



Una Institución Adventista

Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad
Fuerte por evaporación rápida de agua.

Moisés Condori Cahui

Juliaca, diciembre de 2016

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos



Una Institución Adventista

Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua.

Por:

Moisés Condori Cahui

Asesor:

Dr. Augusto Pumacahua Ramos

Juliaca, diciembre de 2016.

Estilo APA

Condori Cahui, M. (2016). Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua. (Tesis pregrado). Universidad Peruana Unión, Juliaca.

Estilo Vancouver

Condori-Cahui, M. Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua. (Tesis pregrado). Juliaca: Universidad Peruana Unión, 2016.

Ficha catalográfica elaborada por el Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación – CRAI – de la UPeU

TIA Condori Cahui, Moisés
2 Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte
C76 por evaporación rápida de agua / Autor: Moisés Condori Cahui; Asesor: Dr. Augusto
2016 Pumacahua Ramos. -- Juliaca, 2016.
97 páginas: anexos, figuras, tablas

Tesis (Licenciatura) -- Universidad Peruana Unión. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. EP. de Ingeniería de Alimentos, 2016.

Incluye referencias y resumen.

Campo del conocimiento: Ingeniería de Alimentos.

1. Palta (*Persea americana*). 2. Aceite. 3. Prensado. 4. Evaporación.

CDD 664.36

DECLARACIÓN JURADA DE AUTORÍA DEL INFORME DE TESIS

Dr. Augusto Pumacahua Ramos, de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería de Alimentos, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que el presente informe de investigación titulado: "ANÁLISIS DE EXTRACCIÓN DE ACEITE DE PALTA (*Persea americana*) DE LA VARIEDAD FUERTE POR EVAPORACIÓN RÁPIDA DE AGUA" constituye la memoria que presenta el Bachiller Moisés Condori Cahui para aspirar al título de Profesional de Ingeniero de Alimentos ha sido realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

Las opiniones y declaraciones en este informe son de entera responsabilidad del autor, sin comprometer a la institución.

Y estando de acuerdo, firmo la presente declaración en Juliaca, a los 21 de diciembre de 2016



Dr. Augusto Pumacahua Ramos

Análisis de extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la
variedad Fuerte por evaporación rápida de agua

TESIS

Presentada para optar el título profesional de Ingeniero de Alimentos

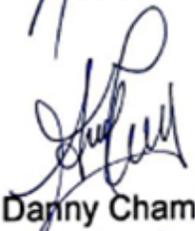
JURADO CALIFICADOR



Ing. Enrique Mamani Cuela
Presidente



Ing. Ana Monica Torres Jiménez
Secretario



Ing. Alex Danny Chambi Rodriguez
Vocal



Ing. Nancy Curasi/Rafael
Vocal



Dr. Augusto Pumacahua Ramos
Asesor

Juliaca, 21 de diciembre de 2016

DEDICATORIA

A Dios, por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarlo cada día más,

Con todo cariño y amor a mi madre Sebastiana Cahui Ramos y a mi padre Buenaventura Condori Vargas, que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis sueños, por motivarme y haberme enseñado a no desfallecer ni rendirme ante nada y siempre perseverar a través de sus sabios consejos.

A mi tía Nicolasa Cahui Ramos, a quien quiero como a una madre, por compartir momentos significativos conmigo, ayudándome en cualquier momento y por demostrarme la gran fe que tienen en mí.

A mi hermano Rafael Condori Cahui por ser un gran amigo para mí, que junto a sus ideas hemos pasado momentos inolvidables y uno de los seres más importantes en mi vida.

A mi novia Haydeé Hayqui compañera inseparable de cada jornada quien es mi motivación, inspiración y felicidad. Ella representó gran esfuerzo y tesón en momentos de decline y cansancio; ha sabido apoyarme para continuar y nunca renunciar, gracias por su amor incondicional y por su ayuda en mi tesis.

A mis profesores, gracias por su tiempo y su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTO

De los valores más grandes que hay en el mundo, es la gratitud, por lo tanto, hoy al culminar mi carrera agradezco en primer lugar a ti mi Dios por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

Son muchas las personas que han formado parte de mi vida a las que me encantaría agradecerles su amistad, consejos, apoyo, ánimo y compañía en los momentos más difíciles de mi vida. Algunas están aquí conmigo y otras en mis recuerdos y en mi corazón, sin importar en donde estén quiero darles las gracias por formar parte de mí, por todo lo que me han brindado y por todas sus bendiciones.

A mis jurados por la paciencia y los consejos que me dieron para el buen desarrollo del presente trabajo durante el desarrollo de esta investigación.

A mi amigo Eliot O. Cutipa M. quien fue uno de mis amigos y ha sabido apoyarme en la construcción del equipo viscosímetro de la caída de bola.

Un agradecimiento muy especial merece la comprensión, paciencia y el ánimo recibidos de mi familia y amigos. Para ellos: Muchas gracias y que Dios los bendiga.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
CAPÍTULO I	18
INTRODUCCIÓN.....	18
1.1 Objetivo general	19
1.2 Objetivos específicos.....	19
CAPÍTULO II.....	20
MARCO TEÓRICO	20
2.1 Antecedentes	20
2.2 Palta (<i>Persea americana</i>).....	21
2.2.1 Clasificación taxonómica	22
2.2.2 Razas de palta (<i>Persea americana</i>)	23
2.2.3 Variedades de palta (<i>Persea americana</i>).....	24
2.2.3.1 Palta variedad Fuerte	25
2.2.4 Información nutricional	26
2.2.5 Comercialización de palta (<i>Persea americana</i>).....	29
2.3 Aceite	29
2.3.1 Aceite de palta y sus beneficios.....	29
2.3.2 Análisis en aceite y grasas	30
2.3.2.1 Propiedades físicas	30
2.3.2.2 Propiedades químicas	32
2.3.3 Punto humo de aceite de palta	35
2.3.4 El punto de destello	36
2.3.5 El punto de combustión	36
2.3.6 Técnicas de extracción de aceite palta	36
2.3.6.1 Extracción con solventes	36
2.3.6.2 Centrifugación	37
2.3.6.3 Extracción por prensado en frío	37
2.3.6.4 Extracción por fluidos supercríticos (EFSC)	38
2.4 Evaporación de agua.....	40

2.4.1	Método por evaporación rápida de agua y prensado (MERAP)	40
2.4.1.1	Contenido de humedad	40
CAPÍTULO III		42
MATERIALES Y MÉTODOS		42
3.1	Lugar de investigación	42
3.2	Materiales e equipos	42
3.2.1	Materia prima	42
3.2.2	Materiales	42
3.2.3	Reactivo	43
3.2.4	Equipos	43
3.3	Metodología experimental	44
3.3.1	Análisis físico del fruto de palta	44
3.3.1.1	Densidad real	44
3.3.1.2	Densidad aparente (ρ_a)	44
3.3.1.3	Porosidad (ϵ)	44
3.3.1.4	Esfericidad y diámetro medio geométrico	44
3.3.2	Análisis de pulpa de palta	45
3.3.2.1	Determinación de humedad	45
3.3.2.2	Determinación de ceniza	45
3.3.3	Evaluación de rendimiento de pulpa de palta	45
3.3.4	Diagrama de flujo del extracción de aceite	45
3.3.5	Cinética de evaporación	47
3.3.6	Modelado matemático	47
3.3.7	Caracterización del aceite obtenido	48
3.3.7.1	Determinación de la propiedades físicas	48
3.3.7.2	Determinación de las propiedades químicas	50
3.3.7.3	Determinación de propiedades térmicas	50
CAPÍTULO IV		52
RESULTADOS Y DISCUSIONES		52
4.1	Caracterización físico del fruto de palta	52
4.2	Humedad y ceniza de pulpa de palta Fuerte	52
4.3	Rendimiento de pulpa de palta	53
4.4	Aceite extraído por el Método de Evaporación Rápida de Agua (MERA)	55

4.4.1	Obtención de aceite y color por evaporación rápida de agua	57
4.5	Caracterización de aceite de la palta variedad Fuerte	60
4.5.1	Propiedades físicas y químicas de aceite de palta	60
4.5.2	Viscosidad del aceite de palta	64
CAPÍTULO V		67
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		67
5.1	Conclusiones.....	67
5.2	Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS		68
ANEXOS		78

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Características de las hojas, frutos, semillas y flores de las razas de palta Mexicana, Guatemalteca y Antillana.	24
Tabla 2. Composición química en 100 g de palta.....	27
Tabla 3. Composición de aminoácidos en 100 g de palta	28
Tabla 4. Composición de vitaminas en 100 g de palta	28
Tabla 5. Composición química de diferentes aceites	35
Tabla 6. Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de aceites	39
Tabla 7. Propiedades físicas de palta Fuerte	52
Tabla 8. Rendimiento de pulpa, cáscara y semilla	53
Tabla 9. Características del fruto de palta mexicana y guatemalteca.....	54
Tabla 10. Constantes del modelo Page y medidas de error para la pérdida de humedad y e incremento de temperatura durante el MERA de pulpa de palta	57
Tabla 11. Propiedades físicas y químicas de aceite de palta Fuerte	60
Tabla 12. Propiedades físicas y químicas de aceite de palta Fuerte	61
Tabla 13. Parámetros de medida de viscosidad cinemática y dinámica.....	64
Tabla 14. Viscosidad del aceite de palta Fuerte.....	65
Tabla 15: Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante	82

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fotografía del fruto de palta de la variedad Fuerte (Persea americana).....	25
Figura 2. Fotografía de pulpa de palta de la variedad Fuerte (Persea americana)	26
Figura 3. Diagrama de flujo de extracción de aceite de palta.	46
Figura 4. Pérdida de contenido agua por evaporación rápida	55
Figura 5. Puntos experimentales de la temperatura de la pulpa de palta durante la evaporación de agua y curva de ajuste del modelo page.....	56
Figura 6. Aceite de palta Fuerte	58
Figura 7. Color de aceite de diferentes variedades y selecciones de palta en la localidad de Mallarauco y Alto Jahuel de Chile	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Método de determinación de humedad	79
Anexo 2. Método de determinación de ceniza.....	80
Anexo 3. Método de índice acidez	81
Anexo 4. Método de índice de peróxidos de los aceites y grasas	84
Anexo 5. Método de índice de yodo.....	85
Anexo 6. Método de índice de saponificación	89
Anexo 7. Densidad real del fruto de palta fuerte	90
Anexo 8. Rendimiento de pulpa, cáscara y semilla de palta variedad fuerte	91
Anexo 9. Palta fuerte utilizado para la evaporación rápida de agua	92
Anexo 10. Evaporación rápida de agua de pulpa de palta fuerte	94
Anexo 11. Contenido de humedad en la pulpa de palta y rendimiento de aceite.....	95
Anexo 12. Proceso de evaporación de agua de pulpa de palta fuerte.....	96
Anexo 13. Certificado de análisis físico químico de aceite de palta fuerte.....	97

ÍNDICE DE ECUACIÓN

	Pág.
Ecuación 1 - Cálculo de porcentaje de humedad	40
Ecuación 2 - Cálculo de humedad en base humedad	41
Ecuación 3 - Cálculo de humedad en base seca	41
Ecuación 4 - Determinación de densidad real	44
Ecuación 5 - Determinación de porosidad.....	44
Ecuación 6 - Determinación de esfericidad y medio geométrico	44
Ecuación 7 - Rendimiento de porcentaje de cáscara	45
Ecuación 8 - Rendimiento de porcentaje de semilla.....	45
Ecuación 9 - Rendimiento de porcentaje de pulpa	45
Ecuación 10 - Modelo empírico de Page.....	47
Ecuación 11 – La velocidad de secado	47
Ecuación 12 – Ajuste del modelo matemático por raíz media cuadrática del error	48
Ecuación 13 – Ajuste del modelo matemático por media aritmética porcentual del error	48
Ecuación 14 - Determinación de densidad de aceite.....	48
Ecuación 15 - Determinación de gravedad específica de aceite	49
Ecuación 16 - Determinación de peso específico de aceite	49
Ecuación 17 - Determinación de volumen específico de aceite.....	49
Ecuación 18 - Determinación de viscosidad dinámica de aceite por caída de bola	51
Ecuación 19 - Determinación de viscosidad cinemática de aceite.....	51

SÍMBOLOS USADOS

Símbolos	Significado
FFAs	: Ácido graso libres
A	: Área superficial específica
P_b	: Densidad aparente
ρ	: Densidad real
D_e	: Diámetro equivalente
a	: Diámetro mayor
b	: Diámetro medio
c	: Diámetro menor
D_a	: Diámetro medio aritmético
D_g	: Diámetro medio geométrico
\emptyset	: Esfericidad
$^{\circ}\text{C}$: Grados Celsius
g	: Gramos
H	: Humedad
IA	: Índice de acidez
IP	: Índice de peróxido
IY	: Índice de Yodo
kg	: Kilogramos
m	: Masa
Mm	: Masa de la muestra
M_f	: Masa final
M_i	: Masa inicial
M_{rl}	: Masa de recipiente lleno
M_{rv}	: Masa de recipiente vacío
MERA	: Método de Evaporación Rápida de Agua
MERAP	: Método de Evaporación Rápida de Agua y prensado
μg	: Microgramos
mEq	: Miliequivalentes
mg	: Miligramos
ml	: Mililitro

min	: Minutos
%	: Porcentaje
<i>E</i>	: Porosidad
°T	: Temperatura
Θ	: Tiempo
R	: Relación aspecto
rpm	: Revolución por minutos
<i>v</i>	: Volumen
V	: Velocidad
<i>Vr</i>	: Volumen de recipiente

RESUMEN

El aceite es el componente más importante de la palta y al cual se le atribuye propiedades benéficas para la salud. El objetivo fue analizar la extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua. Se realizó la caracterización física del fruto. Se evaluó la disponibilidad de pulpa, en seguida se procedió a pesar 1 kg de pulpa para transferir calor mediante convección para la evaporación rápida de agua, a cada 2 min se pesó y se midió la temperatura por un tiempo de 90 min. Al aceite obtenido se realizó pruebas de calidad en términos de índice de acidez, índice de peróxido, índice de yodo, índice de saponificación y gravedad específica. El fruto de palta presentó la densidad real, densidad aparente, porosidad, diámetro medio geométrico y esfericidad, 1.03 ± 0.01 (kg/m³), 292.149 (kg/m³), 71.85 ± 0.30 (%) y 0.63 ± 0.19 , respectivamente. La disponibilidad de pulpa fue 76.68 ± 3.42 (%) y se obtuvo por el método de evaporación rápida de agua (MERA) 29.1% de aceite y presentó valores 0.910 ± 0.00 , 1.000, 0.10 (%), 2.20 (meq/kg), 130.20 (g/100 g), 130.00 (mg/g), y 33.60 ± 16.83 (cP) para gravedad específica, Índice de refracción (50 °C), Índice de acidez, Índice de peróxidos, Índice de yodo, Índice de saponificación y viscosidad, respectivamente. El proceso de extracción por evaporación rápida de agua da fe de que es un proceso viable y rápido, que permitirá abrir posibilidades de dar un valor a la palta.

Palabras clave: Palta (*Persea americana*), evaporación rápida de agua, prensado, físico-química, aceite.

ABSTRACT

The oil is the most important component of the avocado and it is attributed to beneficial properties for the health. The objective was analyzing the extraction of avocado oil (*Persea americana*) of the Strong variety by rapid water evaporation. It realized the physical fruit characterization. It was evaluated the pulp availability, then it proceeded despite 1 kg of pulp to transfer heat through convection for rapid water evaporation, to every 2 minutes is weighed and was given the temperature for a time of 90 minutes. The oil obtained was conducted the quality tests in terms of acidity, peroxide, iodine, saponification index, and specific gravity. Avocado fruit presented the actual density, bulk density, geometric mean diameter and roundness, 1.03 ± 0.01 (kg/m³), 292.149 (kg/m³), 71.85 ± 0.30 (%) and 0.63 ± 0.19 , respectively. The pulp availability was 76.68 ± 3.42 (%) and was obtained by the rapid water evaporation method 29.1% oil and it presented values 0.910 ± 0.00 , 1.000, 0.10 (%), 2.20 (meq/kg), 130.20 (g/100 g), 130.00 (mg/g), and 33.60 ± 16.83 (cP) for specific gravity, refractive, acidity, peroxides, iodine and saponification index, and viscosity respectively. The extraction process for rapid water evaporation gives faith and it is a rapid viable process, which will allow to open possibilities of adding value to the avocado.

Key words: Avocado (*Persea americana*), rapid water evaporation, pressed, physical-chemical, oil.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En nuestro país la palta es uno de los frutales nativos de mayor popularidad en la dieta alimenticia. Hoy en día en el Perú el consumo per cápita está en los 4kg; consumimos el doble de palta que EE.UU. y el triple respecto a países Europeos (Ríos, 2015) mientras México es el gran consumidor, su promedio es de 8 kilos de palta por persona al año (León, 2014).

A finales de 1990, en Nueva Zelanda se comenzó a producir aceite de palta prensado en frío para ser vendidos como aceite comestible para ensaladas y para cocinar. Durante los últimos quince años, la producción aceite de palta prensado en frío ha aumentado en muchos otros países, y ha dado lugar a una expansión del mercado, dado el creciente interés por la alta calidad físico química y su contribución a la comida sana (Costagli, & Betti, 2015) y recomendable para cocinar por tener alto punto de humo (Doradea, 2013). Es rico en ácidos grasos poliinsaturados; y contiene ácido oleico (75,12%), linoleico (8,76%), palmítico (8,61%) y palmitooleico (48%) (Schwartz, Olaeta, Undurraga, & Costa, 2007) y es utilizado en cosméticos, para tratamiento de la piel y cabello.

La extracción y comercialización del aceite de palta puede ser una buena alternativa para agregar valor a la alta producción de este fruto en el Perú y la región Puno. La extracción del aceite de palta puede ser realizada por varios métodos. La extracción con fluidos supercríticos, con hexano, con enzimas y por prensado en frío, el cual ha sido utilizado en muchas investigaciones (Salgado, Gómez & Salazar, 2012). En los dos primeros métodos mencionados la pulpa de palta es deshidratada previa al proceso de extracción. Esta deshidratación es realizada en estufa con circulación de aire y secado solar (Duque, Londoño-Londoño, Álvarez, Paz & Salazar, 2012). Ambos métodos son relativamente demorados por la alta composición de agua que posee la pulpa.

El aceite en la pulpa de palta forma una emulsión con el agua, para extraerla, es necesario retirarla el agua por evaporación. La evaporación del agua puede ser realizada en corto tiempo por métodos evaporativos. Es decir, transfiriendo calor a la pulpa mediante convección.

La extracción de aceite por evaporación rápida y prensado puede acelerar los procesos de extracción utilizados en diversas investigaciones. Esta metodología, es una alternativa viable a la utilización de centrifugas, hornos secadores, congeladores o equipos de extracción supercrítica de alto costo.

1.1 Objetivo general

Analizar la extracción de aceite de palta (*Persea americana*) de la variedad Fuerte por evaporación rápida de agua.

1.2 Objetivos específicos

- Determinar algunas propiedades físicas de los frutos de palta Fuerte.
- Evaluar el rendimiento de pulpa de palta Fuerte.
- Evaluar la cinética de evaporación rápida agua de pulpa de palta Fuerte.
- Evaluar el rendimiento del aceite mediante evaporación rápida de pulpa de palta Fuerte.
- Determinar las propiedades físicas, fisicoquímicas del aceite de pulpa de palta Fuerte.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

Schwartz, *et al.*, (2007a), determinaron el rendimiento de aceite de palta (*Persea americana* Mill.), extraídos con 2 preparados enzimáticos y la mezcla de ellos, y el efecto sobre algunas de sus características físicas, químicas y sensoriales. A la pulpa trataron con tres complejos enzimáticos: Pectinex Ultra SP-L, Olivex y la mezcla de ellos, en tres concentraciones y luego prensada hidráulicamente. La mezcla óleo-acuosa obtenida fue centrifugada para separar el aceite. Con la mezcla Pectinex Ultra SP-L/Olivex (1:1), como con Pectinex Ultra SP-L a la misma concentración, lograron un rendimiento de extracción del aceite del orden de un 80%. Con Olivex sólo alcanzaron un 71% de rendimiento. El aceite resultante tuvo un índice de yodo 69,61g I/100g índice de saponificación, 195.01 mg KOH g⁻¹, ácidos grasos libres, 1.56%, índice de peróxidos 19.58 meq Kg⁻¹, = 0.915, índice de refracción (25° C), 1.4686, viscosidad (20° C), 43 cP. Su perfil lipídico indica que contiene los ácidos oleico (75.12%), linoleico (8.76%), palmítico (8.61%) y palmitooleico (48%).

Duque, *et al.*, (2012), estudiaron la calidad del aceite de palta extraídos por dos métodos: Fluidos supercríticos y métodos convencionales. La caracterización fisicoquímica, bromatológica y microbiológica de palta fresca y, previa al proceso de extracción, efectuaron la deshidratación de la materia prima por 3 métodos. En primero aplicaron por liofilización a -25 °C, 0,05 mbar y una velocidad de 0,04 °C/min; el segundo, secado convectivo a 45 °C y, por último, secado solar controlado con una temperatura en el interior por debajo de 45°C, hasta que la humedad del producto alcanzara el 10%. Posteriormente, extrajeron el aceite por fluidos supercríticos a 25 MPa, 313K, prensado en frío y soxhlet, respectivamente. La extracción por fluidos supercríticos es la técnica más adecuada para la producción de aceite de palta, que permitió alcanzar el máximo rendimiento, el menor índice de acidez, baja oxidación de los ácidos grasos insaturados y mayor índice de yodo.

Salgado, *et al.*, (2012), extrajeron aceite de palta variedad Hass cultivado en Colombia, utilizando tratamiento enzimático. La extracción enzimática se efectuaron con tres complejos enzimáticos, Pectinex Novozym y Ultrazym, y tres niveles de concentración de

enzima (150, 200 y 250 ml/t. de mezcla) para evaluar la cantidad de aceite extraído. El mejor desempeño se logró con la enzima pectinex en una concentración de 200 ml de enzima, mezcla en la cual se obtuvo un rendimiento de extracción de aceite del 60% en el estado de madurez E3-M (maduro).

Parra (2005), estudió el rendimiento y calidad de pulpa y aceite en nueve selecciones de palto (*Persea americana* Mill.) Chileno. Determinó el peso de los frutos, el cual fluctuó entre 150 y 370 g, y el rendimiento de pulpa, que alcanzó porcentajes entre 61 y 74%; además se obtuvo el porcentaje de cáscara y semilla. La pulpa se caracterizó determinando su color; porcentaje de humedad, el que varió entre 64,5 y 82,9% y el porcentaje de aceite, que fluctuó entre 6,6 y 19,6% en base peso fresco.

Gómez (2002) realizó una investigación titulada “Fruit Characterization of High Oil Content Avocado Varieties”, en la Universidad central de Venezuela, de 13 variedades de palta: Fuerte, Peruano, Lula, Ortega, Rojo Collinson, Alcemio, Araira 1, Papa, Ettinger, Gripiña 5, Barker, Duke, y Ryan, y el contenido de aceite que obtuvo fue de 11,23 – 18,80% de los cuales la variedad Ryan mostró el mayor contenido de aceite (18,80%) y su valor calorífico (191 Kcal/100 g de carne húmeda). Desde la cosecha el tiempo de maduración fue de 4 – 10 días.

Gómez (1998) investigó Characterization of Avocado (*Persea americana* Mill) Varieties of Very Low Oil Content, en la Universidad central de Venezuela, de 12 variedades (Choquette, Linda, Marcus, Nelan, Pollock, Simmonds, Booth 8, Darwin VII Aperado, Palomino, Río, Russell y Secundino) y su contenido de aceite que halló fue 3 – 6,7% de rendimiento y su tiempo de maduración fue de 4 a 9 días después de la cosecha.

2.2 Palta (*Persea americana*)

México es el centro de origen de la palta (*Persea americana*) (Mijares y López, 1998). Y además, según Williams en 1977 el origen de palta tuvo lugar en las partes altas del centro, Este de México y partes altas de Guatemala. Esta misma región está incluida en lo que se conoce como Mesoamérica y también es considerada como el área donde se llevó a cabo la domesticación del mismo (Doradea, 2013).

Los paltas se produce desde el nivel del mar, hasta los 2.200 metros de altura (Rios-Castaño, Tafur-Reyes, 2003). Y es una planta perenne, de gran crecimiento vegetativo,

llegando en su hábitat natural a una altura de 10 a 12 metros. El fruto de la palta es una drupa carnosa, de forma periforme, ovoide, globular o elíptica alargada; Su color varía del verde claro al verde oscuro, y del violeta al negro. La forma, el color, la estructura y consistencia de la cáscara y de pulpa, son características determinadas por el grupo ecológico y la variedad analizada (Cultivo de Aguacate, 2004).

Por otro lado, la palta presente un deterioro rápido, debido a su comportamiento climatérico, caracterizado por una elevada tasa metabólica que reduce su tiempo de vida útil a 5 días, a temperatura ambiente (Ferradas, Rodríguez y Siche, 2012).

2.2.1 Clasificación taxonómica

La clasificación taxonómica de palta (*Persea americana*) según Acosta (2011) y Agroindustrial Don Pasquale citado en Chávez (2010), Maza (2008).

- **Reino** : Plantea
- **Sub reino** : Tracheobionta
- **División** : Magnoliophyta
- **Clase** : Magnolio sida
- **Orden** : Laurales
- **Familia** : Lauraceae
- **Género** : Persea
- **Raza** : Mexicana, Guatemalteca y Antillana
- **Especie** : *Persea americana*
- **Nombre binomial** : *Persea americana* Mill
- **Origen** : Méjico, y luego se difundió hasta las Antillas
- **Nombre Científico** : Persea gratísima gaertn, también llamado Persea americana
- **Nombres vulgares** : Avocado en inglés; Palta en español; Abacate en portugués; Avogado o avocado en alemán.

2.2.2 Razas de palta (*Persea americana*)

En la Tabla 1 se identifican tres Razas de acuerdo a su composición genética, la Mexicana (*Persea americana* var. *Drymifolia*), la Guatemalteca (*Persea nubigena* var. *Guatemalensis*) y la Antillana (*Persea americana* var. *Americana*).

Estas variedades son conocidas ampliamente a nivel mundial como razas ecológicas o razas hortícolas del aguacate y son: *P. americana* var. *drymifolia* conocida como raza mexicana, *P. nubigena* var. *guatemalensis* conocida como raza guatemalteca y *P. americana* var. *americana* conocida como raza antillana (Storey, Bergh, & Zentmyer, 1986; Mijares, & López, 1998).

Raza mexicana: Proviene de la zona central de México, son árboles altos que se adaptan fácilmente al clima frío (hasta 2800 msnm.) pero la altura óptima es 1000 y 1500 msnm. Raza guatemalteca: Proviene de las tierras altas de Guatemala, árbol de gran tamaño los cuales están adaptados a clima medio (700 y 1500 msnm). Raza antillana: Se cree que es originario de la Sierra Nevada de Santa Marta. Estas plantas son cultivadas desde el nivel del mar hasta una altura de 1200 msnm (Prohaciendo, 2001).

Tabla 1.
Características de las hojas, frutos, semillas y flores de las razas de palta Mexicana, Guatemalteca y Antillana.

CARACTERÍSTICA	MEXICANA <i>Persea americana</i> var. <i>Drymifolia</i>	GUATEMALTECA <i>Persea nubigena</i> var. <i>Guatemalensis</i>	ANTILLANA <i>Persea americana</i> var. <i>Americana</i>
Clima	Frio	Frio moderado a medio	Cálido
Temperatura min. (°C)	2,2	4,0	4,0
Temperatura óptima (°C)	8,0 a 15,0	12,0 a 22,0	18,0 a 26,0
Olor a anís	Sí	No	No
Hojas Color	Verde oscuro lustroso	Verde oscuro lustroso	Verde claro opaco
Tamaño	Pequeña	Mediana	Grande
Tamaño	Pequeño	Variable	Variable
Peso (g)	80 a 250	200 a 1500	250 a 2500
Contenido de aceite (%)	30	18 a 20	5 a 15
Frutos Grosor	Delgada	Gruesa	Mediana
Cáscara Tamaño (mm)	0,8	3,0 a 6,0	1,5 a 3,0
Textura	Lisa	Áspera	Lisa
Consistencia	Suave	Leñosa quebradiza	Flexible
Tamaño	Grande	Pequeña	Grande
Semilla Estado	Adherida	Adherida	Suelta
Cotiledones	Rugoso	Liso	Rugoso
Floración a maduración	5 a 8 meses	10 a 15 meses	5 a 9 meses

Fuente: Bernal, Díaz y Tamayo, 2008.

2.2.3 Variedades de palta (*Persea americana*)

De las 10 variedades de palta que generan mayor ingresos económicos: Los de mayor tamaño fueron 'Choquette', 'Lorena' y 'Trapica'; con tamaño medio, las variedades 'Fuerte', 'Reed', 'Collinred', 'Trinidad' y 'Booth 8'; mientras que 'Gwen' y 'Hass' presentaron el menor tamaño. Los de menor peso fueron 'Hass' y 'Gwen'; los mayores valores para 'Lorena' y 'Choquette'. El contenido de aceite, fue alto en 'Hass', 'Reed', 'Gwen' y 'Fuerte'; medio en 'Trapica', 'Lorena' y 'Booth 8' (Rios-Castaño, & Tafur-Reyes, 2003); Dentro ello tenemos las principales variedades que se cultivan en Perú: Hass, Fuerte, Nabal, Bancon y Gwen (Romero, & Castro, 2015).

2.2.3.1 Palta variedad Fuerte

En la Figura 1 y 2 se muestra el fruto y la pulpa de palta de la variedad Fuerte. Esta variedad es obtenida de la hibridación del cruce de un progenitor de la raza Guatemalteca con mexicano. Se originó en Puebla-México (Romero, & Castro, 2015; De Ica, 2014). Gano su denominación de fuerte porque sobrevivió a una helada severa ocurrida en California (Paltas, Aguacate, Cultivo y Producción en el Perú. 28 de septiembre, 2016).

En condiciones de la costa peruana no es una variedad recomendable (al nivel del mar); en la sierra o en la selva alta (de 700 a 1 800 m.s.n.m.) se comporta muy bien, con buenas cosechas. En la costa central del Perú el período de cosecha se extiende desde mayo hasta agosto; en otras áreas, las condiciones ambientales permiten tener frutas en épocas diferentes. Su producción está orientada básicamente al mercado interno (Romero, & Castro, 2015). Y además, presenta gran tendencia a la alternancia en la producción. Planta muy vigorosa con tendencia a formar ramas horizontales a muy baja altura; su desarrollo inicial es muy lento y tiene un bajo índice de precocidad para iniciar su primera cosecha (De Ica, 2014).



Figura 1. Fotografía del fruto de palta de la variedad fuerte (*Persea americana*)



Figura 2. Fotografía de pulpa de palta de la variedad Fuerte (*Persea americana*)

2.2.4 Información nutricional

La palta es un alimento que puede ser consumido y garantizando la ingesta total de sus nutrientes; y además, la palta fresco es un excelente alimento, rico en nutrientes, ya que los contiene tanto en cantidad, calidad y un armónico balance que permite su óptimo aprovechamiento como se muestra en la Tabla 2.

Tabla 2.
Composición química en 100 g de palta

Descripción	Unidad	Palta Hass ^a	Palta Fuerte ^b	Palta ^c
Energía	kcal	131.0	104	141
Agua	g	79.2	69.7	78,8
Proteínas	g	1.7	1.9	1,5
Grasa total	g	12.5	8.9	12
Carbohidratos totales	g		17.1	
Carbohidratos disponibles	g	5,6	6.5	5,9
Azúcares	g			5,9
Fibra cruda	g	5.8		1,8
Fibra dietaria	g	6.7	10.6	
Ceniza	g	1.0	2.4	
Calcio (Ca)	mg	30.0	11	16
Hierro (Fe)	mg	0.6	0.49	0,7
Iodo (I)	ug			2
Magnesio (Mg)	mg			41
Zinc (Zn)	mg	0.64	0.63	0,3
Sodio (Na)	mg		21	2
Potasio (K)	mg		431	400
Fosforo (P)	mg	67.0	60	28
B-caroteno	ug		12.6	150
Vitamina A (Retinol)	ug	7.0	°	25
Vitamina B1 (Tiamina)	mg	0.03	°	0,09
Vitamina B2 (Riboflavina)	mg	0.1	°	0,12
Vitamina B3 (Niacina)	mg	1.82	°	1,5
Vitamina B6 (Piridoxina)	mg			0,42
Vitamina C	mg	6.8	3.82	17
Vitamina E	mg			3,2

Fuente: ^aReyes, *et al.*, (2009); ^bReyes, (2013); ^cMoreiras, Carbajal, Cabrera y Cuadrado, (2013).
° No se ha reportado o se desconoce el dato

Las proteínas son requeridas dentro de la dieta en menor cantidad que los carbohidratos pero su papel es fundamental dentro de la estructura muscular, la reparación celular y la formación de hormonas y anticuerpos. Y además, las proteínas están formados por aminoácidos unidos por enlace peptídicos (Tovar, 2003). Los aminoácidos de pulpa de palta son destacables, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3.
Composición de aminoácidos en 100 g de palta

Aminoácidos	Mg
Valina	63
Lisina	59
Fenilalanina	48
Isoleucina	47
Leucina	46
Treonina	40
Metionina	29
Triptófano	-
Arginina	47
Istidina	25
Tirosina	32

Fuente: Tovar, (2003).

Las vitaminas del Palta aportan prácticamente todas las vitaminas requeridas por el organismo; a excepción de la vitamina B12, presente solo en el reino animal. Destacándose dentro de las hidrosolubles el importante porcentaje de ácido ascórbico, que potencializa el poder antioxidante de los tocoferoles presentes en la vitamina E. El aporte de las vitaminas liposolubles es suficiente en cantidad, sin la presencia de colesterol (Tovar, 2003), como se detalla en la Tabla 4.

Tabla 4.
Composición de vitaminas en 100 g de palta

Vitaminas	Pulpa de palta^a	Valor recomendado^b
Vitamina A (µg)	85	900
Vitamina D (µg)	10	50
Vitamina K (µg)	8	110
Vitamina E (µg)	3	9
Vitamina B1 (mg)	0,1	1,4
Vitamina B2 (mg)	0,2	1,6
Vitamina B6 (mg)	0,4	2,1
Ácido pantoténico (mg)	1	5,5
Niacina (mg)	1,6	16
Biotina (µg)	10	100
Vitamina C (mg)	14	60
Ácido fólico (µg)	32	200

Fuente: ^aTovar, 2003; ^bCENEXA, 1991, citado en Ariza, 2010.

2.2.5 Comercialización de palta (*Persea americana*)

Tradicionalmente, se comercializa en el mercado interno, las variedades de mayor tamaño como 'Lorena', 'Trapica', 'Trinidad' y 'Choquette', mientras que para mercados más especializados, agroindustria o exportación, se opta por 'Booth 8', 'Collinred', 'Reed', 'Fuerte', 'Gwen' y 'Hass' (Rios-Castaño, & Tafur-Reyes, 2003). Igualmente, hay dos clases de factores que afectan a la venta de paltas: Factores externos e internos. El primero es lo que ve el consumidor cuando mira a una fruta en la plataforma de mercado. Esto último es lo que descubre cuando prepara la fruta para su uso (Storey, Bergh y Witshell, 1974). Por otro lado, el consumo nacional de palta es sensible a cambios en el precio, por lo que se ha visto afectado por variaciones importantes (Hernández, 2015).

La palta (*Persea americana*) es el único representante de importancia económica entre las frutas comestibles de la familia Lauraceae. Presenta un creciente valor en el mercado internacional no solo por su calidad nutritiva sino también por sus usos medicinales y en la industria cosmética (Pérez, Ávila y Coto, 2015).

2.3 Aceite

Los aceites son grasas procedentes de las semillas y de la parte carnosa de los frutos de ciertas plantas, que se conservan líquidas a temperatura ambiente, debido a que tiene un grado considerable de insaturación. Los aceites vegetales se extraen por medio de presión o por extracción por solventes, previa trituración del material (Alcázar, 2002).

2.3.1 Aceite de palta y sus beneficios

La obtención de aceite de palta (*Persea americana*), surge como una alternativa de aprovechamiento del fruto con el fin de fortalecer la cadena productiva del mismo y contrarrestar las pérdidas de los productores por la sobreproducción a nivel nacional (Serpa, *et al.*, 2014). Y además, los aceites procedentes de frutos, como el de oliva, palta, y palma, suelen ser obtenidos en sus lugares de origen y se ha desarrollado una tecnología específica para su procesado (Caps, 2014). El aceite es el componente más importante de la palta, que alcanza niveles hasta del 25%, dependiendo de la variedad y la madurez (Duque, *et al.*, 2012). Se deteriora durante el almacenaje, por lo que la temperatura de almacenaje no debe ser superior a 25 °C y el tipo de envase oscuro, para preservar por más tiempo la calidad del producto (Doradea, 2013).

El aceite de palta es rico en compuestos bioactivos, que pueden mejorar la salud humana, al actuar como un antioxidante (Jorge, Polachini, Días, Jorge, & Telis-Romero, 2015). Respecto a los nutrientes el aceite de palta es rico en vitaminas A, B, C y E, y está compuesto mayoritariamente por ácidos grasos monoinsaturados los cuales reducen de manera efectiva el nivel de colesterol en la sangre, ayudando en la prevención de enfermedades cardiovasculares (Salgado, Gómez & Salazar, 2012).

El aceite de palta, por su composición de ácidos grasos, cumple con las recomendaciones nutricionales que se enfocan a reducir la cantidad de grasa saturada en la dieta. Se caracteriza por contener una baja proporción de ácidos grasos saturados (entre un 10 y 19%, depende de la variedad y el estado de madurez), una elevada cantidad de ácido oleico (puede llegar hasta un 80%), un nivel aceptable de ácidos grasos poliinsaturados (11-15%) y nada de colesterol. El consumo de aceite de palta también eleva el porcentaje de colesterol total HDL (lipoproteína de alta densidad) del plasma en modelos animales. La efectividad del aceite de palta en reducir colesterol total y colesterol LDL (lipoproteína de baja densidad) del plasma y su bajo nivel de aterogenicidad, indican que éste puede tener un papel benéfico dentro de una dieta nutritiva (Pérez-Rosales, Villanueva-Rodríguez & Cosío-Ramírez, 2005). Del mismo modo, el palta hace descender el nivel de colesterol en la sangre debido a su gran riqueza en ácidos grasos poliinsaturados, especialmente ácido linoleico (Pamplona, 1999).

El aceite de palta se ha utilizado principalmente para uso cosmético, ya que contiene un esteroil llamado fitosterol, que posee las mismas habilidades que la lanolina. Sin embargo, la tendencia es a utilizar en forma creciente el aceite de palta para uso culinario, por tener entre otras cualidades: Un alto punto de humo, excelente sabor y un color verde muy atractivo, siendo preferido por los chef de cocina de la alta gastronomía europea, sustituyendo al aceite de oliva (Doradea, 2013).

2.3.2 Análisis en aceite y grasas

2.3.2.1 Propiedades físicas

Dentro de éstos los más reconocidos son la densidad y la humedad, los cuales pueden ser identificados fácilmente. Los resultados obtenidos a partir de esta evaluación permiten identificar a primera vista si los aceites se encuentran en el estado adecuado para

las pruebas posteriores de calidad, o si deben ser rechazados, pues su calidad no es apropiada (Santana, 2013).

Las características físicas de un aceite y grasa son dependientes de factores tales como la semilla o planta de procedencia, grado de insaturación, tamaño de las cadenas de carbono, formas isoméricas de los ácidos grasos, estructura molecular de los triglicéridos y elaboración (Lawson, 1999).

a. Densidad

La densidad no representa un parámetro directo de calidad del aceite, aunque puede variar con la polimerización o la oxidación. De igual manera es de gran utilidad para las transformaciones masa – volumen y es indispensable para los cálculos involucrados en el diseño de equipos (ICONTEC NTC 336, 2002). La densidad depende de la temperatura y la presión. La temperatura debe especificarse junto a la densidad, la presión no es necesaria en el caso de líquidos (y sólidos) porque son prácticamente incomprensibles (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998).

b. Humedad

Es una medida de la cantidad de agua contenida en el aceite. El agua en exceso es un factor negativo para el aceite debido a que puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados, propiciando así reacciones de degradación. El método se basa en la separación por evaporación del agua contenida en la muestra tratándola a temperatura entre los 50 y los 80 °C, dependiendo de la influencia de la presión (ICONTEC NTC 287, 2002).

c. Peso específico

El peso específico es la relación entre el peso de un aceite y el peso del mismo volumen de agua. El peso específico de los aceites es generalmente alrededor de 0.910 – 0.920 g/ml a 25°C (77°F). A medida que la temperatura aumenta, el peso específico del aceite o grasa descende. Como los aceites y grasas son más ligeros que el agua (peso específico inferior a 1,000), cuando las mezclas de agua y aceites o grasas se separan, el aceite a la grasa se sitúa por encima del agua (Lawson, 1999).

d. Índice de refracción (IR)

El índice de refracción es la medida del cambio de velocidad y dirección de la onda de luz particular al moverse a través de una sustancia específica (López-Fontal, & Castano-Castrilon, 1999), y de un aceite se define como la relación entre la velocidad de la luz en el aire (técnicamente, un vacío) y la velocidad de la luz en el aceite. El RI está relacionado con el grado de saturación; el RI disminuye linealmente conforme disminuye el índice de yodo (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Es muy útil con fines de identificación, comprobación de la pureza y observación del progreso de reacciones como la hidrogenación catalítica (Lawson, 1999). Sin embargo, el RI viene influido por factores tales como el contenido en ácidos grasos libres (FAAs), la oxidación y el calentamiento de la grasa o el aceite (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

2.3.2.2 Propiedades químicas

Los métodos químicos mencionados son característicos de todos los aceites y las grasas. Para esto se debe determinar la cantidad equivalente de compuesto necesaria para reaccionar con los grupos funcionales de los aceites o de sus componentes (Santana, 2013).

a. Índice de acidez (IA)

Se define como los mg de KOH necesarios para neutralizar los ácidos libres en 1 g de la grasa o del aceite. Además, de los ácidos grasos libres (FFAs), también los hidrogeno fosfatos y los aminoácidos pueden contribuir la acidez (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

Es una medida del contenido de ácidos grasos libres presentes en grasas y aceites. Este resultado es indispensable como prueba de pureza, ya que permite sacar conclusiones acerca del estado de la materia prima al igual que de las reacciones de degradación que se hayan podido producir a lo largo del tratamiento y almacenamiento del aceite. Generalmente es expresado en porcentaje de ácidos grasos libres o en porcentaje del ácido graso más abundante en el aceite (ICONTEC NTC 218, 1999). Por otra parte, el conocimiento de ácidos grasos libres como de prueba de pureza y en ocasiones permite extraer conclusiones acerca del tratamiento

o reacciones de degradación que se hayan producido (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998).

En la grasa bruta, el FFA o el índice de acidez estiman la cantidad de aceite que se perderá durante las etapas de refinado, diseñadas para eliminar los ácidos grasos. En las grasas refinadas, un nivel de acidez elevado significa una grasa mal refinada o una descomposición de la grasa después de su almacenamiento o su utilización. Sin embargo, si una grasa parece poseer una cantidad elevada de FFAs, esto puede ser atribuible a aditivos ácidos (ácido cítrico añadido como quelante de los metales), puesto que cualquier ácido tomará parte en la reacción. Si estos ácidos grasos liberados son volátiles, el FFA o el índice de acidez pueden ser una medida de la ranciedad (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Se detalla en la Tabla 5.

b. Índice de peróxidos (IP)

Se define como los miliequivalentes (mEq) de peróxidos por cada kilogramo de muestra. Es una determinación volumétrica. Se da por sentado que los compuestos que reaccionen en las condiciones del ensayo son peróxidos o productos similares de la oxidación de los lípidos (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

Es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Se forman especialmente hidroperóxidos como productos de oxidación primarios, además de cantidades reducidas de otro tipo de peróxidos como consecuencia de procesos oxidativos. Por tal motivo, el índice de peróxidos proporciona información acerca del grado de oxidación de la muestra y permite, con ciertas limitaciones, una estimación de hasta qué punto la grasa ha sido alterado (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). De igual manera debe tenerse en cuenta que si la oxidación está muy avanzada, se producirá un aumento progresivo de la degradación de los peróxidos por lo que el índice descenderá. Metodológicamente este índice es expresado como la cantidad determinable de oxígeno activo contenida en 1 kg de muestra (ICONTEC NTC 236, 1998). Los factores que influyen son los ácidos grasos, la duración y tipo del almacenamiento. Es de poco valor en el examen de las grasas para freír ya que los peróxidos se pierden durante la fritura (Lawson, 1999).

El índice de peróxido mide un producto transitorio. Un bajo valor puede representar o bien comienzo de la oxidación, o bien una oxidación avanzada, entre los cuales se pueden distinguir midiendo el índice de peróxido a lo largo del tiempo. Las grasas y los aceites de alta calidad, recién desodorizados, presentarán un índice de peróxidos nulo. Los índices de peróxidos >20 corresponden a las grasas y los aceites de muy mala calidad. Para los aceites de semilla de soja, los índices de peróxidos de 1-5, 5-10 y >10 corresponden a los niveles de oxidación bajo, medio y alto, respectivamente (Método Cg de la AOCS) (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). De diferentes productos de índice peróxido se muestra en la Tabla 5.

c. Índice de yodo (IY)

El índice de yodo se define como los gramos de yodo absorbido por cada 100 g de muestra. Cuanto mayor es el número de insaturación, tanto más yodo es absorbido; por consiguiente, cuanto más elevado es el índice de yodo, tanto mayor es el grado de insaturación (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Por lo tanto, es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa. El índice será tanto mayor cuanto mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa. Esta prueba evalúa la identidad y la pureza de las grasas, como se puede apreciar en la Tabla 5. Al igual que identifica la presencia de ácidos grasos insaturados, identifica las sustancias acompañantes insaturadas, como por ejemplo los esteroides. El yodo, por su parte, no reacciona con los dobles enlaces, pero en su lugar se utilizan halogenados mixtos como ICl o IBr (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). La adición de halógenos a los dobles enlaces depende de la configuración de los compuestos insaturados al igual que de las condiciones externas por lo que es una prueba rigurosa y debe ser realizada bajo parámetros más estrictos (ICONTEC NTC 283, 1998). Sin embargo, no es un buen indicador de la vida útil para fritura. El índice de yodo se calcula por CG-CAF con exactitud y precisión equivalentes sin necesitar los productos químicos altamente peligrosos que se utilizan en los métodos de titulación (Lawson, 1999).

d. Índice de saponificación

El índice de saponificación se define como la cantidad de álcali necesaria para saponificar una cantidad dada de grasa o aceite. Se expresa como miligramos KOH

necesaria para saponificar 1 g de muestra (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). El índice de saponificación es una medida de los ácidos grasos libres y combinados que existen en las grasas y es directamente proporcional a la masa molecular media: Cuanto menor sea la proporción de ácidos grasos presentes (es decir, cuanto mayor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta), tanto mayor será el índice de saponificación (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). No es una medida de la calidad ni de la identidad del aceite. No es afectado con la polimerización del aceite pero se incrementa rápidamente con la oxidación. Por esta razón, es considerado únicamente como medida de pureza, pues un alto índice de saponificación se refiere a un alto nivel de oxidación del aceite (ICONTEC NTC 335, 1999). Altos niveles de insaponificable despidan la interpretación. Tiene comparativamente poco valor para el control de productos terminados (Lawson, 1999).

El índice de saponificación no es aplicable a las grasas y los aceites que contengan cantidades elevadas de materia insaponificable, ácidos grasos libres (> 0.1%) o de monoglicéridos y diglicéridos (> 0,1%) (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

Tabla 5.
Composición química de diferentes aceites

Índices	Tenebrio molitor	Oliva	Soya	Suri	Palta	Tarhui	Aguaje
Gravedad específica	0.9076	0.9148	0.922	0.9052	0.9202	0.8967	0.9126
Índice de refracción	1.4715	1.469	1.476	1.4527	1.4657	1.4691	1.466
Índice de saponificación	192.2	192.4	195	192.8	192.8	178.4	194.82
Índice de acidez	1.64	1	1	4.78	0.5	1.64	5.22
Índice de yodo	89.2	75-94	118	43.2	109.8	94.8	66.6
Índice de peróxido	2.3	1.5 máx.	1.5 máx.	3.29	3.52	11	4.61

Fuente: Valdez y Untiveros, 2010.

2.3.3 Punto humo de aceite de palta

El punto de humo es la temperatura a la cual las muestras comienzan a humear, cuando se ensaya bajo unas condiciones especificadas (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Y el punto humo o punto de quemado de aceite de palta es a 250°C a diferencia del aceite de

oliva que es de 180°C, que lo hace un excelente producto para fines culinarios ya que no se quema al cocinarlo y tampoco libera ácidos grasos dañinos para la salud (Vinueza, citado en Santana, 2013).

Castañeda-Antonio, *et al.*, (2015) mencionan que la termo-resistencia del aceite de palta criollo a $275\pm 2.00^{\circ}\text{C}$ siendo mayor que del palta Hass de $255\pm 2.65^{\circ}\text{C}$, seguida por el aceite de oliva de $220\pm 5.29^{\circ}\text{C}$. Y el aceite de palta Hass llegó a su temperatura de 250°C en 2 horas y 15 minutos, su color tiende a ser amarillo claro, al minuto 125 se alcanza la temperatura de 250°C con color ámbar. El aceite de palta Hass y el aceite de oliva se mantienen a tiempo y temperaturas similares. El aceite de palta Hass y Oliva llega a ebullición a los minutos 115 y 118, en comparación con el aceite de palta criollo que forma humos al minuto 70. La estabilidad en relación tiempo-temperatura en el aceite de palta criollo es al minuto 30-40 con 142°C con similitud al aceite de palta Hass que del minuto 55-65 llega a la temperatura de 140°C permaneciendo constante. Sin embargo, el aceite de palta Hass es el más estable entre los tres aceites analizados, seguido del aceite de oliva y por último el aceite de palta criollo.

2.3.4 El punto de destello

El punto de destello es la temperatura a la cual aparece un destello en cualquier punto sobre la superficie de la muestra; se produce productos de combustión gaseosos volátiles de manera suficientemente rápida como para permitir la ignición (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

2.3.5 El punto de combustión

El punto de combustión es la temperatura a la cual el desprendimiento de los volátiles (por descomposición de la muestra) tiene lugar con una velocidad suficiente como para mantener una combustión continuada (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

2.3.6 Técnicas de extracción de aceite palta

2.3.6.1 Extracción con solventes

Una de las formas tradicionales de separar la grasa de una materia oleaginosa es el tratamiento con disolvente. Cuando una semilla se pone en contacto con un disolvente y es

posible su separación. Existen varios disolventes autorizados para extraer grasa, aunque el hexano comercial es el más utilizado (Caps, 2014). La extracción con solvente es un procedimiento muy eficaz para la extracción de aceite vegetales y puede reducir el contenido de aceite de las semillas hasta menos de un 1% (Valderrama, & Aravena, 1994). La fracción oleosa de la semilla se solubiliza en el hexano durante la extracción y a continuación el hexano se destila y reutiliza. Debido a su elevado carácter volátil en el aceite después de su obtención queda un residuo de hexano mínimo o nulo (Lawson, 1999). Sin embargo, de estos resultados se recomienda la extracción con solvente para la industria de jabones y cosméticos (Lafont, & Portacio, 2011).

2.3.6.2 Centrifugación

El primer decánter centrifugó en una almazara a finales de 1960. El método de centrifugación es un proceso continuo, o en línea (semicontinuo), que es capaz de separar el aceite, por medio de la fuerza centrífuga (Aparicio & Harwood, 2003).

La centrifugación, al igual que la sedimentación, permite separar sólidos de líquidos o líquidos inmiscibles. La diferencia consiste que la separación se lleva a cabo por la acción de fuerza centrífugas que se generan durante la rotación del material. La intensidad de la fuerza centrífuga generada depende del radio y de la velocidad de rotación, así como la masa de la partícula a separar (Ordóñez, 1998). La distinta densidad de los aceite nos permite también aplicar el principio de la fuerza centrífuga para realizar la separación. Las impureza sólidas que puedan haber en los líquidos son empujados con mayor fuerza depositándose en la pared de la centrifuga. Máximo a temperatura de 35 °C, lo que ayuda a una mejor clarificación del aceite. La centrifuga puede ser causa de cierto perjuicios en la calidad de aceite debido a que produce fuerte aireación en el aceite que puede dar lugar a la oxidación y pérdida de volátiles aromáticos (Caps, 2014), y además, se muestra su ventaja y desventaja en la Tabla 6

2.3.6.3 Extracción por prensado en frío

El prensado es el más utilizado desde tiempos antiguos para la extracción de aceites vegetales de consumo humano. Las prensas más antiguas utilizaron palancas, cuñas, tornillo, etc.; pero el más utilizado fue el sistema hidráulico (Bailey, 2001; Valderrama, & Aravena, 1994), y se muestra su ventaja y desventaja en la Tabla 6.

Al ser sometida a la presión, las gotas de aceite y los granos de grasa se separan de la masa. Las gotas que no quedaron libres por la trituración desgarran las paredes las células y se separan de la masa, pasando de las canales. Es claro que las grasas líquidas o aceites abandonan más fácilmente la masa si se calientan, ya que se disminuye su viscosidad. Con la elevación de temperaturas se coagulan también los cuerpos albuminoides y precipitan los mucilaginosos que están en las células vegetales, formando una especie de emulsión con el aceite. Por otra parte se si calienta el aceite, aumenta el poder disolvente para los cuerpos que le dan olor, sabor y color, y que están contenidos en la semilla (Valderrama, & Aravena, 1994).

El proceso inicia con la maceración y el batido de pulpa hasta lograr una consistencia homogénea. Algunos productores han adicionado durante la molienda o maceración de pulpa una mezcla de enzimas conocidas comercialmente como oleasas para mejorar la extracción del aceite (Kiritsakis, 1982).

2.3.6.4 Extracción por fluidos supercríticos (EFSC)

La extracción por fluidos supercríticos es una técnica alternativa de extracción que permite obtener fracciones de alimentos o alimentos de alta calidad con sus propiedades naturales intactas y exentas de residuos de disolvente. El poder de disolución de los fluidos supercríticos (FSC) se conoce desde más de 120 años, sin embargo, las bases tecnológicas para la extracción con FSC se diseñaron hace unos 30 años (Morata, 2010). Ver Tabla 6.

Tabla 6.
Ventajas y desventajas de los métodos de extracción de aceites

Método de extracción	Ventajas	Desventajas	Refinación, desodorización y blanqueo	Ejemplos
Prensado en frío o centrifugación	Retiene compuestos menores como volátiles, compuestos fenólicos y clorofilas	Bajos rendimientos de aceite	No	Aceite de oliva virgen, aceite de palta, aceite de cáñamo
Extracción mediante fluidos supercríticos (CO ₂)	Proceso no tóxico y más seguro que la extracción con hexano. No requiere eliminar solventes de la miscela o harina residual	Más caro. Los rendimientos pueden ser menores a los obtenidos con hexano	Opcional	Aceite de avena
Extracción con etanol	Solvente menos tóxico y más seguro que el hexano	Más difícil de remover los extractos no lipídicos de la miscela y la harina	Si	Aceite de grano de maíz
Prensado estándar	Tecnológicamente simple y económico producción a gran escala Industrial	Menor rendimiento que la extracción con hexano. Las altas temperaturas causan algunos cambios químicos en el aceite y la harina.	Si	Aceite commodities
Extracción con hexano	Bajo costo, altos rendimientos	Problemas para la salud y de seguridad	Si	Aceite commodities
Pre-prensado + extracción con hexano	Bueno para semillas con >20% aceite	Requiere más equipamiento	Si	Aceite commodities
Extracción acuosa enzimática	Técnica suave ambientalmente limpia	Altos costos de las enzimas, rendimiento menor a la extracción con hexano	Opcional	En desarrollo

Fuente: Moreau y Kamal-Eldin, 2009.

2.4 Evaporación de agua

La evaporación es una operación unitaria de las más antiguas y ampliamente usadas en la industria alimentaria y consiste en la eliminación de agua de un alimento fluido mediante vaporización o ebullición. Son varios los alimentos que se obtienen en forma de soluciones acuosas (Ibarz, & Ribas, 2005). Al hacerlo se presenta una concentración de sólidos en el alimento y en algunos casos se logra desarrollar sabores y coloración deseables como en los casos de productos caramelizados y/o de panadería (Orrego-Alzate, 2003). Los productos son obtenidos mediante la reducción del contenido de agua por medio de proceso de evaporación (Marcelín-Rodríguez & Vélez-Ruis, 2012).

2.4.1 Método por evaporación rápida de agua y prensado (MERAP)

Existen diferentes tecnologías utilizadas para la obtención del aceite de palta: Extracción por solvente, centrifugación, prensado en frío, fluidos supercríticos, por medio Físico-Mecánico con enzimas en frío, que han sido utilizados ampliamente en la investigación actualmente. En la extracción de aceite de pulpa de palta estos métodos son relativamente demorosos por el alto contenido de agua que posee la pulpa. Sin embargo, entre los cuales, es un nuevo método de extracción de aceite por la evaporación rápida de agua de pulpa de palta con energía térmica proveniente de la combustión de gas y luego su posterior prensado y esta metodología permite extraer aceite.

2.4.1.1 Contenido de humedad

Según Colina (2010), y Martines, & Lira (2010), el contenido de humedad de un alimento es la cantidad de agua total que contiene y puede expresarse en tres diferente formas:

a. Porcentaje de humedad

Es la forma más común de expresar el contenido de humedad mediante la Ecuación (1) de un alimento y puede calcularse con la siguiente expresión:

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Masa de agua de un producto (Kg)}}{\text{Masa total de producto húmedo (Kg)}} \times 100 \quad (1)$$

b. Contenido de humedad en base húmeda (W_{bh})

Puede determinarse mediante la ecuación (2).

$$W_{bh} = \frac{\text{Masa de agua de producto (Kg agua)}}{\text{Masa total del producto húmedo (Kg producto húmedo)}} \quad (2)$$

c. Contenido de humedad en base seca (W)

Esta forma de expresar el contenido de humedad de un alimento es la que se utiliza en la construcción de las curvas de secado, así como en los cálculos del tiempo y velocidad de deshidratación y puede determinarse mediante la siguiente Ecuación (3).

$$W = \frac{\text{Masa de agua de un producto (Kg agua)}}{\text{Masa de sólidos secos del producto (Kg sólidos secos)}} \quad (3)$$

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de investigación

El presente tesis de investigación se realizó en el Centro de Investigación en Tecnología de Alimentos (CITAL) de Ingeniería de Alimentos de la Universidad Peruana Unión (UPeU) Juliaca, cuya ubicación es:

- **Lugar** : Chullunquiani
- **Provincia** : Juliaca
- **Departamento** : Puno
- **Temperatura** : 18 °C
- **Altitud** : 3888 m.s.n.m.
- **Humedad relativa** : 13 – 40%

3.2 Materiales e equipos

3.2.1 Materia prima

- Palta (*Persea Americana*) variedad de Fuerte se adquirió del mercado Santa Mercedes de Juliaca

3.2.2 Materiales

- Bandeja
- Cocina
- Crisoles de porcelana
- Cuchillos de acero inoxidable
- Embudo
- Envases de plástico y vidrio
- Olla de acero inoxidable
- Pizeta
- Probetas
- Papel de aluminio

- Placas Petri
- Pipeta
- Utensilios (tenedor, cucharada)
- Vasos precipitado

3.2.3 Reactivo

- Agua destilada
- Alcohol
- Hexano
- Hidróxido de sodio
- Metanol

3.2.4 Equipos

- Agitador manual.
- Balanza analítica marca Mettler Toledo, serie AI 204 con capacidad de 0.01g a 200 g.
- Balanza.
- Cámara Marca SONY, 16.1 mega pixels, 5x zoom.
- Centrifuga: Capacidad 4000 rpm.
- Computadora Corel I3, software: MS-Word, MS-Excel y Internet Explore.
- Cronometro: Reloj.
- Estufamarca KERT LAB – ODHG – 9030B. USA.
- Mufla marca Naberthen con una capacidad de temperatura de 30 – 3000 °C, SN: 232102
- Potenciómetro.
- Pie de rey digital califer, marca STANLEY.
- Prensa manual.
- Refractómetro.
- Termómetro graduado con capilar de mercurio.

3.3 Metodología experimental

3.3.1 Análisis físico del fruto de palta

En el análisis físico de la fruta de consideraron las siguientes propiedades:

3.3.1.1 Densidad real

Para la densidad real de utilizó la ecuación (4). La masa fue determinada con balanza analítica y para el volumen se colocó 200 ml de agua en Becker de 500 ml, luego se colocó la fruta de palta y se midió el volumen desplazado. Se determinó esta densidad en 10 frutos diferentes.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (4)$$

Donde:

ρ = densidad

V = Volumen

m = masa

3.3.1.2 Densidad aparente (ρ_a)

La densidad aparente se determinó mediante el volumen de la caja y la masa de paltas que llenan la caja. La ecuación (4) permitió determinar la densidad aparente.

3.3.1.3 Porosidad (ϵ)

La porosidad (%), fue determinada mediante la Ecuación (5), a partir de las densidades real y aparente (Gupta & Das, 1997):

$$\epsilon = \left(1 - \frac{\delta_{\text{aparente}}}{\delta_{\text{real}}}\right) 100 \quad (5)$$

3.3.1.4 Esfericidad y diámetro medio geométrico

La esfericidad fue determinada midiendo los diámetros de un fruto entero y utilizando la Ecuación (6) (Alain-Claude, 2004).

$$\phi = \frac{(a.b.c)^{1/3}}{a} = \frac{D_g}{a} \quad (6)$$

Donde:

- Ø = Esfericidad (adimensional)
- a = Diámetro mayor (mm)
- b = Diámetro medio (mm)
- c = Diámetro menor (mm)
- D_g = Diámetro medio geométrico (mm)

3.3.2 Análisis de pulpa de palta

3.3.2.1 Determinación de humedad

La humedad de pulpa de palta Fuerte se determinó según la metodología de AOAC método oficial 925.10 (2000). Para ver más detalle ver en Anexo 1.

3.3.2.2 Determinación de ceniza

La ceniza de pulpa de palta Fuerte se determinó según la metodología de AOAC método oficial 923.03 (2000). Para ver más detalle ver en Anexo 2.

3.3.3 Evaluación de rendimiento de pulpa de palta

El rendimiento de pulpa de palta es muy útil en la industria para su procesamiento y derivados, de esa manera fija el rendimiento de lo que se quiere obtener, por eso se busca obtener la mayor cantidad de pulpa y menor cantidad de semilla y cáscara, según la Ecuación 7, 8 y 9. Por esta razón, se evaluó a cada fruto la cáscara, pulpa y semilla: 10 frutos de la Variedad Fuerte.

$$\% \text{ Cáscara} = \frac{\text{Peso de Cáscara}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (7)$$

$$\% \text{ Semilla} = \frac{\text{Peso de Semilla}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (8)$$

$$\% \text{ Pulpa} = \frac{\text{Peso de Pupa}}{\text{Peso total}} * 100 \quad (9)$$

3.3.4 Diagrama de flujo del extracción de aceite

El procedimiento de extracción de aceite se detalla en la Figura 3.

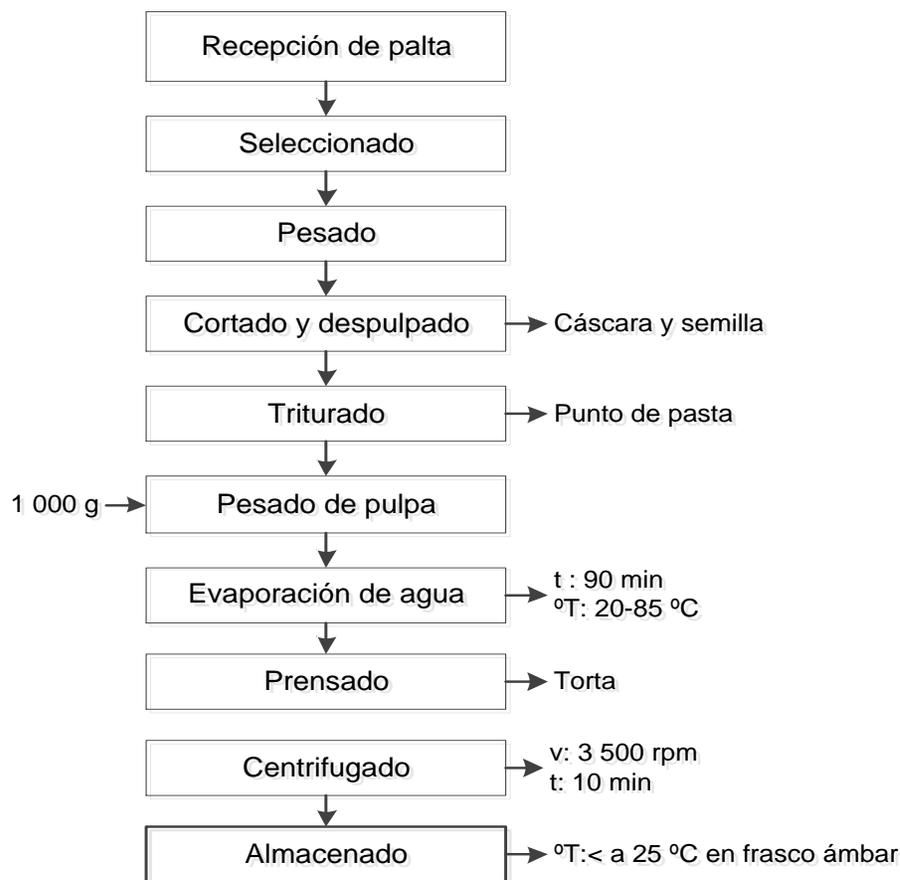


Figura 3. Diagrama de flujo de extracción de aceite de palta.

Los frutos con defectos (malogrados, inmaduros o con lesiones) se **seleccionaron** por inspección visual. Los frutos fueron pesados para determinar la masa inicial en balanza digital. Se determinó el rendimiento de pulpa de palta mediante **cortado**, despulpado, separación de cáscara, semilla y pulpa de forma manual. Luego fueron pesadas las partes separadas para determinar los porcentajes y el rendimiento de pulpa. Inmediatamente se procedió la **tritución** de la pulpa de palta hasta formar punto de pasta y una masa homogénea. La extracción de agua de pulpa de palta se realizó por **evaporación rápida** de agua y seguidamente se procedió a extraer el aceite por **prensado** manual. Para obtener aceite puro se llevó a la **centrifuga** a 3500 rpm por 10 min. Se almacenó a una temperatura de 25 °C en frasco ámbar.

3.3.5 Cinética de evaporación

Para evaluar la tasa de evaporación de agua de pulpa de palta, se colocó 1000 g de pulpa homogenizada en recipiente de aluminio. Previo a esto se determinó la masa del recipiente, el utensilio de agitación mediante balanza calibrada (+/- 1 g). Iniciado el tratamiento térmico, se midió la temperatura de pulpa y la masa a cada 2 min. Se mantuvo en constante agitación en forma de círculos para evitar la acumulación de calor en la base del utensilio y así evitar el quemado de pulpa en la base. Seguidamente se procedió a la extracción de aceite por prensado. Los experimentos se realizaron por 4 repeticiones.

Con la humedad inicial de pulpa de palta se determinó la masa seca. Conociendo la masa de agua inicial y la masa de agua evaporada en el intervalo de 2 min se determinó la humedad en base seca durante el Método Rápido de Extracción de Aceite.

Las temperaturas desde el inicio al final de la evaporación fueron determinadas por termómetro digital de asta metálica.

3.3.6 Modelado matemático

Las curvas de humedad en base seca y del incremento de temperatura de la masa de Palta durante la evaporación fueron ajustadas al modelo empírico de Page según la Ecuación (10):

$$\frac{H_t - H_e}{H_i - H_e} = \exp(-kt^n) \quad (10)$$

Donde, H_t es el contenido de agua en base seca (kg agua/kg m.s.) de pulpa de palta en el tiempo, H_i es el contenido de agua inicial (kg agua/kg m.s.), H_e es el contenido de agua de equilibrio (kg agua/kg m.s.), k y n son constantes del modelo, t es el tiempo (min).

La velocidad de secado es la disminución del contenido de agua de pulpa de palta en un intervalo de tiempo, se determinó según la Ecuación (11), así:

$$V_s = \frac{\Delta H_t}{\Delta t} \quad (11)$$

Donde V_s es la velocidad de secado (kg agua/kg m. s. min), ΔH_t es la pérdida del contenido de agua (kg agua/kg m.s.) en el lapso de 20 min y Δt es el tiempo de 20 min.

Los puntos experimentales de los contenidos de agua en la pulpa de palta por el método Rápido de Extracción de Aceite fueron ajustados al modelo matemático Page (Ec. 10). Para el ajuste del modelo y la determinación de las constantes, fueron realizados ajustes GRG no lineales mediante la herramienta Solver© del Excel© 2010 del programa Windows. Los resultados de los contenidos de agua calculados por los modelos fueron validados mediante el coeficiente de determinación (R^2), raíz media cuadrática del error (RMSE) y la media aritmética porcentual del error (MA%E) según la Ecuación (12 y 13) respectivamente:

$$RMSE = \left[\left(\sum_{i=1}^N (H_{t,i} - H_{exp,i})^2 \right) / N \right]^{1/2} \quad (12)$$

$$MA\%E = \left(\frac{100}{N} \right) \sum_{i=1}^N \frac{(H_{t,i} - H_{exp,i})}{H_{exp,i}} \quad (13)$$

Investigaciones con modelos matemáticos mostraron que si los valores de RMSE son próximos a 0 y MA%E son menores a 10%, son buenos modelos para predecir tiempos y/o contenidos de agua experimentales (Almeida, Resende, Costa, Mendes, & Sales, 2009; Villa-Vélez, de Souza, Pumacaua-Ramos, Polachini, & Telis-Romero, 2015).

3.3.7 Caracterización del aceite obtenido

3.3.7.1 Determinación de la propiedades físicas

a. Densidad

Se determinó la densidad mediante la Ecuación (14): por la metodología utilizada de Flores (2006) utilizando picnómetro calibrado a una temperatura de 25 °C. Se determinó previamente el peso del picnómetro vacío y luego el peso con la muestra a la temperatura de 25 °C.

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (14)$$

Donde:

ρ = densidad

V = Volumen

m = masa

b. Gravedad específica

Es el cociente de la densidad de una sustancia entre la densidad de agua a 4 °C o es el cociente del peso específico de una sustancia entre el peso específico del agua a 4 °C, según la Ecuación (15) (Mott, 1996; Cengel & Cimbala, 2006):

$$sg = \frac{\rho_s}{1000 \text{ Kg/m}^3} = \frac{\gamma_s}{9.81 \text{ kN/m}^3} \quad (15)$$

c. Peso específico

El peso específico, es la cantidad de peso por unidad de volumen de una sustancia (Mott, 1996) ver Ecuación (16). Para un fluido homogéneo el peso específico queda (Martin Domingo, 2014). La unidad en el sistema internacional es el (N/m³)

$$\gamma = \frac{mg}{V} = \rho g \quad (16)$$

Donde:

γ (gamma) = Peso específico

ρ = Densidad

g = Gravedad

d. Volumen específico

Se denomina volumen específico al volumen ocupado por la unidad de masa, Ecuación (17). Sus unidades en el sistema internación son (m³/kg) Para un fluido heterogéneo éste se define como:

$$v = \frac{V}{m} = \frac{1}{\rho} \quad (17)$$

3.3.7.2 Determinación de las propiedades químicas

a. Método de índice de acidez

Este método determina los ácidos grasos libres existentes en la muestra se aplica en aceites vegetales crudos y refinados, aceites marítimos y grasas animales (AOCS Ca5a-40). Para ver más detalle ver Anexo 3.

b. Método de índice de peróxido

Este método determina todas las sustancias, en términos de miliequivalentes de peróxido por 1 000 gramos de muestra, que oxidan el ioduro de potasio bajo las condiciones de la prueba (AOAC, 2000). Para ver más detalle ver Anexo 4.

c. Método de índice de yodo

El índice de yodo es una medida de la instauración de ácidos grasos y se expresa en términos del número de centigramos de yodo absorbido por gramo de muestra (porcentaje de yodo absorbido) (AOAC, 2000). Para ver más detalle ver Anexo 5.

d. Método de índice de saponificación

El índice de saponificación es la cantidad de álcali para saponificar una cantidad definida de muestra. Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio (KOH) requeridos para saponificar un gramo de muestra (AOAC, 2000). Para ver más detalle ver Anexo 6.

3.3.7.3 Determinación de propiedades térmicas

a. Viscosidad dinámica (por caída de bola)

Cuando un cuerpo cae en un fluido bajo la sola influencia de la gravedad, se acelera hasta que la fuerza que lo jale hacia abajo (su peso) que balanceada por la fuerza de flotación y la fuerza de arrastre viscoso que actúa hacia arriba (Mott, 1996).

Donde:

Si γ_s es el peso específico de la esfera, γ_f es el peso específico del fluido, V es el volumen de la esfera y D es su diámetro de la esfera, Ecuación 18.

Por lo tanto, para μ tenemos

$$\mu = \frac{D^2}{18v}(\rho_{esfera} - \rho_{aceite}) \quad (18)$$

b. Viscosidad cinemática

La viscosidad cinemática, ν (letra griega ν) se define como (Mott, 1996), Ecuación 19.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} = \mu \left(\frac{1}{\rho} \right) \quad (19)$$

Donde, μ (Viscosidad dinámica del aceite) y ρ (densidad del aceite)

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Caracterización físico del fruto de palta

La densidad real, densidad aparente, porosidad y esfericidad del fruto de palta Fuerte se detalla en la Tabla 7. La densidad aparente depende de una serie de factores como son la densidad de sus componentes, la geometría, el tamaño, las propiedades de superficie y el método de medida (Lewis, 1993), y también se tendrá en cuenta la presencia de poros (Duran Ramírez, 2008).

La densidad aparente, da a conocer las propiedades de la materia en su conjunto para transportar, almacenar o envasar productos granulados. Y la porosidad del material que se haya envasado, es aquella fracción del volumen total que está ocupado por el aire. Si se agita para apelmazar su contenido, el volumen y la porosidad del producto disminuirán hasta que el sistema alcance un volumen de equilibrio (Duran Ramírez, 2008). Asimismo, la porosidad resulta afectada por la geometría, tamaño y propiedades superficiales (Lewis, 1993).

Tabla 7.
Propiedades físicos de palta Fuerte

Propiedades físicos	Palta variedad Fuerte
Densidad (Kg/m ³)	1.03 ± 0.01
Densidad aparente (Kg/m ³)	292.149
Porosidad (%)	71.858 ± 0.30
Diámetro medio geométrico	6.668 ± 0.32
Esfericidad	0.712 ± 0.053

4.2 Humedad y ceniza de pulpa de palta Fuerte

El porcentaje de humedad de la palta Fuerte fue 72.131±1.14%. El resultado se encuentra dentro de reportado por Schwartz, Olaeta, Undurraga, Sepúlveda, & Tepper, (2007), Bora, Narain, Rocha, & Queiroz-Paulo, (2001) y Dos Reis, Ramos, de Oliveira, Rufini, & de Siqueira Ramos, (2014) 80.7%, 78.24% y 59.70% de humedad de pulpa de palta

Fuerte, respectivamente. En la variedad de palta Hass obtuvieron $68.69 \pm 1.47\%$ de humedad (Serpa, *et al.*, 2014). Sin embargo, existe una disminución del contenido de humedad a medida que el fruto aumenta su estado de madurez (Salgado, *et al.*, 2012).

El contenido de ceniza de pulpa de palta Fuerte se obtuvo 2.46 ± 0.28 , esto indica que la pulpa contiene minerales, sin embargo, el contenido en minerales varía mucho para un mismo producto, dependiendo por ejemplo de factores genéticos, climáticos, prácticas de cultivo, composición de suelo y madurez de la cosecha (Belitz, & Grosch, 1997). Según Baltes (2007), a los minerales se les atribuye las siguientes funciones en el organismo humano: Formación de sustancia estructurales y de sostén; Control de las reacciones enzimáticas; Influencia sobre la actividad nerviosa; Y mantenimiento de los equilibrios electrolítico y osmótico.

4.3 Rendimiento de pulpa de palta

La masa, longitud, diámetro, disposición de pulpa, cáscara y semilla de palta Fuerte se muestra en la primera columna de la Tabla 8, en comparación con valores informados en la literatura por Dos Reis Silva, Ramos, de Oliveira, Rufini, & de Siqueira Ramos (2014), Schwartz, *et al.* (2007a), Jorge, Polachini, Días, Jorge, & Telis-Romero, (2015) y Galvão, Narain, & Nigam, (2014). En la variedad Marcus y Russell de palta producido en Venezuela presentan mayor proporción de pulpa 79% (Gómez López, 1998) y obtuvo similar en la variedad Princesa de pulpa 76% (Gómez-López, 1999), en las variedades Booth 8, Choquette, Collinred, Fuerte, Gwen, Hass, Lorena, Reed, Trapica y Trinidad el porcentaje de pulpa fue superior al 69% (Ríos-Castaño, & Tafur-Reyes, 2003).

La masa, longitud, diámetro, cáscara, semilla y rendimiento de pulpa de palta Fuerte para la extracción de aceite se debe a que la forma, la estructura y consistencia de la cáscara y de pulpa, son características determinadas por el grupo ecológico y la variedad alizada (Cultivo de Aguacate, 2004), y esta variedad es obtenida de la hibridación del cruce de un progenitor de la raza Guatemalteca con mexicano (Romero, & Castro, 2015), y sus características del origen para la obtención de palta Fuerte se muestran en la Tabla 9.

Tabla 8.
Rendimiento de pulpa, cáscara y semilla

Palta	Palta Fuerte Experimental	Fuerte ^a	Palta ^b	Hass ^c	Margarida ^c	Fortuna ^d	Collinson ^d	Barker ^d
Masa (g)	142.57±22.11			169.16±39.10	664.51±84.52	418.33±10.26	280.89±59.13	309.45±27.89
Longitud (cm)	9.41±0.70			8.85±0.81	11.83±1.35	12.82±0.08	9.20±0.11	10.21±0.10
Diámetro (cm)	5.59±0.43			6.12±0.63	10.57±0.98	9.85±0.16	7.11±0.31	7.32±0.31
Pulpa %	76.68±3.42	62.6	72.9	64.72±9.51	72.19±25.38	75.70±1.42	69.57±4.23	73.47±1.52
Cáscara %	10.33±0.43	17.6	8.3	20.77±22.03	15.57±61.69	15.14±1.02	19.70±2.59	16.11±0.89
Semilla %	12.99±2.87	18.7	18.8	14.51±17.58	12.24±8.83	9.16±0.44	10.73±1.89	10.41±0.96

^aDos Reis Silva, Ramos, de Oliveira, Rufini, & de Siqueira Ramos, (2014) ^bSchwartz, *et al.*, (2007a). ^cJorge, Polachini, Días, Jorge, & Telis-Romero, (2015). ^dGalvão, Narain, & Nigam, (2014).

Tabla 9.
Características del fruto de palta mexicana y guatemalteca

CARACTERÍSTICA	MEXICANA		GUATEMALTECA	
	<i>Persea americana var. Drymifolia</i>		<i>Persea nubigena var. Guatemalensis</i>	
Tamaño	Pequeño		Variable	
Peso (g)	80 a 250		200 a 1500	
Frutos	Grosor	Delgada		Gruesa
	Cáscara	Tamaño (mm)	0,8	3,0 a 6,0
		Textura	Lisa	Áspera
Semilla	Tamaño		Grande	
			Pequeña	

Bernal, Díaz y Tamayo, 2008

4.4 Aceite extraído por el Método de Evaporación Rápida de Agua (MERA)

El uso de la técnica de extracción de aceite por el Método de Evaporación Rápida de Agua (MERA) resulta muy útil ya que permite que el contenido del agua en la pulpa de palta sea evaporada en corto tiempo, por lo tanto, podría ser adecuado para la producción de aceite a nivel industrial permitiendo la extracción en menos tiempo.

En la Figura 4 se presenta la curva de humedad en base seca, la curva de velocidad de secado de pulpa y el ajuste por el modelo empírico de Page.

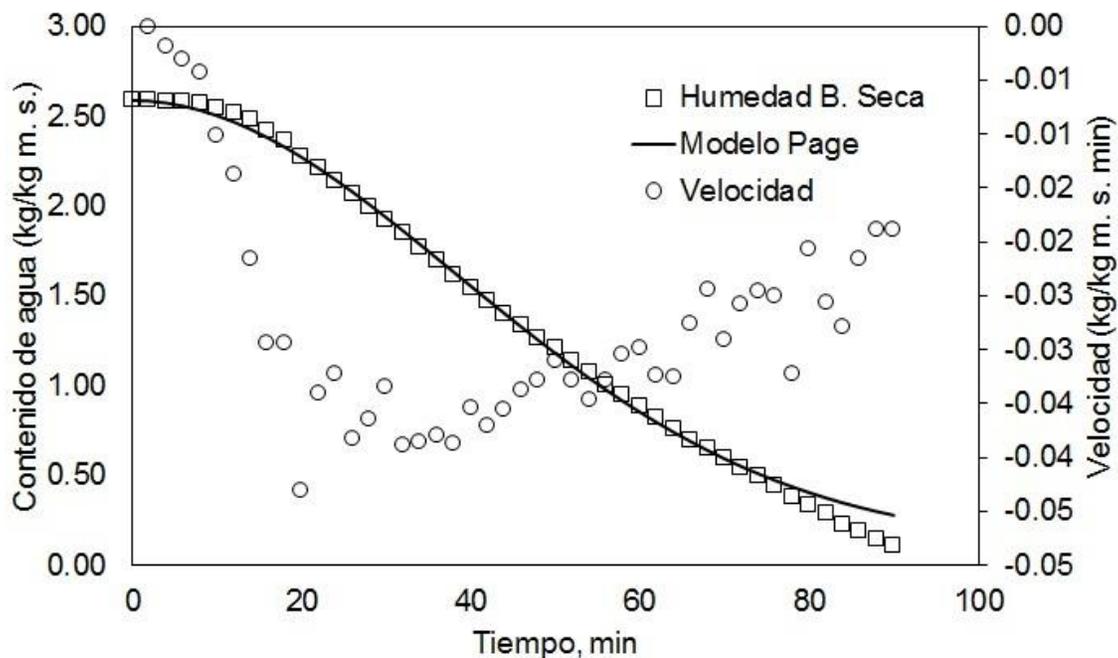


Figura 4. Pérdida de contenido agua por evaporación rápida

Se observa (Figura 4) que a los 4 min de evaporación hay pérdida de agua de la masa de Palta. A los 14 a 16 min se da inicio a una etapa logarítmica de con un pico máximo entre 30 y 40 min. Luego de este tiempo la evaporación se mantiene con una breve disminución de la velocidad.

Un kilogramo de pulpa de palta requiere aproximadamente 90 min para evaporar el contenido de agua hasta aproximadamente 0.1 kg/kg m. s. Se observó que cuando el contenido de agua en el producto es menor a 10% inicia a adherirse al fondo del recipiente y

se nota un cambio de color, esto es un indicador de finalizar la evaporación del agua. Para la extracción de aceite por método de fluido supercríticos, prensado en frío y soxhlet hicieron secar hasta que la humedad alcanzara el 10 % (Duque, *et al.*, 2012), y lo mismo para para extracción con disolvente (hexano a temperatura ambiente y a 70°C) (Ariza, *et al.* 2011).

Para el ajuste al modelo de Page de la pérdida de humedad se utilizó la humedad inicial de 2.59 kg/kg m. s., y humedad de equilibrio de 0.11 kg/kg m. s. Para el ajuste al incremento de temperatura de la masa de Palta se utilizó la temperatura inicial de 20 °C y temperatura de equilibrio de 87 °C (temperatura de ebullición del agua pura).

En la Figura 5 se muestra la curva del incremento de temperatura de pulpa y su respectivo ajuste por el modelo de Page.

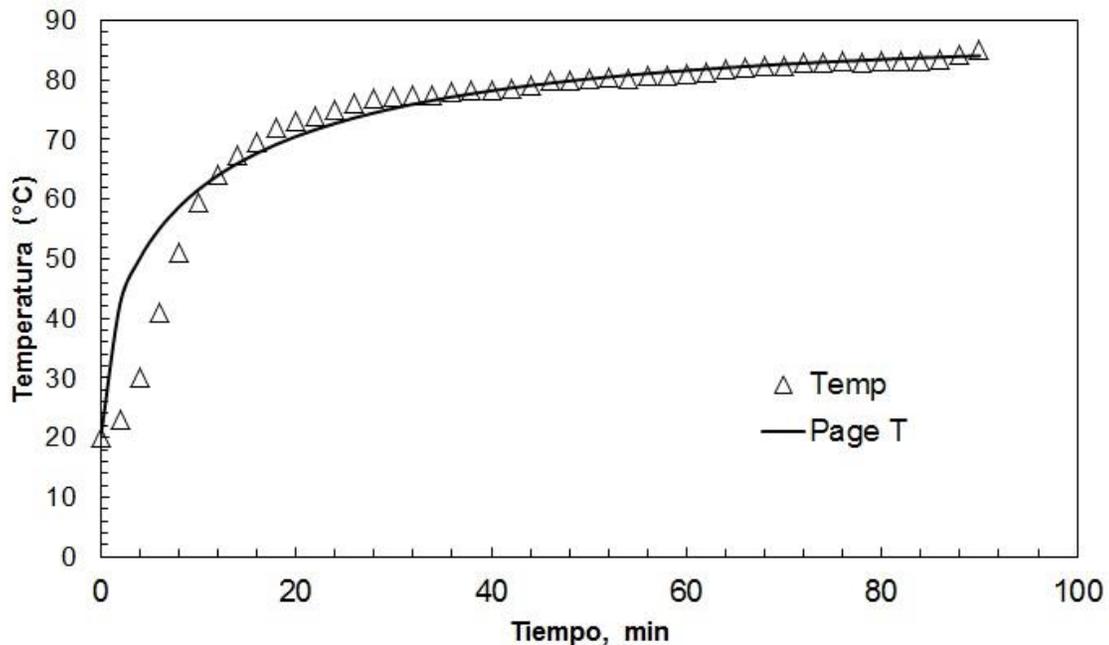


Figura 5. Puntos experimentales de la temperatura de la pulpa de palta durante la evaporación de agua y curva de ajuste del modelo page.

En la Tabla 10, se tiene las constantes de los modelos y sus respectivas medidas de error.

Tabla 10.

Constantes del modelo Page y medidas de error para la pérdida de humedad y e incremento de temperatura durante el MERA de pulpa de palta

Page	K	N	R ²	RSME	MA%E
Curva de Humedad	0.0004	1.9833	0.997	0.051	10.79
Temperatura	0.2843	0.5330	0.932	4.886	5.35

Se observa en la Figura 5, que el incremento de temperatura tiene una etapa de acondicionamiento de la temperatura, hasta 6 min. Luego una curva exponencial hasta los 30 min y una etapa constante hasta los 90 min. Durante los 4 últimos minutos se observa un incremento de temperatura que se debe a la carencia de agua y predominancia de aceite en la masa de palta. Los resultados muestran buenos ajustes del modelo Page (Tabla 10) para la curva de temperatura y no muy buen ajuste para la curva de contenido de agua. En este último el error se debe a los ajustes finales muy separados de los experimentales, pues en tiempos anteriores la curva de ajuste está muy próximo a los puntos experimentales. Este modelo es muy utilizado para estudios de transferencia de masa en estado transitorio (Ocampo, 2006; P. da Rocha, *et al.*, 2012), por lo que se demuestra su uso en la evaporación rápida de agua.

La temperatura de 84 °C del final de la evaporación no puede ser considerada alta pues semillas de zapallo (*Cucurbita pepo* L.) se tostan a temperaturas de hasta 130°C para la extracción de aceite, lo que conduce a la formación de la tostada y aroma típicos nuez. Los compuestos que son responsables de Roasty / notas de nuez de aroma (pirazinas alquiladas, así como 2-acetilpirrol) requieren una temperatura de tostado de al menos 90°C. Otros compuestos que muestran cambios significativos en la concentración son principalmente productos de degradación de Strecker, así como compuestos derivados de la oxidación de lípidos (Siegmund, & Murkovic, 2004).

4.4.1 Obtención de aceite y color por evaporación rápida de agua

El rendimiento de aceite de palta Fuerte fue 29.1% con una humedad de 15.40% por evaporación de agua en comparación a método de Soxhlet es menor que obtuvieron 63.67±0.20% y 64.76±0.24% de aceite de peso seco de las variedades Fuerte y Hass, respectivamente (Reddy, Moodley, & Jonnalagadda, 2012). Esto se debe a que los frutos cosechados al llegar a su madurez pierden la humedad y presentan un incremento en los

contenidos de materia seca y aceite (Herrera-González, Salazar-García, Gutiérrez-Martínez, & González-Durán, 2013). Además

Por otra parte, en la Figura 6 se puede apreciar el color del aceite de variedad Fuerte obtenido por el MERA en comparación a la Figura 7 de las selecciones 67, I18, H24, C40, H4, F23, I6, C27 y 127, y variedad Hass y Bacon, de lo cual fue similar a la selección H4, 67 de la localidad Mallarauco y variedad Hass de Alto Jahuel.



Figura 6. Aceite de palta Fuerte

El color de pulpa es un aspecto importante en el mercado. Las variedades seleccionadas, generalmente de colores amarillo verdoso brillante, de escasa fibra y buen contenido de aceite, se constituyen en un atractivo para el consumidor.



Figura 7. Color de aceite de diferentes variedades y selecciones de palta en la localidad de Mallarauco y Alto Jahuel de Chile
Fuente: Parra Villa, 2005.

4.5 Caracterización de aceite de la palta variedad Fuerte

4.5.1 Propiedades físicas y químicas de aceite de palta

Las propiedades físicas y químicas de aceite se detallan en la Tabla 11 y 12 según el certificado de análisis de INIA Puno N° 3212APVF-2016 (ver Anexo 15), de la segunda columna en comparación con la misma variedad y otras variedades de palta por diferentes métodos de extracción.

Tabla 11.

Propiedades físicas y químicas de aceite de palta Fuerte

Determinaciones	Var. Método	Comparación de aceite extraído por diferentes métodos de la variedad Fuerte y Hass de pulpa de palta						
		Fuerte	Fuerte ^a	Fuerte ^b	Hass ^c		Hass ^d	Hass ^e
		Evap. rápida y prensado	Enzimas	A nivel Industrial	AES	AEPF	AEPF	
Densidad (Kg/m ³)		910.38±0.00						
Gravedad específica 25 °C		0.910±0.00	0.915		0.874±0.05	0.914±0.03	0.927±0.01	
Peso específico		8930.8						
Volumen específico		0.0011						
Índice de refracción 50 °C		1.000	1.468	1.470			1.465±0.00	1.4607±0.00
Índice de acidez (%)		0.10		0.26	1.68±0.14	4.63±0.03	0.32±0.02	1.58±0.00
Índice de peróxidos (meq/Kg)		2.20	19.58	15.3	31.66±2.47	22.86±1.94	3.67±0.21	5.54±0.25
Índice de yodo (g/100g)		130.20	69.61		77.85±2.10	78.44±1.41		82.87±0.00
Índice de saponificación (mg/g)		130.00	195.01		175.05±2.98	223.69±6.57		195.79±0.07

Fuente: ^aSchwartz, Olaeta, Undurraga, & Costa, (2007a). ^bMartínez-Nieto, Barranco-Barranco, & Moreno-Romero, (1992). ^cDuque, Londoño-Londoño, Álvarez, Paz, & Salazar, (2012). ^dCastañeda-Antonio, *et al.* (2015). ^eJorge, Polachini, Días, Jorge, & Telis-Romero, (2015).

Tabla 12.
Propiedades físicas y químicas de aceite de palta Fuerte

Determinaciones	Var. Método	Comparación de aceite extraído por diferentes métodos y variedades de pulpa de palta					Limite permisivo ^d
		Fuerte	Margarida ^a	Fortuna ^b	Collinson ^b	Barker ^b	
		Evap. rápida y prensado		Soxhlet hexano	Soxhlet hexano	Soxhlet hexano	
Densidad (Kg/m ³)		910.38±0.00					
Gravedad específica		0.910±0.00		0.905±.00	0.927±0.00	0.910±0.00	0.910-0.920
Peso específico		8930.8					
Volumen específico		0.0011					
Índice de refracción 50 °C		1.000	1.4615±0.00	1.463±0.00	1.466±0.01	1.466±0.01	1.231 1.458-1.465
Índice de acidez (%)		0.10	3.64±0.00	0.490±0.03	0.51±0.01	0.554±0.13	0.62 Max. 1.5
Índice de peróxidos (meq/Kg)		2.20	4.98±0.36	2.600±0.05	2.30±0.28	2.05±0.78	Max. 10
Índice de yodo (g/100g)		130.20	80.80±.00	70.40±0.69	68.24±1.05	64.40±0.49	37.26 85-90
Índice de saponificación (mg/g)		130.00	194.92±0.02	119.5±8.92	173.7±4.45	175.0±3.67	219.20 177-198

Fuente: ^aJorge, *et al.* (2015). ^bGalvão, Narain, & Nigam, (2014). ^cOrhevba, & Jinadu, (2011). ^dNorma Mexicana, 2008.

Las propiedades físico químicas son los índices más comunes para evaluar la calidad de los aceites de semilla en la industria alimentaria, no obstante, las determinaciones de las propiedades fisicoquímicas del aceite vegetal son necesarios para juzgar la idoneidad de aceite para una aplicación particular (Bwade, *et al.*, 2013).

La propiedades físicas de aceite permiten identificar a primera vista si los aceites se encuentran en el estado adecuado para las pruebas posteriores de calidad, o si deben ser rechazados, pues su calidad no es apropiada (Santana, 2013). Y las características físicas de un aceite y grasa son dependientes de factores tales como la semilla o planta de procedencia, grado de insaturación, tamaño de las cadenas de carbono, formas isoméricas de los ácidos grasos, estructura molecular de los triglicéridos y elaboración (Lawson, 1999).

La densidad no representa un parámetro directo de calidad del aceite, aunque puede variar con la polimerización o la oxidación. De igual manera es de gran utilidad para las transformaciones masa – volumen y es indispensable para los cálculos involucrados en el diseño de equipos (ICONTEC NTC 336, 2002). El contenido de humedad es una medida de la cantidad de agua contenida en el aceite. El agua en exceso es un factor negativo para el aceite debido a que puede formar enlaces químicos y físicos inadecuados, propiciando así reacciones de degradación (ICONTEC NTC 287, 2002). El RI está relacionado con el grado de saturación; disminuye linealmente conforme disminuye el índice de yodo (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Es muy útil con fines de identificación, comprobación de la pureza y observación del progreso de reacciones como la hidrogenación catalítica (Lawson, 1999). Sin embargo, el RI viene influido por factores tales como el contenido en ácidos grasos libres (FAAs), la oxidación y el calentamiento de la grasa o el aceite (Nielsen, & Finkenzeller, 2009). Por lo tanto, los valores de gravedad específica son similares a los reportados por otros autores para aceites de palta, extraídos por diversas metodologías, con enzimas, solvente (hexano y éter de petróleo), prensado en frío y por fluido supercrítico.

El índice de acidez es una medida del contenido de ácidos grasos libres presentes en aceites. Este resultado es indispensable como prueba de pureza, ya que permite sacar conclusiones acerca del estado de la materia prima al igual que de las reacciones de degradación que se hayan podido producir a lo largo del tratamiento y almacenamiento del aceite (ICONTEC NTC 218, 1999). En la grasa bruta, el índice de acidez estima la cantidad de aceite que se perderá durante las etapas de refinado, diseñadas para eliminar los ácidos

grasos. En las grasas refinadas, un nivel de acidez elevado significa una grasa mal refinada o una descomposición de la grasa después de su almacenamiento o su utilización. Sin embargo, si una grasa parece poseer una cantidad elevada de FFAs, esto puede ser atribuible a aditivos ácidos (ácido cítrico añadido como quelante de los metales), puesto que cualquier ácido tomará parte en la reacción. Si estos ácidos grasos liberados son volátiles, el FFA o el índice de acidez pueden ser una medida de la ranciedad (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

El índice de peróxido ya que es una medida del oxígeno unido a las grasas en forma de peróxido. Por tal motivo, proporciona información acerca del grado de oxidación de la muestra y permite, con ciertas limitaciones, una estimación de hasta qué punto la grasa ha sido alterado (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). Los factores que influyen son los ácidos grasos, la duración y tipo del almacenamiento (Lawson, 1999). Un aumento de índice de peróxido, es justificado por reacciones (térmicas, químicas y bioquímicas siendo la oxidación de las grasas la más frecuente por efecto químico) que sufren los aceites durante su procesamiento. Los dobles enlaces de los ácidos grasos constituyentes reaccionan con el oxígeno del aire formando compuestos que al descomponerse originan otros, a los cuales se les atribuye el olor y sabor desagradables característicos de las grasas oxidadas, y es esto lo que se conoce con el nombre de rancidez. El aumento de la cantidad de peróxidos es evidencia del deterioro del aceite usado en las frituras (Rivera, Gutiérrez, Gómez, Matute, & Izaguirre, 2014).

El índice de yodo es una medida del grado de insaturación de los componentes de una grasa que evalúa la identidad y la pureza de la grasa. Por lo tanto, cuanto mayor es el número de insaturación, tanto más yodo es absorbido; por consiguiente, cuanto más elevado es el índice de yodo, tanto mayor es el grado de insaturación (mayor sea el número de dobles enlaces por unidad de grasa) (Nielsen, & Finkenzeller, 2009; Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). Sin embargo, no es un buen indicador de la vida útil para fritura. El índice de yodo se calcula por CG-CAF con exactitud y precisión equivalentes sin necesitar los productos químicos altamente peligrosos que se utilizan en los métodos de titulación (Lawson, 1999).

El índice de saponificación es una medida de los ácidos grasos libres y combinados que existen en las grasas y es directamente proporcional a la masa molecular media: Cuanto

menor sea la proporción de ácidos grasos presentes (es decir, cuanto mayor sea la proporción de ácidos grasos de cadena corta), tanto mayor será el índice de saponificación (Matissek, Schnepel & Steiner, 1998). No es una medida de la calidad ni de la identidad del aceite. No es afectado con la polimerización del aceite pero se incrementa rápidamente con la oxidación. Por esta razón, es considerado únicamente como medida de pureza, pues un alto índice de saponificación se refiere a un alto nivel de oxidación del aceite (ICONTEC NTC 335, 1999). Altos niveles de insaponificable despidan la interpretación. Tiene comparativamente poco valor para el control de productos terminados (Lawson, 1999). El índice de saponificación no es aplicable a las grasas y los aceites que contengan cantidades elevadas de materia insaponificable, ácidos grasos libres (> 0.1%) o de monoglicéridos y diglicéridos (> 0,1%) (Nielsen, & Finkenzeller, 2009).

4.5.2 Viscosidad del aceite de palta

El experimento de la viscosidad de aceite a temperaturas de 20.3, °C se muestra en la Tabla 13.

Tabla 12.
Parámetros de medida de viscosidad cinemática y dinámica

Esfera acero	Unidad de medida	Promedio	Desviación estándar
Temperatura	°C	20,3 °C	
Masa	G	0,533	0,470
	Kg	0,001	0,000
Diámetro	Mm	4,720	1,606
	M	0,005	0,002
Volumen	m ³	0,000	0,000
Densidad	kg/m ³	7870,138	43,831
Tiempo	S	3,287	0,860
Distancia	M	0,810	0,000
Velocidad	m/s	0,257	0,058
Gravedad	m/s ²	9,810	0,000
Viscosidad dinámica	kg/m.s	0,336	0,168
	cP	33,597	16,827
Viscosidad cinemática	m ² /s	0,000	0,000

En estudios breves sobre la reología de aceite de aguacate como Logaraj, Bhattacharya, Sankar, & Venkateswaran (2008), han llegado a la conclusión de un comportamiento no newtoniano, y su viscosidad intrínseca es moderada, con un índice de comportamiento de flujo de 0.88.

En la Tabla 14 se hace la comparación de viscosidad de aceite de palta Fuerte por MERA con otros aceites a diferentes temperaturas. Según Alcântara (2014), la viscosidad del aceite de palta disminuye bruscamente con el aumento de temperatura y muestra un comportamiento de fluido newtoniano, por lo tanto el aceite de aguacate se puede utilizar como un sustituto de otros aceites vegetales agregando valor nutricional al producto final.

Tabla 13.
Viscosidad del aceite de palta Fuerte

Propiedades térmicas	Temperatura	Aceite					
		Palta Fuerte	Palta Hass ^a	Palta Margarida ^a	Palta ^b	Oliva ^b	Comercial ^a
Viscosidad dinámica	20		91.16	85.40			85.89
	20.3	33.60±16.83					
	25						
	26				57.60±0.00	56.20±0.00	
	30		55.87	54.46			55.03
	38				36.40±0.00	34.10±0.00	
	40		36.34	36.75			37.19
	50		25.78	25.99	28.70±0.00	26.10±0.00	26.31
	60		19.10	19.24		15.70±0.00	19.29
	70						
Viscosidad cinemática	20.3						

^aJorge, *et al.* (2015) y ^bDiamante, & Lan, (2014).

Esta manifestación puede ser confirmada por estudio de Jorge, *et al.*, (2015) en caracterización de aceite de palta Hass y Margarida a temperatura de 20-60°C, como se puede apreciar en la Tabla 14; y de la misma manera la viscosidad de aceites de salvado de arroz disminuye bruscamente (Antunes, Lanza, & Hense, 2013). La sensibilidad de la viscosidad es debido al aumento de la temperatura por la energía de activación de flujo, de modo que cuanto mayor es el valor del flujo de energía de activación, mayor será la influencia de la temperatura sobre la viscosidad (Canciam, 2013). Según Steffe (1996) y Timms (1985), los aceites vegetales son ejemplos típicos de fluidos newtonianos, con viscosidad independiente de la velocidad de cizallamiento. Por otra parte, los aceites por lo general presentan un comportamiento newtoniano debido a la presencia de ácidos grasos de cadena larga en su composición (Santos, *et al.*, 2004; Mascan, 2003), y puede ser confirmada por el estudio de Antunes, *et al.* (2013), sobre el aceite de salvado de arroz. Jorge, *et al.* (2015), manifiesta que el aceite comercial mostró mayor porcentaje de ácidos grasos insaturados, por lo tanto, se espera que tenga menos de la viscosidad en comparación con otros aceites. De acuerdo con la misma lógica, el aceite de Margarita debe presentar mayor viscosidad, ya que contiene menos ácidos grasos insaturados. Sin embargo, su composición mostró un mayor número de ácidos grasos poliinsaturados, en comparación con Hass, constituyendo una estructura aún menos comprimida y viscosa.

El método de caída de bola es más adecuado para líquidos viscosos, también puede ser adaptado a fluidos de baja viscosidad. Pero mediante este método, no es fácilmente posible determinar si un fluido es o no es newtoniano. Los aceites son generalmente más viscosos que las soluciones acuosas, siendo su comportamiento de flujo habitualmente newtoniano (Lewis, 1993).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- Las propiedades físicas del fruto de palta Fuerte tiene: Densidad 1.03 ± 0.01 , densidad aparente 1.69 ± 0.19 , porosidad 38.73 ± 6.88 , esfericidad 0.63 ± 0.19 .
- La pulpa de palta Fuerte que tiene 76.69% es la disponibilidad para la extracción de aceite y para otros usos.
- El proceso de extracción por evaporación rápida de agua, da fe de que es un proceso viable y rápido, aplicable en la extracción de aceite de pulpa de palta con un buen rendimiento, que permitirá abrir posibilidades de agregar valor a la palta, por lo tanto en 100g de pulpa evaporado se obtuvo 29.1% de aceite.
- Las propiedades físicas y químicas como: Peso específico, índice de refracción, índice de yodo, índice acidez, índice peróxido, índice de saponificación, para las muestras de aceite de pulpa de palta son semejantes a aceites de palta extraídos por otros métodos.

5.2 Recomendaciones

- Optimizar el rendimiento de extracción de aceite por evaporación rápida de agua y prensado y, el costo mínimo del aceite de la palta Fuerte.
- Realizar el análisis toxicológico del aceite de pulpa de palta, así como, las pruebas de digestibilidad de la torta resultante, para aprovechar el alto contenido en carbohidratos y proteínas.
- Extraer aceite mediante la evaporación rápida de agua y prensado de las variedades Hass, Chaquete, Bote 8, Trinidad, Lorena, Trapo, Santana y otros y realizar su respectivo análisis físico químico.
- Determinar la vida útil del aceite de palta Fuerte extraído por evaporación rápida de agua y prensado.
- Realizar la aceptabilidad del aceite de palta Fuerte mediante la evaluación sensorial.

REFERENCIAS

- Alain-Claude, R. (2004). Reología y análisis de la textura de los alimentos. *Zaragoza: Acribia*.
- Alcântara, A. L. D. (2014). *Análise reológica de azeite de abacate em diferentes temperaturas* (Bachelor's thesis, Universidade Tecnológica Federal do Paraná). Recuperado de: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br:8080/jspui/handle/1/5211>
- Alcázar, J. (2002). Diccionario técnico de industrias alimentarias. *Impreso en Cusco-Perú*.
- Acosta, M. C. (2011). Evaluación y escalamiento del proceso de extracción de aceite de aguacate utilizando tratamiento enzimático. *Bogotá-Colombia: Universidad Nacional de Colombia*.
- Almeida, D. P., Resende, O., Costa, L. M., Mendes, U. C., & de Fátima Sales, J. (2009). Cinética de secagem do feijão adzuki (*Vigna angularis*). *Global Science and Technology*, 2(1).
- Antunes, S. A., Lanza, M., & Hense, H. (2013). Rheological properties of rice bran (*Oryza sativa* L.) oils processing and soapstock distillation residue. *Industrial Crops and Products*, 46, 111-116.
- AOAC International. (2000). *Official methods of analysis of AOAC International* (17th ed.). Gaithersburg, USA: Association of Analytical Communities.
- AOCS. 2006. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemist's Society, 26th edition. Champaign, USA.
- Aparicio, R., & Harwood, J. (2003). Manual del aceite de oliva. 614 p.
- Ariza, J. A., López, F., Coyotl, J., Ramos, M. E., Díaz, J., y Martínez, A. (2011). Efecto de diferentes métodos de extracción sobre el perfil de ácidos grasos en el aceite de aguacate (*Persea Americana* Mill var. Hass). *Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 2(2). 263-276.
- Ariza J. (2010). Estudio de efecto de campo eléctrico sobre la isomería de los ácidos grasos del Aguacate.

- Baltes, W. (2007). *Lebensmittelchemie. Química de los alimentos* (No. TX545. B318 2007).
- Bailey, A. (2001). *Aceites y grasas industriales*. Barcelona, España: Reverté S.A.
- Belitz, H. D., & Grosch, W. (1997). *Química de los Alimentos*. 2da ed. Zaragoza: Acribia.
- Berasategi, I., Barriuso, B., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2012). Stability of avocado oil during heating: Comparative study to olive oil. *Food chemistry*, 132(1), 439-446.
- Bernal, J. A., Díaz, C. A. y Tamayo, A. (2008). Tecnología para el cultivo del Aguacate. 5(1).
- Bora, P. S., Narain, N., Rocha, R., & Queiroz-Paulo, M. (2001). Characterization of the oils from the pulp and sedes of avocado (cultivar Fuerte) fruits. *Grasas y aceites*, 52, 171-174.
- Bwade, K. E., Aliyu, B., & Kwaji, A. M. (2013). Physicochemical properties of pumpkin seed oil relevant to bio-diesel production and other industrial applications. *International Journal of Engineering, Business and Enterprise Applications (IJEBA)*, 4(1), 72-78.
- Canciam, C. A. (2013). Aplicação da análise de regressão linear na estimativa da energia de ativação de fluxo dos ácidos oleico e palmítico. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde*, 11(1), 10-18.
- Caps, A. (2014). *Tecnología de los alimentos de origen vegetal*. España: editorial síntesis S.A. 372 p.
- Castañeda-Antonio, D., López-Varela, P., Ramos-Cassellis, E., Ariza-Ortega, A., Carrera-Martínez, C. D. y Portillo-Reyes, R. (2015). Caracterización oxidativa de aceite aguacate hass y aceite de aguacate criollo (*Pamericana* Mill. Var. *Drymifolia*). *VIII Congreso Mundial de la Palta*, 423-429.
- Cengel, Y. A. y Cimbala J. M. (2006). *Mecánica de Fluidos fundamentos y aplicaciones*. Primera edición. Editorial Mexicana. 956 p.
- Chávez, S. (2010). Efecto de la Potencia y el tiempo de escaldado en horno microondas sobre la actividad de la polifenoloxidasas, características fisicoquímicas sensorial del puré refrigerado de palta (*Persea Americana* Millar) var. Fuerte.

- Colina, M. L. (2010). Deshidratación de alimentos. *México DF.: Trillas*.
- Costagli, G., & Betti, M. (2015). Avocado oil extraction processes: method for cold-pressed high-quality edible oil production versus traditional production. *Journal of Agricultural Engineering*, 46(3), 115-122.
- Cultivo de Aguacate. (2004). Programa de Diversificación de Ingresos en la Empresa Cafetalera. Asociación Nacional de Café.
- De Ica G. R. (2014). Uso de las Buenas Prácticas Agrícolas en el cultivo de palto. *Boletín técnico* N° 03.
- Diamante, L. M., & Lan, T. (2014). Absolute viscosities of vegetable oils at different temperatures and shear rate range of 64.5 to 4835 s⁻¹. *Journal of Food Processing*, 2014.
- Doradea, J. (2013). Evaluación de rendimiento y calidad del aceite de pulpa de Aguacate (*Persea Americana Hass*) obtenido por presión en frío en función del proceso de secado.
- Dos Reis Silva, F. O., Ramos, J. D., de Oliveira, M. C., Rufini, J. C. M., & de Siqueira Ramos, P. (2014). Fenología reproductiva e caracterização físico-química de abacateiros em Carmo da Cachoeira, Minas Gerais/Reproductive phenology and physicochemical characterization of avocado varieties in Carmo da Cachoeira, Minas Gerais, Brazil. *Revista Ceres*, 61(1), 105-111.
- Duque, A. M. R., Londoño-Londoño, J., Álvarez, D. G., Paz, Y. B., & Salazar, B. L. C. (2012). Comparación del aceite de aguacate variedad Hass cultivado en Colombia, obtenido por fluidos supercríticos y métodos convencionales: una perspectiva desde la calidad. *Revista Lasallista de Investigación*, 9(2), 151-161.
- Duran Ramírez, F. (2008). Ciencia, tecnología e industria de alimentos. Colombia: Grupo latino editores.
- Ferradas, A.C., Rodríguez, F. y Siche, R. (2012). Efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento en el color de la cascara, firmeza y contenido de aceite en palta (*Persea Americana Mill*) Variedad Hass. *Pueblo cont*, 23(2), 371-379.

- Flores, E. (2006). Estabilización de emulsiones alimentarias, aceite de pescado en agua en función del procesado y del contenido de emulsificantes, estabilizantes y antioxidantes. Lima, Perú.
- Galvão, A. C., Copetti, M., Dal Magro, C., Iltchenko, S., & Robazza, W. S. (2013). Extração do óleo da polpa do abacate com Metanol e Etanol a diferentes temperaturas. *Ciência e Natura*, 35(2), 34.
- Galvão, M. D. S., Narain, N., & Nigam, N. (2014). Influence of different cultivars on oil quality and chemical characteristics of avocado fruit. *Food Science and Technology (Campinas)*, 34(3), 539-546.
- Gómez-López, V. M. (1999). Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of low oil content. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47(7), 2707-2710.
- Gómez López, V. M. (1998). Characterization of avocado (*Persea americana* Mill.) varieties of very low oil content. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(9), 3643-3647.
- Gupta, R. K., & Das, S. K. (1997). Physical properties of sunflower seeds. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 66(1), 1-8.
- Herrera-González, J. A., Salazar-García, S., Gutiérrez-Martínez, P., & González-Durán, I. J. L. (2013). El comportamiento poscosecha de frutos de aguacate 'Hass' es influenciado por el portainjerto. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 4(1), 19-32.
- Hernández, M. (2015). Expo Aguacate Finalizima. Disponible en: <http://documents.mx/documents/expo-aguacate-finalizima.html>
- Ibarz, A., & Ribas, A. I. (2005). *Operaciones unitarias en la ingeniería de alimentos*. Mexico: Mundi-Prensa Libros.
- Jiménez, E. A., M. Zambrano, L. Kolar (2001). Propiedades físicas y químicas del aceite de aguacate obtenido de puré deshidratado por microondas. *Journal of the Mexican Chemical Society*, 45 (2), 89-92.

- Jorge, T. D. S., Polachini, T. C., Dias, L. S., Jorge, N., & Telis-Romero, J. (2015). Physicochemical and rheological characterization of avocado oils. *Ciencia e Agrotecnología*, 39(4), 390-400.
- Kiritsakis, A. (1982). *El aceite de Oliva*. Madrid: Vicente Ediciones.
- Lafont, J. J., & Portacio, A. A. (2011). Extracción y Caracterización Físicoquímica del Aceite de la Semilla (Almendra) del Marañón (*Anacardium occidentale* L). *Información tecnológica*, 22(1), 51-58.
- Lawson, H. (1999). *Aceites y grasas alimentarios: tecnología, utilización y nutrición*. Acribia.
- León, J. C. (03 de diciembre del 2014). Agencia Agraria de noticias. Recuperado de: <http://agraria.pe/noticias/consumo-per-capita-de-palta-en-peru-es-el-doble-que-en-estad-7581>
- Lewis, M. J. (1993). *Propiedades físicas de los alimentos y de los sistemas de procesado*. España: Editorial Acribia S.A.
- Logaraj, T. V., Bhattacharya, S., Sankar, K. U., & Venkateswaran, G. (2008). Rheological behaviour of emulsions of avocado and watermelon oils during storage. *Food Chemistry*, 106(3), 937-943.
- López-Fontal, E. M., & Castano-Castrilon, J. J. (1999). Extracción de aceite a partir de subproductos de la trilla de café pergamino. *Cenicafé*, 50(1), 66-77.
- Maskan, M. (2003). El cambio de color y el comportamiento reológico de aceite de semilla de girasol durante la fritura y después del tratamiento adsorbente del aceite usado. *European Food Research y Tecnología*, 218 (1), 20-25.
- Marcelín-Rodríguez, M., & Vélez-Ruiz, J. F. (2012). Proceso de elaboración y propiedades físicoquímicas de las leches condensada azucarada y evaporada. *Temas selectos de Ingeniería de Alimentos*, 13-28.
- Martín Domingo, A. (2014). *Apuntes de Mecánica de Fluidos*.

- Martines, E., & Lira, L. (2010). Análisis y Aplicación de las Expresiones del Contenido de Humedad en Sólidos. Simposio de Metrología, 27-29 de octubre. *Querétaro México*. 1-6.
- Martínez-Nieto, L., Barranco-Barranco, R. & Moreno-Romero, M. V. (1992). Extracción de aceite de aguacate: Un experimento industrial. *Grasas y aceite*, 43, 11-15.
- Matissek, Schnepel, Steiner. (1998). Análisis de los alimentos: fundamentos, métodos, aplicaciones. *Acribia*,
- Maza, S. (2008). Estudio de palta en el Perú y el Mundo. *Dirección General de información Agraria*.
- McCabe, W., Smith, J. & Harriott. P. (2007). *Operaciones unitarias en ingeniería química*. 7ma. Ed. México: McGraw-Hill/interamericana Editores S.A.
- Mijares, P., & López, L. (1998). Variedades de aguacate y su producción en México. *Memoria Fundación Salvador Sánchez Colín CICTAMEX SC, México*.
- Morata, A. (2010). Nuevas tecnologías de conservación de alimentos. *Madrid: Antonio Madrid Vicente*. 321 p.
- Moreau RA, Kamal-Eldin A (2009). *Gourmet and Health-Promoting Specialty Oils*. 587 p.
- Moreno, O.A., L. Dorantes, J. Galíndez, I. R. Guzmán (2003). Effect of different extraction methods on fatty acids, volatile compounds, and physical and chemical properties of avocado (*Persea americana* Mill.) Oil. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 51, 2216-2221.
- Moreiras, O., Carbajal, A., Cabrera, L., & Cuadrado, C. (2013). Tabla de composición de Alimentos. Ediciones Pirámide. 16º edición. 455 p.
- Mott, R. L. (1996). *Mecánica de fluidos aplicada*. Pearson Educación.
- Nielsen, S. S., & Finkenzeller, M. U. (2009). Análisis de los alimentos. *Zaragoza: Acribia*. 657 p.

- Norma Técnica Colombiana 336. (2002). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de la determinación de la densidad- Masa por volumen convencional. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 287. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de Determinación de Humedad y Sustancias Volátiles. Editado por instituto colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 218. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Determinación de índice de acidez y de la acidez. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 236. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de Determinación del índice de Peróxido. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 283. (1998). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de determinación del índice de yodo. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma Técnica Colombiana 335. (1999). Grasas y aceites animales y vegetales. Método de determinación del índice de saponificación. Editado por el instituto Colombiano de normas técnicas y certificación (ICONTEC).
- Norma mexicana. (2008). NMX-F-052-SCFI-2008. ACEITES Y GRASAS. Aceite de aguacate. Especificaciones. Fats and oils avocado specifications. México: Dirección General de Normas.
- Ordoñez, J. A. (1999). Tecnología de los alimentos. Vol I. Componentes de los alimentos y procesos. Ed. *Síntesis, Madrid*.
- Orhevba, B. A., & Jinadu, A. O. (2011). Determination of physico-chemical properties and nutritional contents of avocado pear (*Persea americana* M.). *Academic Research International*, 1(3), 372.

- Orrego Alzate , C. E. (2003). Procesamiento de alimentos. Universidad Nacional de Colombia. *Manizales, Colombia: Centro de publicaciones Universidad Nacional de Colombia sede Manizales.*
- Ostos, S. L., Díaz, A. C., & Suarez, H. (2012). Evaluación de diferentes condiciones de proceso en la fortificación de mango (Tommy Atkins) con calcio mediante impregnación a vacío. *Revista chilena de nutrición*, 39(2), 181-190.
- Paltas, Aguacate, Cultivo y Producción en el Perú. 28 de septiembre, 2016. Proyectos Peruanos. Disponible en: <http://proyectosperuanos.com/2016/09/paltas/>
- Pamplona, J. D. (1999). Disfrútalo. Buenos aires: Asociación casa editora Sudamericana. 128 p.
- Parra Villa, J. (2005). Rendimiento y calidad de pulpa y aceite en nueve selecciones de Palto (*Persea americana* Mill.) en Chile.
- Pérez Álvarez, S., Ávila Quezada, G., & Coto Arbelo, O. (2015). El aguacatero (*Persea americana* Mill). *Cultivos Tropicales*, 36(2), 111-123.
- Pérez, R. R., Villanueva, R. S., & Cosío, R. R. (2005). El aceite de aguacate y sus propiedades nutricionales. e. *Gnosis*, 3(10), 1-11.
- PROHACIENDO. (2001). Corporación para la promoción del desarrollo rural y agroindustrial del Tolima. «El cultivo de aguacate.» Módulo para el desarrollo tecnológico de la comunidad rural. 49 p.
- Reddy, M., Moodley, R., & Jonnalagadda, S. B. (2012). Fatty acid profile and elemental content of avocado (*Persea americana* Mill.) oil—effect of extraction methods. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 47(6), 529-537.
- Reyes-García, M. Gómez-Sánchez I., & Espinoza-Barrientos, C. (2013). Tablas peruanas de composición de alimentos. 9na. Ed. Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima

- Reyes-García, M., Gómez-Sánchez Prieto, I., Espinoza-Barrientos, C., Bravo-Rebatta, F., & Ganoza-Morón, L. (2009). Tablas peruanas de composición de alimentos. (8va. ed.). Lima: Ministerio de Salud-Instituto Nacional de Salud. 64 p.
- Ríos, M. 05 de septiembre del 2015. El diario de economía y negocios de Perú. Recuperado en: <http://gestion.pe/economia/peru-segundo-gran-exportador-palta-sabes-cuanto-consumo-per-capita-nuestro-pais-2141954>.
- Ríos-Castaño, D., & Tafur-Reyes, R. (2003). Variedades de aguacate para el trópico: caso Colombia. In *V Congreso Mundial del Aguacate, Actas* (Vol. 1, pp. 143-147).
- Rivera, Y., Gutiérrez, C., Gómez, R., Matute, M. & Izaguirre, C. (2014). Cuantificación del deterioro de aceite vegetales usados en procesos de frituras en establecimientos ubicados en el Municipio Libertador de Estado Mérida. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 35(3), 157-164.
- Romero, C. A. & Castro, E. (2015). La palta “producto estrella de exportación”: Tendencias de la producción y el comercio de palta en el mercado internacional y nacional. *Ministerio de Agricultura y Riego*. 80 p.
- Salgado, G. B., Gómez, J. P., & Salazar, J. C. (2012). Evaluación del proceso de extracción de aceite de aguacate hass (*Persea americana* Mill) utilizando tratamiento enzimático. *Revista Lasallista de investigación*, 9(2), 138-150.
- Santana, L. (2013). Obtención de aceite de aguacate (*Persea americana* Mill) con tres variedades: (P. a. Mill Hass) (P. a. Mill Santana) y (P. a. Mill Choquete), utilizando tres métodos de extracción. 96 p.
- Santos, J., Santos, I., Conceição, M., Porto, S., Trindade, M. F. S. A., Souza, A., & Araújo, A. (2004). Thermo analytical, kinetic and rheological parameters of commercial edible vegetable oils. *Journal of thermal analysis and calorimetry*, 75(2), 419-428.
- Schwartz, M., Olaeta, J. A., Undurraga, P., & Costa, V. (2007a). Mejoramiento del rendimiento de extracción del aceite de palta (aguacate). In *Proceedings of the VI World Avocado Congress (Actas VI Congreso Mundial del Aguacate)*, Vina Del Mar, Chile.

- Schwartz, M., Olaeta, J., Undurraga, P., Sepúlveda, M., & Tepper, P. (2007b). Nuevo producto de palta/aguacate (Persea americana Mill): pasta y trozos obtenidos por secado osmótico. In *Actas VI Congreso Mundial del Aguacate*.
- Serpa, A. M., Echeverri, A., Lezcano, M. P., Vélez, L. M., Ríos, A. F., & Hincapie, G. A. (2014). Extracción de aceite de aguacate variedad "Hass" (Persea americana Mill) liofilizado por prensado en frío. *Revista Investigaciones Aplicadas*, 8(2), 113-123.
- Siegmund, B., & Murkovic, M. (2004). Changes in chemical composition of pumpkin seeds during the roasting process for production of pumpkin seed oil (Part 2: volatile compounds). *Food Chemistry*, 84(3), 367-374.
- Steffe, J. F. (1996). *Rheological methods in food process engineering*. Freeman press. 418 p.
- Storey, W. B., Bergh, B. O., & Withsell, R. H. (1974). Factors Affecting the Marketability of Avocado Fruit. *California Avocado Society*. 57, 33-39.
- Storey, W. B., Bergh, B., & Zentmyer, G. A. (1986). The origin, indigenous range and dissemination of the avocado. *California Avocado Soc Yearb*, 70, 127-133.
- Timms, RE (1985). Las propiedades físicas de los aceites y mezclas de aceites. *Diario de los American Oil Chemists' Sociedad*, 62 (2), 241-249.
- Tovar, M. Á. O. (2003). Valor nutrimental de pulpa fresca de aguacate Hass. In *Proceedings V World Avocado Congress (Actas V Congreso Mundial del Aguacate)* (pp. 741-748).
- Valderrama, J., & Aravena, A. M. Y. F. (1994). Industrialización de la higuera o planta de ricino parte II: extracción de aceite. *Información tecnológica*, 5(3), 91-97.
- Valdez, C., Untiveros, G. 2010. Extracción y caracterización del aceite de las larvas del *Tenebrio Molitor*.
- Villa-Vélez, H. A., de Souza, S. J. F., Ramos, A. P., Polachini, T., & Telis-Romero, J. (2015). Thermodynamic properties of water adsorption from orange peels. *Journal of bioenergy and food science*, 2(2).

ANEXOS

ANEXO 1. MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

AOAC Official Method 925.10 Solids (Total) and Moisture in Flour Air Oven Method Final Action

[Results closely approximate those obtained by **925.09B** (*see* 32.1.02)].

In cooled and weighed dish (provided with cover), **925.09A(a)** (*see* 32.1.02), previously heated to $130 \pm 3^\circ$, accurately weigh ca 2 g well-mixed sample. Uncover sample, and dry dish, cover, and contents 1 h in oven provided with opening for ventilation and maintained at $130 \pm 3^\circ$. (1 h drying period begins when oven temperature is actually 130° .) Cover dish while still in oven, transfer to desiccator, and weigh soon after reaching room temperature. Report flour residue as total solids and loss in weight as moisture (indirect method).

References: JAOAC **8**, 665(1925); **9**, 40(1926).

ANEXO 2. MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE CENIZA

AOAC Official Method 923.03 Ash of Flour Direct Method Final Action

Weigh 3–5 g well-mixed sample into shallow, relatively broad ashing dish that has been ignited, cooled in desiccator, and weighed soon after reaching room temperature. Ignite in furnace at ca 550° (dull red) until light gray ash results, or to constant weight. Cool in desiccator and weigh soon after reaching room temperature. Reignited CaO is satisfactory drying agent for desiccator.

Reference: JAOAC 7, 132(1923).

ANEXO 3. MÉTODO DE ÍNDICE ACIDEZ

Materiales y equipo

- Dos balones de 150 mililitros
- Una pipeta de 1 mililitro
- Una bureta
- Pinzas para bureta
- Balanza analítica
- Estufa o plancha de calentamiento
- Soporte universal

Reactivos

- Hidróxido de potasio
- Fenolftaleína
- Alcohol etílico

Soluciones

Alcohol etílico al 95%. El alcohol debe tener un definido, distinguido y específico punto final con fenolftaleína y debe ser neutralizado con una base, pero que permanezca el color rosado justo antes de ser utilizado.

Solución indicadora de fenolftaleína al 1% en alcohol al 95%.

Solución de hidróxido de sodio, recientemente estandarizada. Ver la siguiente tabla para determinar la normalidad apropiada de la solución de NaOH dependiendo del rango de la concentración de ácidos grasos libres esperando en la muestra.

Tabla 14:

Relación entre el porcentaje de ácidos grasos libres y la concentración de la solución titulante

Rango AGL (%)	Muestra (g)	Alcohol (mL)	Concentración alcalina (N)
0,00 – 0,2	56,4 ± 0,2	50	0,1
0,2 – 1	28,2 ± 0,2	50	0,1
1,0 – 30,0	7,05 ± 0,05	75	0,25
3,0 – 50,0	7,05 ± 0,05	100	0,25 – 1,0
50,0 – 100	3,525 ± 0,001	100	1,0

Procedimiento

- Se mezcló la muestra antes de pesarla; no se calentó la muestra más de 10 grados Centígrados arriba de su punto de fusión.
- Se utilizó la tabla VIII para determinar el peso de muestra. Se pesó la cantidad designada para la muestra en un earlenmeyer.
- Se adicionó la cantidad específica de alcohol caliente neutralizado y 2 gotas del indicador.
- Se tituló la solución estándar de hidróxido de sodio, agitando vigorosamente hasta que aparezca el primer color rosado permanente, de la misma intensidad que la del alcohol neutralizado antes de la adición de la muestra. El color persistió por 30 segundos.

Cálculos

Porcentaje de ácidos grasos libres en la mayoría de tipos de grasa y aceites se calcula como ácido oleico, sin embargo, para los aceites de coco y palmiste, es frecuente que se exprese como ácido láurico, y en el aceite de palma, en términos de ácido palmítico.

$$\text{AGL, como oleico} = \frac{\text{mL base} \cdot \text{N} \cdot 28,2}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\text{AGL, como láurico} = \frac{\text{mL base} \cdot \text{N} \cdot 20,0}{\text{peso de la muestra}}$$

$$\text{AGL, como palmítico} = \frac{\text{mL base} \cdot \text{N} \cdot 25,6}{\text{peso de la muestra}}$$

- Los ácidos grasos libres son frecuentemente expresados en términos de valor de acidez, en un lugar del porcentaje de ácidos grasos libres.
- El valor de acidez se define como el número de miligramos de KOH necesario para neutralizar los ácidos grasos libres (como oleico) a valor de acidez, multiplíquese por el porcentaje de ácidos grasos libres por 1,99.

Recomendaciones

- El isopropanol al 99%, puede ser utilizado como solvente alternativo con aceites vegetales crudos y refinados.
- Tape y agite vigorosamente durante 1 minuto si el aceite se ha cubierto de dióxido de carbono gaseoso.

Anexo 4. Método de índice de peróxidos de los aceites y grasas

AOAC Official Method 965.33 Peroxide Value of Oils and Fats

Titration Method

First Action 1965

Final Action 1969

AOCS-AOAC Method

(Note: Conduct analysis in diffuse daylight or in artificial light shielded from direct light source.)

A. Reagents

(a) *Acetic acid-chloroform solution*.—Mix 3 volumes CH_3COOH with 2 volumes CHCl_3 , USP.

(b) *Potassium iodide solution, saturated*.—Dissolve excess KI in freshly boiled H_2O . Excess solid must remain. Store in dark. Test daily by adding 0.5 mL to 30 mL $\text{CH}_3\text{COOH-CHCl}_3$, (a); then add 2 drops 1% starch solution, (mix ca 1 g soluble starch with enough cold H_2O to make thin paste, add 100 mL boiling H_2O , and boil ca 1 min while stirring). If solution turns blue, requiring >1 drop 0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ to discharge color, prepare fresh solution.

(c) *Sodium thiosulfate standard solutions*.—0.1 and 0.01N. Prepare and standardize as in 942.27 (see A.1.13). For 0.01N, dilute 0.1N with freshly boiled and cooled H_2O .

B. Determination

(a) *Fats and oils*.—Weigh 5.00 ± 0.05 g sample into 250 mL glass-stoppered Erlenmeyer. Add 30 mL $\text{CH}_3\text{COOH-CHCl}_3$, (a), and swirl to dissolve. Add 0.5 mL saturated KI solution, (b), from Mohr pipet, let stand with occasional shaking 1 min, and add 30 mL H_2O . Slowly titrate with 0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ with vigorous shaking until yellow is almost gone. Add ca 0.5 mL 1% starch solution, and continue titration, shaking vigorously to release all I_2 from CHCl_3 layer, until blue just disappears. If <0.5 mL 0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ is used, repeat determination with 0.01N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$.

Conduct blank determination daily (must be ≤ 0.1 mL 0.1N $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$). Subtract from sample titration.

Peroxide value (milliequivalent peroxide/kg sample) = $S \times N \times 1000/\text{g sample}$, where S = mL $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (blank corrected) and N = normality $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution.

(b) *Margarine*.—Melt sample by heating with constant stirring on hot plate at low heat, or heat in air oven at 60–70°. (Avoid excessive heat and long exposure >40°.) When completely melted, hold in warm place until aqueous portion and most of solids have settled. Decant oil into clean beaker and filter through Whatman No. 4, or equivalent paper. Do not reheat unless necessary to obtain clear filtrate. Proceed as in (a).

References: J. Am. Oil Chem. Soc. 26, 345(1949). AOCS Method Cd 8–53. JAOAC 48, 175(1965).

ANEXO 5. MÉTODO DE ÍNDICE DE YODO

AOAC Official Method 993.20 Iodine Value of Fats and Oils Wijs (Cyclohexane–Acetic Acid Solvent) Method First Action 1993 IUPAC–AOCS–AOAC Method

(Applicable to determination of iodine value for fats and oils which do not contain conjugated double bonds.)

(Caution: Wijs solution causes severe burns; vapors can cause lung and eye damage. Use of fume hood is recommended. See “Appendix: Laboratory Safety” for procedures on safe handling of acids and organic solvents [cyclohexane].)

Method Performance:

See Table 993.20A for method performance data.

A. Principle

Fat or oil sample is mixed with iodine monochloride solution to halogenate double bonds in fat or oil. Excess iodine monochloride is reduced to free iodine in presence of potassium iodide, and free iodine is measured by titration with sodium thiosulfate using starch as indicator.

Iodine value (IV), calculated as cg iodine absorbed per g of sample (% iodine absorbed), is a measure of unsaturation of fats and oils.

B. Apparatus

- (a) *Glass-stoppered iodine flasks.*—500 mL.
- (b) *Glass-stoppered volumetric flasks.*—1000 mL, for preparing standard solutions.
- (c) *Volumetric dispensers.*—(1) 25 mL, for Wijs and 15% potassium iodide (KI) solutions. (2) 2 mL, for starch solution. (3) 50 mL, for H₂O.
- (d) *Repeater pipet.*—20 mL, with filling flask, for cyclohexane.
- (e) *Analytical balance.*—Accurate to ± 0.0001 g.
- (f) *Filters.*—Ashless, coarse grade (Whatman No. 541 is suitable).
- (g) *Hot air oven.*—Capable of maintaining 100° within $\pm 1.5^\circ$.

C. Reagents

- (a) *Potassium iodide (KI) solution.*—15%. Dissolve 15 g KI in 100 mL H₂O.

(b) *Wijs iodine solution.*—(1) Dissolve 13 g resublimed I in 1 L acetic acid, and pass in dried (through H_2SO_4) Cl until original $Na_2S_2O_3$ titration of solution is not quite doubled. (Characteristic color change at end point indicates proper amount of Cl. Convenient method is to reserve some of original I solution, add slight excess of Cl to bulk of solution, and bring to desired titer by readditions of reserved portion.) Or: (2) Dissolve 16.5 g ICl in 1 L acetic acid.

Determine I/Cl ratio as follows:

(1) *Iodine content.*—Pipet 5 mL Wijs solution into 500 mL Erlenmeyer flask containing 150 mL saturated Cl- H_2O and some glass beads. Shake, heat to boiling, and boil briskly 10 min. Cool, add 30 mL H_2SO_4 solution (1 + 49) and 15 mL 15% KI solution, and titrate immediately with 0.1N $Na_2S_2O_3$.

(2) *Total halogen content.*—Pipet 20 mL Wijs solution into 500 mL Erlenmeyer flask containing 150 mL recently boiled and cooled H_2O and 15 mL 15% KI solution. Titrate immediately with 0.1N $Na_2S_2O_3$.

$$I/Cl = 2X/(3B - 2X)$$

where X = mL 0.1N $Na_2S_2O_3$ required for I content and B = mL required for total halogen content. If I/Cl ratio is not 1.10 ± 0.1 , add I or Cl to correct ratio.

Standardized Wijs solution may be obtained from commercial suppliers (specify without carbon tetrachloride).

Store in amber bottle sealed with paraffin until ready for use. Wijs solutions are sensitive to temperature, moisture, and light. Store in dark at $<30^\circ$.

(c) *Soluble starch solution.*—Mix paste of 1 g starch with small amount cold H_2O . While stirring, add 200 mL boiling H_2O . Test for sensitivity: place 5 mL starch solution in 100 mL H_2O and add 0.05 mL 0.1N iodine solution; deep blue color produced must be discharged by 0.05 mL 0.1N sodium thiosulfate solution. (*Note:* 1% starch solution, commercially available, is suitable.)

(d) *Potassium dichromate ($K_2Cr_2O_7$).*—Finely grind and dry to constant weight (ca 110°) before using in **D**.

(e) *Sodium thiosulfate ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) solution.*—0.1N. Standardize as in **D**.

(f) *Acids.*—(1) *Hydrochloric acid (HCl).*—Concentrated, sp gr 1.19. (2) *Acetic acid ($C_2H_4O_2$).*—Glacial. (3) *Sulfuric acid (H_2SO_4).*—Concentrated.

(g) *Cyclohexane*.—[*Note*: Erratic results may result if cyclohexane is old, i.e., contains oxidizable matter; see (h).]

(h) *Cyclohexane–acetic acid solvent*.—Mix cyclohexane, (g), and acetic acid, (f)(2), 1 + 1 (volume/volume). Verify absence of oxidizable matter in solvent by shaking 10 mL solvent with 1 mL saturated aqueous $K_2Cr_2O_7$ solution and 1 mL H_2SO_4 , (f)(3). No green color should appear.

D. Standardization of Sodium Thiosulfate Solution

Accurately weigh 0.16–0.22 g dried, finely ground $K_2Cr_2O_7$, C(d), to nearest 0.0001 g into 500 mL flask, dissolve in 25 mL H_2O , add 5 mL HCl, C(f)(1), and 20 mL KI solution, C(b), and rotate to mix. Let stand 5 min. Add 100 mL H_2O . Titrate with sodium thiosulfate solution, C(e), shaking continuously until yellow color has *almost* disappeared. Add 1–2 mL starch indicator solution, C(c), and continue adding thiosulfate solution slowly until blue color just disappears.

$Na_2S_2O_3$ solution normality, N =
[20.394 × wt $K_2Cr_2O_7$]/mL sodium thiosulfate

E. Determination

Melt test sample, if not already liquid (do not exceed sample melting point by $>10^\circ$). Pass test sample through double layer of filter paper to remove any solid impurities and traces of H_2O (filtration may be performed in air oven, ca 100° , but should be completed within 5 min \pm 30 s). Sample must be absolutely dry. (*Note*: All glassware must be absolutely clean and completely dry.)

Let filtered test sample cool to $68\text{--}71^\circ$. Immediately weigh amount of test sample indicated in Table 993.20B into clean, dry 500 mL flask, B(a).

Prepare at least 2 blank determinations to run with each sample group.

Add 15 mL cyclohexane–acetic acid solvent, C(h), to each test sample and swirl to ensure that sample is completely dissolved.

Dispense 25 mL Wijs solution into flask containing test sample, stopper flask, and swirl to mix. Immediately set timer for 1.0 or 2.0 h, depending on iodine value of sample (IV <150 , 1.0 h; IV ≥ 150 , 2.0 h) and store flasks in dark at $25 \pm 5^\circ$ for duration of reaction.

Remove flasks from dark, add 20 mL KI solution, C(b), and mix. Add 150 mL H_2O and gradually titrate with 0.1N standard $Na_2S_2O_3$ solution, D, with constant and vigorous shaking or mechanical stirring. Continue titrating until yellow color has *almost* disappeared. Add 1–2 mL starch indicator solution to flasks and continue titrating until blue color has just disappeared. (*Note*: If reaction is not terminated by addition of KI and H_2O within 3 min past 1.0 or 2.0 h reaction time, sample must be discarded. The sample must be titrated within 30 min of reaction termination; if not, the analysis is invalid.)

Table 993.20B Sample Weights

I Value	Sample, g	Accuracy, mg
3	10.58–8.46	0.5
10	3.17–2.54	0.2
20	1.59–1.27	0.2
40	0.79–0.63	0.2
80	0.40–0.32	0.2
120	0.26–0.21	0.2
160	0.20–0.16	0.2
200	0.16–0.13	0.2

F. Calculation

$$\text{Iodine value (IV)} = [(B - S) \times N \times 12.69] / \text{wt of sample}$$

where B = titration of blank (mL); S = titration of sample (mL); N = normality of $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ solution.

References: Pure & Appl. Chem. **62**, 2339(1990); J. AOAC Int. **77**, 674(1994).

ANEXO 6. MÉTODO DE ÍNDICE DE SAPONIFICACIÓN

AOAC Official Method 920.160 Saponification Number (Koettstorfer Number) of Oils and Fats Titrimetric Method Final Action

A. Reagent

Alcoholic potassium hydroxide solution [JAOAC 19, 427(1936)].—(1) Reflux 1.2 L alcohol 30 min in distilling flask with 10 g KOH and 6 g granulated Al (or Al foil). Distil and collect 1 L after discarding first 50 mL. Dissolve 40 g KOH in this 1 L alcohol, keeping temperature $<15^{\circ}$ while dissolving alkali. Keep solution in glass-stoppered bottle. Or, (2) crush 40 g KOH in 185 mm mortar. Add 45 g granulated CaO and grind mixture to powder. From 1 L alcohol add 100 mL to mortar and transfer to flask, rinsing mortar with several more portions. Add remainder of alcohol to flask, shake mixture ≥ 5 min, and invert beaker over neck of flask. Repeat shaking several times during day. Next morning filter solution into clean, dry, glass-stoppered bottle.

B. Determination

Accurately weigh ca 5 g filtered sample into 250–300 mL Erlenmeyer. Pipet 50 mL alcoholic KOH solution into flask, draining pipet definite time. Connect flask with air condenser and boil until fat is completely saponified (ca 30 min). Cool, and titrate with 0.5N HCl, 936.15 (see A.1.06), using phenolphthalein. Conduct blank determination along with that on sample, using same pipet for measuring KOH solution and draining same time.

Calculate saponification number (mg KOH required to saponify
1 g fat) = $28.05 (B - S)/g$ sample

where B = mL 0.5N HCl required by blank and S = mL 0.5N HCl required for sample.

ANEXO 7. DENSIDAD REAL DEL FRUTO DE PALTA FUERTE

Nº	Masa (g)	Volumen (ml)	ρ (g/cm ³)	ρ (Kg/m ³)
1	140	135	1.037	1037.037
2	161	155	1.039	1038.710
3	165	160	1.031	1031.250
4	113	111	1.018	1018.018
5	129	122	1.057	1057.377
6	130	123	1.057	1056.911
7	114	110	1.036	1036.364
8	126	122	1.033	1032.787
9	160	154	1.039	1038.961
10	154	149	1.034	1033.557
Suma	1392	1341	10.381	10380.971
Promedio	139.2	134.1	1.038	1038,097
Desviación estándar	18.65	18.05	0.01	11.090
Mediana	135.00	129.00	1.037	1036,700
Varianza	386.4	361.878	0.0001	0,137

ANEXO 8. RENDIMIENTO DE PULPA, CÁSCARA Y SEMILLA DE PALTA VARIEDAD FUERTE

Palta	Repetición			Promedio		Desviación estándar
	Masa	Masa	Masa	Masa	Porcentaje	
Pulpa	1514	1546	1532	1530.67	76.69%	16.04
Cáscara	202	212	205	206.33	10.34%	5.13
Semilla	275	242	260	259	12.98%	16.52
Total	1991	2000	1997	1996	100.00%	

ANEXO 9. PALTA FUERTE UTILIZADO PARA LA EVAPORACIÓN RÁPIDA DE AGUA



Fruto de palta de la variedad Fuerte



Pulpa de palta de variedad Fuerte



Cáscara de Palta de la variedad Fuerte



Semilla de Palta de la variedad Fuerte

ANEXO 10. EVAPORACIÓN RÁPIDA DE AGUA DE PULPA DE PALTA FUERTE

Tiempo (min)	Masa H ^o (g)				Prom. Masa	Pérdida de agua	Masa agua	Humedad B.Seca	Temp	Velocidad
	a	b	c	d						
0	1000	1000	1000	1000	1000,00	0,00	721,31	2,59	20,0	0,00
2	1000	1000	1000	1000	1000,00	0,00	721,31	2,59	23,0	0,50
4	999	999	999	999	999,00	1,00	720,31	2,58	30,0	0,83
6	998	998	996	997	997,33	2,67	718,64	2,58	41,0	1,17
8	995	996	994	995	995,00	5,00	716,31	2,57	51,0	2,83
10	990	991	987	989	989,33	10,67	710,64	2,55	59,5	3,83
12	982	984	979	982	981,67	18,33	702,98	2,52	64,0	6,00
14	970	971	968	970	969,67	30,33	690,98	2,48	67,5	8,17
16	954	955	951	953	953,33	46,67	674,64	2,42	69,5	8,17
18	937	940	934	937	937,00	63,00	658,31	2,36	72,0	12,00
20	914	913	912	913	913,00	87,00	634,31	2,28	73,0	9,50
22	895	895	892	894	894,00	106,00	615,31	2,21	74,0	9,00
24	877	877	874	876	876,00	124,00	597,31	2,14	75,0	10,67
26	856	854	854	855	854,67	145,33	575,98	2,07	76,0	10,17
28	836	835	832	834	834,33	165,67	555,64	1,99	76,8	9,33
30	817	816	814	816	815,67	184,33	536,98	1,93	77,2	10,83
32	796	795	791	794	794,00	206,00	515,31	1,85	77,5	10,75
34	774	773	771	772	772,50	227,50	493,81	1,77	77,5	10,58
36	754	751	749	751	751,33	248,67	472,64	1,70	78,0	10,79
38	733	732	726	728	729,75	270,25	451,06	1,62	78,4	9,88
40	712	712	707	709	710,00	290,00	431,31	1,55	78,2	10,33
42	691	691	686	689	689,33	310,67	410,64	1,47	78,6	9,92
44	673	671	666	668	669,50	330,50	390,81	1,40	79,0	9,42
46	652	653	647	651	650,67	349,33	371,98	1,33	79,8	9,17
48	634	635	628	632	632,33	367,67	353,64	1,27	80,0	8,67
50	616	617	612	615	615,00	385,00	336,31	1,21	80,2	9,17
52	598	599	593	597	596,67	403,33	317,98	1,14	80,4	9,67
54	579	579	574	577	577,33	422,67	298,64	1,07	80,2	9,17
56	561	561	555	559	559,00	441,00	280,31	1,01	80,6	8,46
58	545	539	542	542	542,08	457,92	263,39	0,95	80,6	8,29
60	529	520	527	526	525,50	474,50	246,81	0,89	81,0	9,04
62	512	499	511	508	507,42	492,58	228,73	0,82	81,3	9,08
64	495	481	491	490	489,25	510,75	210,56	0,76	81,8	7,67
66	480	466	475	475	473,92	526,08	195,23	0,70	82,0	6,79
68	464	452	464	461	460,33	539,67	181,64	0,65	82,5	8,08
70	450	434	448	445	444,17	555,83	165,48	0,59	82,4	7,17
72	435	420	434	430	429,83	570,17	151,14	0,54	82,9	6,83
74	423	403	422	417	416,17	583,83	137,48	0,49	82,8	6,96
76	409	388	409	403	402,25	597,75	123,56	0,44	83,1	9,00
78	393	369	392	383	384,25	615,75	105,56	0,38	83,0	5,75
80	384	356	382	369	372,75	627,25	94,06	0,34	83,2	7,13
82	372	340	370	352	358,50	641,50	79,81	0,29	83,3	7,75
84	357	324	355	336	343,00	657,00	64,31	0,23	83,3	6,00
86	346	313	340	325	331,00	669,00	52,31	0,19	83,5	5,25
88	333	303	328	318	320,50	679,50	41,81	0,15	84,2	5,25
90	321	294	316	309	310,00	690,00	31,31	0,11	85,1	

ANEXO 11. CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA PULPA DE PALTA Y RENDIMIENTO DE ACEITE

Contenido de humedad en la pulpa de palta después de evaporación (90 min)

Muestra	Repetición			Promedio	Desviación estándar
	i	ii	iii		
Ma	16.315	16.349	16.246	16.303	0.052
Mb	8.736	8.783	8.614	8.711	0.087
Mc	15.453	15.342	15.389	15.395	0.056
Md	12.235	12.763	12.211	12.403	0.312

% de aceite extraído con prensa manual a diferente contenido de humedad en la pulpa de palta

Humedad	Repetición			Promedio (%)	Desviación estándar
	i	ii	iii		
Mb (8,7)	18,6	17,5	18,2	18,1	1.200
Md (12,4)	27.1	26.8	27.8	27.2	0.513
Mc (15,4)	28.0	29.5	29.9	29.1	1.002
Ma (16,3)	25.0	26.2	26.8	26.0	0.917

ANEXO 12. PROCESO DE EVAPORACIÓN DE AGUA DE PULPA DE PALTA FUERTE



Durante la evaporación de agua de pulpa



Torta de pulpa de palta después de extracción de aceite

ANEXO 13. CERTIFICADO DE ANÁLISIS FÍSICO QUÍMICO DE ACEITE DE PALTA FUERTE



MINISTERIO DE AGRICULTURA
 INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACIÓN AGRARIA-INIA
 DIRECCIÓN GENERAL DE PROYECCIÓN Y SERVICIOS AGRARIOS
 LABORATORIO DE ANÁLISIS
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 ANEXO SALCEDO
 Of. Principal. Av. La Molina 1981- La Molina Lima



CERTIFICADO DE ANÁLISIS N° 3212APVF-2016

SOLICITANTE : Moises Condori Cahui.
 DIRECCION :
 PRODUCTO : Aceite de Palta Variedad Fuerte.
 TAMAÑO DE MUESTREO : 02 Botella de 150 ml de Vidrio.
 TIPO DE ENVASE : Vidrio acaramelado.
 CANTIDAD : 250 ml.
 LOTE :
 ANÁLISIS SOLICITADO : Varios.
 FECHA DE PRODUCCION :
 FECHA DE VENCIMIENTO :
 FECHA DE MUESTREO Y HORA :
 FECHA DE RECEPCIÓN : 05 de Agosto del 2016.
 FECHA DE CERTIFICACIÓN : 10 de Agosto del 2016.

RESULTADOS:

De acuerdo al reporte de análisis que obra en los archivos del Laboratorio, los resultados son:

DETERMINACIONES FÍSICO QUÍMICAS, SANIDAD Y ASPECTO:

DETERMINACIONES	APVF
Agua %	--
Densidad Relativa %	0,20
Acidez %	0,10
Índice de Peróxidos meq/Kg	2,20
Índice de Refracción (50 °C)	1,000
Índice de Yodo g/100gr	130,20
Índice de Saponificación mg/gr	130,00
Aceite Mineral ppm	--
Contenido de Jabón ppm	--
Hierro ppm	--
Cobre ppm	--
Sodio ppm	--
Plomo mg/Kg	--
Arsénico mg/Kg	--

CARACTERÍSTICAS FÍSICO ORGANOLÉPTICAS:

COLOR : --
 OLOR : --
 SABOR : --
 ASPECTO : --

CONCLUSIÓN:

De acuerdo con los resultados obtenidos y contrastados con los verificados tomados como referencia, se concluye para las muestras analizadas:

- Los resultados Físico Químicos, Sanidad, Aspecto y Físico Organolépticos están conformes.

El presente Certificado es válido solo para el producto, en la fecha de análisis y el documento en su papel original, tendrá validez por 90 días a partir de la fecha de emisión.



INIA
 ESTACION EXPERIMENTAL ILLPA - PUNO
 Ing° JORGE CANHUA ROJAS
 Jefe Laboratorio Análisis
 SALCEDO

Los resultados son aplicables a esta muestra.