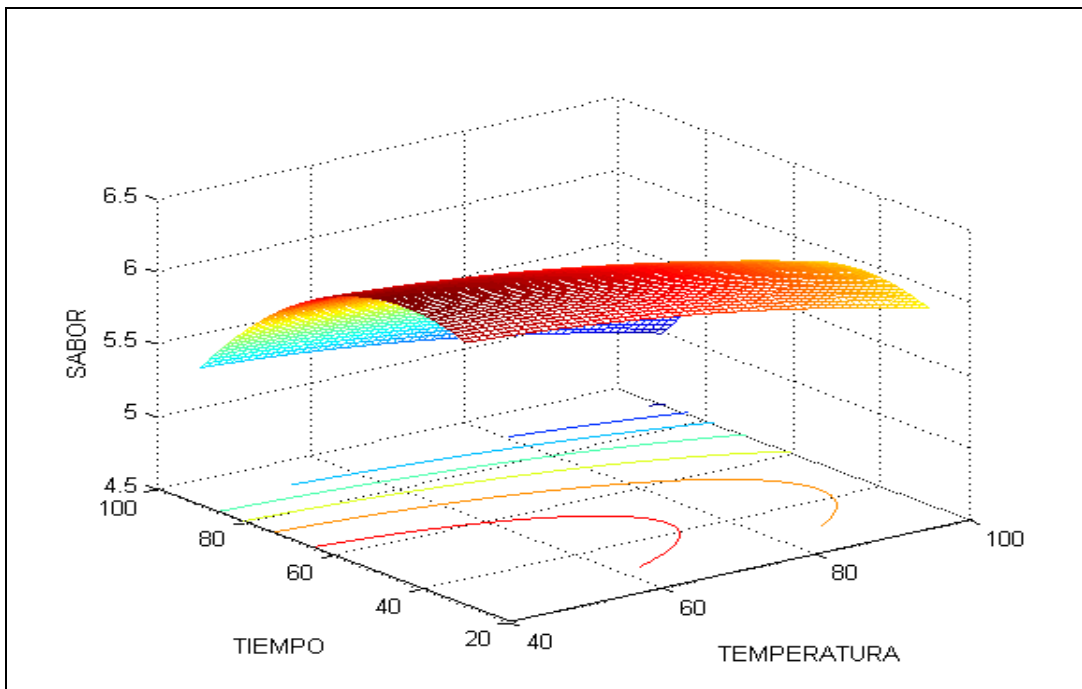
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 22 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el olor del aceite de palta variedad Fuerte.



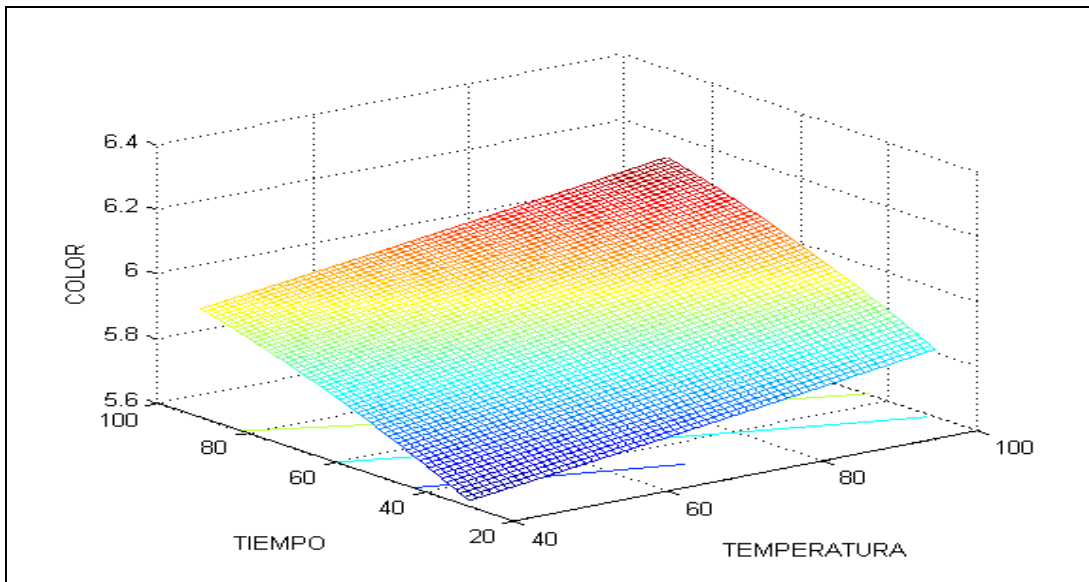
Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 23 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el sabor del aceite de palta variedad Fuerte.



Fuente: Elaboración propia, (2014).

ANEXO 24 Diagrama de Superficie de Respuesta mostrando el efecto de la temperatura y tiempo de tratamiento térmico sobre el color del aceite de palta variedad Fuerte.



Fuente: Elaboración propia, (2014).